

TRANSFORMACIJA ENERGIJE PLIME-OSEKE

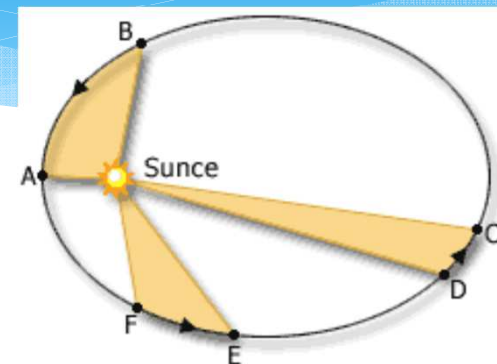
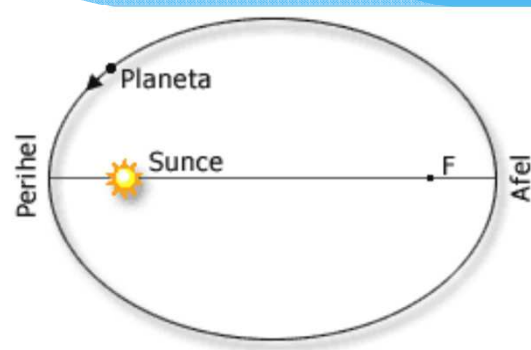
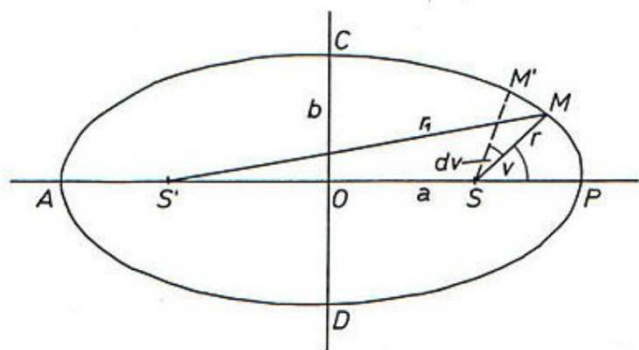
ENERGIJA PLIME I OSEKE

Gravitacijska sila je privlačna sila između svih tijela koja imaju masu.

Keplerovi zakoni:

1. Planete se kreću oko Sunca po eliptičnim putanjama. U zajedničkoj žiži (*fokusu*) svih elipsi nalazi se Sunce.
2. Radijus vektor (*dužina koja spaja planetu sa Suncem*) za iste vremenske intervale opiše iste površine.
3. Količnik (*kvocijent*) kvadrata vremena obilaska planete oko Sunca i kuba radijusa velike polu-osi elipse je konstanta

ENERGIJA PLIME I OSEKE



$$F_g = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Njutnov (Newton) zakon opće gravitacije glasi:

Intenzitet gravitacijske sile kojom se privlače dva tijela direktno je proporcionalan umnošku masa tih tijela, a obrnuto proporcionalan kvadratu njihove udaljenosti.

ENERGIJA PLIME I OSEKE

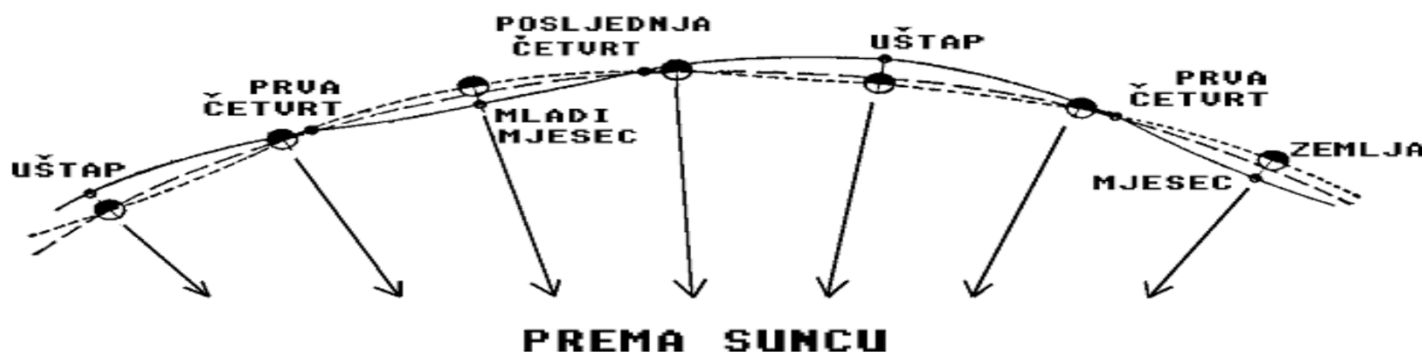
S obzirom na svoju veličinu i udaljenost od Zemlje, Mjesec možemo smatrati jednim od najmasivnijih planetnih satelita u Sunčevom sustavu (*Mjesečev promjer je približno 3,5 puta manji od Zemljinog*).

Mjesec se, za razliku od većine satelita drugih planeta, nalazi u relativno velikoj blizini matičnog planeta.

Tako se, u odnosu na Sunce, Mjesečev godišnji put relativno malo razlikuje od Zemljine staze. Ova tvrdnja može nam se činiti nevjerojatnom, pogotovo kada se zna da se Mjesec nalazi na udaljenosti od oko 384 400 km (*oko 30 Zemljinih promjera*).

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Mjesecu je potrebno oko 29 dana da jednom obiđe Zemlju. Za to vrijeme sustav Zemlja-Mjesec prijeđe 1/13 svog godišnjeg puta što iznosi preko deset milijuna kilometara! Stoga, gledajući u odnosu na Sunce, Mjesečev će put izgledati poput valovite linije koja blago odstupa od Zemljine staze. Jedan “val” Mjesečeve staze “razvučen” je na desetak milijuna kilometara, a maksimalno odstupanje od Zemljine staze iznosi oko 400 000 km.



Napomenimo da je u stvarnosti Mjesečeva staza u odnosu na Sunce u svakom svom dijelu konveksna (*lat. convexus* – *izbočen*), što nije bilo moguće prikazati na slici.

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Mjesečevo gibanje u sustavu Zemlja-Mjesec pokazuje se u izmjenama Mjesečevih faza. Četiri su osobite Mjesečeve faze: mlađ, prva četvrt, uštap (***pun Mjesec***) i posljednja četvrt.

1. Kada je u fazi mlađa, Mjesec je za promatrača na Zemlji potpuno taman. Sunčeva svjetlost tada obasjava suprotnu Mjesečevu stranu – Mjesec se nalazi između Zemlje i Sunca. Već sljedeći dan vidjet ćemo Mjesec poput tankog srpa i to neposredno nakon zalaza Sunca nad zapadnim horizontom.
2. Svakim sljedećim danom sve je veći dio vidljive strane Mjeseca obasjan sunčanom svjetlošću i nakon izvjesnog vremena bit će obasjana točno polovica vidljive Mjesečeve ploče. Tada je Mjesec u fazi prve četvrti (naziv potječe od činjenice što je tada vidljiva otprilike $1/4$ ukupne Mjesečeve površine).
3. Kada Mjesec dođe u položaj suprotan položaju Sunca, on sjaji najvećim sjajem i u fazi je uštapa. Od faze mlađa pa do uštapa, Mjesec je u rastućoj fazi. U tom se periodu svakim danom povećava kutna udaljenost Mjeseca od Sunca.
4. Nakon uštapa, faza Mjeseca opada – nakon zalaza Sunca, Mjesec se sve kasnije pojavljuje nad istočnim horizontom.

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Mlađak ili Novi mjesec



18.05. 06:14

Prva četvrt (*vidljiv noću*)



25.05. 19:20

Pun mjesec (*Uštap*)



04.05. 05:43

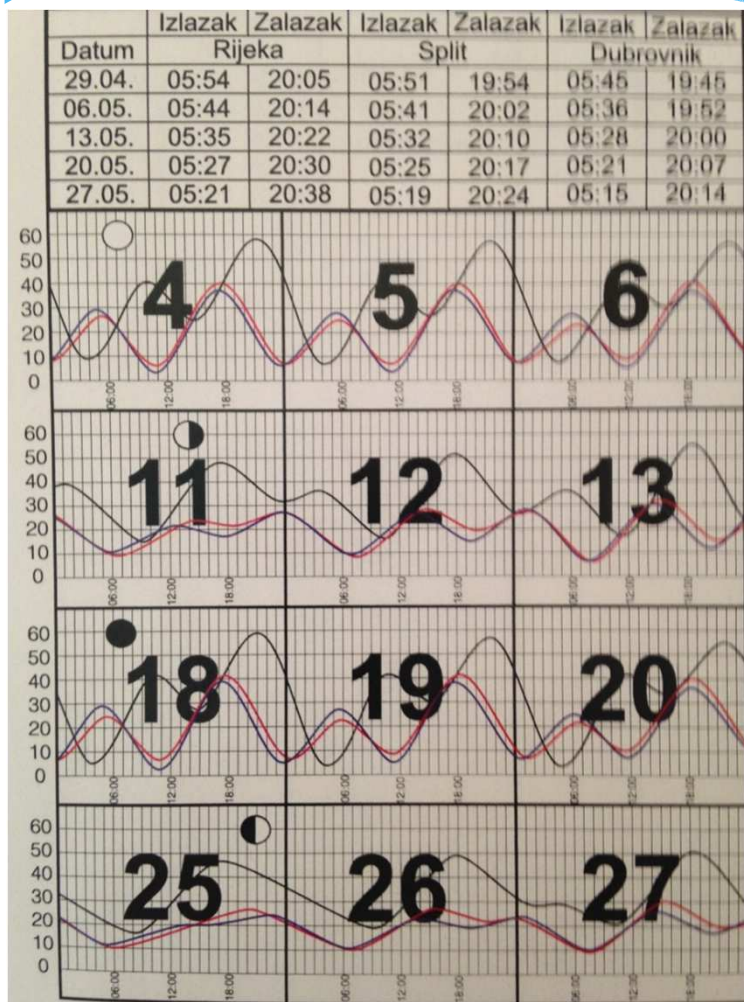
Zadnja četvrt (*vidljiv ujutro*)



11.05. 12:37

Trenutno stanje mjesečevih mijena: http://www.freedomtek.org/mjesec/mjeseceve_mijene.php

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Mlađak ili Novi mjesec

Prva četvrt (*vidljiv noću*)

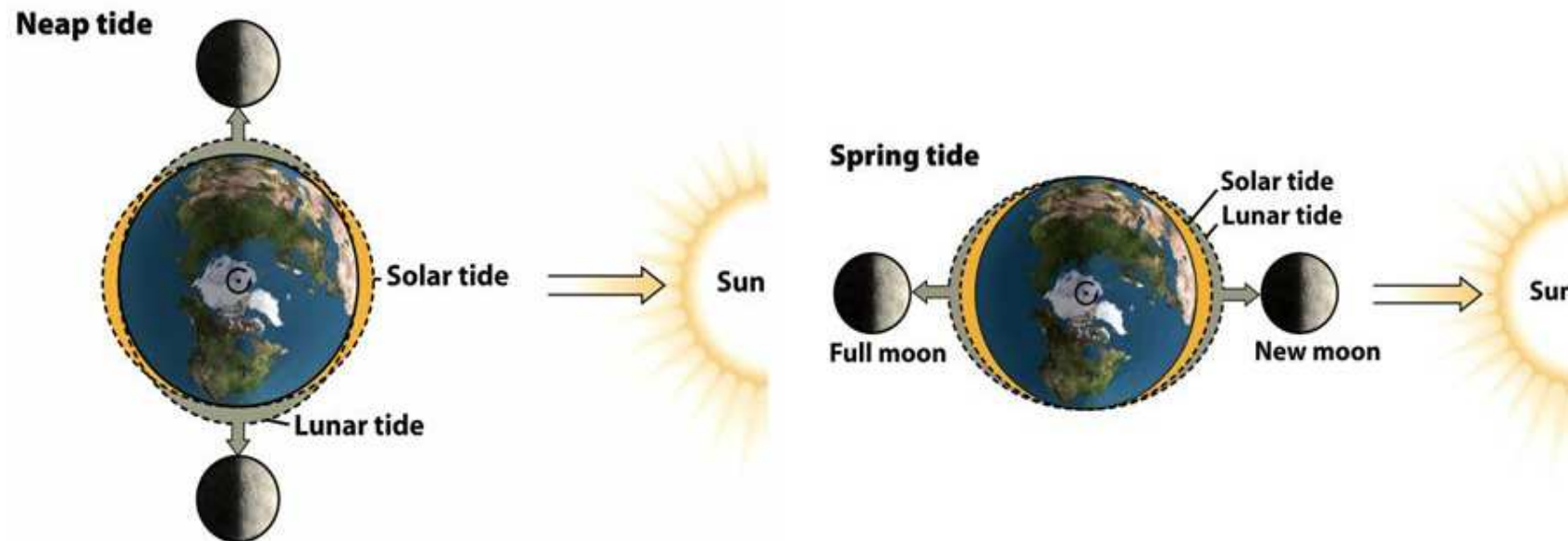
plima u Rijeci 25.05.2015. u 12:30; 30 cm, najveća u 16:00; 48 cm najmanja (*oseka*) u 08:30; 16 cm

Pun mjesec (*Uštap*)

najveća plima 04.05.2015. u 22:00; 58 cm

Zadnja četvrt (*vidljiv ujutro*)

ENERGIJA PLIME I OSEKE



ENERGIJA PLIME I OSEKE

Johannes Kepler (rođen *Weil der Stadt* kraj *Stuttgarta*, 27. prosinca 1571. umro - *Regensburg*, 15. studenog 1630.), njemački astronom, matematičar i astrolog. Ustanovio je gibanje planeta po elipsama, te time srušio teorije i vjerovanja da se planeti oko Sunca gibaju po kružnicama (*Prvi Keplerov zakon*). Nakon teškog djetinjstva odlučio se za crkvenu karijeru, pa je 1584. stupio u sjemenište u *Adelsbergu*. Pošto je primljen na Sveučilište u *Tübingenu*, gdje ga je astronomiji poučavao Kopernikov sljedbenik *Michael Mästlin*, napustio je svećeničku službu i 1594. prihvatio katedru astronomije u *Grazu*. Njegov su rad zapazili *Galileo Galilei* i *Tycho Brahe*, koji ga je pozvao za pomoćnika u *Prag*. Nakon *Braheove* smrti 1601., preuzeo je njegov položaj dvorskoga matematičara i astrologa cara *Rudolfa II.* Od listopada 1604. do početka 1606. promatrao je novu zvijezdu (*Keplerova supernova ili SN 1604*), koja je sjajem u maksimumu nadmašivala sjaj *Jupitera*; na mjestu zvijezde, za koju se danas zna da je bila supernova, zapažaju se samo difuzni ostatci, bez ostatka zvijezde.

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Procjena: Ukupna energija plime ≈ 3.000 GW

Energija plime u dostupnim priobalnim područjima ≈ 1.000 GW

Tehnološki dostupna energija plime i oseke ≈ 100 GW ($\approx 15\%$ od hidropotencijala)

Ukupan učin gravitacijskih sila između Sunca, Mjeseca i Zemlje usred oceana bi uzrokovao plimne varijacije od približno **0,5 m**.

Međutim, radi lokalnih topografskih varijacija plima u blizini obale može biti i do 3 m

U ekstremnim slučajevima (*u uskim ljevkastim zaljevima*) može doći do efekata koji mogu uzrokovati plime od **10-15 m**

Najveće razlike plime i oseke zabilježene na atlantskoj obali sjeverne amerike 16,3 m.

Najbolji je primjer zaljev Severn u Engleskoj gdje plima dostigne visinu od 11 do 15 metara i u Francuskoj La Rance gdje plima dostigne visinu do 12 metara.

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Energija plime i oseke je jedan od najstarijih oblika energije koju koriste ljudi. Ta energija ne zagađuje okoliš, pouzdana je i lako predvidljiva za razliku od energije vjetra i valova.

Energija plime i oseke se može koristiti na dva načina:

1. gradeći polupropusne brane preko estuarija-zaljeva sa visokom plimom
2. korištenjem toka plime i oseke na otvorenom moru Glavni nedostatak ovog oblika energije su veliki kapitalni troškovi jer se redovito radi o ogromnim projektima koji zahvaćaju velika područja, pa kao i sa velikim projektima hidroelektrana može doći do narušavanja okoliša odnosno ekosustava. Drugi problem je ograničeni dnevni rad od 10 sati koliko traju izmjene plime i oseke.

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Neke od lokacija koje su pogodne za korištenje energije plime i oseke

ENERGIJA PLIME I OSEKE



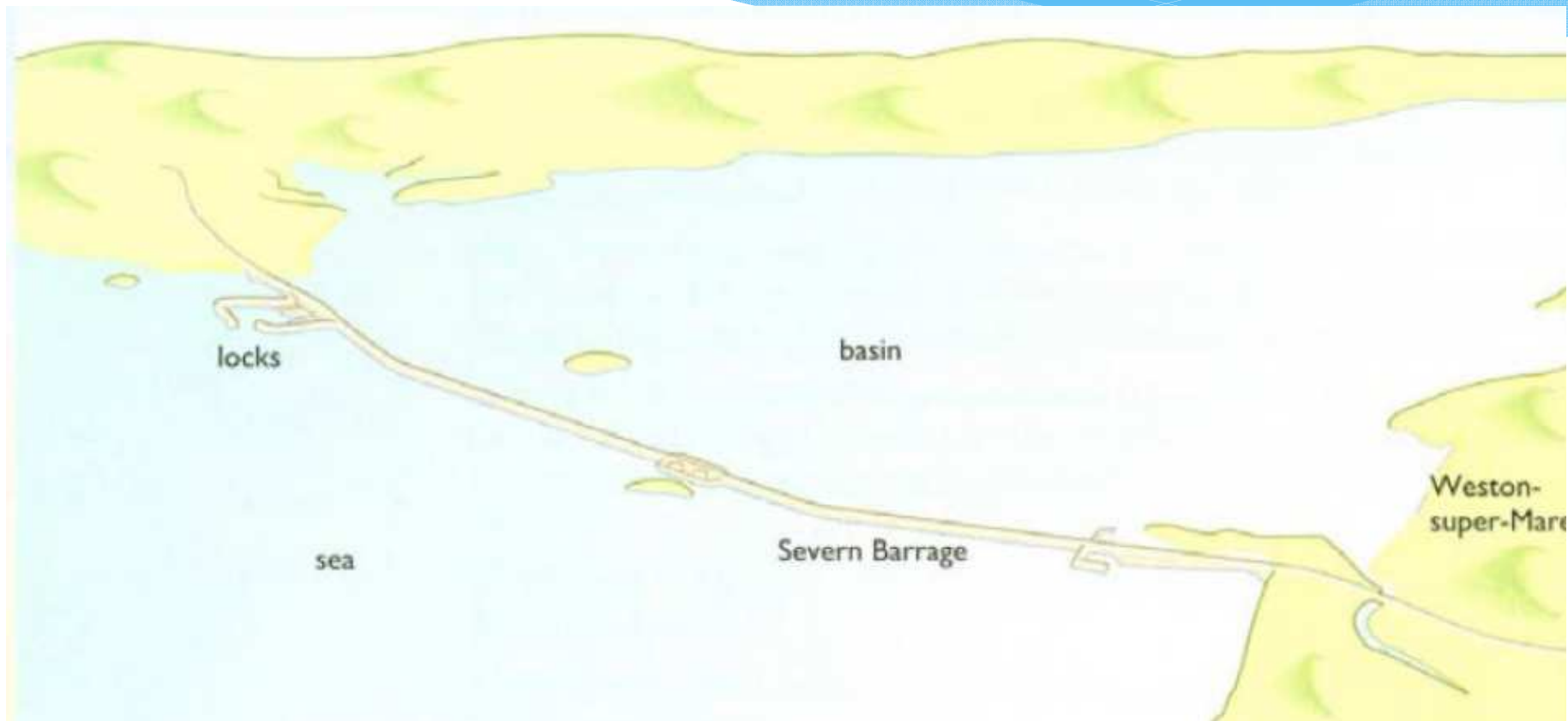
Neke od lokacija koje su pogodne za korištenje energije plime i oseke

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Figure 6.5 The effects of concentration of tidal flow in the Severn Estuary (tidal ranges in metres)

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Velika Britanija, brana duljine 15,9 km, snaga 8640 MW
Očekivana godišnja proizvodnja električne energije 17 TWh
(odgovara potrošnji el. Energije RH)

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Najstarija elektrana na plimu i oseku se nalazi u Francuskoj u La Rance-u. Njezina snaga je 240 MW, a u pogon je ušla 1966. godine.

Najveća elektrana na plimu i oseku po snazi i po proizvodnji projektirana u Engleskoj (*zaljev Severn*), brana dužine 15,9 km Snaga 8.640 MW.

Planirana godišnja proizvodnje električne energije 17 TWh.

Prva ideja 1849. konačnu izvedbu osporavaju „zeleni” zbog stvaranja „lagune” i male izmjene vode u zaljevu.

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Druga najstarija je Kislaya Guba koja se nalazi u Rusiji , snaga joj je 1,7 MW, a u pogon je od 1968.

Nakon toga sljedeća u nizu po godini puštanja u pogon je elektrana Jiangxia u Kini ukupne snage 3.2 MW koja je u pogonu od 1980.

U Sjevernoj Americi je pak 1984. u Kanadi kod Annapolis Royala u pogon puštena elektrana snage 20 MW.

U 2008. je u Sjevernoj Irskoj pušten u pogon sustav SeaGen snage 1.2 MW.

U Južnoj Koreji je 2009. u pušten pogon sustav Jindo Udolmok ukupne snage 90 MW.

U rujnu 2010. je u Orkneyu, Škotska u probni pogon pušten sustav turbina snage 1 MW.

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Elektrana na plinu i oseku La Rance (F), 240 MW, 24 turbine/pumpe svaka snage 10 MW. Plima i oseka visine do 12 metara (*prosječno 5 metara*)

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Sihwa Tidal Power Plant , pogled iz zraka
www.advancedtechnologykorea.com

U redovitiom je pogonu od 4. 8.2011.

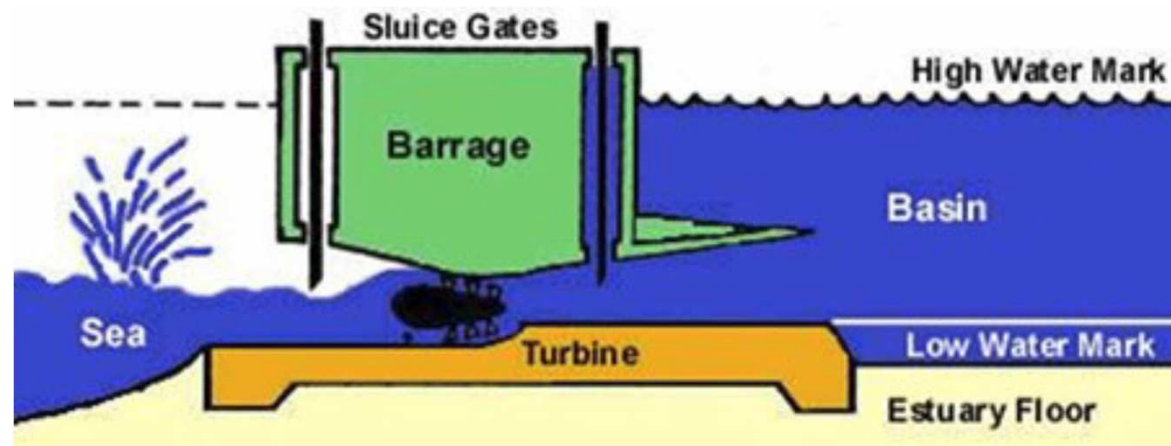
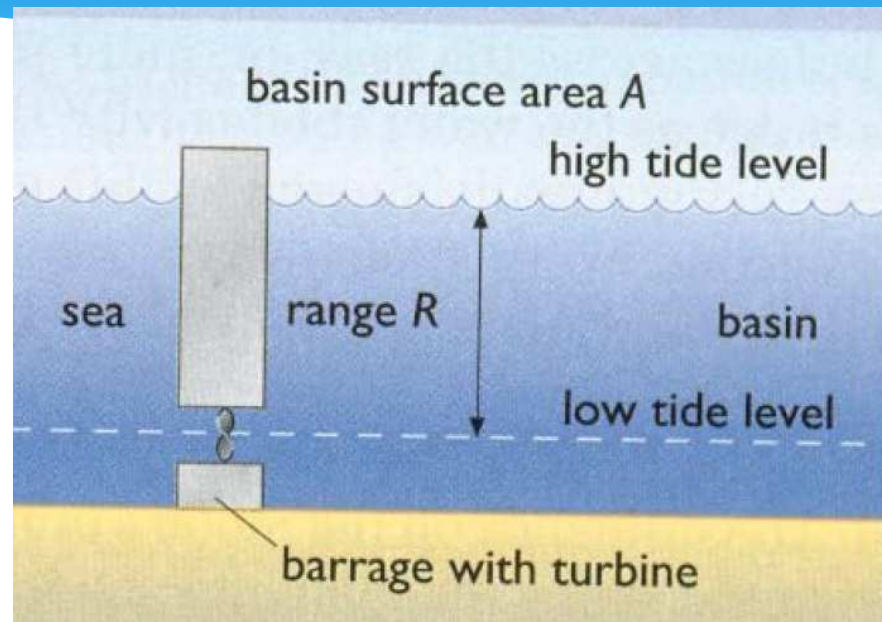
Najveća elektrana do sada bila je La Rance u Francuskoj izgrađena prije 48 godina snage 240 MW. Prosječna visina između plime i oseke je 5,6 metara (*maksimalno 7,8 m*).

U Južnoj Koreji (*Sihwa*) izgrađena najveća po zahvatu elektrana na plimu i oseku snage 254 MW s 10 cjevnih turbina.

Početno je stvoreno umjetno jezero slatkovodne vode s branom, ali je zbog onečišćenja rekonstruirana i u jezero se uvodi morska voda za sprječavanje onečišćenja.

Godišnja proizvodnja električne energije 553 GWh (0,553 TWh) s jednostrukim efektom prolaza vode. S dvostrukim efektom povećala se snaga dvostruko.

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Transformacija energije plime i oseke

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Plimne brane su postrojenja vrlo slična akumulacijskim hidroelektranama. I kod njih se gradi brana ili pregrada preko zaljeva (*često se naziva estuarij*) s dovoljno velikom plimom.

Uz današnji razvoj tehnologije minimalna potrebna razlika plime i oseke da takvo postrojenje bude isplativo je 5 metara.

Brana služi za skupljanje i postepeno ispuštanje vode kada se plima počne povlačiti, te se otvaranjem zapora i postepenim propuštanjem vode kroz zapor pomoću turbine i generatora dobija električna energija.

Energija se može koristiti u oba smjera protoka, ali takva primjena može smanjiti efikasnost i ekonomičnost projekta, a čak ni u tom slučaju se energija ne bi kontinuirano dobivala.

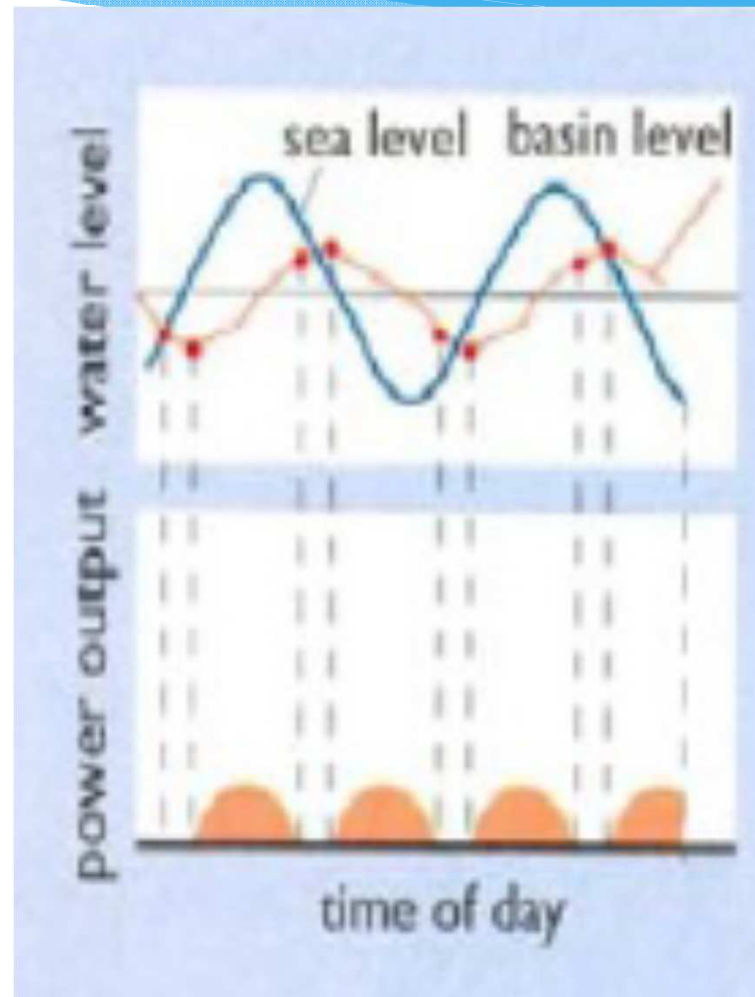
ENERGIJA PLIME I OSEKE

Od turbina koje se mogu koristiti za ovakva postrojenja najčešće se spominju cijevne turbine i turbine s uspravnom osi.

Turbine se mogu koristiti i kao pumpe za pumpanje vode u zaljev za vrijeme niske potražnje električne energije, a ta ista voda se može koristiti za proizvodnju električne energije u vrijeme kada je veća potražnja (*skuplja električna energija*).

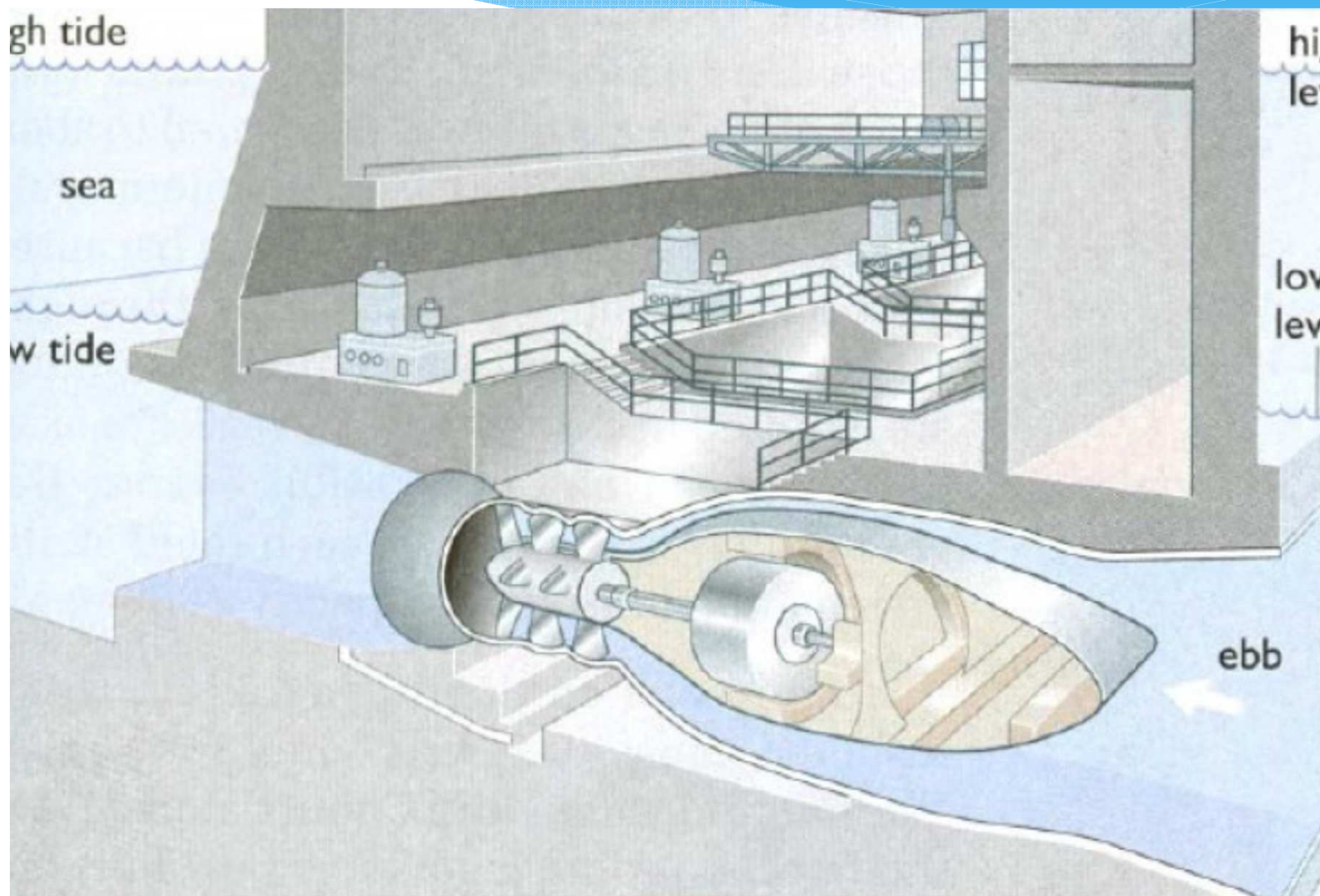
Na taj način ovakve elektrane mogu sudjelovati u radu sustava slično kao i reverzibilne hidroelektrane.

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Dijagram razine mora i bazena (*akumulacije*) te snaga elektrane na plimu i oseku, ako se koristi protok u oba smjera.

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Brana sa strojarnicom i turbinama elektrane na plimu i oseku

ENERGIJA PLIME I OSEKE

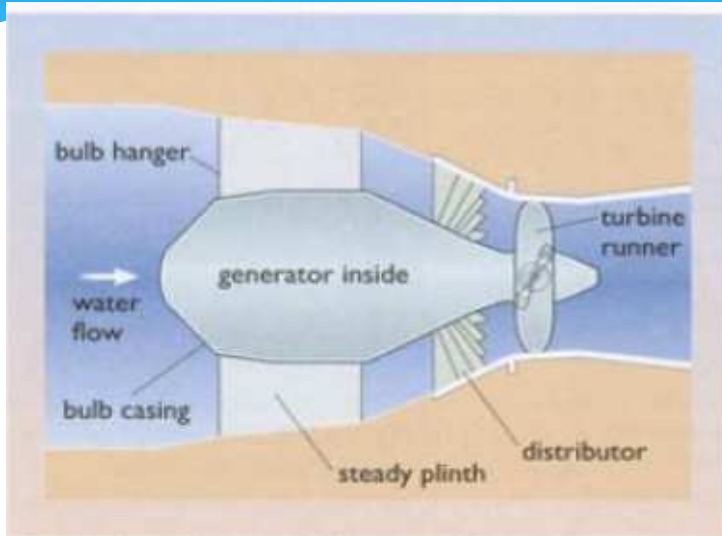


Figure 6.11 Bulb turbine as used at La Rance

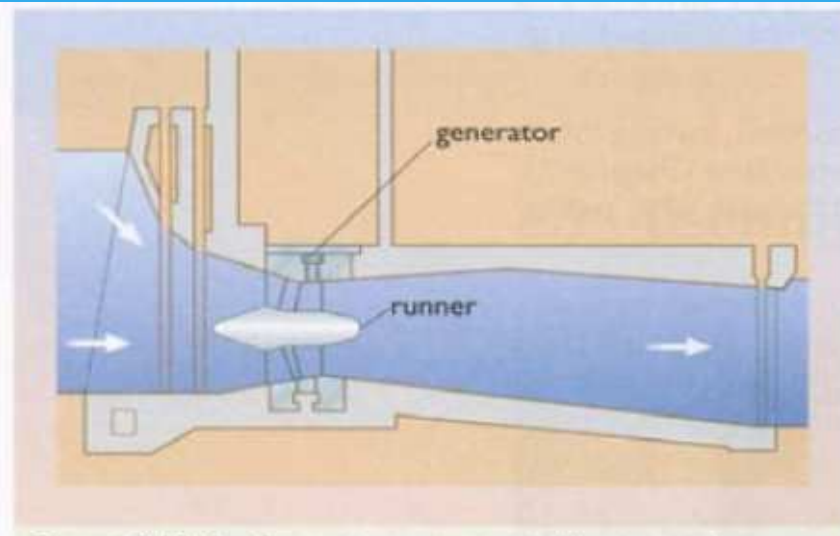


Figure 6.12 Straflo or rim generator turbine as used at Annapolis Royal

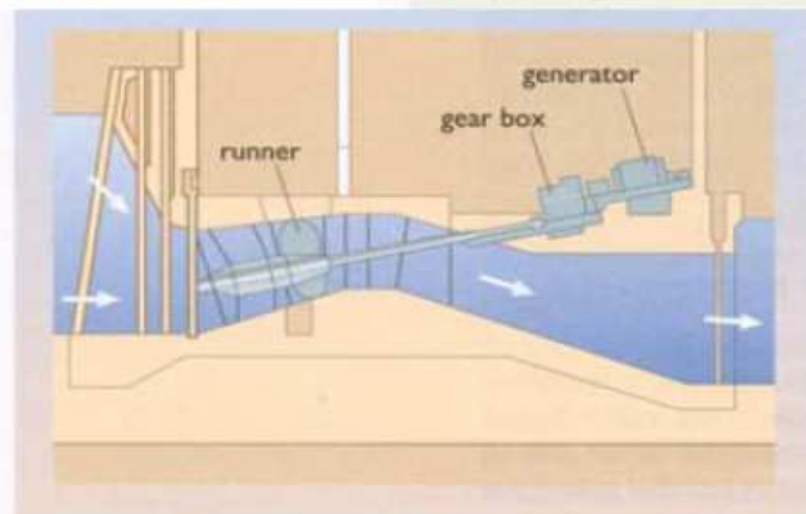
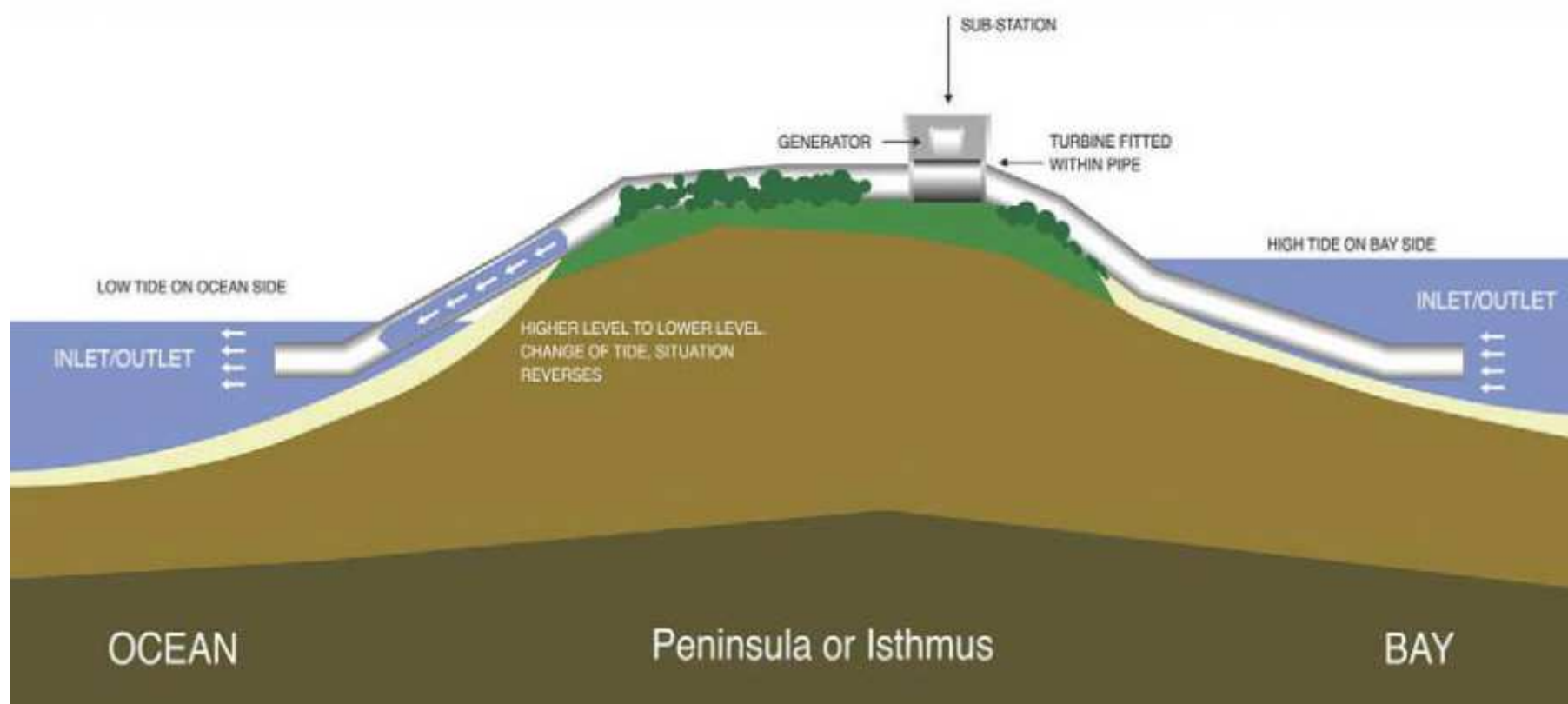


Figure 6.13 Tubular turbine

Turbine u brani elektrane na plimu i oseku

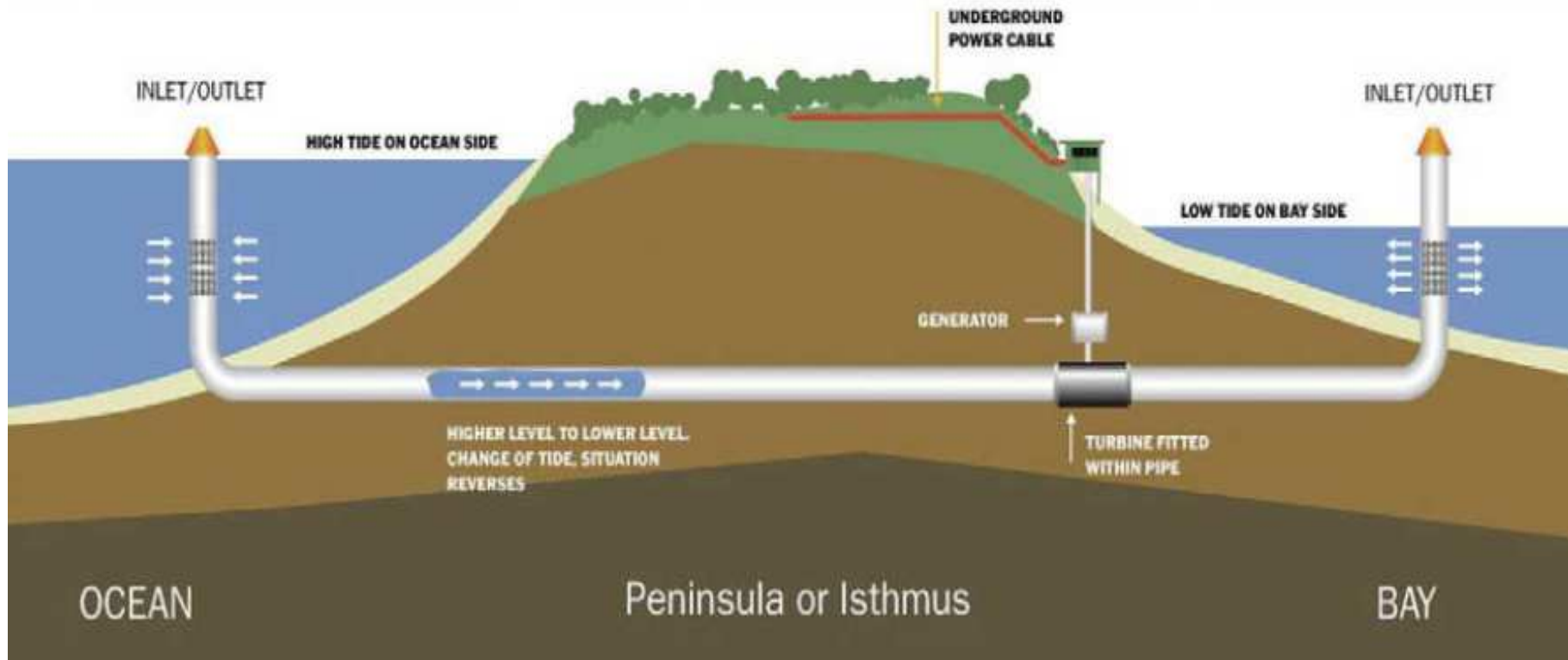
ENERGIJA PLIME I OSEKE



Novi koncept elektrane na plimu i oseku (*mogućnost reverzibilnog rada*)

<http://www.renewableenergyfocus.com/>

ENERGIJA PLIME I OSEKE



Novi koncept elektrane na plimu i oseku (*mogućnost reverzibilnog rada*)

<http://www.renewableenergyfocus.com/>

ENERGIJA PLIME I OSEKE

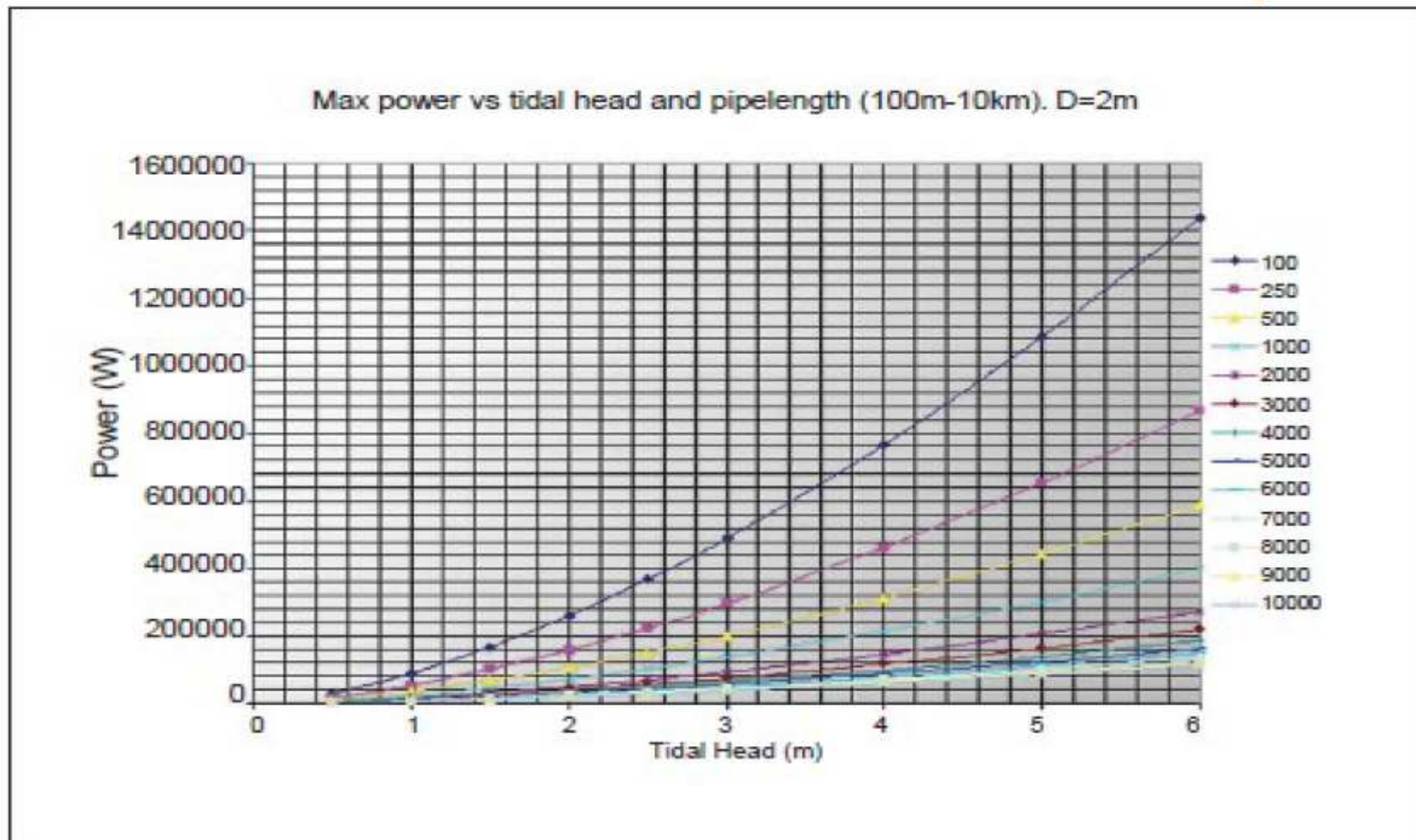


Figure 3. Power production (W) versus tidal phase difference (head height) versus pipe length for a given internal pipe diameter, D , of 2 metres.

Novi koncept elektrane na plimu i oseku – snaga u ovisnosti o plimi i duljini cjevovoda

<http://www.renewableenergyfocus.com/>

ENERGIJA PLIME I OSEKE

Table 2: Cost of Production data based on 20 year life of plant (excludes maintenance)

Pipe length (metres)	Tidal Head Difference Across The Natural Barrier (metres). Pipe diameter = 2 metres								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
Electricity generation cost shown in USD cents per kWh (Source RMIT University, Aus.)									
100	5.8	3.4	2.8	2.6	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2
250	17.5	7.4	4.9	3.9	3.4	3.1	2.8	2.6	2.5
500	47.3	17.5	10.3	7.4	5.8	4.9	3.9	3.4	3.1
1000	134.7	47.3	26.2	17.5	13.0	10.3	7.4	5.8	4.9
2000	391.8	134.7	72.7	47.3	34.0	26.2	17.5	13.0	10.3
3000	734.2	251.2	134.7	86.9	62.0	47.3	31.0	22.5	17.4

Novi koncept elektrane na plimu i oseku – troškovi proizvodnje električne energije

<http://www.renewableenergyfocus.com/>

ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA

Plimni tokovi su veliki obujmi vode koji teku oceanima zbog gibanja plime i oseke. Taj efekat se najčešće primjećuje u plicinama gdje postoje prirodna suženja na kojima se brzina vode značajno povećava.

Sama tehnologija pretvorbe ove energije je slična tehnologiji za pretvorbu energije vjetra, uz neke bitne razlike. Voda ima 800 puta veću gustoću od zraka i njeno gibanje je u prosjeku puno sporije od gibanja zraka, što znači da su turbine u vodi izložene znatno većim silama i momentima. Zato takve turbine imaju manji promjer rotora.

Ta tehnologija je još u početnoj fazi razvoja.

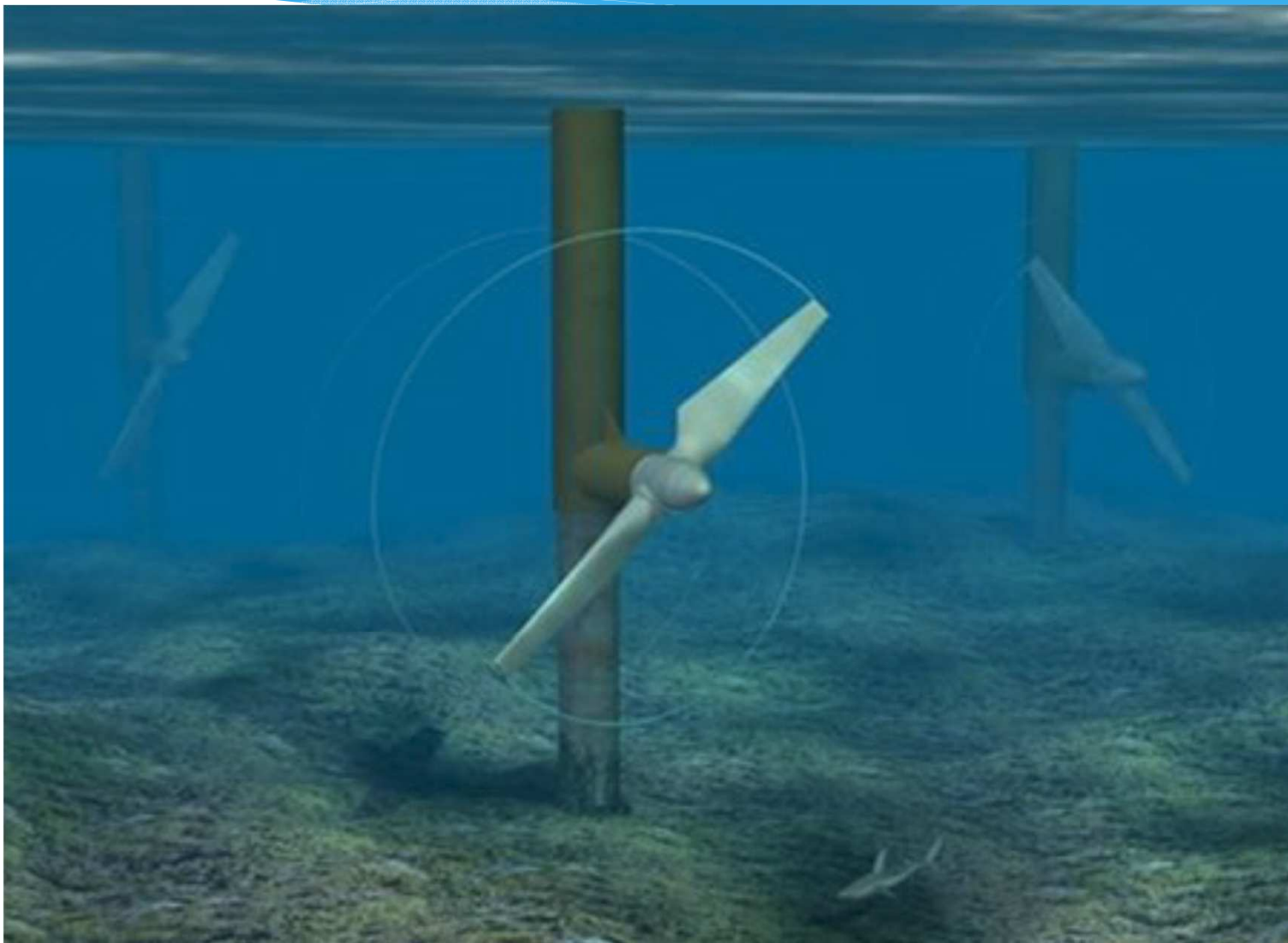
ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA

Prednost ovakvog korištenja plime i oseke u odnosu na plimne brane je puno manji utjecaj na okoliš, jer su sami proizvodni pogoni smješteni pod vodom, te ne utječu na kvalitetu i tok vode, eventualno tek neznatno na floru i faunu u neposrednoj blizini postrojenja. Jedan od glavnih problema s kojima se ova tehnologija suočava je potreba postavljanja turbina na mjestima u priobalnim vodama, što utječe i na problem održavanja.

Energija se može iskoristiti na dva načina: ***pomoću plimnih ograda ili plimnih turbina.***

Plimne ograde su u principu još jedan oblik plimnih brana i kao takve se suočavaju s istim problemom utjecaja na okoliš, s time da im je prednost mogućnost smještanja generatora i transformatora iznad površine vode.

ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA



Plimna turbina www.esru.strath.ac.uk

ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA



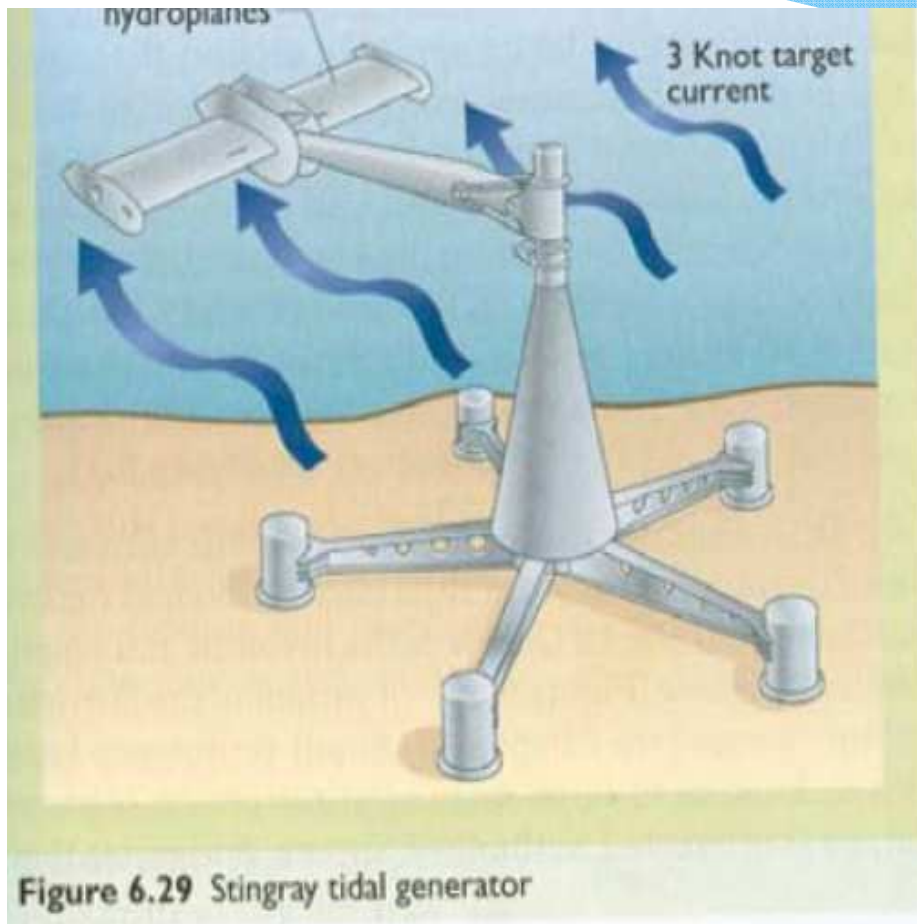
Stingray www.engb.com

Plimne turbine se smještaju pod vodu, te su na taj način nevidljive s kopna. Zauzimaju puno manje prostora i ne utječu toliko na okoliš kao ograde i brane. Najbolji rezultati ostvaruju se na lokacijama gdje je brzina toka vode uslijed izmjene plime i oseke **2 – 2,5** m/s.

Postoji još jedna nova tehnologija za iskorištavanje plime i oseke koja je u svojim začecima, a naziva se ***Stingray***.

Kut krila oscilira naspram toka plime pri čemu se ista pomiču gore - dolje. Time se ostvaruje pomak klipa u cilindru, kojim se postiže veliki tlak ulja potreban za pogon hidrauličkog motora, koji pogoni električni generator.

ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA



Stingray plimni generator

ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA

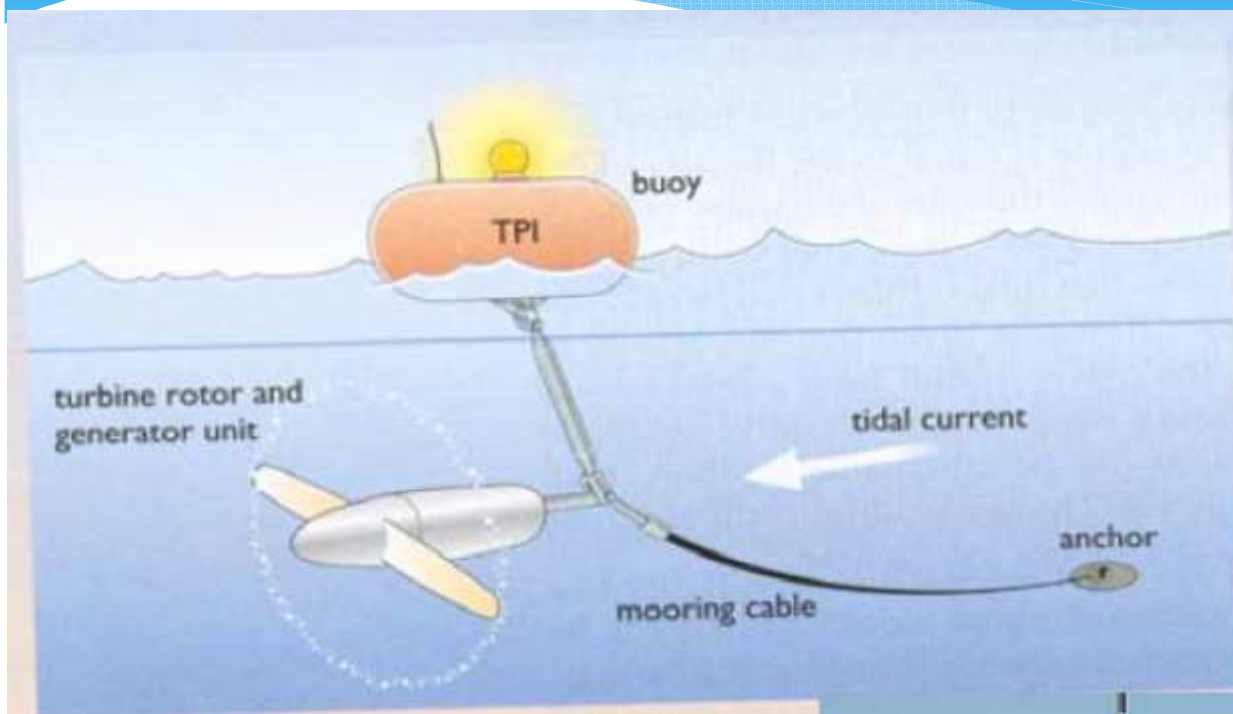


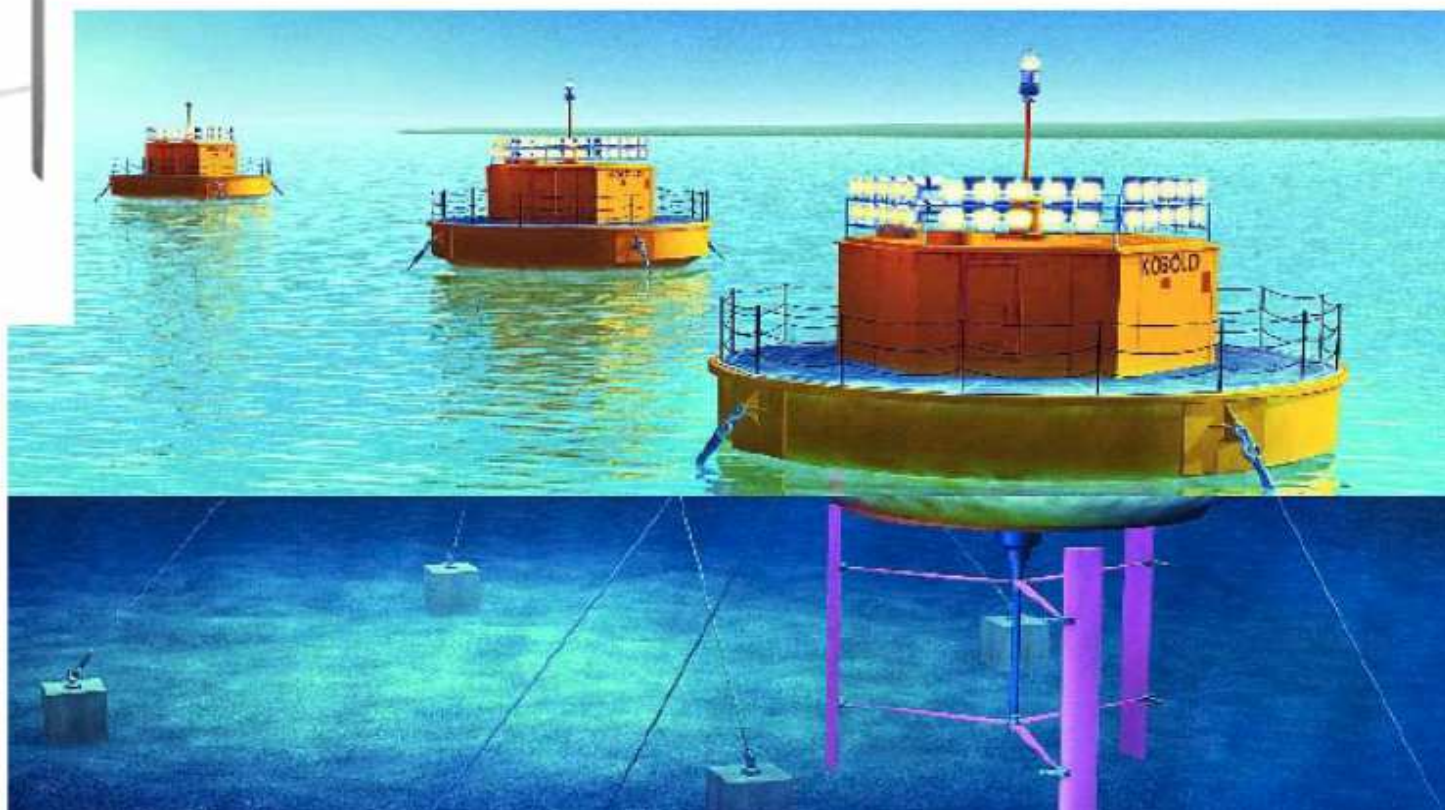
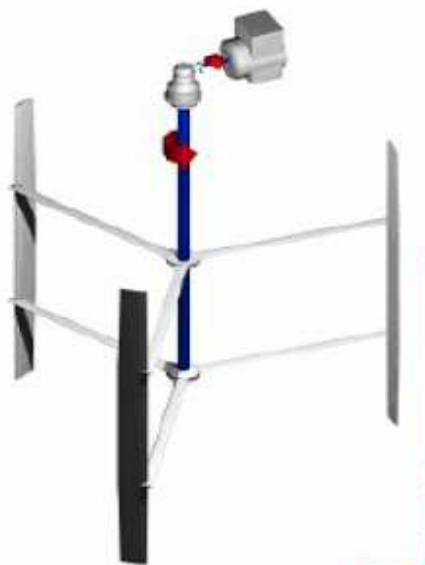
Figure 6.25 The IT Power tidal concept



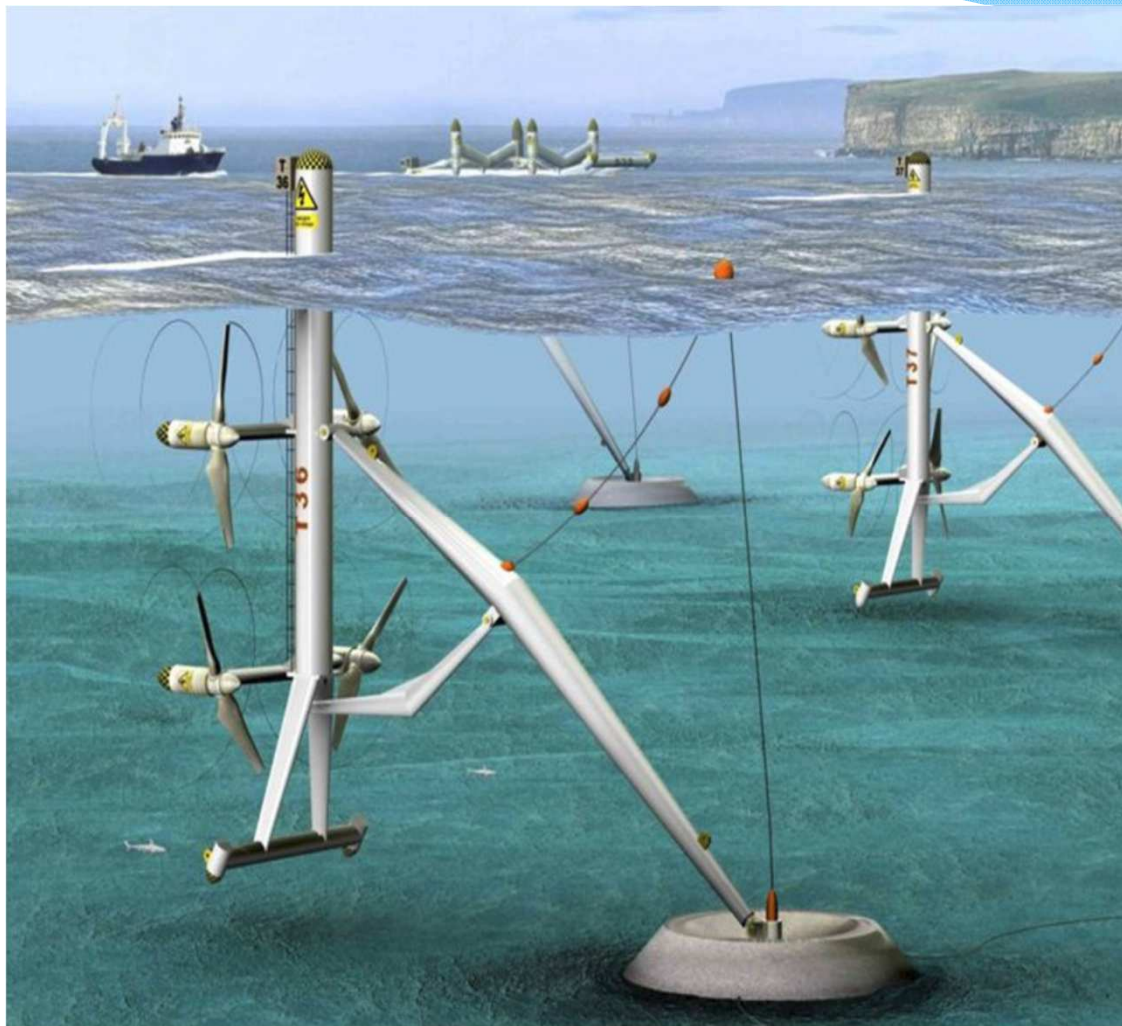
Figure 6.26 The Marine Current Turbine



ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA



ENERGIJA PLIME I OSEKE – MORSKIH STRUJA



Turbine na East Riveru za proizvodnju električne energije iz brzih plimnih struja u New Yorku u 2007. godini.

Riješenje pogodno za smještaj u tjesnacima do dubine 15 do 30 m