

Универзитет у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Пренос масе и топлоте

Број индекса: 159/2010

Никола С. Миликић

Искоришћење енергије океана

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др. Небојша Лукић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

Оквирни садржај рада:

1. Увод
2. Енергија океана
3. Енергија океанских таласа
4. Енергија плиме и осеке
5. Конверзија термалне енергије океана
6. Закључак
7. Литература

Препоручена литература:

[1] Energy and the Environment James A.Fay, Dan S.Colomb

Крагујевац, датум

ментор:

др Небојша Лукић, ред. проф.

Резиме рада

Завршни рад је посвећен упознавању са три принципа, која се користе у искоришћавању енергије океана. Можемо користити таласе, односно **енергију таласа, енергију плиме и осеке**, а осим тога можемо користити и **температурну разлику воде**.

Кључне речи: енергија океана, енергија плиме, енергија таласа, конверзија термалне енергије океана, ОТЕК

Abstract

The final study is dedicated to the introduction of the three principles, which are used in the exploitation of ocean energy. We can use the wave or wave energy, tidal energy, and in addition can be used and the temperature of water.

Keywords: OCEAN ENERGY, TIDAL POWER, WAVE ENERGY, *Ocean thermal energy conversion, OTEC*

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	5
2. ЕНЕРГИЈА ОКЕАНА.....	6
3. ЕНЕРГИЈА ОКЕАНСКИХ ТАЛАСА.....	7
3.1 Атенуатори таласа.....	15
3.2 Плутајуће бове.....	16
3.3 Коморе са осцилујућим воденим стубом.....	19
3.4 Остали принципи.....	20
4. ЕНЕРГИЈА ПЛИМЕ И ОСЕКЕ.....	22
4.1 Акумулациони базени.....	27
4.2 Плимски талас.....	29
4.3 Динамичка снага плиме.....	30
5. КОНВЕРЗИЈА ТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ ОКЕАНА.....	31
5.1 Систем затвореног циклуса.....	32
5.2 Систем отвореног циклуса.....	34
5.3 Систем хибридног циклуса.....	34
6. ЗАКЉУЧАК.....	36
7. ЛИТЕРАТУРА.....	38

1. УВОД

Огромна количина водене масе која се налази у морима и океанима носи са собом и огромну количину енергије у различитим облицима. Велики је изазов проналажење одговарајућег начина за трансформацију те енергије у нама погодан облик.

Обновљиви извори енергије су извори енергије који се добивају из природе те се могу обнављати; данас се све више користе због своје нешкодљивости према околини. Најчешће се користе енергије ветра, сунца и воде. Један од облика обновљивог извора енергије је и енергија океана.

После много година експерименталног рада у многим земљама, мале хидроелектране постају све атрактивније, јер су, замењујући потрошњу фосилних енергената, тј. необновљивих извора, у функцији одрживог развоја и то не само у погледу очувања постојећих природних ресурса, већ и у погледу заштите животне средине.

Погодност је и што постоји велика концентрација људске популације у близини мора и океана, па су трошкови транспорта енергије која би се производила у близини обала и губици који се јављају у транспорту, минимални.

Електричну енергију можемо добити коришћењем енергије таласа, морских струја, плиме и осеке, салинитета и температурног градијента морске воде.

У садашњем тренутку и на повољним локацијама потенцијална производња електричне енергије представљала би само маргиналну количину потребне енергије, уз велике инвестиционе трошкове.

Неке процене говоре да океани скривају енергију еквивалентну оној коју би могле да дају 16 хиљада нуклеарних електрана. Почетком седамдесетих година прошлог века, када је настала криза у снабдевању нафтом, земље широм света почеле су да разматрају који би други извори енергије могли да се користе.

Фондови за истраживање конверзије термалне енергије океана су нагло порасли, док су пробне електране које су саградили Америка и Јапан показале резултате који су превазишли сва очекивања. Кретање воде у океанима, због огромне масе, садржи огромну количину енергије.

Кретање воде се јавља у облику површинских таласа, плимских таласа и у облику морских струја. За добијање електричне енергије се кренуло од коришћења потенцијалне енергије плиме и осеке, док су све остале технологије новијег датума.

2. ЕНЕРГИЈА ОКЕАНА

Енергија океана генерише две врсте енергије : термалну енергију, од сунчеве светлости и механичку енергију, од кретања плиме и осеке и таласа.

Термална енергија (ОТЕК) настаје на бази температурне разлике између нивоа воде, као последица интензивнијег загревања површине воде сунчевом енергијом у односу на дубину. Може да се користи на више начина, укључујући и производњу електричне енергије.

Механичка енергија океана је знатно другачија од термалне енергије, иако сунце делује на све активности океана. Плима и осека су резултат гравитацијског деловања месеца, а таласи настају деловањем ветра. За разлику од термалне енергије, која је константна, механичка енергија је нестална и неподесна за експлоатацију без укључења других механичких уређаја.

Да би се конвертовала енергија плиме и осеке у електричну енергију, постављањем бране, омогућава се усмеравање воде кроз турбине, које покрећу генераторе. За употребу енергије таласа примењују се три основна система, а механичка енергија створена у њима директно покреће генераторе или се преноси на флуиде, који покрећу турбине.

Иако експлоатација енергија океана - плиме и осеке, морских таласа и струја или ОТЕК није досегла комерцијалне размере, потенцијали су толики да би „само мали део енергије заробљене у океанима могао покретати читав свет”.

Научна истраживања показују да су чак и спора струјања воде, од свега 3-4 km/h, довољна да покрећу подводне турбине и тако допринесу донекле смањеној употреби електрана које користе фосилне енергенте, угаљ и мазут. Процењено је да би се у оваквим постројењима могло произвести око 40 пута више енергије од данашње светске производње електричне енергије.

Искоришћавање енергије океана је лимитирано, како немогућношћу перманентне експлоатације (посебно се односи на механичку енергију океана због несталности) географским факторима, економским разлозима, тако и проблематиком примарно везаном за пренос произведене енергије.

Дошло је време када треба све више и више енергије будући да потрошња енергије знатно расте на глобалној скали. Не само да свету треба енергија, већ шта више треба енергија из обновљивих, еколошки прихватљивих извора енергије који не узрокују еколошке проблеме као што су глобално загревање и загађење зрака. Један од тих нових обновљивих извора енергије свакако би могла бити и енергија океана чија ће важност сигурно бити пуно већа у будућности.

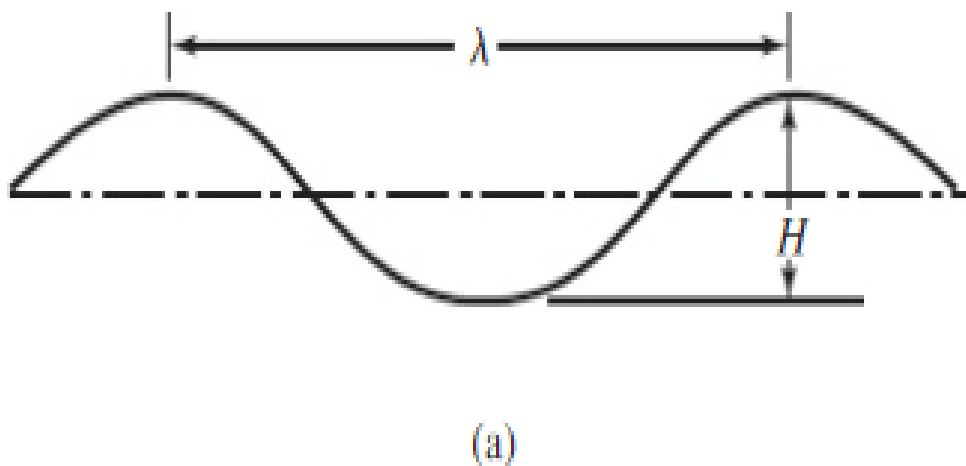
Океани покривају више од 70% Земљине површине те тиме представљају врло интересантан извор енергије који би у будућности могао давати енергију како домаћинствима, тако и индустријским постројењима.

Енергија океана је извор енергије који се врло ретко користи јер тренутно постоји мали број електрана које користе енергију океана, а осим тога те су електране још увек малих димензија тако да је део енергије који се односи на енергију океана

уствари занемарив на глобалној скали. Међутим, како обновљиви сектор добија све веће значење са њиме би требало такође порасти и искоришћавање, овог у најмању руку занимљивог извора енергије. Постоје три принципа која се користе у искоришћавању енергије океана. Можемо користити таласе, односно **енергију таласа**, **енергију плиме и осеке**, а осим тога можемо користити и **температурну разлику воде** како би добили енергију (Ocean Thermal Energy Conversion, ОТЕС).

3. ЕНЕРГИЈА ОКЕАНСКИХ ТАЛАСА

Оштећења у приобаљима океана (енг. shorelines – места где се сусрећу вода и копно) проузрокованих од стране таласа насталих услед олуја је обиман доказ испуштања динамичке снаге у тренутку удара таласа у копно. То значи да тај ефекат може да обезбеди производњу ел. енергије слично као ветар. Међутим, производња технологија за тако нешто представљају и економски и инжењерски изазов.



СЛИКА 1. а) Профил океанског таласа – таласне дужине λ и висине таласа H .

Океански таласи се формирају на површини океана услед деловања ветра. Услед сила трења и притиска које се јављају на граници ваздух-вода, енергија ветра се трансформише у енергију гравитације која таласе носи површином океана. Енергија таласа се помера заједно са таласом, али океанска вода се не креће у целини у складу са кретањем таласа. Са одговарајућим механичким уређајима, енергија у таласу се може претворити у механичку енергију.

Океански таласи подразумевају периодична кретања воде на површини воде која се одржавају помоћу гравитације (видети слику 1(а)). Циклична фреквенција f за океански талас се односи на његову таласну дужину λ према

$$f = \sqrt{\frac{g}{2\pi\lambda}}$$

Једначина

(3.1)

где је g гравитационо убрзање. Брзина c , при којој се таласи по шаблону крећу по површини воде, се назива фазна брзина, и представља производ таласне дужине и фреквенције:

$$c = f\lambda = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} = \frac{g}{2\pi f}$$

Једначина

(3.2)

Таласи са великом таласном дужином се крећу брже него они са мањом, што доводи до дисперзије или расипања енергије у систему океанских таласа.

Енергија океанског таласа се састоји из два дела: кинетичке енергије померања водених честица у таласу и гравитационе потенцијалне енергије премештања флуида из стања равнотеже у равно стање. То кретање и премештање површине океана које узрокује ветар представља извор енергије из ког се може добити енергија.

Кретање воде у океанском таласу је се дешава у слоју који је се налази на одређеној дубини $\lambda/2\pi$ испод воде. Ако је H висина таласа, мерено од врха до дна као на слици 1, онда је брзина водених честица у таласу отприлике $H \cdot f$ а кинетичка енергија воде у овом слоју, по јединици површине таласа, представља производ густине воде ρ , дубине слоја $\lambda/2\pi$ и кинетичке енергије по јединици масе, $(H \cdot f)^2/2$, за укупно $\rho \lambda H^2 f^2 / 4\pi = \rho g H^2 / 8\pi^2$. Према томе просечна кинетичка енергија по јединици површине таласа се рачуна као $\rho g H^2$ и не зависи од таласне дужине и фреквенције. Потенцијална енергија таласа, по јединици површине, је приближно производ премештене масе флуида по јединици површине ρH , његове вертикалне димензије H , и гравитационог убрзања g , што је укупно $\rho g H^2$. Тачне калкулације кинетичке и потенцијалне енергије по јединици површине таласа показују да су оне једнаке и да њихов збир може да се изрази као

$$\frac{\rho g H^2}{8}$$

Енергија таласа/површина =

(3.3)

Енергија таласа у једначини 3.3 се простире у правцу кретања таласа, који је генерално сагласан правцу кретања ветра, и представља брзину кретања таласа. Ово последње је половина фазне брзине c , или $g/4\pi f$. Флукс таласне енергије, или снаге, по јединици раздаљине нормалне на правац кретања таласа, представља производ енергије по јединици површине и групне брзине:

$$\text{Снага таласа/дужина} = \frac{\rho g^2 H^2}{16(2\pi f)} = \frac{\rho g^{3/2} H^2 \lambda^{1/2}}{16(2\pi)^{1/2}} \quad (3.4)$$

За разлику од енергије таласа, снага таласа зависи од таласне дужине, мада само половина ње од снаге таласне дужине.

У зависности од брзине ветра, површина океана је покривена са насумичним таласима различитих висина и таласних дужина. Како брзина ветра V расте, расте и средња квадратна висина таласа H^2 , и таласна дужина расте али опада фреквенција f . Океанографи су мерили ове вредности као функцију брзине ветра и открили да су оне емпиријски повезане према следећим формулама :

$$\overline{H^2} = 2.19E(-2) \frac{V^4}{g^2}$$

Једначина
(3.5)

$$2\pi \overline{f} = \frac{0.70 g}{V}$$

Једначина
(3.6)

Заменом ових једначина у једначину 3.3 и 3.4 за енергију таласа и снагу таласа, добијамо:

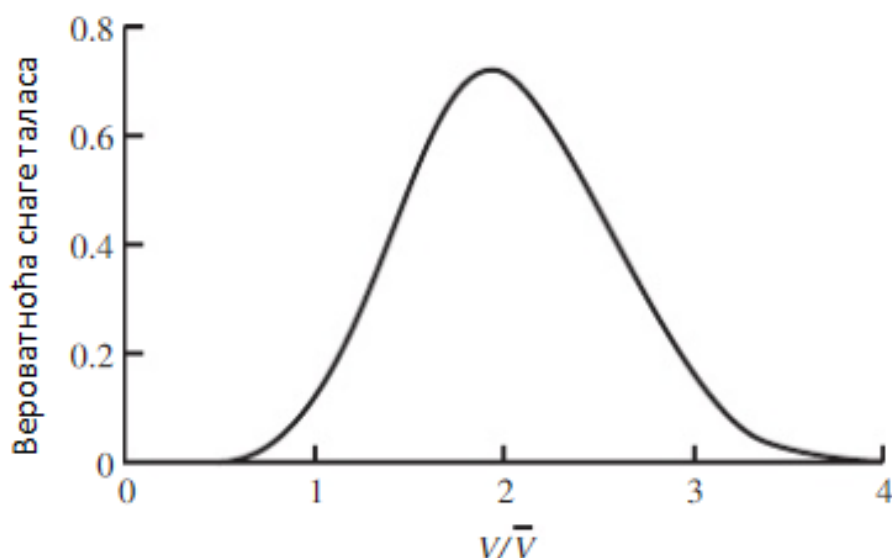
$$\text{Енергија таласа/површина} = 2.74E(-3) \frac{\rho V^4}{g}$$

(3.7)

$$\text{Снага таласа/дужина} = 3.89E(-3) \frac{\rho V^5}{g} \quad (3.8)$$

Нпр., ако је брзина ветра 20 чворова (10,29 m/s) она ће направити густину енергије од 3.13 kJ/m², снагу таласа од 45.8 kW/m, и просечну висину таласа од 1.6 m, и просечну таласну фреквенцију од 0.106 Hz, што представља таласни период од 9.4 s (талас се јавља на сваких 9.4 s).

Зависност снаге таласа од брзине ветра, V^5 , је стрмија (оштрија) него за снагу ветра V^3 . Као последица, већина доступне снаге таласа може да се акумулира само када ветар постигне своју просечну брзину, као што се види на слици 2, која показује расподелу (дистрибуцију) очекиване снаге таласа са брзином ветра, претпостављајући расподелу очекиване брзине ветра. Слика 2 тиче се расподеле брзине ветра. Просечна снага таласа за расподелу са слике 2 је $60/\pi^2 = 6,08$ пута (x) доступна снага при брзини ветра V (надвучено).



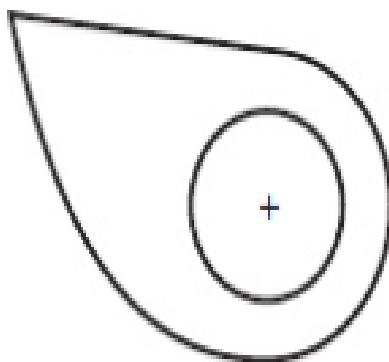
СЛИКА 2. Вероватноћа снаге таласа по јединици релативне брзине ветра $V/\bar{V}$ (надвучено), у функцији релативне брзине ветра.

Највећи део енергије таласа је доступан у малом делу времена. Фактори искоришћења за реалну енергију таласа су неизбежно мали, у опсегу 15 – 20%. Та чињеница не иде у прилог економском аспекту искоришћења снаге таласа и његовој исплативости као извора електричне енергије.

Најодговарајућа места (позиције) за градњу постројења за искоришћење снаге таласа приобаља копна или острва која су изложена ветровима. За средње и високе географске ширине ветрови су углавном западни, док за тропске географске ширине они долазе са истока. На повољним локацијама, годишња просечна доступна енергија таласа је око 50 kW/m. Инсталисана снага тих постројења би достизала и 250 kW/m али због тога што су фактори искоришћења ових система мали она пада на горе споменућу вредност.

За производњу механичке или електричне енергије из таласа су били предложени многи генијални механизми, а неки од њих су и тестирани. Постоје два типа тих решења: а) плутајућа тела која су усидрена на одређеном месту и б) конструкције које су фиксне на морском дну.

Механичка енергија се производи релативним померањем делова конструкције или протоком флуида кроз њих, изазивајући ударање таласа о конструкцију.



(b)

СЛИКА 3. б) Скица Салтеровог брега, уређаја за производњу енергије из таласа.

Један од уређаја, који је био тестиран у циљу потврђивању своје ефикасности претварања енергије таласа, је илустрован (приказан) на слици 3б. Зове се Салтеров брег, и састоји се из хоризонталног цилиндричног пловка, несиметричног попречног пресека приказаног на слици 3б, који плута у мирној води са потопљеним већим делом своје запремине. Када таласи ударе у пловак, он се ротира око непомичне кружне савитљиве шипке на осцилаторни начин. Систем за прикупљање електричне енергије тежи да обузда момент који се јавља на пловку и тако апсорбује енергију.

Конструкција брега мора имати димензије веће од висине таласа, и да буде подешена на просечну фреквенцију таласа, сагласно капацитету енергије који таласи носе. У ствари, обим уређаја ће бити пропорционалан његовој инсталисаној снази.

Систем океанских таласа носе момент једнак енергији. Уколико је енергија апсорбована од стране таласа, хоризонтална сила по јединици дужине ће вршити напрезање на систем прикупљања снаге у износу једнаком енергији по јединици површине, једначине (3.3) и (3.7). Одговарајуће обуздавање силе се мора обезбедити усидрењем које држи постројење на месту.

Конструкција и рад система (постројења) за искоришћење енергије таласа ће имати утицај на животну средину. Они морају бити везани за морско дно, узнемирујући један део њега. Они могу спречити навигацију у том делу океана и коришћење тог дела океана, и свакако ће утицати на мане у смислу естетике.

Енергија таласа је облик кинетичке енергије која постоји у кретању таласа у океану, а њихово кретање узрокује дување ветрова по површини океана. Та енергија може бити искоришћена да покрене турбине, те постоји доста места где су ветрови довољно снажни да произведу стално кретање таласа. Огромне количине енергије крију се у енергији таласа те јој то даје огромни енергетски потенцијал.

Та енергија може покретати турбину, а најједноставнији и најчешћи начин функционисања је следећи: талас се диже у комори, а растуће силе воде терају ваздух из коморе те тако покретљиви ваздух затим покреће турбину, а која онда покреће генератор.



СЛИКА 4. Таласи у Португалији

Експлоатација енергије таласа за производњу електричне енергије почиње још крајем деветнаестог века, али се, до данашњег дана, веома скромна средства издвајају за истраживања овог енергетског потенцијала. Од нафтне кризе 1973. године, па наредних 10-так година, тестирано је неколико прототипова, али је тек 2008. године у Португалији постављена прва озбиљнија експериментална електрана која је користила енергију таласа.

Таласи настају услед интеракције ветра и водене површине. Све док се таласи простиру спорије од брзине ветра, ветар предаје енергију таласу. На висину и снагу таласа утичу многи фактори. Најважнији су: брзина и временско трајање ветра, површина коју ветар захвата, дубина воде, топографија морског дна итд.

Осцилаторно кретање таласа је највеће на површини воде и експоненцијално се смањује са дубином. Енергија таласа зависи од висине таласа, али утичу и други фактори као што су таласна дужина и густина воде. У дубокој води, где је дубина воде већа од половине таласне дужине таласа, енергија таласа се израчунава по формули:

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H^2 T \approx \left(0,5 \frac{kW}{m^3 s}\right) H^2 T$$

где је:

P – снага таласа по јединици дужине $[W/m]$,

ρ – густина воде $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$,

g – земљино убрзање $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

π – матем. константа $\pi = 3.1415926\dots$,

H – висина таласа $[m]$,

T – временски период таласа $[s]$.

На пример, у дубокој води, таласи висине 3 m и са периодом од 8 s ће имати енергију:

$$P \approx 0.5 \frac{kW}{m^3 \cdot s} (3 \cdot m)^2 (8 \cdot s) \approx 36 \frac{kW}{m},$$

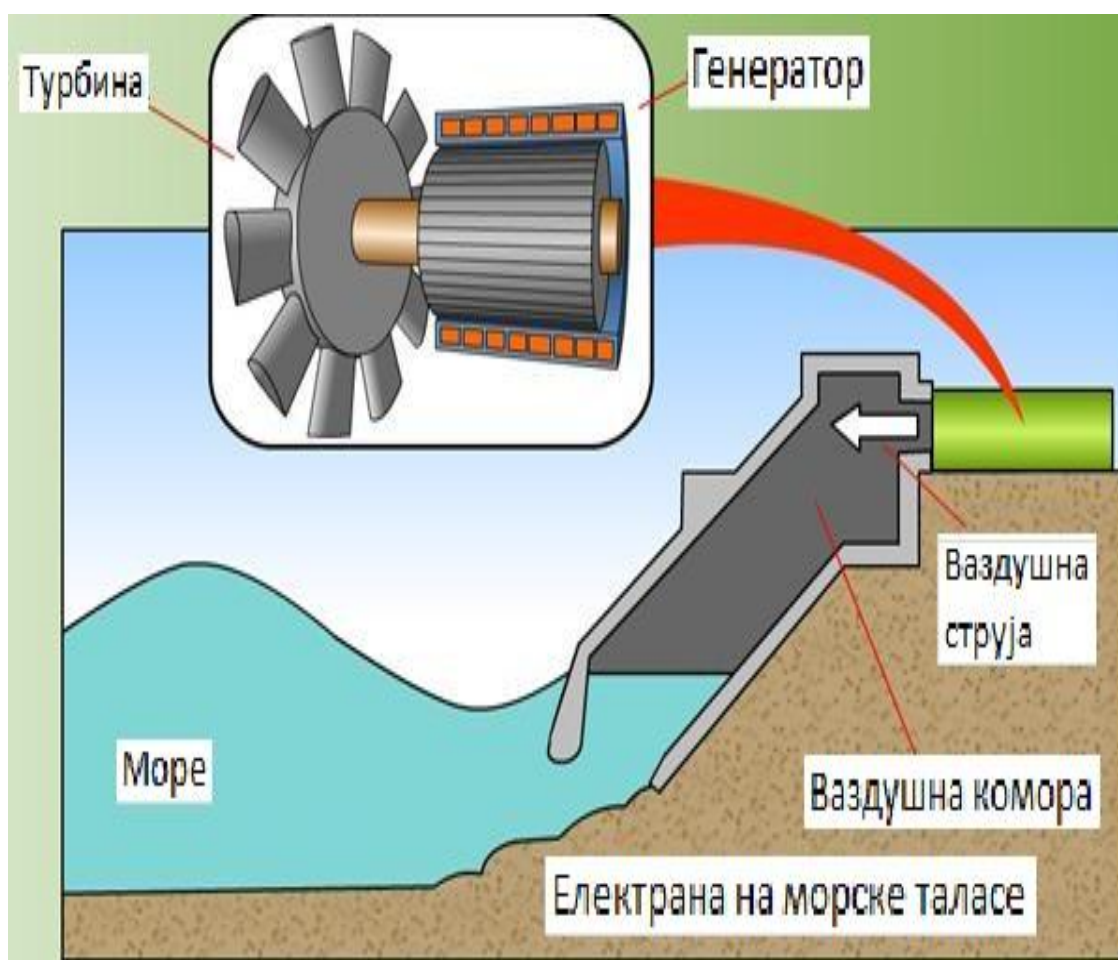
док за време снажних олуја, таласи висине од око 15 m и са периодом од око 15 s, имају снагу од око 1,7 MW/m. На слици 5 је приказана мапа Земље са уписаном просечном енергијом таласа.



СЛИКА 5. Мапа Земље са уписаним енергијама таласа у kW/m

Тежи се, да се што већи проценат ове енергије претвори у електричну енергију. Зато су таласи мирнији и са мањим амплитудама иза постројења која црпе енергију таласа. Ови уређаји могу бити у облику бове и црпити енергију, условно речено, у једној тачки, могу се простирати нормално, или паралелно са правцем простирања таласа, могу функционисати по принципу осцилујућег воденог стуба, или функционисати као прелив који акумулира водену масу.

Ако се електрична енергија генерише у самом уређају, потребно је обезбедити транспорт те енергије на копно. Транспорт се врши подводним каблом потребног капацитета. Поједина постројења, која се постављају близу обале, пумпају воду под притиском на копно где се хидро-генераторима генерише електрична енергија. Предност оваквих система је у томе што су генератори тотално одвојени од морске воде и што не постоји потреба за постављањем подводног кабла за транспорт генерисане енергије. Основна мана је у самој условљености близином копна. На слици 6 је приказан један од принципа функционисања електране на морске таласе.



СЛИКА 6. Електрана на морске таласе

3.1 Атенуатори таласа

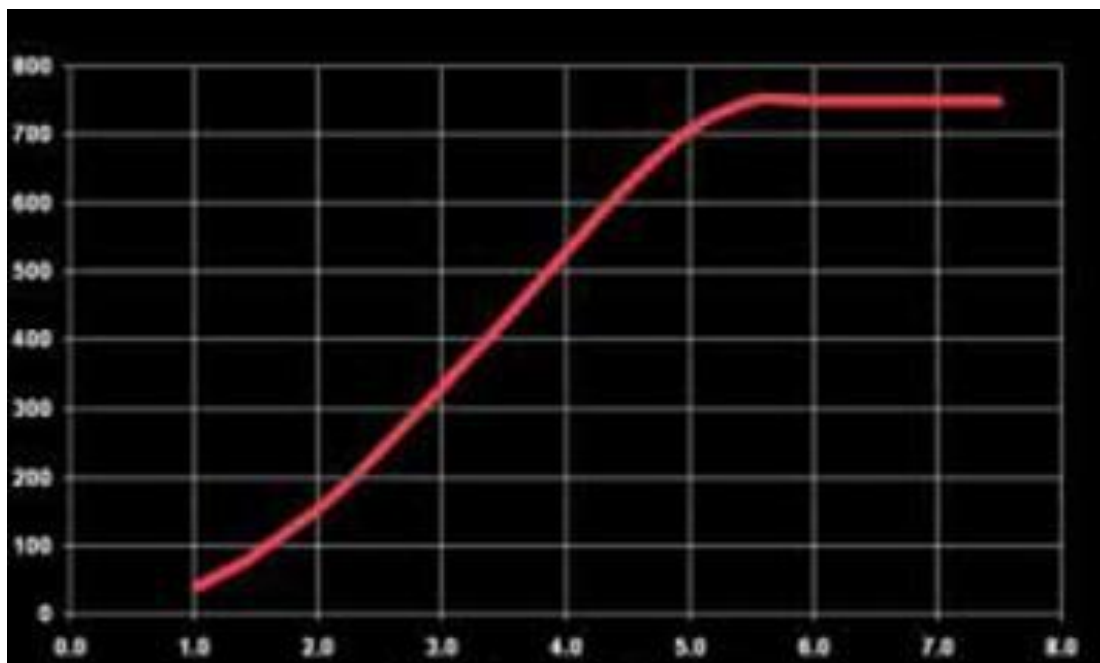
Атенуатори - Пеламиси су плутајуће структуре које су оријентисане паралелно с обзиром на смер таласа, а где разлика у висинама таласа по дужини уређаја узрокује савијање на местима где се делови направе спајају. Пеламис уређаји су полупотопљени, зглобно повезани цилиндри, који се постављају паралелно са правцем простирања таласа. Најчешће се састоје од четири дела. Име је добио по воденој змији која живи у тропским морима, јер својим обликом и савијањем услед таласа, подсећа на змију у покрету. На слици 7 приказан је изглед Пеламис уређаја П-750.



СЛИКА 7. Пеламис машине користе енергију таласа за производњу електричне енергије

Под утицајем таласа долази до савијања структуре у зглобним спојевима. Енергија зглобног савијања се користи за погон хидрауличних пумпи високог притиска (100-350 бара). Ова енергија се складишти у интерним резервоарима и користи се за покретање електро-генератора. Тренутно се производе Пеламис уређаји снаге 750 kW, чија је дужина 150 метара и пречника 3,5 метара. Сваки зглоб напаја два генератора снаге 125 kW. Током године произведу 25-40% од свога максимума, што зависи од изабране локације.

За генерисање електричне енергије потребни су таласи од минимум једног метра висине, а за постизање номиналне снаге потребни су таласи од преко 5-6 метара висине, као што је то приказано на слици 8.



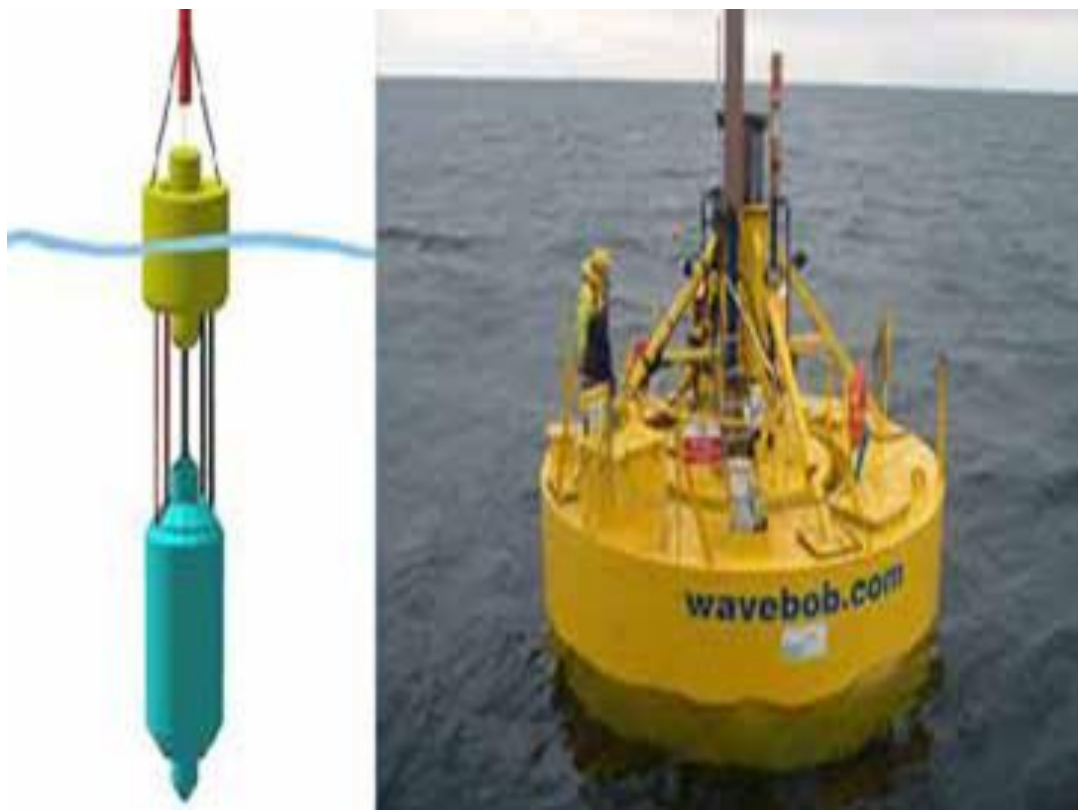
СЛИКА 8. Крива излазне снаге у зависности од висине таласа

Више уређаја се енергетски повезује у чвориште и онда се једним подводним каблом енергија транспортује на копно. На 1 km^2 могу се поставити Пеламис машине производног капацитета од 30 MW (40xПеламис П-750).

3.2 Плућајуће бове

Плућајуће бове су другачија врста технологије која укључује плућајуће структуре са компонентама које се крећу у релацији једна према другој због енергије таласа, те се онда ствара енергија, јер то кретање тера електромеханичке, или хидрауличке конверторе енергије. Генератори електричне енергије у облику плућајућих бова, који користе енергију таласа, могу бити различитих величина и конструисани за различите намене. Мање бове, једна је приказана на слици 9, се користе као аутономни системи напајања и подељени су у три класе:

- Микро класа (Снаге 5-20 W)
- Мини класа (Снаге 150-200 W)
- Средња класа (Снаге 5-10 kW)

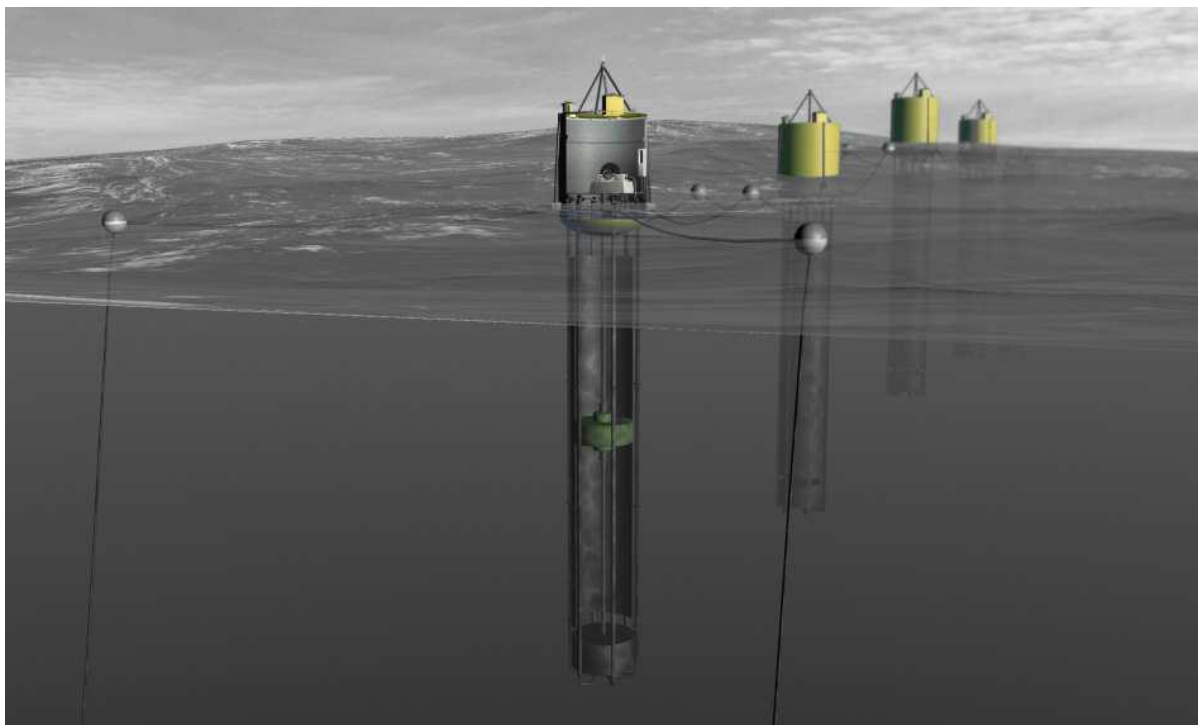


СЛИКА 9. Аутономни систем напајања

Бове веће снаге користе се за производњу електричне енергије у комерцијалне сврхе и прикључују се на електроенергетски систем. Плутајући део бове прати осцилаторно кретање таласа и то транслаторно кретање претвара у електричну енергију. Експериментална тестирања су рађена на бови снаге 40 kW, висине 14,6 m и пречника 3,5 m. Део бове који је изнад воде је висине око 4,25 m. Како су резултати били задовољавајући, прешло се на конструкцију бова снаге 150 kW (ПБ 150), а за 2013. годину је најављена и верзија бове чија ће снага бити 500 kW (ПБ 500).

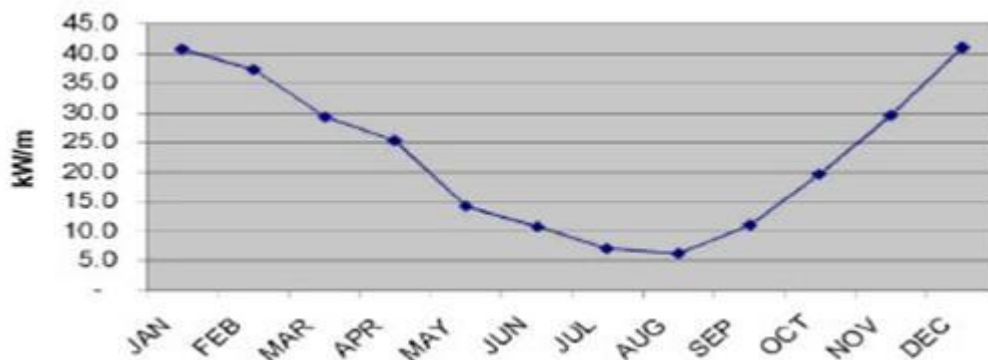
На годишњем нивоу, бове дају 30-50% максималне снаге, у зависности од локације. Бова генерише електричну енергију када су таласи од 1,5 до 7 m висине. У случају превеликих таласа, аутоматски се зауставља да не би дошло до механичких оштећења.

Када се висина таласа смањи, систем се аутоматски откључава и поново се креће са производњом енергије. Да би се постигла жељена снага, постоји могућност међусобног, електричног повезивања више бова. У те сврхе, конструисана је подводна подстанција која омогућава повезивање 10 бова на заједнички енергетски кабал. На слици 10 је приказан изглед усидрених бова.



СЛИКА 10. Низ усидрених бова међусобно комбинованих према жељеној излазној снази

Колики је потенцијал овог извора енергије, најбоље је видети из конкретног примера. У Сједињеним Америчким Државама, у Пацифику, на удаљености од 4,3 km од обале, планирана је изградња електране снаге до 100 MW. На слици 11 је приказана просечна енергија таласа на датој локацији, по месецима, у току године.



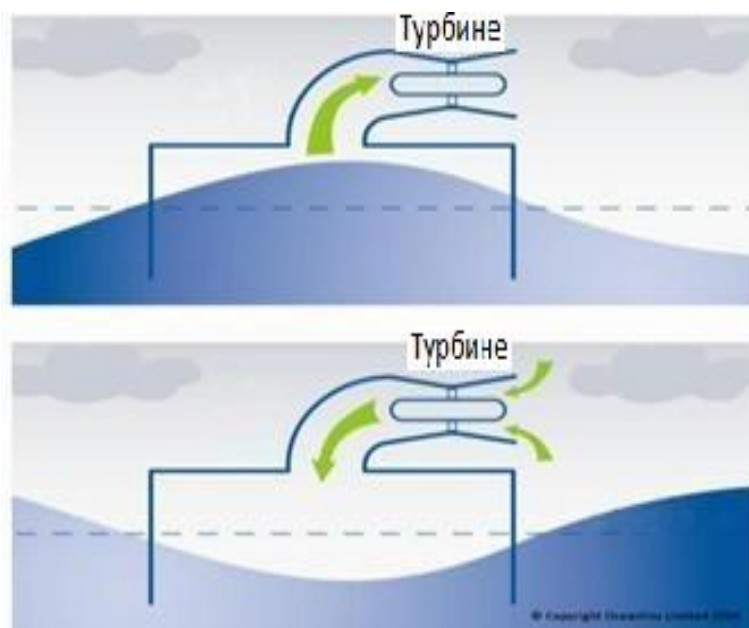
СЛИКА 11. Просечна енергија таласа, по месецима, за дату локацију

Електрана ће се састојати од 200 ПБ500 бова (свака бова снаге 500 kW). Оне ће бити међусобно спојене помоћу 20 подводних подстаница, а затим подводним каблом на електроенергетску мрежу. Очекује се да ће на годишњем нивоу електрана производити 275.000 MWh електричне енергије, што ће бити довољно за снабдевање 24.900 домаћинстава.

Да је ова количина енергије била произведена коришћењем енергије на бази фосилних горива, дошло би до емисије 140.250 тона CO₂. Исти ефекат смањења емисије CO₂ би се добио да се са путева уклони 29.000 аутомобила.

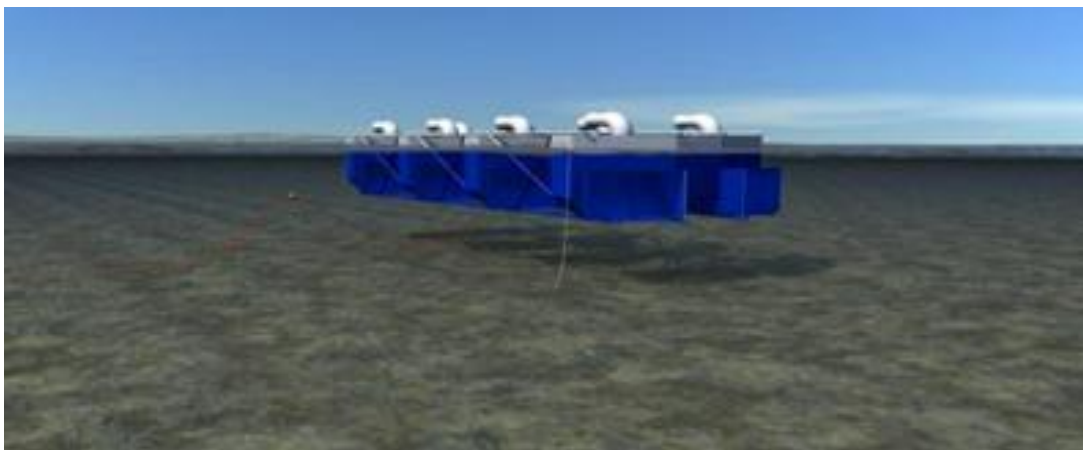
3.3 Коморе са осцилујућим воденим стубом

Уобичајено се налазе на обали, или близу саме обале, а имају принцип рада где се шире с обзиром на смер кретања таласа и где након што се снага таласа ухвати и рефлектује, “oscilating water column” се након тога попут клипа горе-доле, терајући ваздух кроз отвор повезан с турбином. Основна предност оваквог решења је у томе што у води не постоје покретни делови и што сам електрогенератор нема никакав контакт са водом, чиме се повећава поузданост у раду и омогућава лак приступ за одржавање. Принцип рада је приказан на слици 12.



СЛИКА 12. Принцип рада генератора са осцилујућим воденим стубом

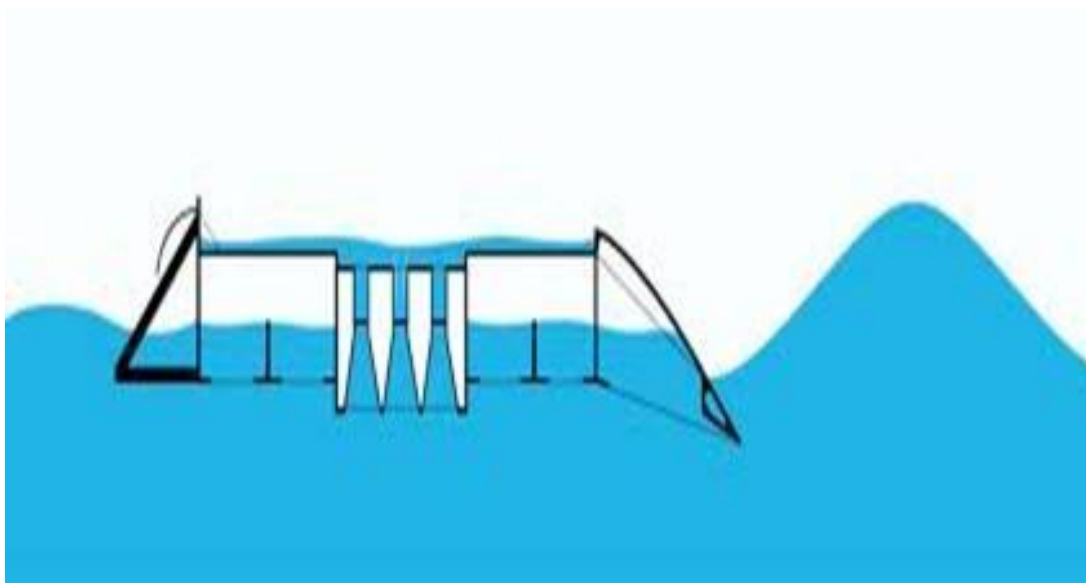
Подизање и спуштање нивоа воде у комори истискује, тј. увлачи ваздух у комору. Кретање ваздуха се обавља преко лопатица турбина, па генератори производе електричну енергију. Могу се постављати у плитким и у дубоким водама. У плитким водама се обично поставља јединица са једном комором у којој осцилује водени стуб под утицајем морских таласа. Комора је фиксирана за морско дно. Оваква постројења су снаге до 1 MW. За дубоке воде користе се плутајућа постројења, која су усидрена. Номинална снага им је око 2,5 MW и конструишу се у облику кластера са више комора у којима осцилује водени стуб. Више таквих јединица се могу енергетски повезивати ради генерисања веће снаге. Принципска шема оваквог постројења је приказана на слици 13.



СЛИКА 13. Електрана која користи енергију таласа и ради по принципу осциловања воденог стуба

3.4 Остали принципи

Постоји још неколико, мање или више испитаних, принципа за конверзију енергије таласа у електричну енергију. Један од њих је такозвани талас змај. У питању је плутајући резервоар у који се убацује вода помоћу прилазних колектора који усмеравају таласе ка резервоару. То фокусирање енергије таласа доводи до повећавања њихове потенцијалне енергије, тј. до повећавања висине воде. Из резервоара се вода враћа у море кроз турбине, услед деловања гравитационе силе. Принципска шема је приказана на слици 14.



СЛИКА 14. Принцип рада талас змаја

Пошто је разлика у нивоима воде у базену и у мору, релативно мала, најчешће се користи Капланова турбина. Иначе, турбина је једини покретни део у овом систему. Једно такво експериментално постројење је приказано на слици 15.



СЛИКА 15. Талас змај

Експериментише се и са различитим принципима прикупљања енергије таласа помоћу плутајућих, или потопљених бова. Потопљене бове користе енергију таласа за покретање клипних пумпи које пумпају воду под притиском. Ова вода се транспортује на обалу где се користи за погон хидрогенератора. Поред потопљених бова (фирма КЕТО, западна Аустралија), експериментише се са још неколико конструкцијских решења за конверзију енергије таласа у енергију садржану у води под притиском.

4. ЕНЕРГИЈА ПЛИМЕ И ОСЕКЕ

Стално повећање и смањење нивоа океана се у ранијим вековима користило како би се производила механичка енергија за млевење жита или сечење (тестерисање) дрва тако што су воду задржавали у увалама када услед плиме порасте њен ниво а затим су је испуштали у море кроз турбине или водене точкове када се плима повуче (падне ниво мора).

Наизменична снага плиме се показала практичном и може да се искористи само онда када опсег плиме (разлика у висини нивоа воде пре и после плиме) достигне неколико метара. Последњих година, плимна постројења су изграђена на ушћу Ла Ранс у Бретањи на обали Француске и у Анаполис Ројал-у у Новој Шкотској у заливу Фанди и оба се користе за производњу електричне енергије.

Пораст и опадање нивоа мора је последица различитог деловања силе гравитације на супротним странама Земље, првенствено због утицаја Месеца али и Сунца, што доводи до пораста нивоа океана на странама Земље које су окренуте ка и од Месеца (или Сунца) и истовременог смањења нивоа воде на странама између њих. На одређеној тачки у океану, период T који означава месечеву плиму траје колико и пола месечевог дана ($T = 12 \text{ h}, 24 \text{ min.} = 4,464 \text{ E s}$) а сунчев утицај траје само 12 сати.

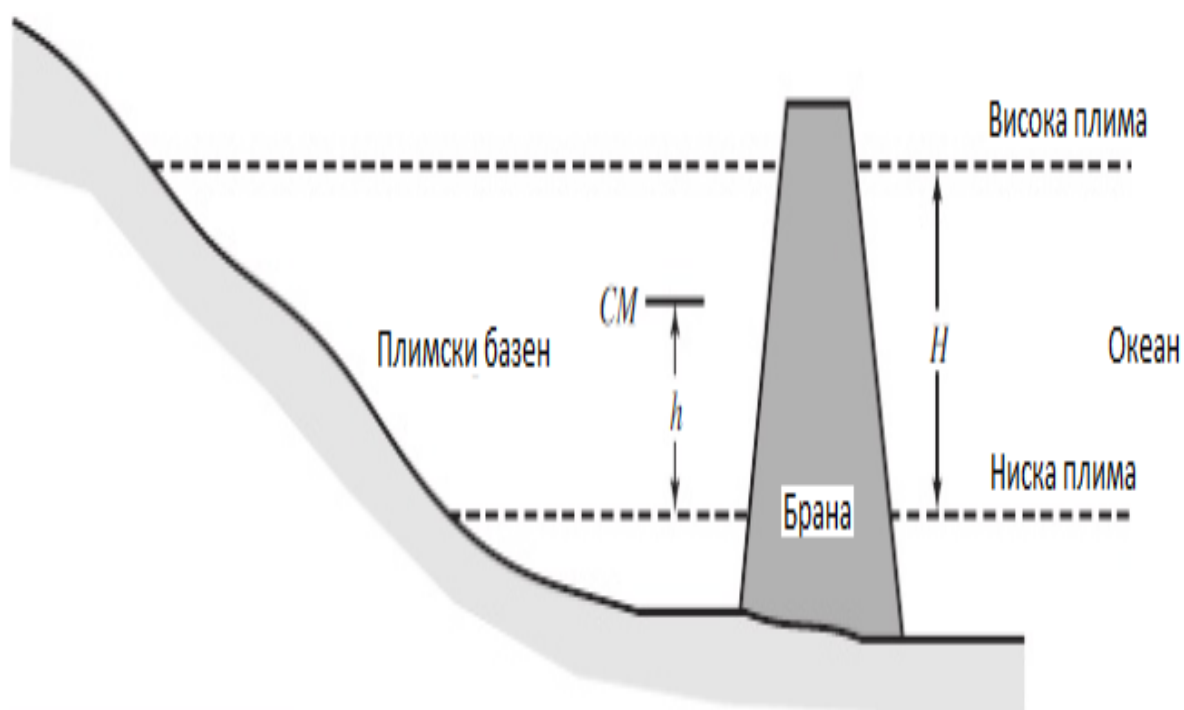
Соларни и лунарни (сунчев и месечев) утицај појачавају један други два пута месечно узрокујући плиму затим, за време пуног месеца и рађања новог, када се појављује и максимум у нивоу воде тј. долази до појаве пролећних плима. На пола пута између пролећних плима, за време прве и последње четвртине месечевог месечног циклуса, сунчев ефекат (утицај) је најслабији, што резултује минимумом нивоа мора, тј. најнижом плимом.

Плимни опсег океана на континенталном нивоу је далеко од униформног за цео свет. На неколико локација, као што је залив Фунди и Куков улаз (рукавац) у Северној Америци и канал Бристол и обала Бретање у западној Европи, ефекти резонанце доводе до плимног кретања у опсегу чак и до 10 метара, што се на океан пресликава као просечан пораст од 0.5 метара.

Овако велико појачање плимног опсега океана је повезано са резонантним кретањем воде кроз плитке воде и делове земље потопљене у плитку воду у заливима и ушћима. За око двадесет градова у Северној и Јужној Америци, Европи, Источној и Јужној Азији и Аустралији се претпоставља да имају овакво плимно појачање.

Принцип плимне енергије је илустрован (приказан) на слици 16, и показује повећање попречног пресека плимног базена који је одвојен од океана браном. Отвор на брани дозвољава води да слободно тече између мора и плимног базена у одговарајућем тренутку плимног циклуса, као што то чини и турбина у постројењу за производњу енергије.

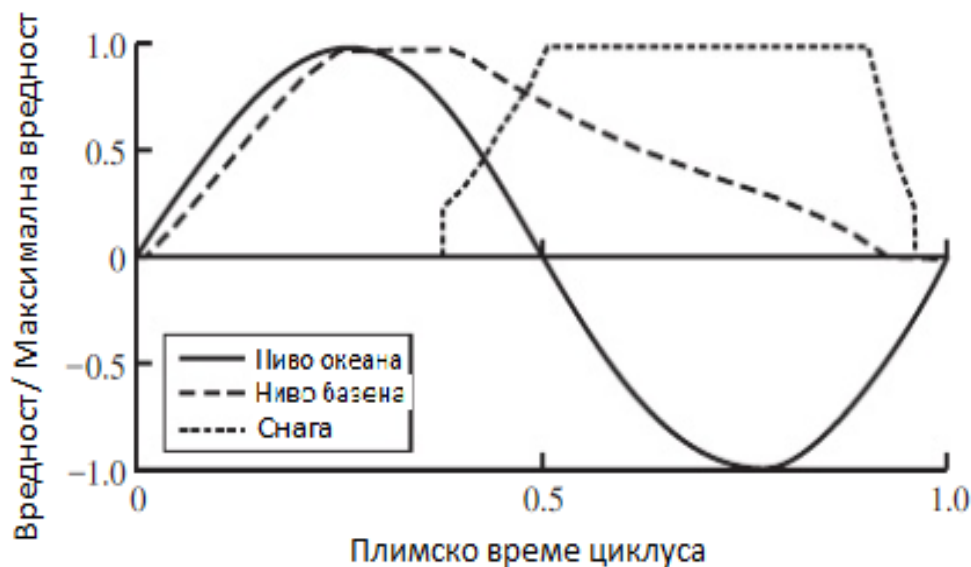
Ако је плимни базен напуњен до нивоа плиме а онда изолован од мора док не опадне на најнижи ниво, количина воде задржана у плимном базену је количина AH , где је A просечна површина плимног базена а H је плимни опсег. Ако је центар масе те воде CM растојање h изнад нивоа ниске плиме, рад се може створити тако што ћемо пустити воду да истиче кроз турбину док се не постигне ниво ниске плиме (сл. 16).



СЛИКА 16. Попречни пресек плимног базена са браном

Утицај Сунца на плиму је око 40% од утицаја Месеца.

Постоје додатни поремећаји опсега плиме који су повезани са положајем месеца у односу на сунчеву еклиптичну раван као и варијација положаја (раздаљина) месец – земља и сунце – земља.



СЛИКА 17. Нивои базена и океана, излазна снага, ефикасност плимног постројења током једног плимног циклуса.

Максимална количина тог рада је једнака производу масе флуида (течности) $\rho A H$, земљиног убрзања g , и просечне висине h која опада при изливању у море а постиже максимум енергије при $\rho g A H h$. Уколико је испразњен базен затворен од мора док не наиђе плима, додатна количина енергије, $\rho g H A (H - h)$, се може постићи као Идеална плимна енергија $= \rho g A H^2$ (4.1) и укупна просечна енергија Идеална плимна енергија $= \rho g A H^2 / T$ (4.2)

Идеална плимна енергија по јединици површине плимног базена, $\rho g H^2 / T$, која је једнака $0,22 \text{ W/m}^2$ за $H = 1 \text{ m}$, и расте квадратно са порастом плимног опсега, што нам указује на значај познавања плимног опсега приликом дизајнирања енергетског постројења.

Ако је енергија генерисана и уливањем у базен и изливањем из њега, такав дизајн се назива постројење двоструког дејства. Зато што је тешко и скупо дизајнирати турбину и постројење које ради у оба смера, већина плимних постројења ради само у режиму изливања воде из базена, и назива се постројење једноструког дејства. Из разлога што је h најчешће више од пола H , више енергије се може повратити при истицању него при утицању воде у базен.

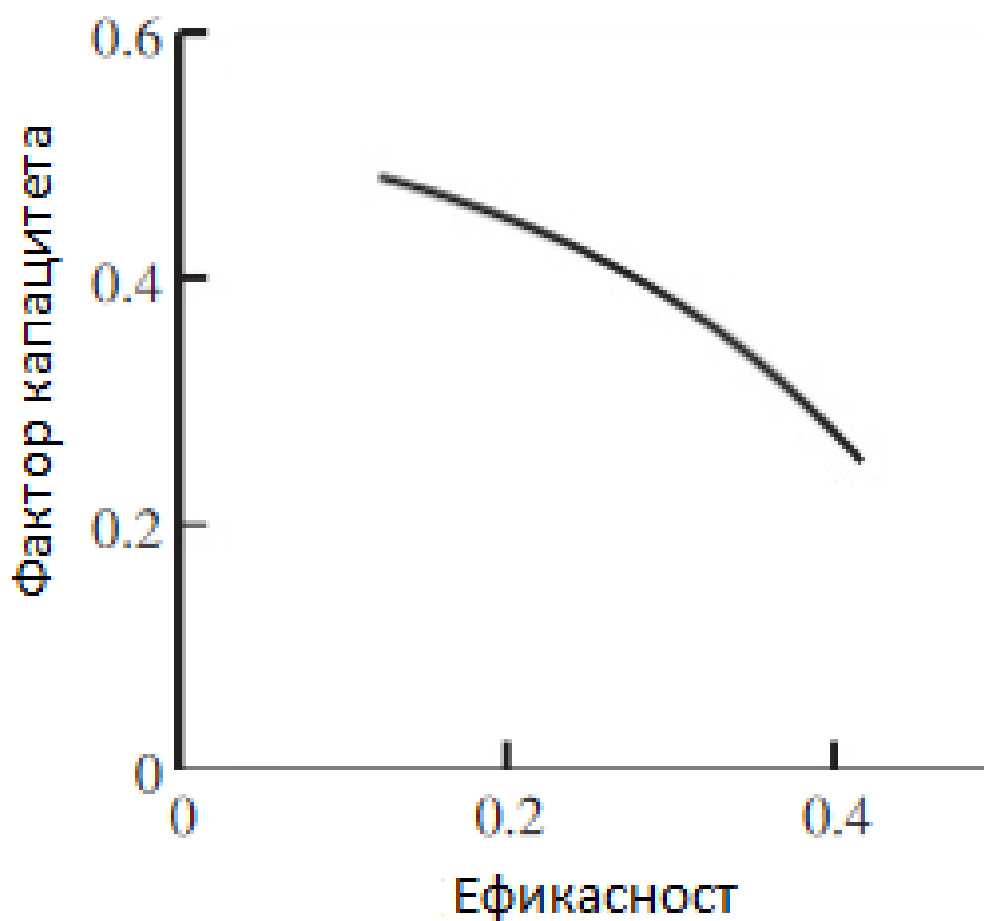
За типично једносмерно постројење, слика 17 показује површину нивоа базена и мора и излаз у виду енергије током једног плимног циклуса.

Почевши од половине плиме, врата на брани (отвор) су отворена и морска вода може да улази у базен и пуни га све до прве четвртине циклуса када се постиже највиши ниво воде у базену, и тада се отвор на брани затвара.

Убрзо затим, се отвара усисни део турбине и вода улази у турбину и излазна снага турбине нагло расте и нагомилава енергију све до половине плимног циклуса. Када разлика у нивоима воде између базена и океана постане мала, при крају циклуса, турбина се гаси.

Постоје два метода мерења перформанси плимног постројења. Један је фактор капацитета η (фактор искоришћења), тј., однос просечне излазне снаге турбине и прописане излазне снаге турбине. Висок фактор η обезбеђује веће годишње приходе по јединици улагања у турбину/генератор.

Други метод мери ефикасност постројења e , тј., представља однос просечне излазне снаге турбине и идеалне снаге према једначини (4.2). Висока ефикасност омогућава постројењу да искористи већину расположиве плимне енергије у датом тренутку. На несрећу, није могуће одржати истовремено високе вредности за оба параметра која се прате, јер повећање једног доводи до пада другог и обрнуто. Слика 18 показује везу ових параметара за једносмерно плимно постројење.



СЛИКА 18. Фактор капацитета турбине η у функцији ефективности енергетског постројења e за једносмерно плимно постројење.

ТАБЕЛА 4.1 Карактеристике плимног постројења

Локација	Анаполис Ројал	Ла Ранс
Површина базена $\bar{A}$ (km ²)	4,8	12,9
Опсег плиме H (m)	6,3	8,5
Одређен проток турбине (m ³ /s)	378	3240
Процењена глава турбине (m)	5,5	8
Процењена електрична енергија (MW)	17,8	240
Површина протока врата бране (m ²)	230	1530
Фактор капацитета, η	0,321	0,225
Ефикасност, e	0,717	0,331

Карактеристике два постројења која су тренутно у функцији су набројани у табели 4.1. Мање постројење, у Анаполис Ројал-у (слика 19), има већи фактор капацитета (искоришћења) η али нижу ефикасност него веће постројење у Ла Ранс-у, у складу са кривом на слици 18. Просечна производња електричне енергије по квадратном километру површине плимног базена је 1.19 MW/km² и 4.19 MW/km², ретроспективно, за Анаполис Ројал и Ла Ранс постројење.



СЛИКА 19. Плимно постројење у Анаполис Ројал-у, Нова Шкотска, Канада. У првом плану је приказан улаз у собе постројења; у позадини је излаз у плимни базен.

Хидротурбина плимног постројења ради на ниском притиску што је мање него плимни опсег висине H (видети сл. 17). То захтева аксијални проток кроз машину са ниском брзином кретања флуида од око $\sqrt{gH}$. Оса турбине мора бити смештена испод најнижег нивоа воде у циклусу како би се избегла појава кавитације, па је пречник турбине генерално мањи од висине H . Максимална снага из једне турбине је реда $\rho(gH)^{3/2}H^2$, која производи 10 – 30 MW струје. За веће инсталације, треба уградити више турбина.

Други тип енергије океана је енергија плиме и осеке, будући да кад морске мена дођу на обалу, могу се затворити у резервоаре иза брана. Енергија плиме и осеке је уствари форма хидроенергије која искоришћава кретања воде, а која се догађају због морских мена, односно спуштања и дизања нивоа мора.

Енергија плиме и осеке се ствара захваљујући генераторима који су уствари велике подводне турбине постављене у подручја с великим морским менама, дизајнирана тако да ухвате кинетичко кретање надирућих морских мена, а како би се створила електрична енергија. Енергија плиме и осеке има огроман потенцијал за будуће енергетске пројекте, понајвише због огромних површина светских океана.

Потенцијал енергије плиме и осеке није нека новост, те је тај принцип познат већ дуго година (мале бране око океана су већ ницале и почетком 11. века). Али, када се ти пројекти упореде с бранама на рекама, долази се до закључка о врло високим трошковима тих пројеката јер је као прво реч о масивним пројектима, а с друге стране ти масивни пројекти морају бити изграђени у захтевном подручју за грађење где има много соли. Неисплативост је уствари главни разлог зашто енергија плиме и осеке није нашла место међу најкомерцијалнијим обновљивим изворима енергије, упркос неоспорном потенцијалу.

Постоје три основна приступа за коришћење енергије плиме и осеке:

4.1 Акумулациони базени

Плимске бране су веома сличне класичним бранама на рекама. Основна разлика је у томе што плимске бране морају да омогуће проток воде у оба смера. Постављају се на погодним локацијама где је релативно лако преградити залив са великом акумулацијом и где постоји велика разлика у површинским нивоима воде за време плиме и осеке. Та разлика може бити и до 17 m. Основни проблем оваквих система су велика инвестициона улагања као и велики утицај на окружење. Пажљивим избором локације као и коришћењем одговарајуће технологије тај утицај се може доста кориговати. Постоје више различитих модела плимских брана.

Основни модел плимске бране функционише тако што се залив пуни у току плиме и у том се периоду не генерише електрична енергија. Када плима достигне свој максимум, врата се затварају. У овом периоду се може вршити и допумпавање воде у залив како би се ниво воде још више подигао.

Количина утрошене енергије у току пумпања воде је мања од количине енергије која се касније добија у току производње. (Како је то могуће? Нека је разлика у нивоу

мора за време плиме и осеке 10 m. Воду пумпамо када је мала разлика у нивоу воде са једне и друге стране бране и нека успемо да допумпамо још 2 m висинске разлике. У време осеке разлика у нивоу воде ће бити 12 m, а не 10 m. Зато ће генерисана енергија, док ниво воде пада са 12 m на 10 m, бити већа од утрошене енергије за допумпавање). За време пуњења залива, турбинска врата, која омогућавају проток воде кроз турбине, су затворена. За време осеке, када се јави довољна разлика у нивоу мора и воде у заливу, турбинска врата се отварају и приступа се генерисању електричне енергије. Са појавом нове плиме, залив се поново пуни и циклус се понавља.

Други модел је конструкцијски сличан. Основна разлика је што се залив пуни преко турбина па се и тада генерише електрична енергија. Ово је генерално неефикаснији принцип од предходно описаног, јер се базен-залив спорије пуни током плимског циклуса и достиже се нижи ниво воде у заливу. Самим тим, генерише се и мање електричне енергије током пражњене базена за време осеке. Предност му је што се електрична енергија генерише током и плиме и осеке, па је испорука енергије континуалнија. Наравно, постоје краћи прекиди када ток воде мења смер док се не постигне довољна разлика у нивоима за ефикасан рад турбина.

Да би се повећала ефикасност, постоји могућност и допумпавања воде коришћењем енергије генерисане током плимског циклуса.

Постоји модел и са два базена. Код овог модела, један се пуни током плиме, а други се празни током осеке. Турбине се налазе у склопу бране између базена и енергија се генерише пропуштањем воде из пуног базена у празни. Основна предност оваквог модела је што је време генерисања електричне енергије сасвим произвољно и независно од циклуса плиме и осеке. Електрична енергија се може генерисати када је најпотребнија, или се може изабрати скоро континуална производња. Основни недостатак оваквог модела је у његовој цени, јер су иницијални трошкови тј. трошкови изградње далеко већи од трошкова код класичних модела. Да би се ти трошкови смањили, могу се искористити неке погодне географске локације.

Расположива снага акумулационог базена - енергија која нам је на располагању зависи од количине воде у базену. Потенцијалну енергију воде, која се налази у базену, можемо израчунати по обрасцу:

$$E_p = \frac{1}{2} A \rho g h^2$$

где је:

A – хоризонтална површина базена [m^2],

ρ – густина воде $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$,

g – семљино убрзање $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

h – разлика нивоа воде за време плиме и осеке [m].

Нека је базен димензија 3.000 m x 3.000 m и нека је висина плимског таласа 10 m. Тада имамо:

$$A = 3.000 \text{ m} \cdot 3.000 \text{ m} = 9 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

Потенцијална енергија воде у базену износи:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (10 \text{ m})^2 = 4,5 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

Пошто у току дана имамо две плиме и две осеке, укупна расположива енергија у току једног дана је два пута већа:

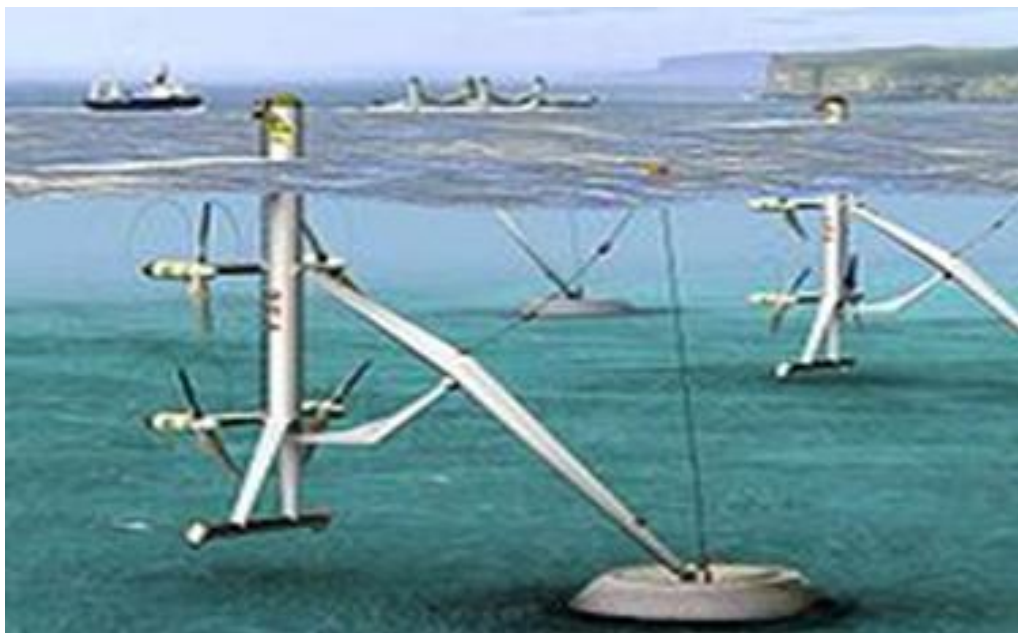
$$E_{pd} = 2 \cdot E_p = 9 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

Нека је ефикасност генератора 30% и како дан има 86.400 секунди, долазимо до тога да је генерисана снага електричне енергије једнака:

$$P = (9 \cdot 10^{12} \text{ J} \cdot 0,30) / 86400 \text{ s} = 31 \text{ MW}$$

4.2 Плимски талас

Осим потенцијалне енергије воде услед плиме и осеке, можемо користити и кинетичку енергију плимског таласа за добијање електричне енергије. Ово је најјефтинији и еколошки најприхватљивији начин коришћења енергије плиме. Генератори који користе плимски талас, као на слици 20, су најчешће веома слични генераторима који користе енергију ветра.

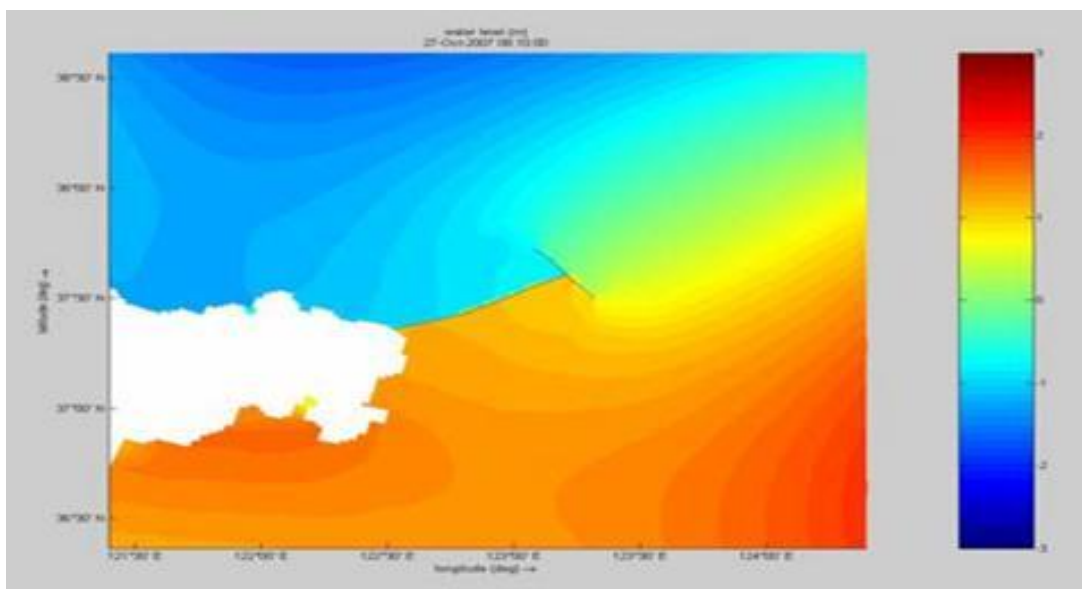


СЛИКА 20. Генератори који користе кинетичку енергију плимског тала

Знамо да је генерисана снага пропорционална густини флуида, а брзина флуида доприноси са трећим степеном [$P=(\rho \cdot v^3)/2$]. Вода је око 800 пута гушћа од ваздуха па је једноставно видети да скоро десет пута мања брзина воде у односу на ваздух даје приближно исту снагу. Технологија коришћење енергије плимских таласа је релативно новијег датума па се још увек није издвојило конструкцијско решење које би заузело лидерску позицију. Зато се још увек експериментише са различитим технолошким решењима. Аксијалне турбине, које подсећају на традиционалне ветрењаче, су најбројнији прототипови који су тренутно у функцији. Поред њих, експериментише се и са разним турбинама са вертикалном, или хоризонталном осом, као и осцилујућим уређајима који немају ротирајућу компоненту. Такође, у заливу Сан Франциска треба да се инсталира експериментални уређај који би за производњу електричне енергије користио вентуријев ефекат.

4.3 Динамичка снага плиме

Коришћење динамичке снаге плиме (DTP-Dynamic tidal power) је нов и у пракси непроверен начин за производњу електричне енергије. Користи се интеракција кинетичке и потенцијалне енергије плиме. Овим концептом се предлаже да се изгради брана, нормално у односу на обалу, која се простире директно у море. У овом случају нема ограђених површина. Препоручује се брана од 30 km до 60 km дужине, која се завршава баријером, нормалном на брану, која заједно са њом формира ”Т” облик, као што је приказано на слици 21.



СЛИКА 21. Поглед одозго на ДТП брану. Плава и црвена боја приказују низак и висок водостај

Главни плимски талас се најчешће простире паралелно са обалом. Изградњом једне овакве бране, та кинетичка енергија плимског таласа претвара се у потенцијалну енергију, то јест, јавља се разлика у нивоу воде са једне и друге стране бране (најмање 2-3 метара). У тело бране се поставља читав низ двосмерних турбина за чији је рад довољна мала разлика у нивоима воде. Процењује се да једна оваква брана може имати инсталиране снаге од 6-15 GW и годишње производити и преко 20 милијарди kWh. Математички модел ове бране доста добро процењује колика ће се разлика јавити у нивоима воде. Ти резултати се блиско подударају са мерењима код оваквих природних брана (дуга полуострва). До сада ни једна брана овог типа није изграђена иако су доступне све потребне технологије. Главни разлог је што ни брана дужине од чак једног километра не би производила скоро никакву енергију, јер је генерисана снага пропорционална квадрату дужине бране. За економску исплативост се процењује да је потребна брана од око 30 km. Ако се узме у обзир и огроман утицај на екологију, потенцијални проблеми услед олујних таласа, као и ометање морских путева, оваквим пројектима се прилази са доста респекта.

5. КОНВЕРЗИЈА ТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ ОКЕАНА

Конверзија термалне енергије океана (eng.: *Ocean thermal energy conversion, OTEC*) је метода за стварање електрицитета која се служи температурном разликом која постоји између дубоке и плитке воде, јер је вода на већој дубини хладнија. Уколико постоји већа температурна разлика, већа је и ефикасност читаве методе, а минимална температурна разлика треба бити 38 степени Фаренхаита. Ова метода има дугу историју функционисања, и датира с почетка 19. века. Већина стручњака сматра како би ова метода дала добар однос улагања и користи већ са постојећим технологијама би се могао производити GW електричне енергије. То ипак није случај данас јер ОТЕК захтева огромне, скупе цеви великих размера које се морају поставити барем километар дубоко у море, а како би могле доводити хладнију воду са већих дубина, а што је наравно врло скупо.

Најчешћа температура површине океана износи 27 °C, а у дубоким водама температура ретко пада испод 5 °C. Основни технички изазов ОТЕК -а је произвести значајан део енергије из јако малих температурних разлика.

Сунце непрестано греје големе океане који прекривају готово 70% Земљине површине; сматра се да океани садрже велики енергетски потенцијал који би човек могао употребити за производњу енергије и топлоте. Овакав обновљив извор енергије, да се технологија покаже као економски исплатива и крене у масовну употребу, могао би решити енергетске проблеме у свету. Укупна расположива енергија је 1 или 2 редова величине већа него код осталих технологија везаних за океан (као на пример енергија таласа).

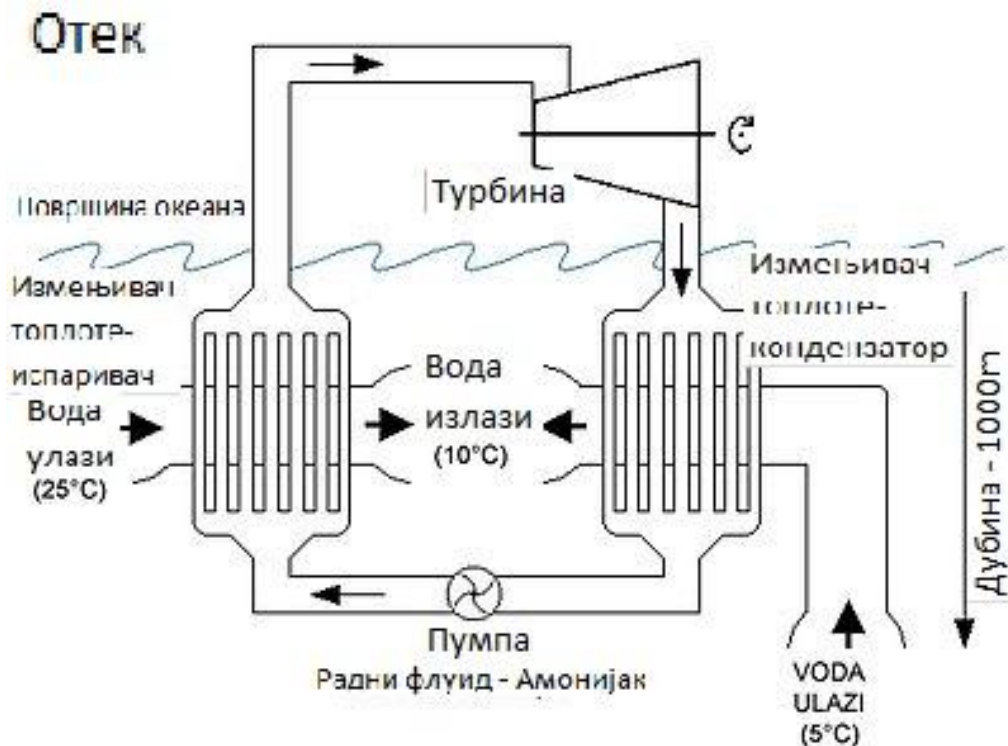
Међутим, мале температурне разлике чине ову технологију, у упоређивању с другим технологијама, поприлично скупом, најпре због ниске топлотне искористивости. Управо је то један од кључних проблема овог система, први системи су имали искористивост од 1 до 3% (теоретски се сматра да је максимална искористивост од 6 до 7%), док тренутни системи који се развијају ће радити близу максималне топлотне искористивости. Морска вода, иако бесплатна, има одређене трошкове везане уз транспорт воде из океана (трошак пумпи и њихових материјала).

Хладна морска вода је саставни део сваког од три типа ОТЕК система. Да би систем успешно радио, хладна морска вода се мора допремати из дубина на површину. То се може постићи употребом пумпи. Други начин је дестилацијом морске воде близу морског дна, што смањује густоћу морске воде и због разлике густоћа морска вода ће с дна путовати кроз цев на површину.

Типови ОТЕК система су следећи:

5.1 Систем затвореног циклуса

Системи затвореног циклуса (Closed-Cycle) користе течност са ниским степеном кључања, најчешће амонијак, те на тај начин покрећу турбину, а која онда ствара електричну енергију. Топла површинска морска вода се пумпа кроз измењивач топлоте и ту се захваљујући ниској тачки кључања испарава, и таква новонастала пара затим покреће турбо генератор. Хладнија дубља вода се затим упумпава кроз други измењивач топлоте где захваљујући кондензацији прелази назад из паре у течност, а та се течност затим рециклира кроз систем. 1979. године Лабораторија за природну енергију, у сарадњи с неколико партнера направио је мини ОТЕК експеримент, а који је био први успешан ОТЕК систем затвореног циклуса који је конструиран на мору.

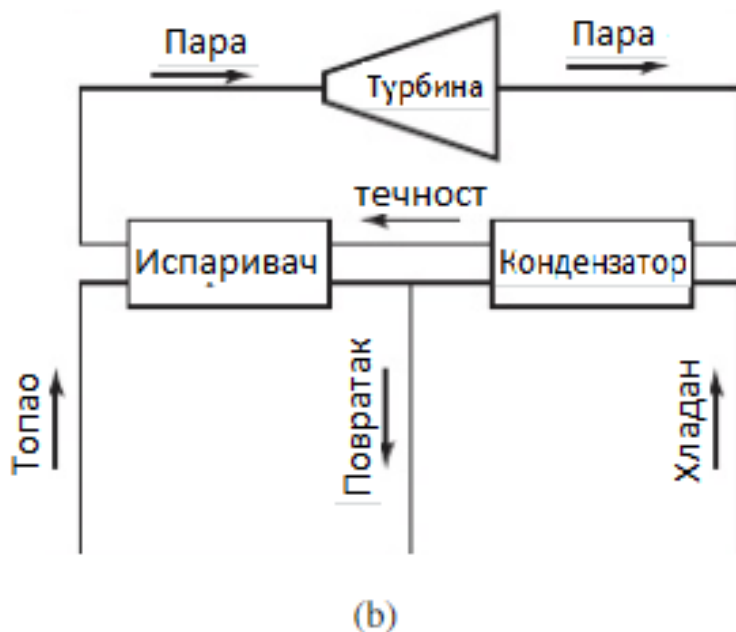


СЛИКА 22. Шема затвореног система ОТЕК погона

Мини ОТЕК пловило је одвезено 2,4 km од Хавајске обале, а успело је произвести довољно енергије да светле светла на пловицу, те такође за рад бродских компјутера и телевизора. А 20 година касније, 1999. године Лабораторија за природну енергију је тестирала и пилот електрану затвореног система снаге 250-kW што је највећа електрана таквог типа икад пуштена у операцију.



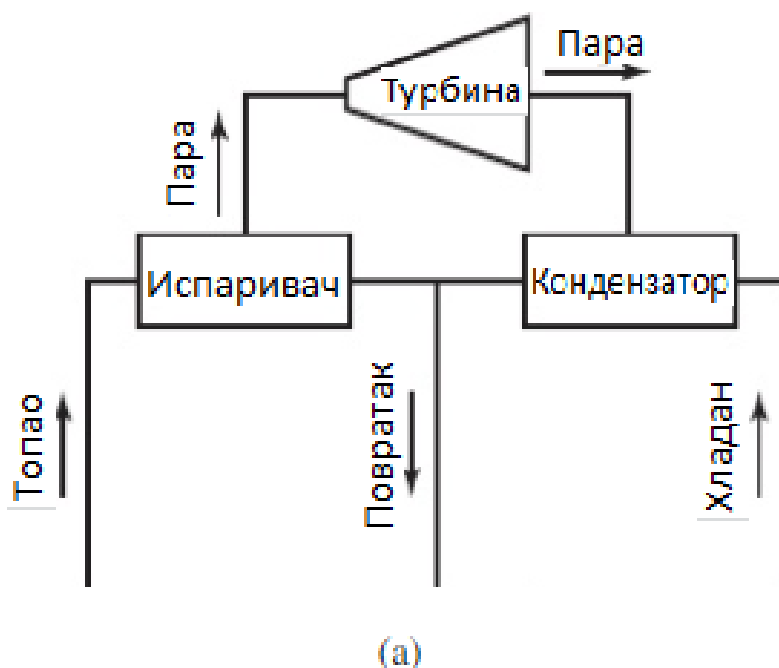
СЛИКА 23. Прво експериментално бродско постројење са затвореним процесом, МИНИ-ОТЕК, на којем је 1979. године извршена прва успешна ОТЕК производња (нето $P > 0$), Кеахоле Поинт, оток Хаваји, САД



СЛИКА 24. Дијаграми тока флуида у океанско-термалном постројењу. б) Затворен циклус користи амонијак као радни флуид, који касније испарава и кондензује се у топлотним размењивачима снабдевеним топлим и хладним океанским токовима.

5.2 Систем отвореног циклуса

Системи отвореног циклуса (Open-Cycle) користе топле површине тропских океана за добијање електрицитета захваљујући чињеници што топла вода након што се стави у контејнер са ниским притиском, прокључа. Након тога пара која се шири почиње терати турбину са ниским притиском спојену на електрични генератор, те се на крају кондензује назад у течност због изложености хладним температурама из дубине океана. 1984 године тадашњи Институт за истраживање соларне енергије (данас под именом Национална лабораторија за обновљиву енергију) развио је тзв. «вертикалну одводну цев испаривач» чија је намена претварање топле морске воде у пару под ниским притиском, а за изградњу пројекта отвореног циклуса.



СЛИКА 25. Дијаграми тока флуида у океанско-термалном постројењу. а) Отворен циклус користи пару која се генерише из топле морске воде и користи се као радни флуид.

5.3 Систем хибридног циклуса

Хибридни системи (Hybrid) су дизајнирани на начин који комбинује позитивне стране, како отворених, тако и затворених система. Начин рада код хибридних система укључује топлу морску воду која улази у вакуумску комору где се претвара у пару (процес сличан код система отвореног типа). Након тога пара се претвара у течност ниског степена кључања (као код затворених система), а која затим покреће турбину и ствара електричну енергију.



СЛИКА 26. Поглед на копнени ОТЕК погон на обалама Хаваја

ОТЕК има врло висок потенцијал за стварање електричне енергије, али није електрична енергија једина позитивна ствар која се може добити захваљујући ОТЕК -у. Као нуспродукт може се произвести хлађење ваздуха, а употребљена хладна морска вода из ОТЕК електрана може или охладити свежу воду у измењивачима топлоте или тећи директно у неком систему за хлађење. А ту је и аквакултура јер неке врсте рибе, као што је лосос, могу се знатно боље размножавати у дубокој води богатој нутријентима, добијеним темељем принципа рада ОТЕК -а. Међутим, постоје и негативне стране, нарочито што се тиче исплативости тих пројеката јер ОТЕК електране траже врло велике почетне инвестиције, а такође треба задовољити и питања околине, будући да су ОТЕК електране врло велике те траже пуно простора за изградњу. Још један фактор који утиче на комерцијализацију ОТЕК пројеката је и чињеница да на свету има само неколико стотина места прикладних за грађење, и то у тропским крајевима, где је дубоки океан доста близу обале те се тиме избегавају додатни трошкови који би се јавили приликом градње ОТЕК пројекта даље од обале.

Мане ОТЕК постројења:

- Скупа конструкција, циљеви за довод хладне воде из морских дубина резултира високом почетном ценом изградње електрана;
- Утицај на температуру мора;
- Сматра се да би добрим смештањем електрана утицај на температуру био сведен на минимум;
- Непостојање комерцијалних постројења;
- До сад су грађена само покушна постројења мале снаге;
- Мала ефикасност 1-3%.

Предности ОТЕК постројења:

- Производња чисте и јефтине енергије;
- Производња воде за пиће и наводњавање;
- Постројења снаге 2 MW би у теорији могла производити 4 300 000 литара питке воде;
- Узгој биљака из умереног појаса у тропском подручју.

6. ЗАКЉУЧАК

Енергија океана представља обновљиви извор енергије за коју би дефинитивно требало више истраживања, понајвише како би се повећала ефективност улагања и смањили огромни почетни трошкови, а што је уједно и највећа мана овог обновљивог извора. Океани представљају 2/3 површине земље те као такви представљају огроман потенцијал вредан даљег истраживања. Тренутне модерне технологије нису на задовољавајућем нивоу развоја како би искористиле тај огромни потенцијал, иако ваља рећи како захваљујући тежњи за што више енергије, истраживања се почињу све више одвијати и у сектору енергије океана.



СЛИКА 27. Изградња електране у Мутрику и њен географски положај(Баскија)

Прва комерцијална електрана на морске таласе већ обезбјеђује струју за око 600 људи, реч је о постројењу у шпанском граду Мутрику, које представља огледни пример коришћења енергије мора за производњу струје. Недавно је постројење од 300 kW пуштено у погон и даноноћно производи електричну струју. Дугорочне прогнозе говоре да енергија морских таласа може да обезбеди велики удео у производњи електричне струје, али техничка решења су углавном још на почетку. У свету постоји око 60 пројеката коришћења енергије морских таласа. По мишљењу истраживача таласа Франка Нојмана из Центра енергије таласа у Лисабону такозвана OWC-постројења, попут оних у Мутрику, тренутно имају најбоље изгледе за продор на тржиште.



СЛИКА 28. OWC - електрана Пико, Португал

Проблеми који се тичу масивности тих електрана, свакако се истичу, него нису једини јер је потребно задовољити и неке еколошке стандарде пре упуштања у веће пројекте, а како би се околна сачувала у највећој могућој мери. Упркос томе што сектор енергије океана није доживео процват као неки други сектори обновљивих извора енергије, пројекти као што су изградња ОТЕК електране у Кеахале Поинт, Хаваји даје разлога за оптимизам и веру како ће будућност знати искористити неоспорни огромни потенцијал овог извора енергије. Потребна је само одговарајућа технологија.

Према подацима Европског удружења за енергију океана, енергија таласа и плиме би могла до 2050. године обезбедити 15 % европских потреба за енергијом.

Из свега наведеног видимо да океани и мора имају огроман енергетски потенцијал, који се може искористити на више начина и помоћу којег се могу заменити ресурси који штете околини и за које се сматра да би могли доћи до исцрпљења.

Енергија из океана је обновљива и еколошки прихватљива. Недостатак би могла представљати висока цена градње и стављања у погон једне овакве електране, али би се ти губици временом надокнадили.

Стога је изазов за будућност развој нових и побољшање постојећих технологија за коришћење енергије из мора и океана.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Energy and the Environment James A.Fay, Dan S.Colomb
2. Boyle, G. Renewable energy, Oxford University press, Oxford, 2004
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_thermal_energy_conversion
4. <http://www.obnovljiviizvorienergije.rs>
5. <http://www.oceanlinx.com>
6. <http://www.oceanpowertechnologies.com>
7. <http://www.pelamiswave.com>
8. <http://www.wavedragon.net>
9. <http://www.leonardo-energy.org/drupal/wave-dragon>
10. www.izvorienergije.com
11. www.alternativni-izvori-energije.com
12. www.planeta.org.rs
13. www.oceanenergycouncil.com