



Adam Jerzy Rajewski

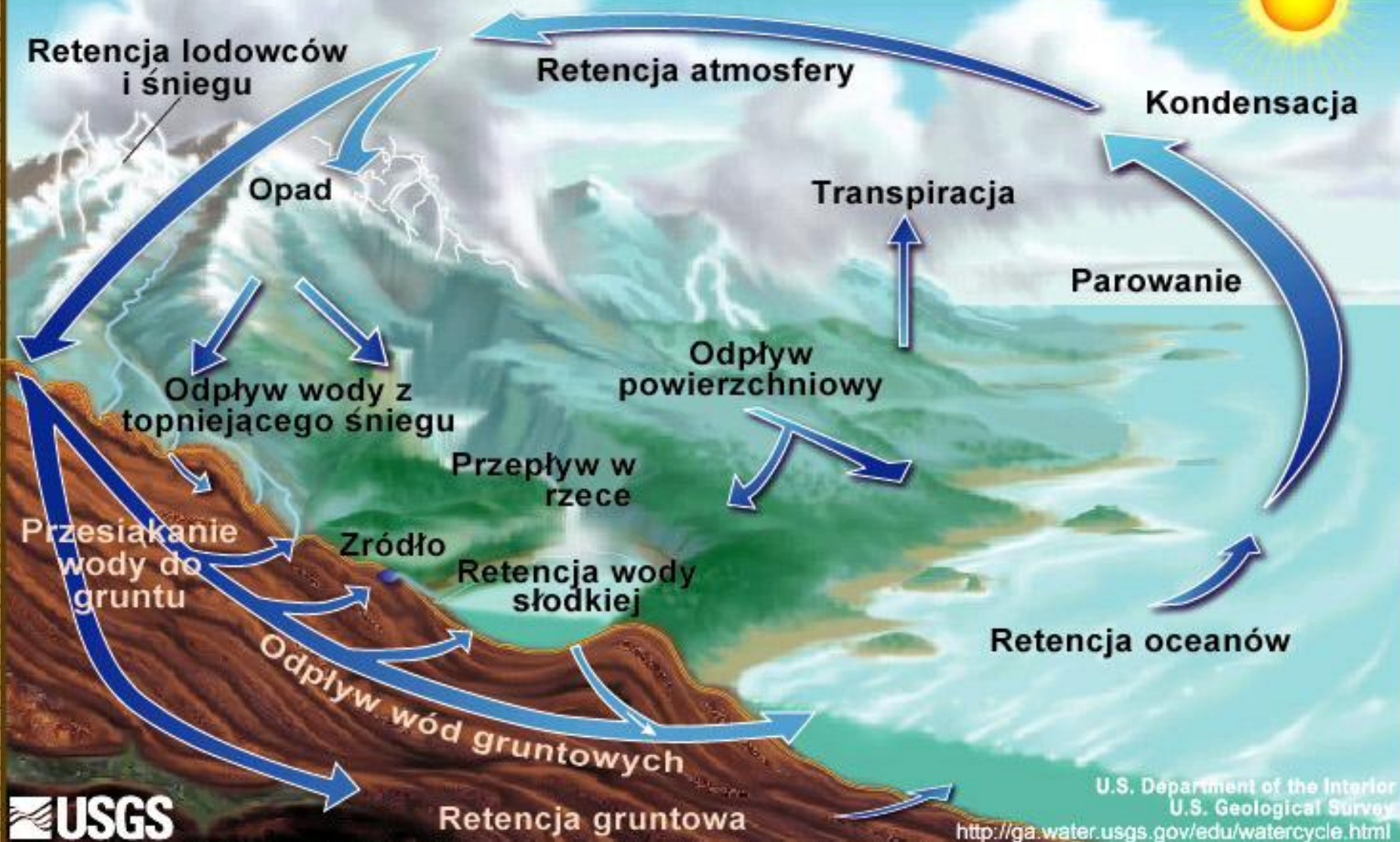
Zakład Termodynamiki
Instytut Techniki Ciepłej
Politechnika Warszawska



ENERGETYKA WODNA

TEORIA

Cykl hydrologiczny



ŁAŃCUCH PRZEMIAN ENERGII

Energia słoneczna

Energia wewnętrzna pary wodnej

Energia potencjalna wody

Energia kinetyczna wody

Magazynowanie energii

Wykorzystanie energii

ZASTOSOWANIA HISTORYCZNE

HYDRAULIC POWER

EARLY USES

Irrigation systems

- Ancient Mesopotamia and Egypt
- Ancient China

Hydraulic clocks

Water wheels

- Devices for converting hydraulic energy into mechanical energy of wheel's shaft
- Invented in ancient Greece
- Applications: water lifting, watermills, sawmills...

TYPES OF WATER WHEELS

Horizontal wheel

Undershot wheel

Breastshot wheel

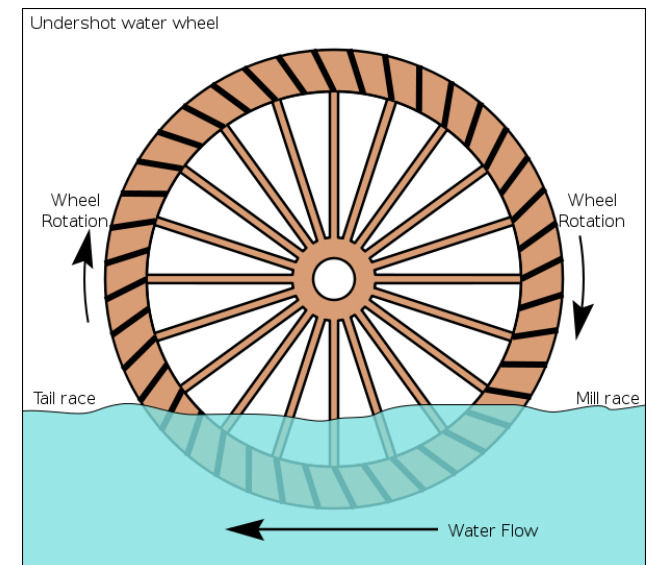
Overshot wheel

Backshot wheel

KOŁO PODSIĘBIERNE

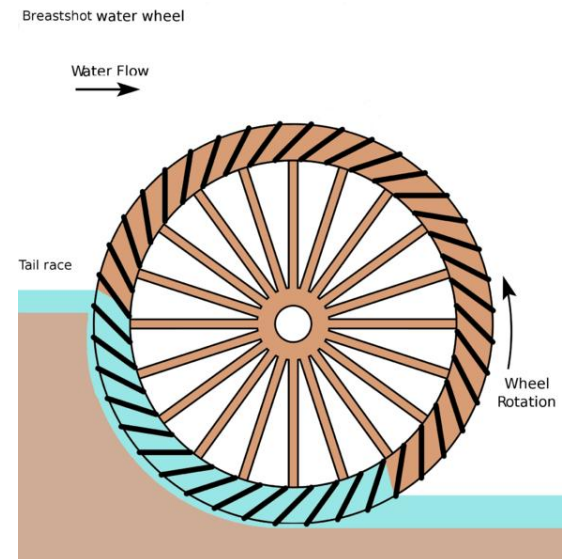


- ⦿ Najstarsze rozwiązanie
- ⦿ Niska sprawność (ok. 20%)
- ⦿ Wykorzystanie en. kinetycznej
- ⦿ Brak potrzeby spiętrzania
Brak korzyści ze spiętrzenia
- ⦿ Łatwe w budowie
- ⦿ Wymaga silnego nurtu



KOŁO ŚRÓDSIĘBIERNE

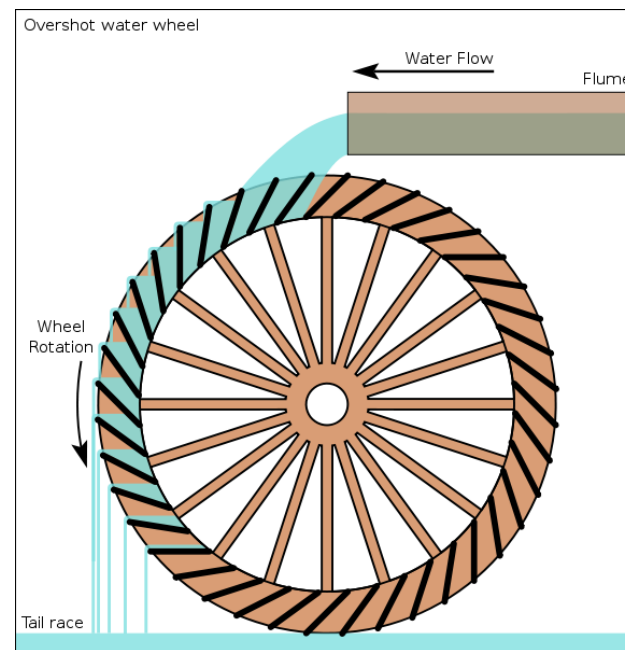
- ⊙ Powszechne w USA (okres Rewolucji Przemysłowej)
- ⊙ Średnia sprawność
- ⊙ Wykorzystanie energii kinetycznej i potencjalnej
- ⊙ Rozwiązanie optymalne dla stabilnych dużych przepływów



KOŁO NASIĘBIERNE

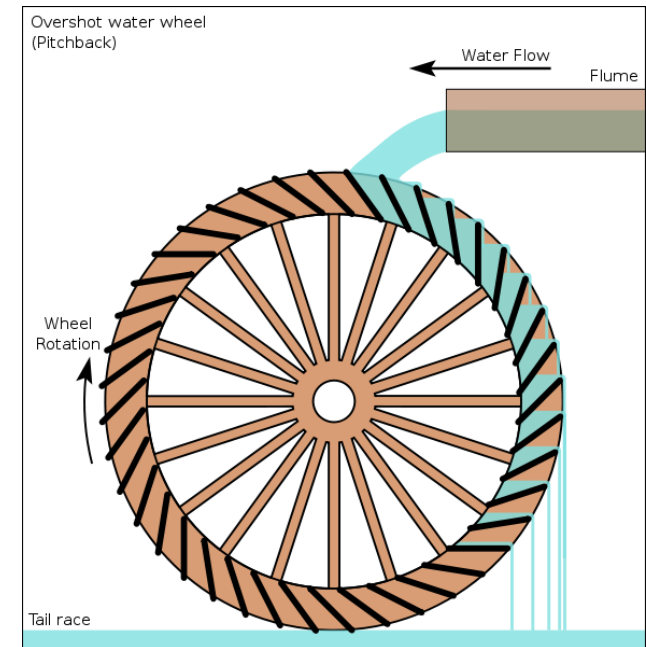


- ⊙ Wysoka sprawność (>60%)
- ⊙ Wykorzystanie energii potencjalnej
- ⊙ Konieczne spiętrzanie wody



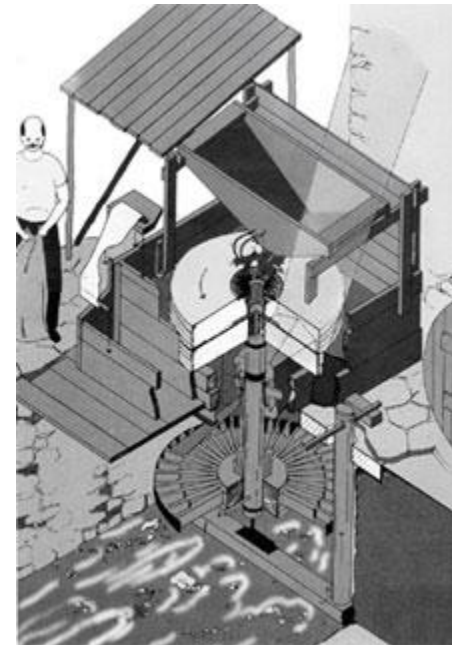
KOŁO NASIĘBIERNE (Z ZASILANIEM WSTECZNYM)

- ⊙ Kombinacja cech kół nasiębiernych i śródsiębiernych
- ⊙ Może pracować przy zmiennym poziomie odpływu



KOŁA POZIOME

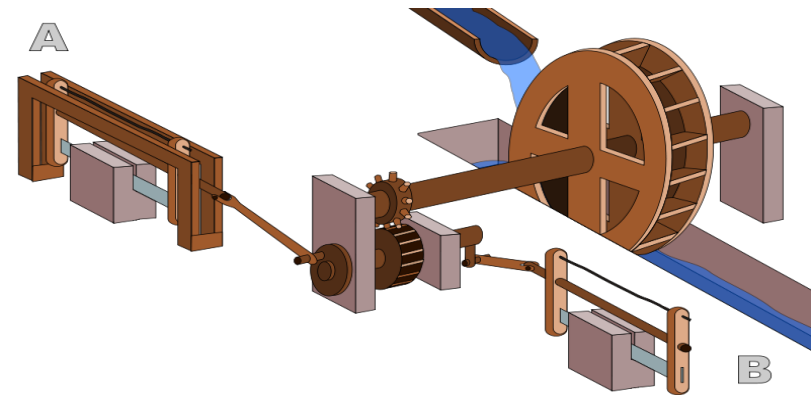
- ⊙ Struga wody kierowana na łopatki
- ⊙ Na ogół osadzone na wspólnej osi z napędzanym urządzeniem
- ⊙ Popularne w Szkocji i pld. Europie



GRECKIE POZIOME KOŁO WODNE,
RYS. SCOTTISH INDUSTRIAL HERITAGE
SOCIETY

TARTAK W HIERAPOLIS

- ⊙ Rzymski tartak w Azji Mniejszej II połowa III wieku
- ⊙ Śródsiębierne koło wodne
- ⊙ Najstarszy znany mechanizm korbowy



MODERN APPLICATIONS - - HYDROELECTRICITY

CZY ENERGETYKA WODNA JEST „ODNAWIALNA”?

Teoretycznie...

- Tak, jeśli przyjąć Słońce za OZE,
- ale...

Praktycznie

- Duże elektrownie wodne na ogół klasyfikowane są oddzielnie od innych OZE, ponieważ:
 - technologia jest już dojrzała i nie potrzebuje wsparcia,
 - wpływ na środowisko może być poważny.
- W niektórych systemach tylko małe elektrownie wodne (MEW) są klasyfikowane jako OZE.

KLASYFIKACJA ELEKTROWNI WODNYCH

Duże

- Moc do 22 000 MW
- Obecnie pracują 3 instalacje o mocy powyżej 10 000 MW

Małe

- Skandynawia, Szwajcaria: < 2 MW
- Polska: < 5 MW
- Większość krajów UE: < 10 MW
- USA: < 15 MW
- Kanada: < 50 MW

Mikro

- Instalacje poniżej 100 kW

Piko

- Instalacje poniżej 5 kW

KLASYFIKACJA ELEKTROWNI WODNYCH

Zbiornikowe

- Duża budowla spiętrzająca
- Woda akumulowana w sztucznym zbiorniku

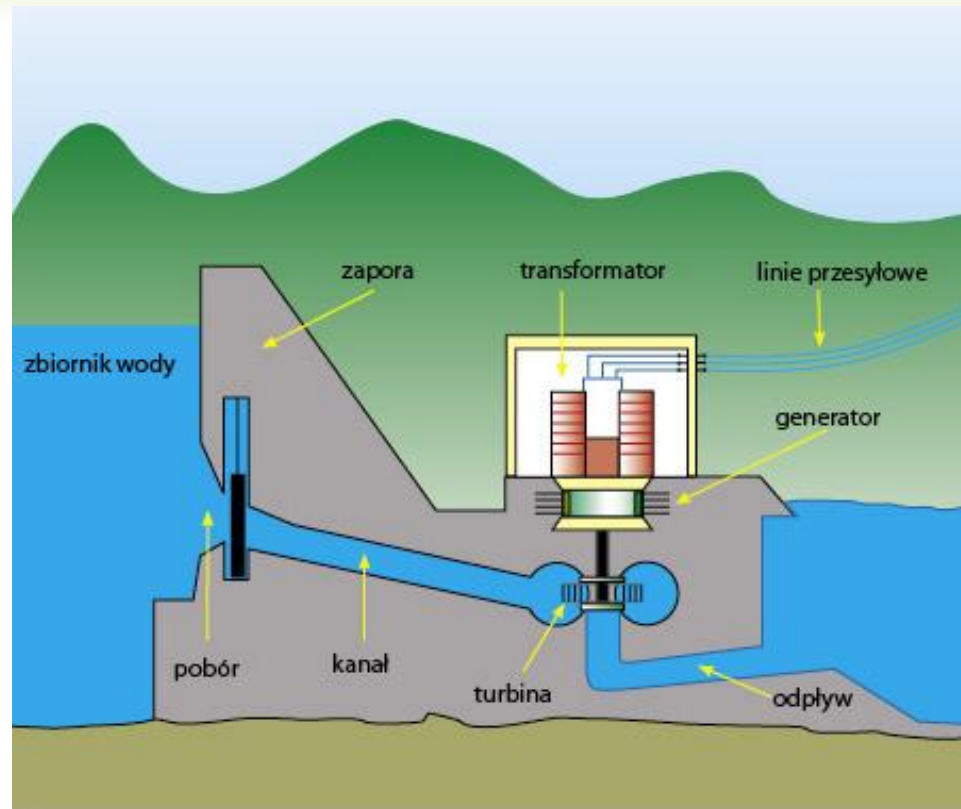
Przepływowe

- Woda spiętrzona z niewielkim spadem (MEW bez spiętrzania)
- Brak dużego zbiornika

Sczytowo-pompowe

- Nie stanowią naprawdę źródła energii elektrycznej
- Wykorzystanie do magazynowania nadmiaru energii i regulacji systemu elektroenergetycznego

KONWENCJONALNA ELEKTROWNIA WODNA



ELEKTROWNIA PRZEPIŁYWOWA



TECHNOLOGIA

TURBINY WODNE

Akcyjne

- Peltona
- Turgo
- krzyżowa

Reakcyjne

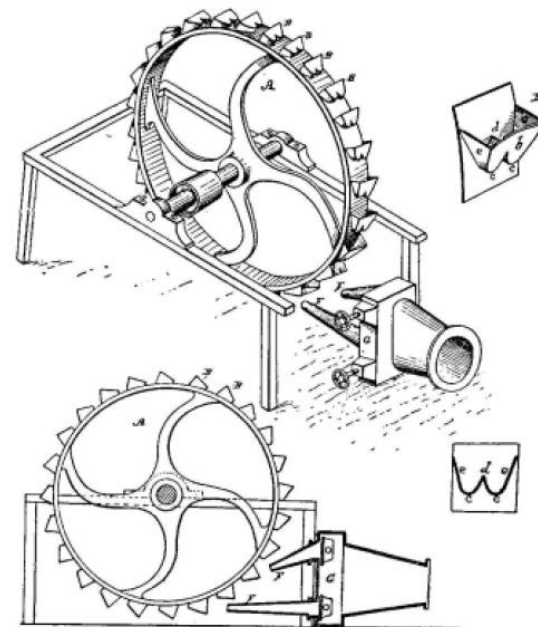
- Francisa
- Kaplana
- turbiny w nurcie swobodnym (Tysona, Gorłowa)

TURBINA PELTONA



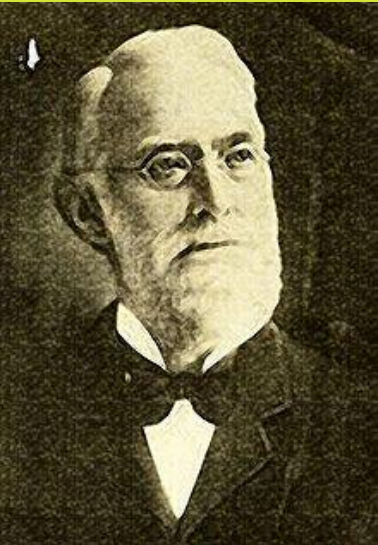
LESTER ALLAN PELTON
(1829-1908)

- ⊙ Turbina akcyjna
- ⊙ Wynaleziona w latach 70. XIX w.
- ⊙ Dla wysokich spadów i małych przepływów

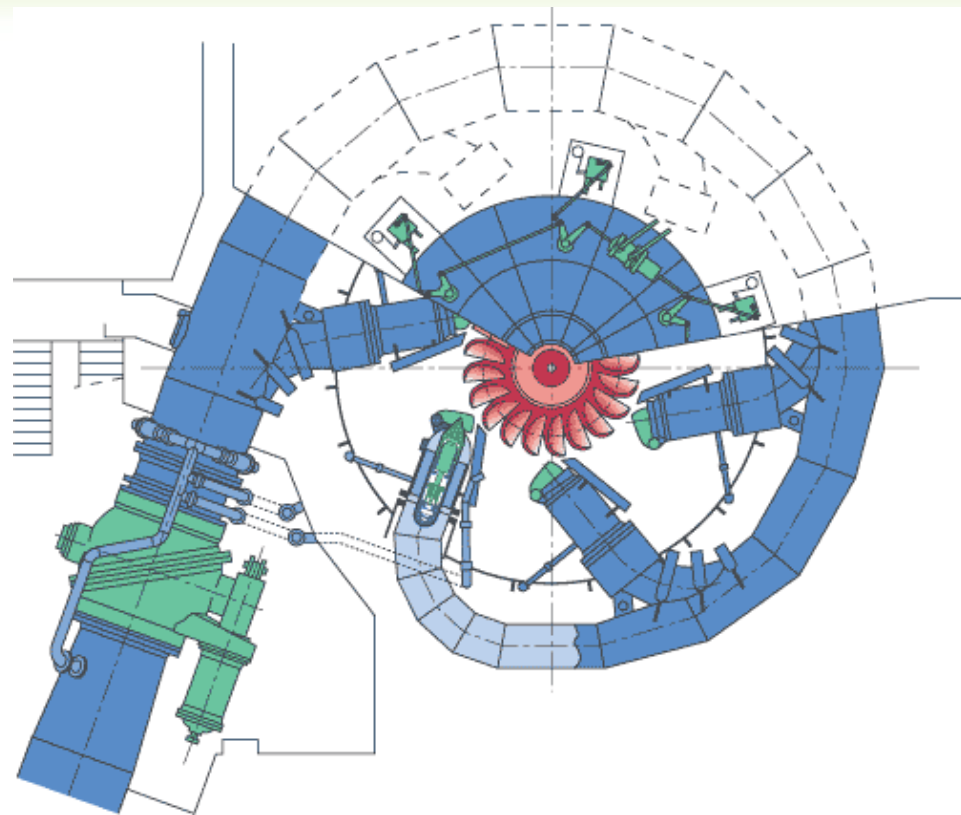


RYSUNEK Z WNIOSKU PATENTOWEGO PELTONA
VIA WIKIPEDIA

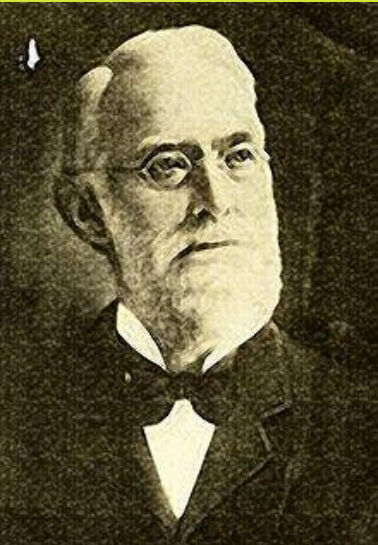
TURBINA PELTONA



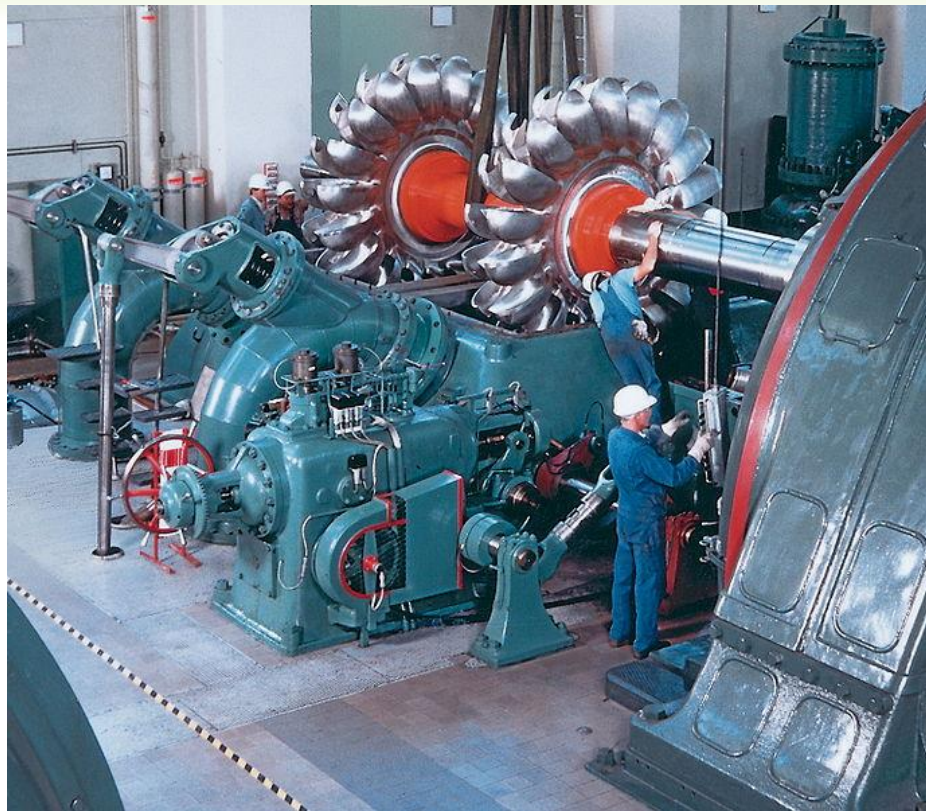
LESTER ALLAN PELTON
(1829-1908)



TURBINA PELTONA



LESTER ALLAN PELTON
(1829-1908)



WIRNIKI TURBINY PELTONA, WALCHENSEEKRAFTWERK, GERMANY

TURBINA FRANCISA



JAMES B. FRANCIS
(1815-1892)

- ⊙ Turbina wodna o przepływie dośrodkowym
- ⊙ Skonstruowana w latach 40. XIX w.
- ⊙ Najpowszechniej stosowany typ
- ⊙ Szeroki zakres spadów i przepływów (ale nie dla bardzo małych spadów)
- ⊙ Wszystkie elektrownie wielkiej mocy (skala GW)

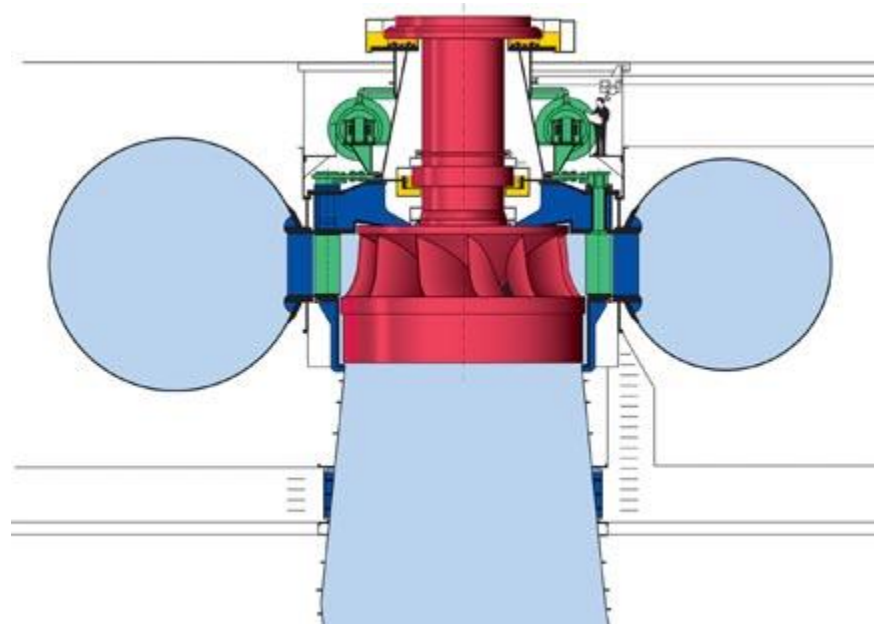


WIRNIK TURBINY FRANCISA DLA ZAPORY TRZECH PRZEŁOMÓW

FRANCIS TURBINE



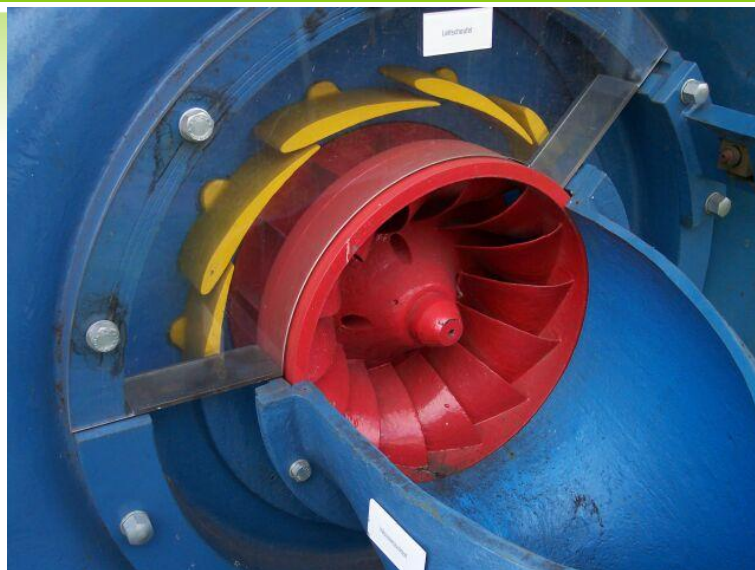
JAMES B. FRANCIS
(1815-1892)



TURBINA FRANCISA



JAMES B. FRANCIS
(1815-1892)



NASTAWNE ŁOPATKI KIEROWNICZE - CAŁKOWICIE ZAMKNIĘTEJ
(PO LEWEJ) I CAŁKOWICIE OTWARTE (PONIŻEJ)



TURBINA FRANCISA



JAMES B. FRANCIS
(1815-1892)



TURBINA KAPLANA



VIKTOR KAPLAN
(1876-1934)

- ⊙ Reakcyjna turbina śmigłowa
- ⊙ Ewolucja koncepcji Francisa
- ⊙ Opracowana w 1912
- ⊙ Samonastawne łopaty
- ⊙ Stosowana przy niskich spadach i dużych przepływach

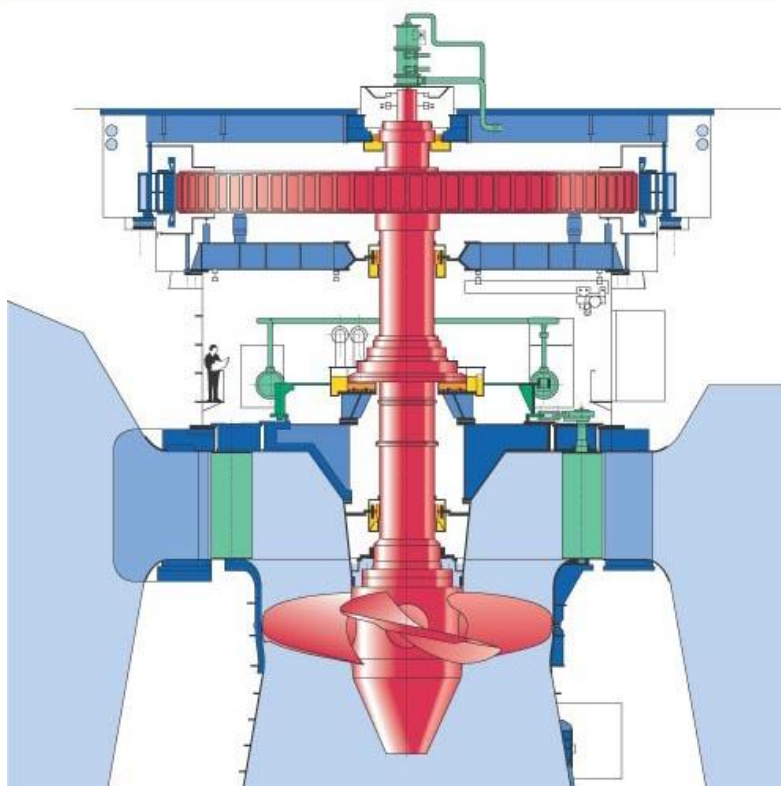


BONNEVILLE DAM - WIRNIK TURBINY KAPLANA PO 61 LATACH
EKSPLOATACJI

TURBINA KAPLANA



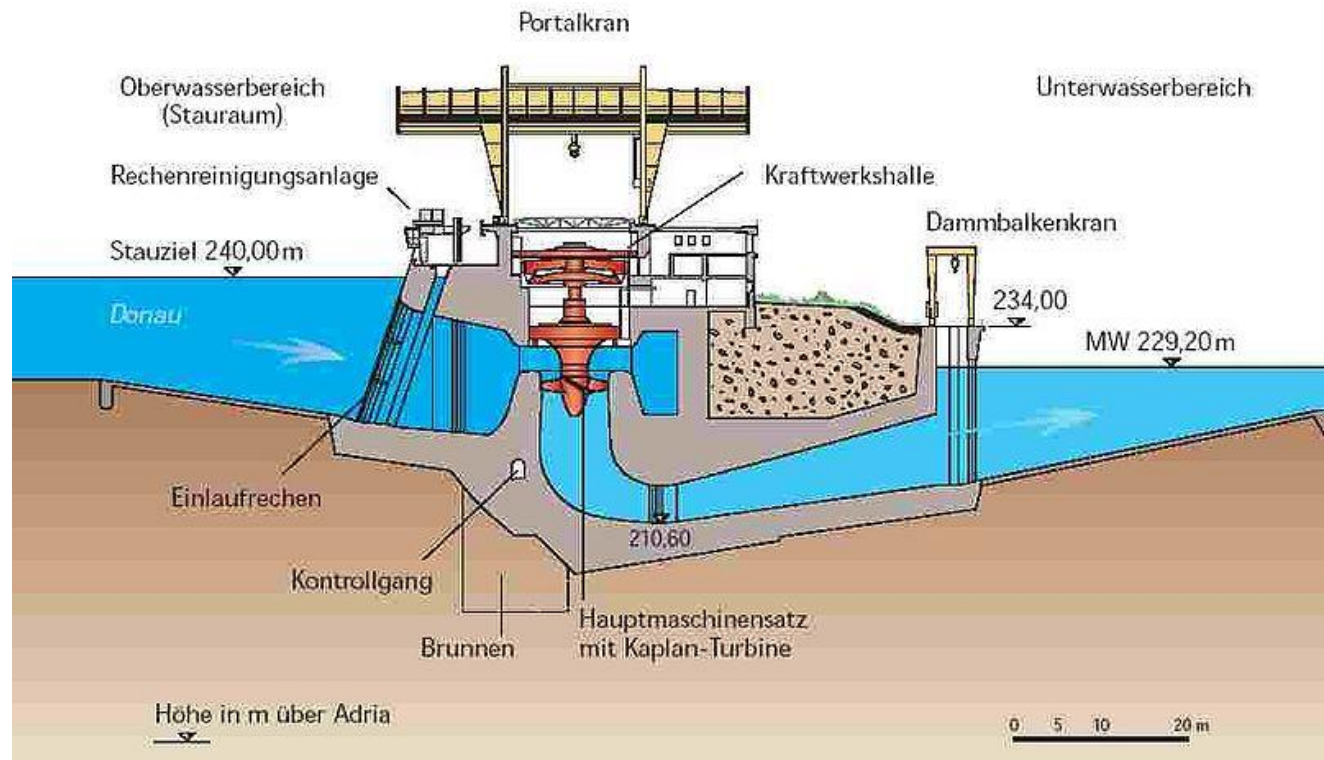
VIKTOR KAPLAN
(1876-1934)



PIONOWA TURBINA KAPLANA



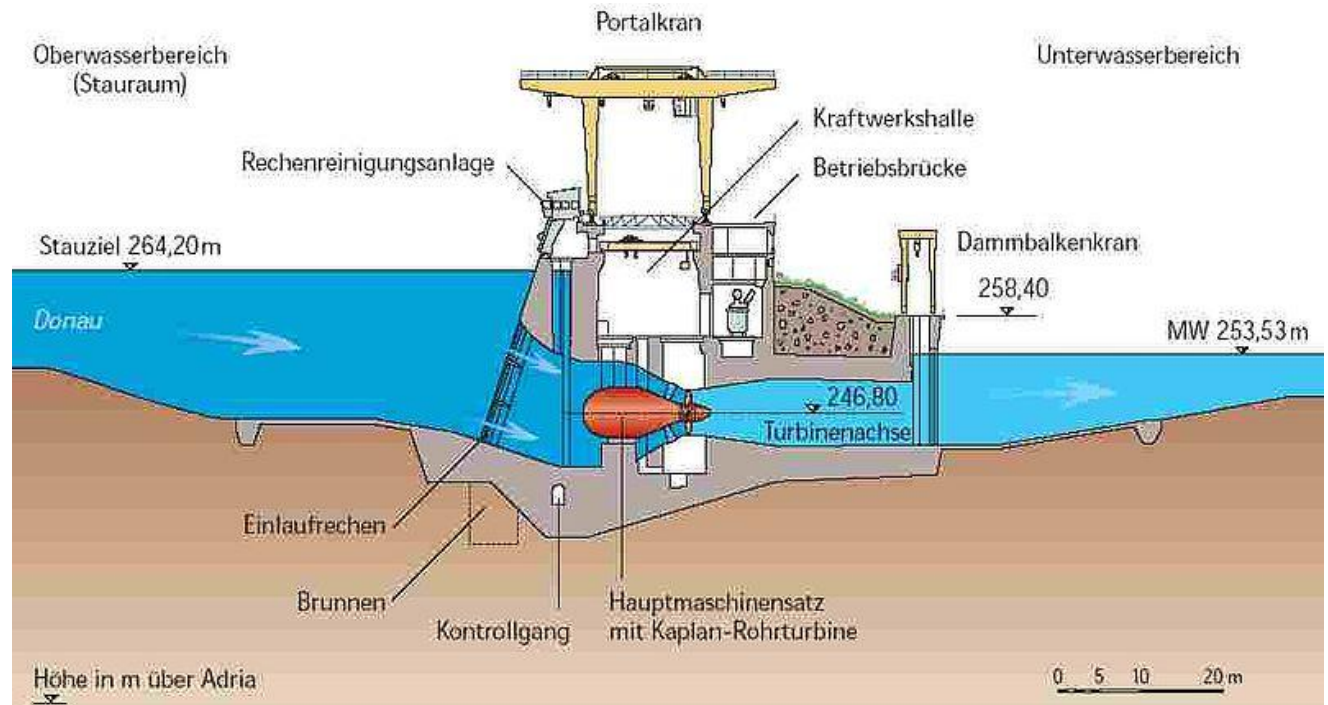
VIKTOR KAPLAN
(1876-1934)



POZIOMA TURBINA KAPLANA



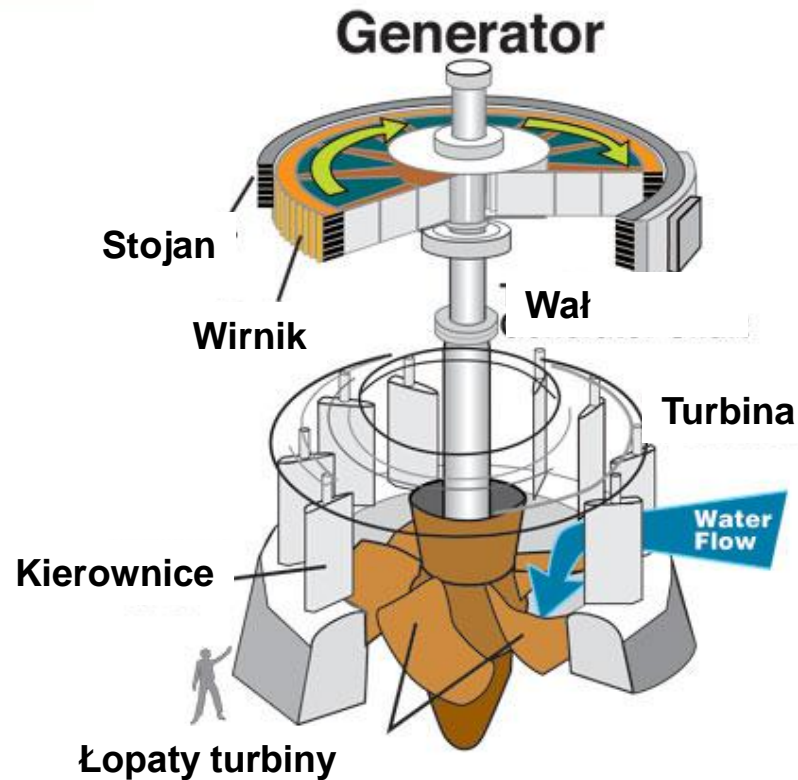
VIKTOR KAPLAN
(1876-1934)



PIONOWA TURBINA KAPLANA

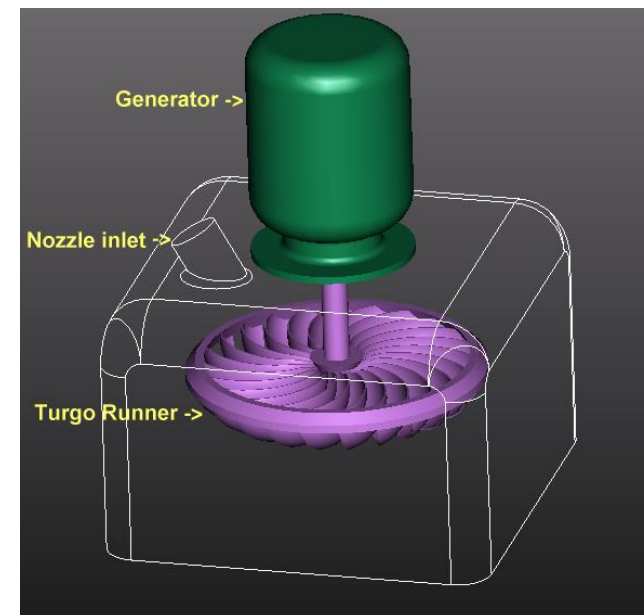


VIKTOR KAPLAN
(1876-1934)



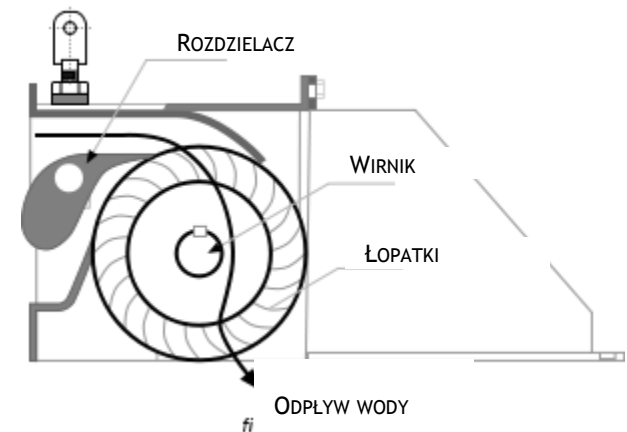
TURBINA TURGO

- ⊙ Turbina akcyjna
- ⊙ Opracowana w 1919
- ⊙ Sprawności poniżej 90%
- ⊙ Stosowana przy małym przepływie i średnim spadzie

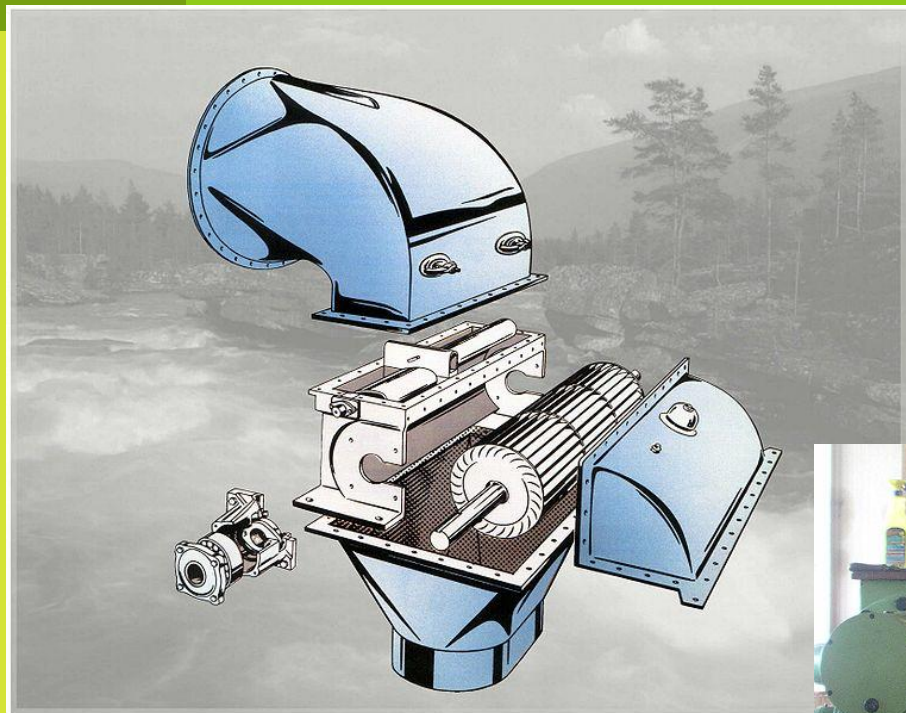


TURBINY KRZYŻOWE (BANKI-MICHELLA, OSSBERGERA)

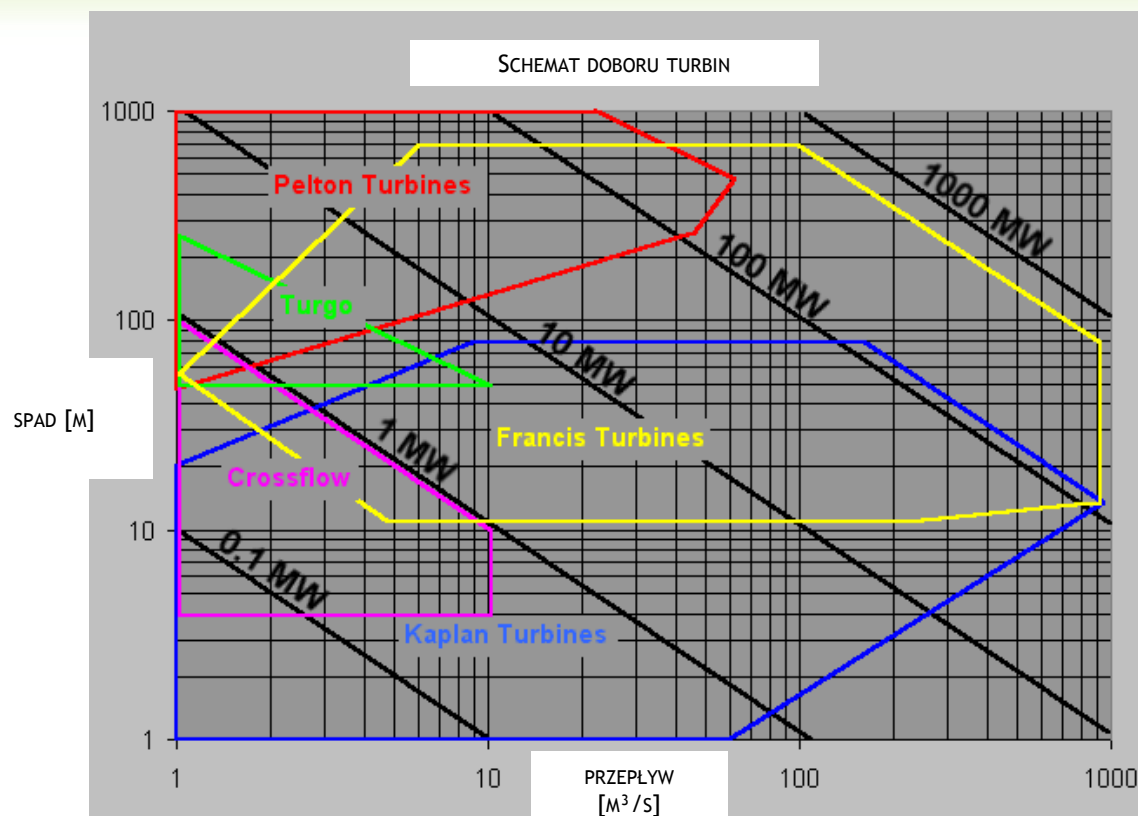
- ⊙ Turbiny akcyjne
- ⊙ Opatentowane w 1903 (Michell) i 1933 (Ossberger)
- ⊙ Sprawności niższe niż dla Kaplana, Francisa i Peltona
- ⊙ Niski koszt
- ⊙ Wysoka elastyczność (dobre osiągi przy obciążeniu częściowym)
- ⊙ Małe instalacje



TURBINA OSSBERGERA



DOBÓR TURBINY



DOSTĘPNA MOC

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \eta$$

P – moc (W)

Q – przepływ (m³/s)

ρ – gęstość wody (kg/m³)

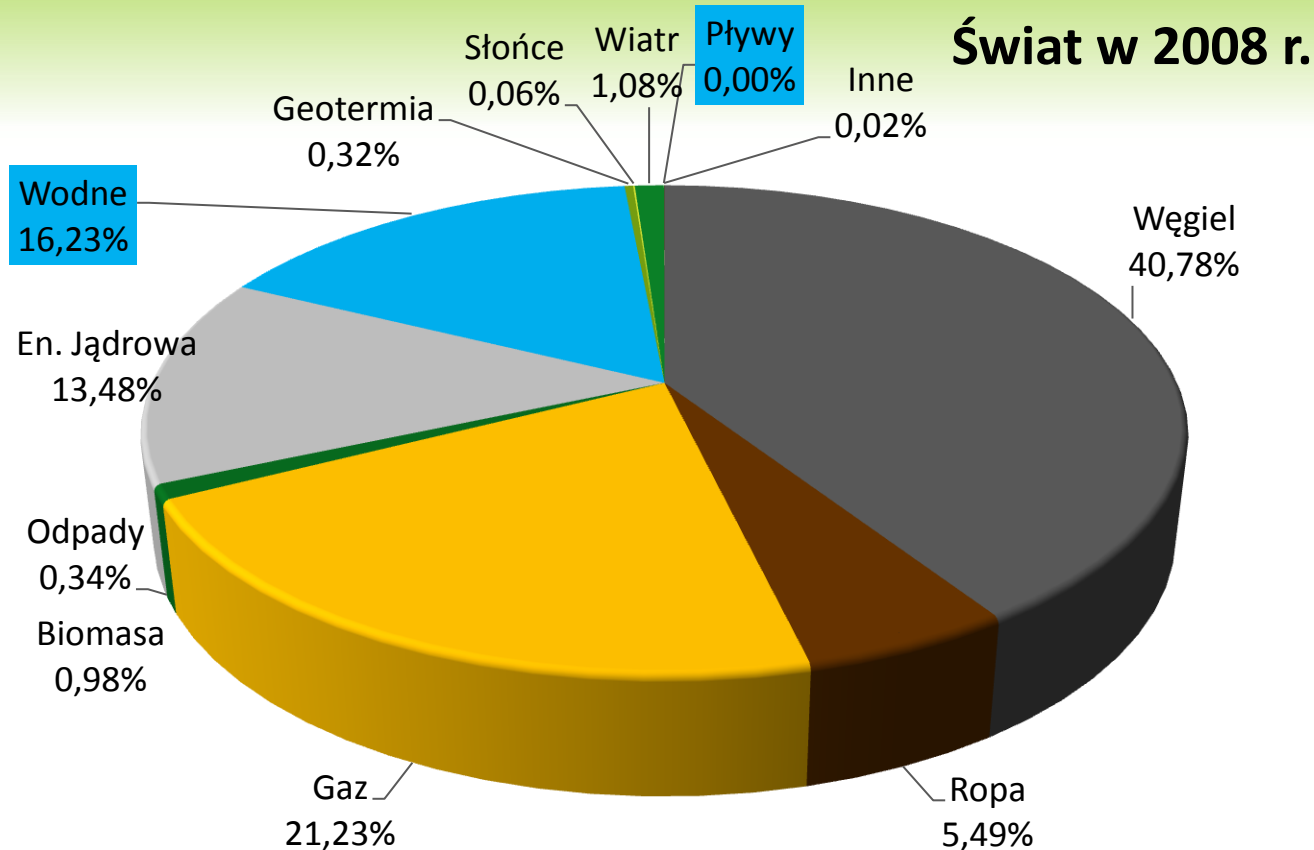
g – przyspieszenie grawitacyjne (m/s²)

h – spad(m)

η – sprawność turbiny

ZASTOSOWANIE

WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ



Dane za:

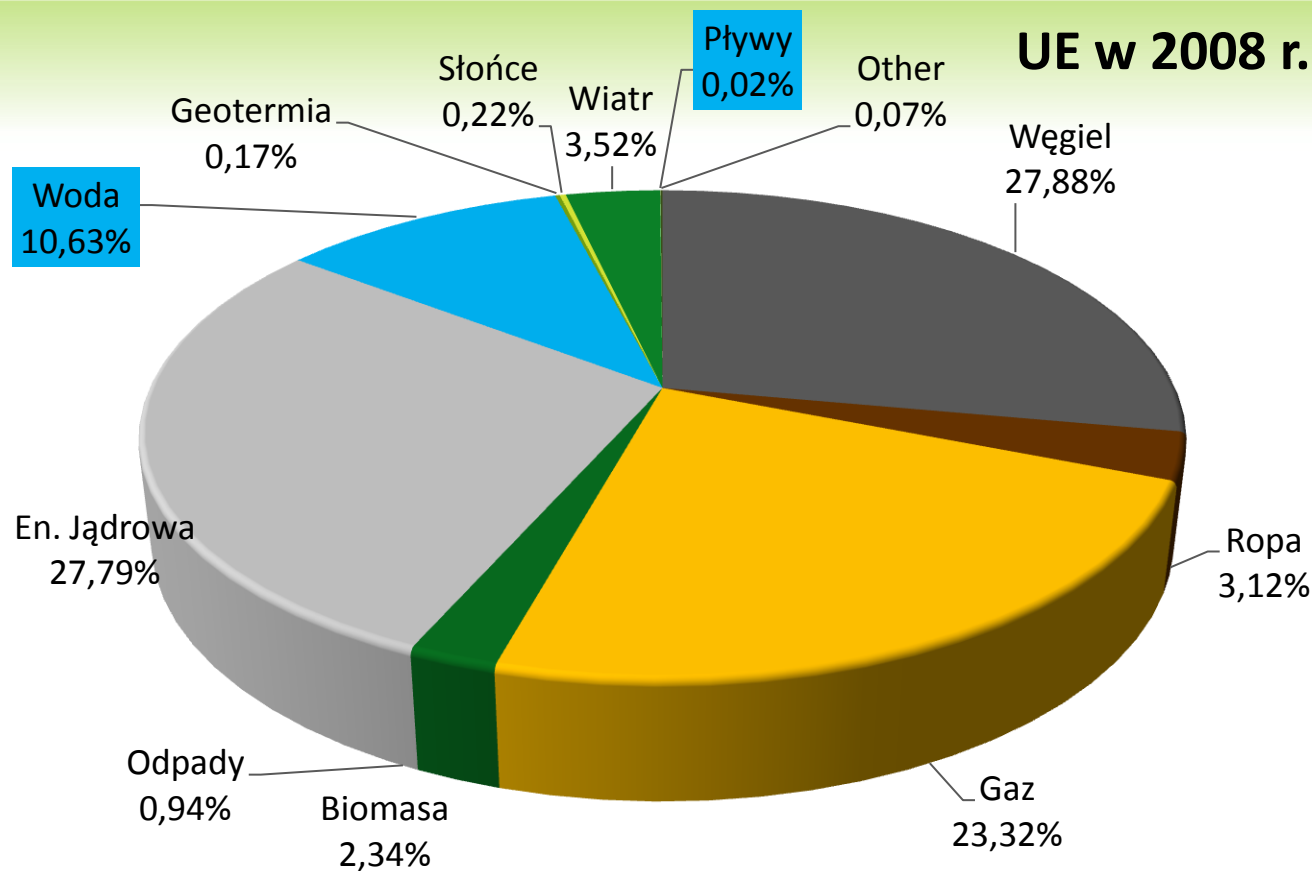


Konwencjonalne wodne: 3 287 554 GWh (w tym szczytowo-pompowe!)

Pływowe: 546 GWh

Łączna globalna produkcja w 2008: 20 260 838 GWh.

WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ



Dane za:

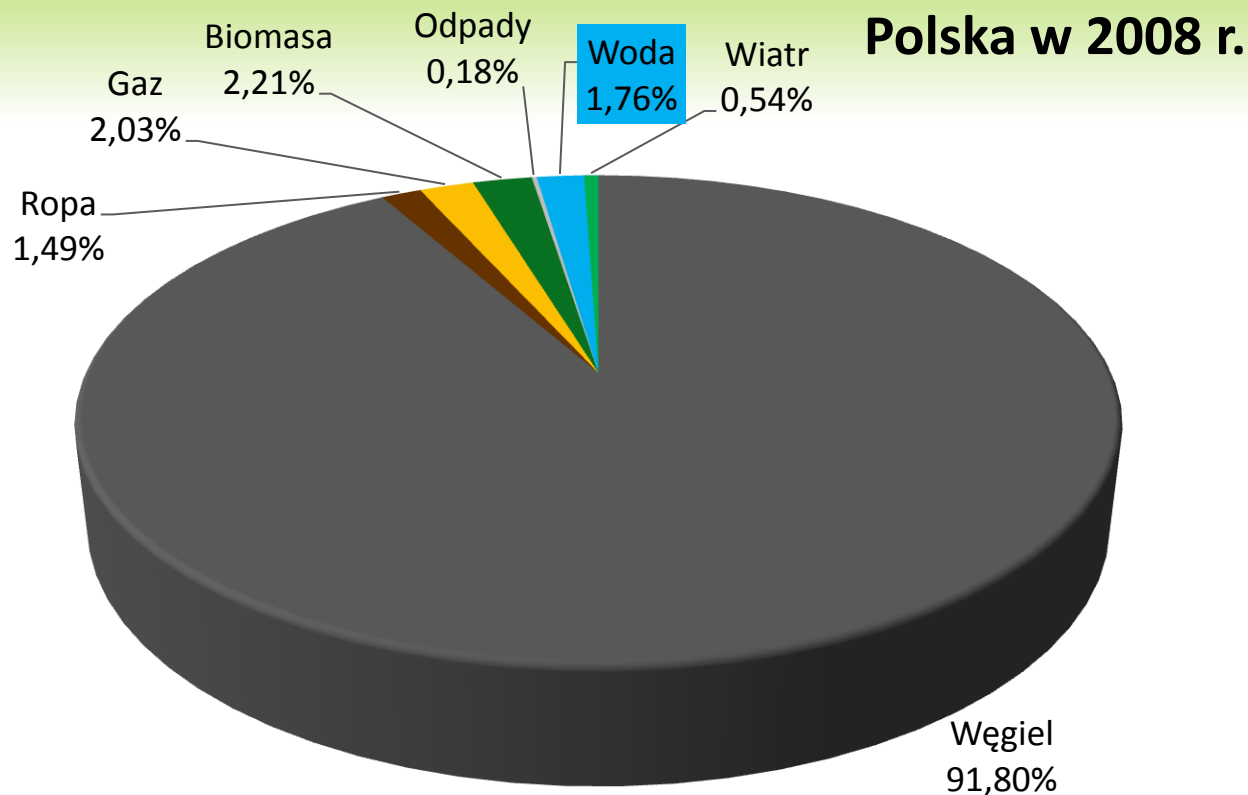


Konwencjonalne wodne: 358 672 GWh (w tym szczytowo-pompowe!)

Pływowe: 513 GWh

Łączna produkcja w UE w 2008: 3 373 072 GWh.

WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ



Dane za:



Wodne konwencjonalne: 2747 GWh (w tym szczytowo pompowe!)

Pływowe: BRAK

Łączna produkcja w 2008: 156,177 GWh.

ENERGETYKA WODNA

TOP 10 (2009)

Kraj	Produkcja [GWh/a]	Moc zainstalowana [GW]	Wsp. wykorzystania mocy	Udział w całkowitej mocy [%]
Chiny	652,0	196,790	0,37	22,25
Kanada	369,5	88,974	0,59	61,12
Brazylia	363,8	69,080	0,56	85,56
USA	250,6	79,511	0,42	5,74
Rosja	167,0	45,000	0,42	17,64
Norwegia	140,5	27,528	0,49	98,25
Indie	115,6	33,600	0,43	15,80
Wenezuela	86,0	14,622	0,67	69,20
Japonia	69,2	27,229	0,37	7,21
Szwecja	65,5	16,209	0,46	44,34
...				
© Polska	3,0	2,2	0,15	6,22

NAJWIĘKSZE ELEKTROWNIE WODNE ŚWIATA

Zbiornikowe

- Zapora Trzech Przełomów, Jangcy, ChRL – 22 500 MW
- Zapora Itaipu, Paraná, Brazylia-Paragwaj – 14 000 MW
- Zapora Guri, Caroni, Wenezuela – 10 235 MW

Przepływowe

- Jinping II, Yalong Jiang , ChRL – 4800 MW
- Chief Joseph Dam, Columbia River, WA, USA – 2620 MW
- John Day Dam, Columbia River, OR-WA, USA – 2485 MW

Szczytowo-pompowe

- Kannagawa, Japonia – 940 MW (2012, 2820 MW do 2020)
- Bath County Pumped Storage Station, VA, USA – 2772 MW
- Guangdong, ChRL, 2400 MW

ZAPORA TRZECH PRZEŁOMÓW

Zapora ciężka na rzece Jangcy

- Długość 2335 m
- Wysokość 185 m

Zbiornik

- Maks. rzędna wody 175 m n.p.m.
- Powierzchnia 1045 km²
- Objętość 39,3 km³

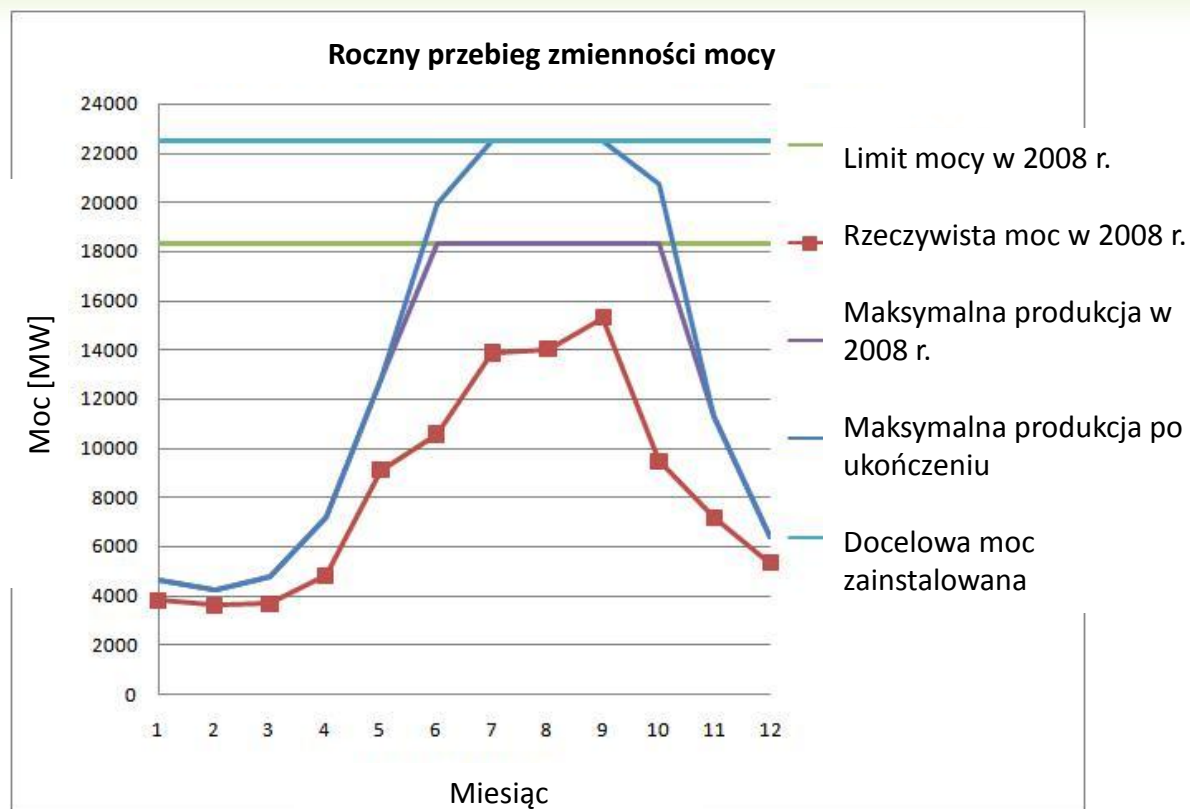
Elektrownia

- Trzy maszynownie: na końcach zapory oraz podziemna na pld. od niej
- Turbiny Francisa 30 × 700 MW produkcji VGS i Alstomu
Średnica wirnika 9,7 m (VGS) / 10,4 m (Alstom), 75 obr./min
Sprawność 94% (średnia), 96,5% (maksymalna)
- 2 × 50 MW turbiny Francisa na potrzeby własne
- Spad znamionowy 80,6 m, przepływ 600 ÷ 950 m³/s

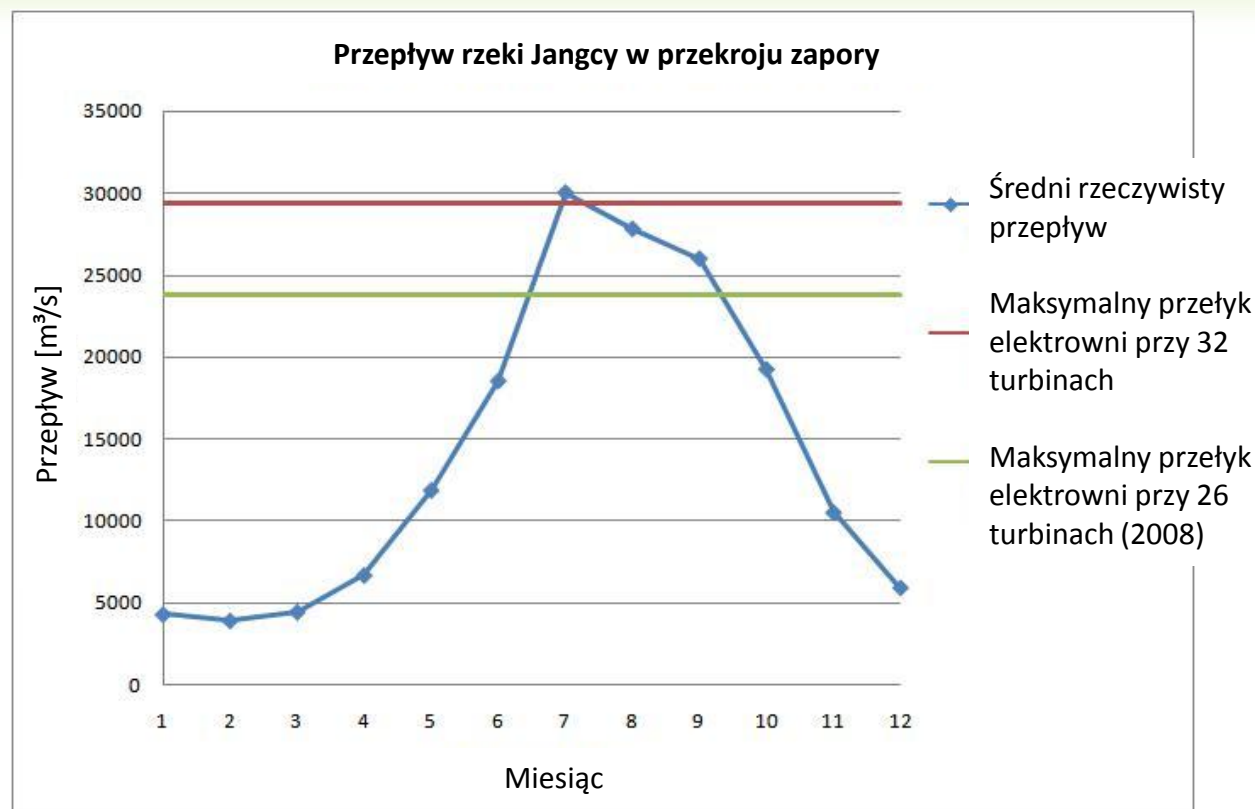
ZAPORA TRZECH PRZEŁOMÓW



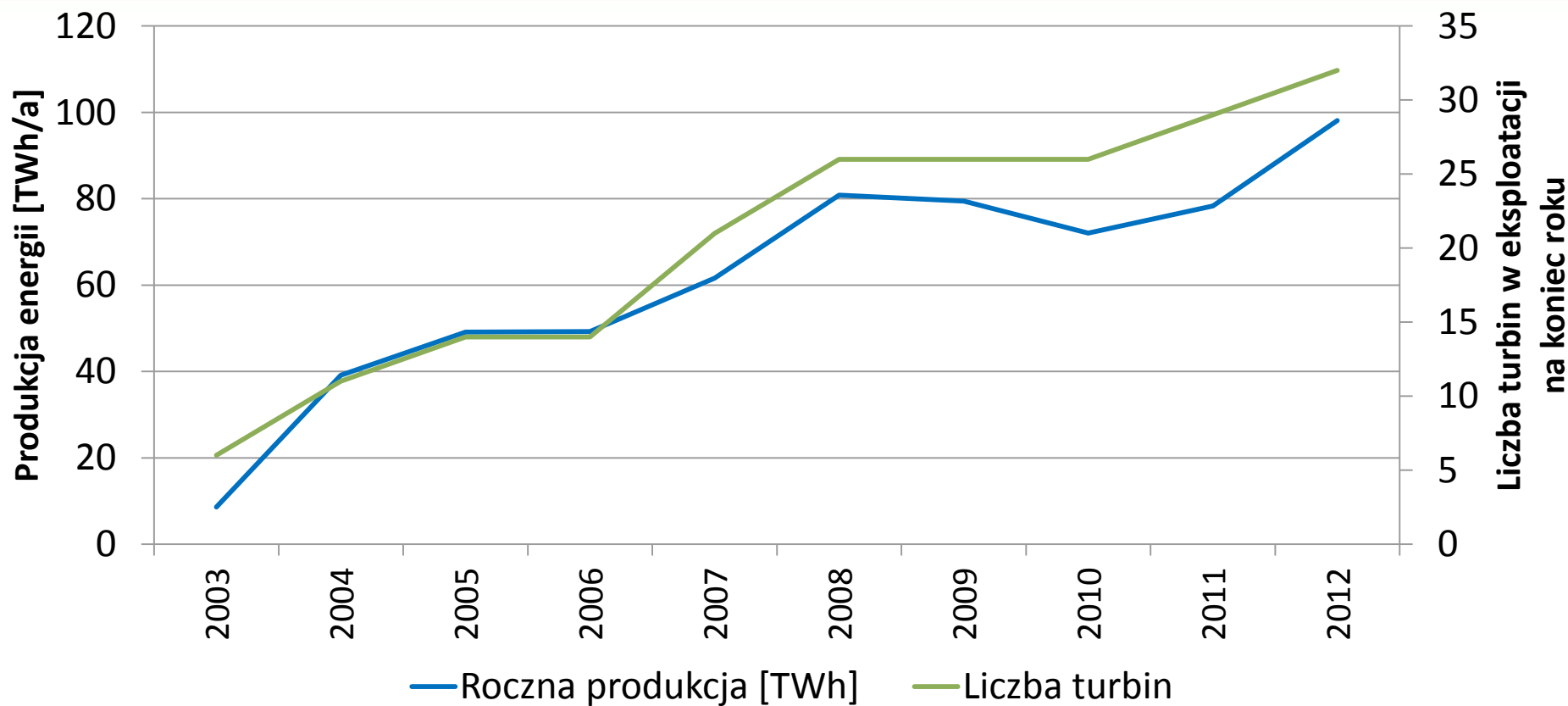
ZAPORA TRZECH PRZEŁOMÓW



ZAPORA TRZECH PRZEŁOMÓW



ZAPORA TRZECH PRZEŁOMÓW



ZAPORA ITAIPU

Zapora ciężka na rzece Paraná

- Długość 7235 m
- Wysokość 196 m

Zbiornik

- Pojemność 29 km³
- Spiętrzenie 118 m

Elektrownia

- Turbiny Francisa 20 × 700 MW (po 10 dla Brazylii i Paragwaju)
Moc osiągalna turbiny do 750 MW
- Znamionowy przepływ dla turbiny 700 m³/s
- Uruchomiona w 1984 r., obecna moc od 2007 r.
- Roczna produkcja ok. 90 TWh (wsp. wykorzystania mocy 75%)

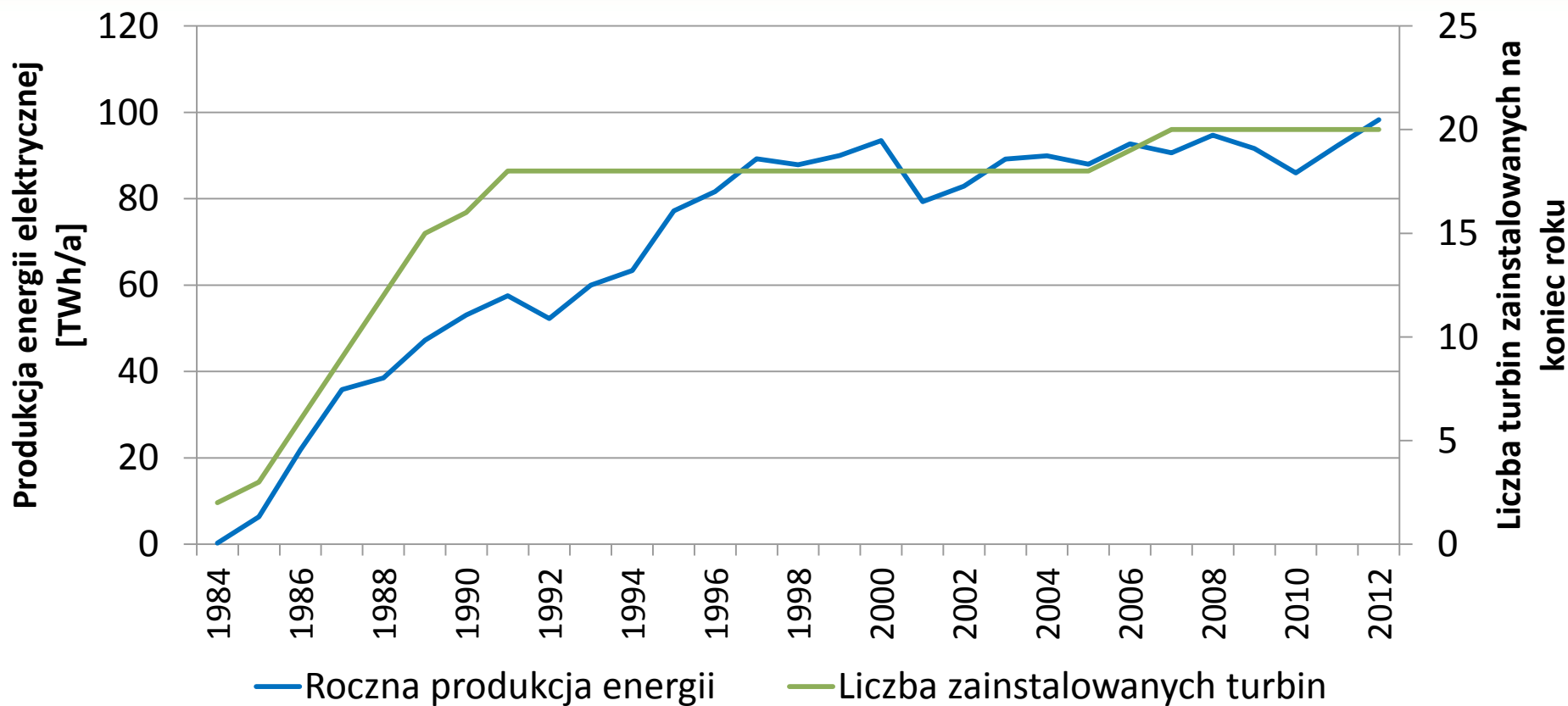
ZAPORA ITAIPU



ZAPORA ITAIPU



ZAPORA ITAIPU



KOMPLEKS CLEUSON-DIXENCE

SZWAJCARIA

Zapora ciężka Grande Dixence

- Długość 5,3 km
- Wysokość 285 m – najwyższa zapora ciężka świata

Zbiornik – Lax de Dix (Jezioro Dix)

- Pojemność 0,4 km³

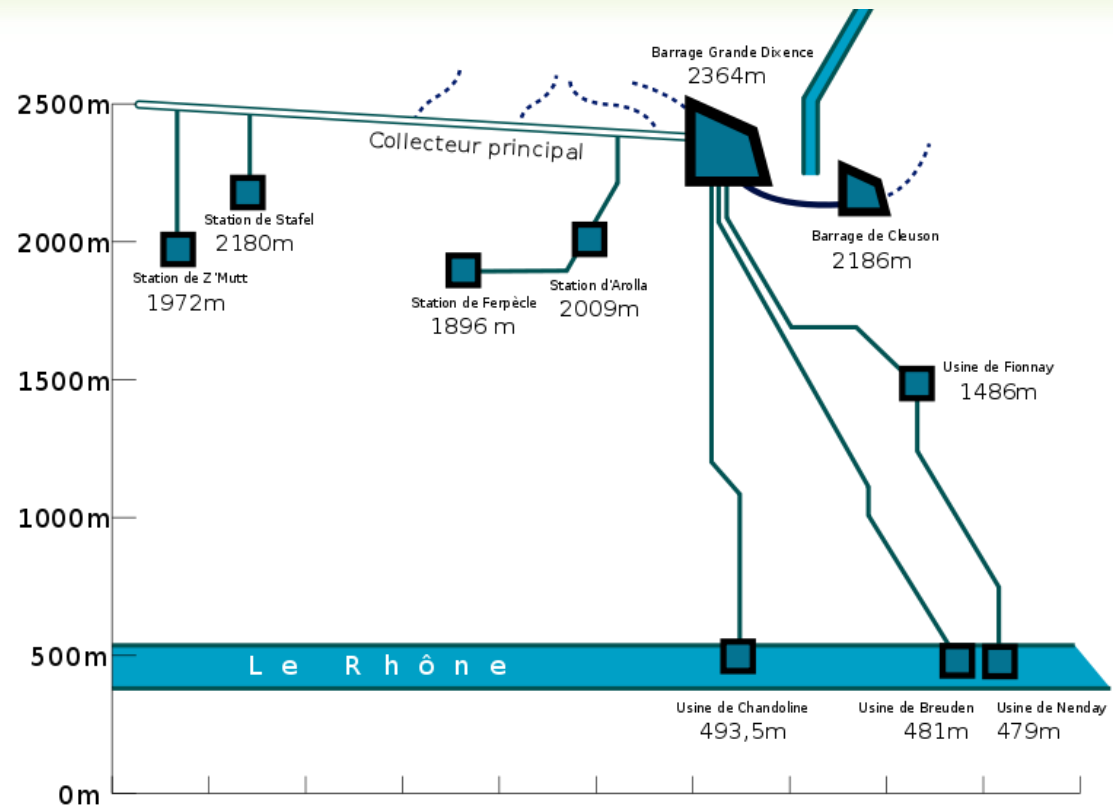
Elektrownie

- Chandoline, 120 MW (5 turbin Peltona)
- Fionnay, 290 MW (6 dwuwirnikowych turbin Peltona)
Spad 874 m, maks. przepływ 45 m³/s
- Nendaz, 390 MW (6 dwuwirnikowych turbin Peltona)
Spad 1008 m, maks. przepływ 45 m³/s
- Bieudron, 1269 MW (3 turbiny Peltona)
Spad 1869 m, maks. przepływ 45 m³/s, sprawność 92,37%

Stacje pomp

- Z'mutt, Stafel, Ferpècle, Arolla – pompowanie wody z lodowców do Lax de Dix

KOMPLEKS CLEUSON-DIXENCE SZWAJCARIA



ZAPORA GRANDE DIXENCE



USINE DE NENDAZ

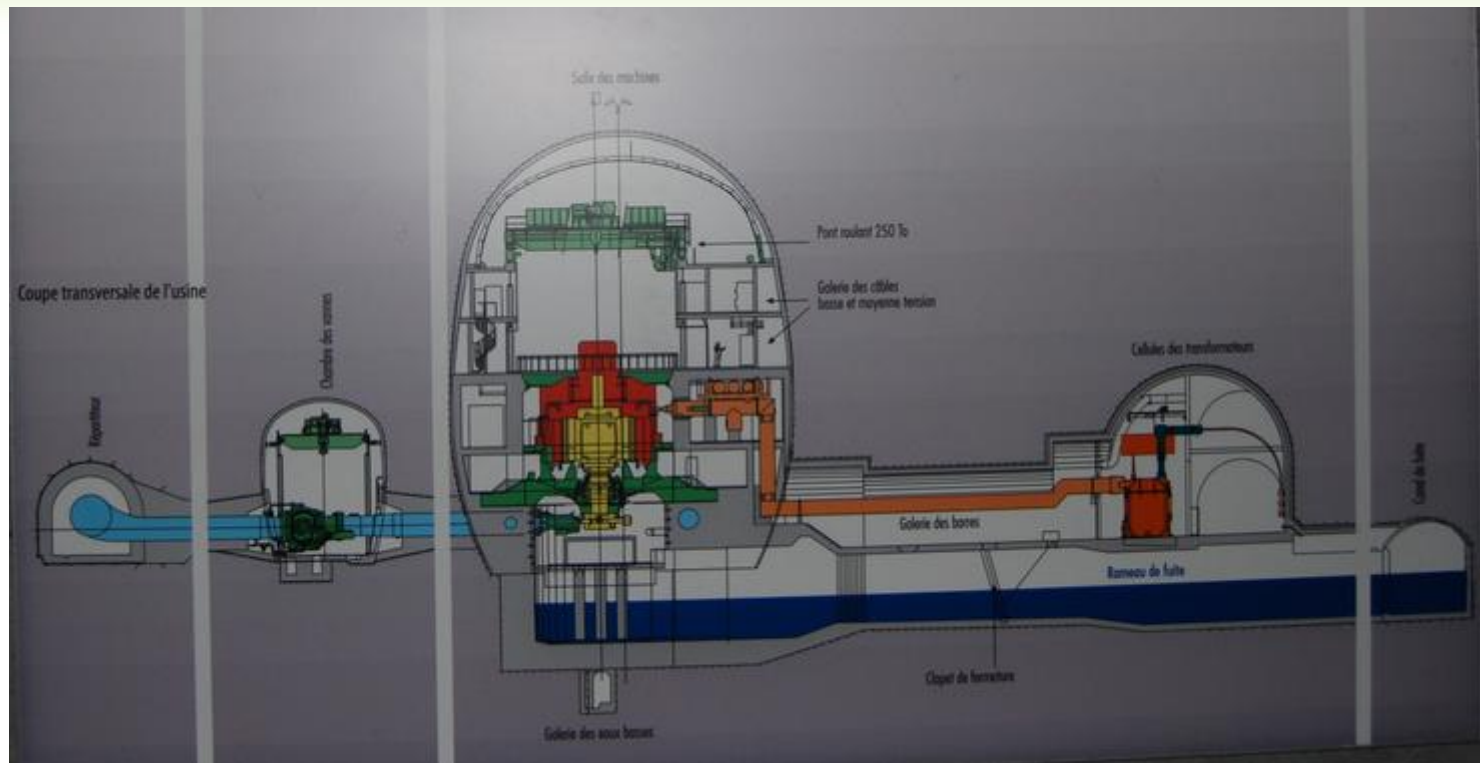


USINE DE NENDAZ



ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON									
ZURICH, SUISSE									
3v	Gen.	No	916600 M01.1						
Type	S G T 670-528.12								
γ	13000 \pm 7,5%		V	3550		A			
80000	K V A	S C		cos ϕ	0,8				
\rightarrow	500		t./m	50		Hz			
	Excit		350		V	970		A	
70 M V A r surexcité Cl.B									

USINE DE BIEUDRON



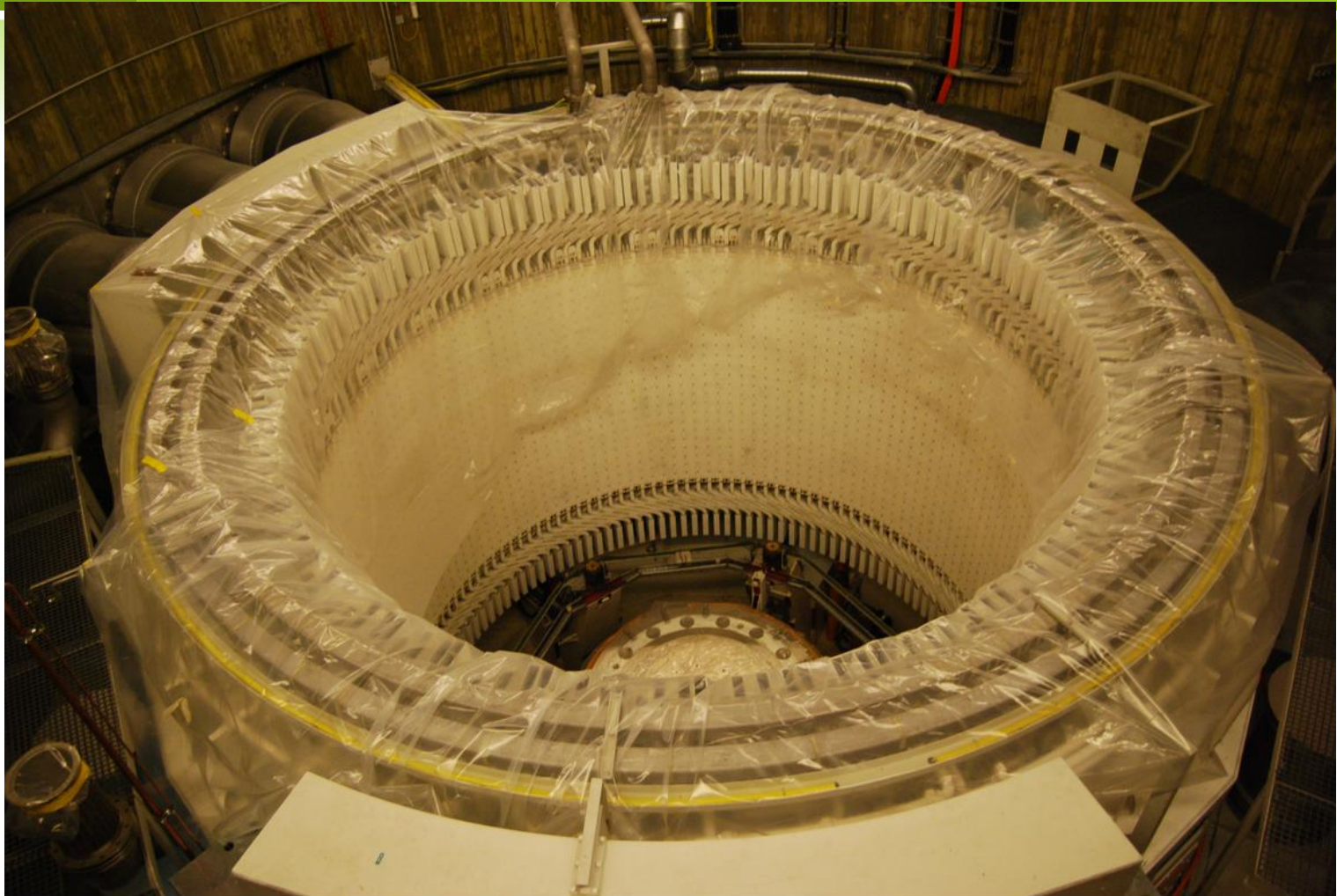
USINE DE BIEUDRON



USINE DE BIEUDRON



USINE DE BIEUDRON



ENERGETYKA WODNA W POLSCE (09.2012)

Elektrownie przepływowe

- > 50 MW: 1 instalacja, Włocławek, 160,2 MW
- 10-50 MW: 5 instalacji, 129,6 MW
- 5-10 MW: 6 instalacji, 48,2 MW
- 1-5 MW: 61 instalacji, 138,7 MW
- 0,3-1 MW: 90 instalacji, 54,6 MW
- < 0,3 MW: 599 instalacji, 44,1 MW

Elektrownie zbiornikowe z turbozespołami odwracalnymi

- Dychów, 91,3 MW
- Niedzica, 92,75 MW
- Solina, 198,6 MW

Elektrownie szczytowo-pompowe

- Żarnowiec, 716 MW
- Porąbka-Żar, 500 MW
- Żydowo, 156 MW

ELEKTROWNIA WODNA ŻARNOWIEC

Zbiornik górny - Czymanowo

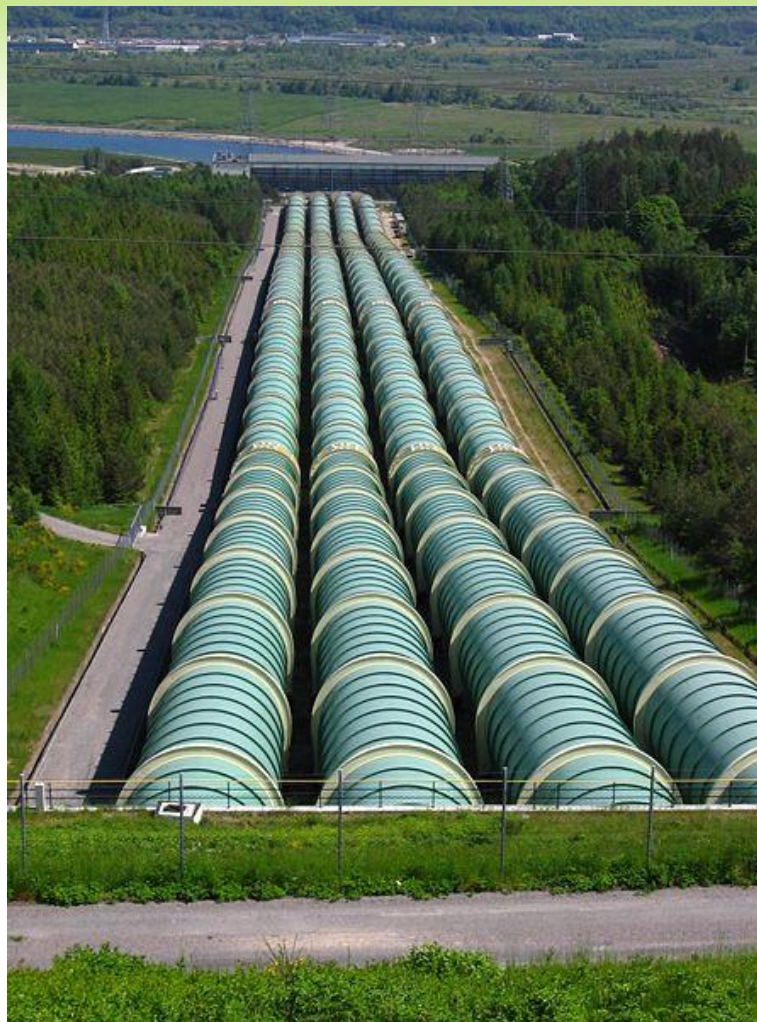
- Powierzchnia 122 ha
- Pojemność 13 mln m³

Zbiornik dolny – Jezioro Żarnowieckie

Elektrownia

- 4 pompo-turbiny Francisa
- Moc pompowania 4×200 MW
- Moc wytwórcza 4×179 MW
- Sterowanie z KDM
- Uruchomiona w 1983 r., planowana współpraca z EJ

ELEKTROWNIA WODNA ŻARNOWIEC



ELEKTROWNIA WODNA WE WŁOCŁAWKU

Zapora na Wiśle

- Spiętrzenie 8,8 m

Zbiornik – Jezioro Włocławskie

- Długość 58 km, średnia szerokość 1,2 km
- Pojemność 408 mln m³

Elektrownia

- 6 turbin Kaplana, 160,2 MW
- Przepływ znamionowy 2190 m³/s, spad 8,80 m
- Średnia produkcja 739 GWh/a
- Rok uruchomienia: 1970

ELEKTROWNIA WODNA WE WŁOCŁAWKU



KASKADA DOLNEJ WISŁY (PLAN ORYGINALNY)



ZEW SOLINA MYCZKOWCE

Dwie zapory na rzece San

- Solina, zapora ciężka, górna
Długość, 664,8 m, wysokość 81,8 m
- Myczkowce, zapora ziemna, dolna
Długość 386,0 m, wysokość 17,5 m
Stabilizacja przepływu rzeki zakłóconego pracą EW Solina

Dwa zbiorniki

- Jezioro Solińskie
- Jezioro Myczkowskie

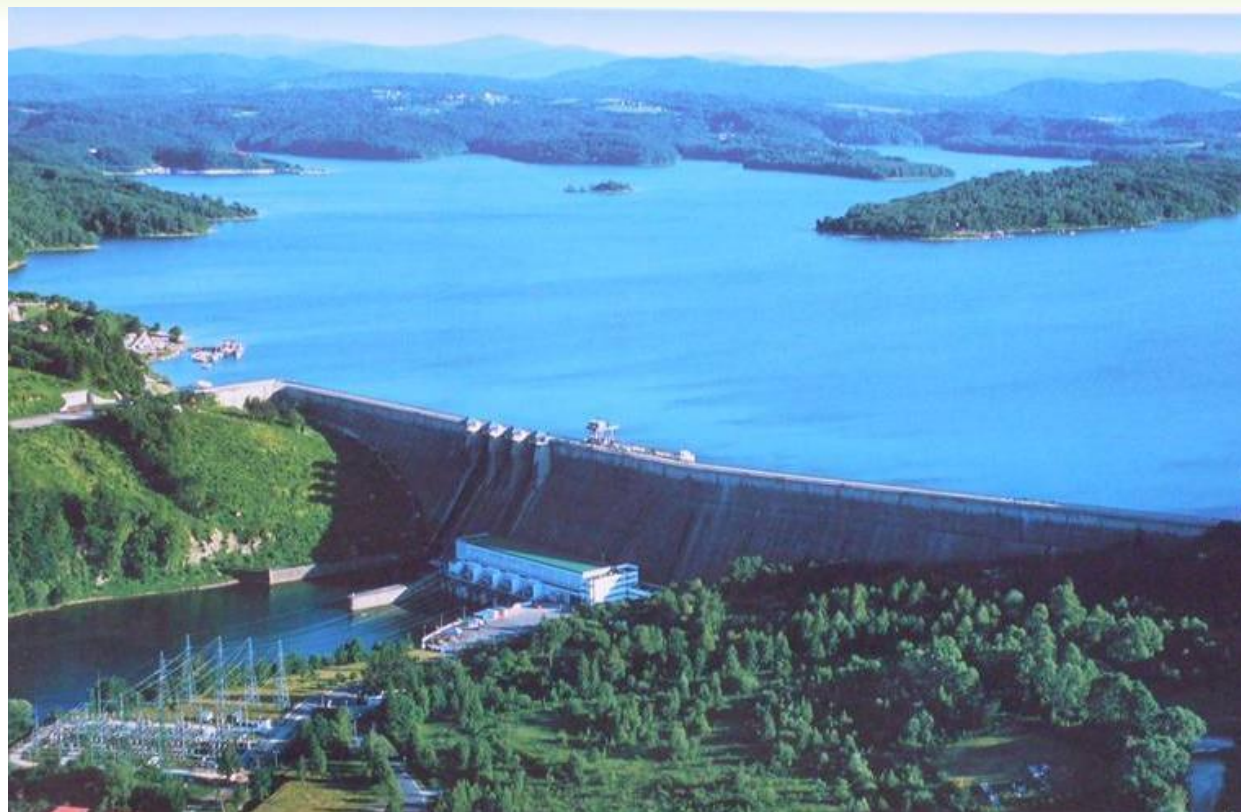
Dwie elektrownie

- EW Solina – 198,6 MW, 4 turbiny Francisa
Możliwość pracy pompowej (2 turbiny odwracalne)
- EW Myczkowce - 8,3 MW, 2 turbiny Kaplana –
– elektrownia przepływowa

ZEW SOLINA MYCZKOWCE



ZAPORA W SOLINIE



ENERGETYKA WODNA A ŚRODOWISKO

ENERGETYKA WODNA

Czysta...

- brak emisji substancji szkodliwych podczas pracy

...ale niekoniecznie przyjazna środowisku

- budowa zapory
- tworzenie zbiornika – zalewanie gruntów
- zmiany w ekosystemach wodnych
- zmiany w ekosystemach lądowych (brzegi rzeki)
- ryzyko przerwania zapory

PRZEPLAWKA DLA RYB JOHN DAY DAM, USA





TAUM SAUK HYDROELECTRIC PS

- ⊙ Elektrownia szczytowo-pompowa w stanie Missouri, USA 2×250 MW
- ⊙ Sztuczny zbiornik górny niezasilany naturalnymi ciekami wodnymi
- ⊙ 14.12.2005. przepełnienie zbiornika wskutek błędu oprogramowania
- ⊙ Ściany zbiornika osłabione w wyniku wcześniejszych przecieków
- ⊙ Powstanie wyrwy w części półn-zach.

TAUM SAUK HYDROELECTRIC PS



ZNISZCZENIE ZAPORY MÖHNE

PRZEZ SAMOLOTY RAF, 16/17 V 1943

Działanie celowe
1579 ofiar
śmiertelnych



SAJANO-SUSZENSKAJA EW

17 VIII 2009



⊙ Zapora na rzece Jenisej

⊙ 10×640 MW



SAJANO-SUSZENSKAJA EW

17 VIII 2009

Wirnik turbiny wybity do maszynowni

Zalanie maszynowni

Lokalny blackout

Zamknięcie dopływu wody zaworami
ręcznymi

75 ofiar śmiertelnych

SAJANO-SUSZENSKAJA EW

17 VIII 2009



ELEKTROWNIE MORSKIE

ŹRÓDŁA ENERGII NA MORZU

Pływy

Prądy

Fale

Gradienty zasolenia

Gradienty temperatur

ŹRÓDŁA ENERGII NA MORZU

POTENCJAŁ TEORETYCZNY

Typ	Moc [GW]	Roczna produkcja [TWh]
Fale	1000-9000	8 000-80 000
Prądy morskie	5000	50 000
Maretermiczne	1000	10 000
Pływowe	90	800
Osmotyczne	20	2 000

Dane za:

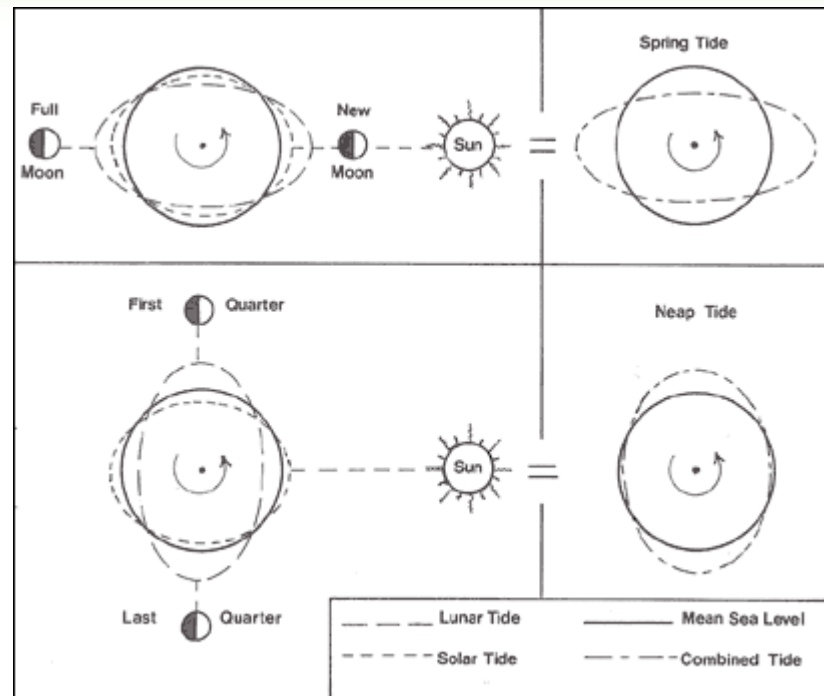




PŁYWY SYZYGIJNE I KWADRATUROWE

Pływ syzygiorny

Pływ kwadraturowy



PŁYWY SYZYGIJNE I KWADRATUROWE

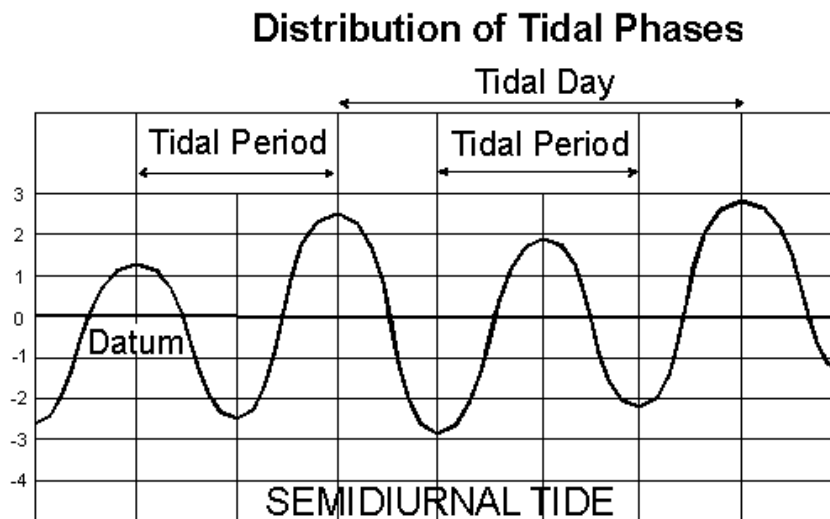
Pływ syzygijny



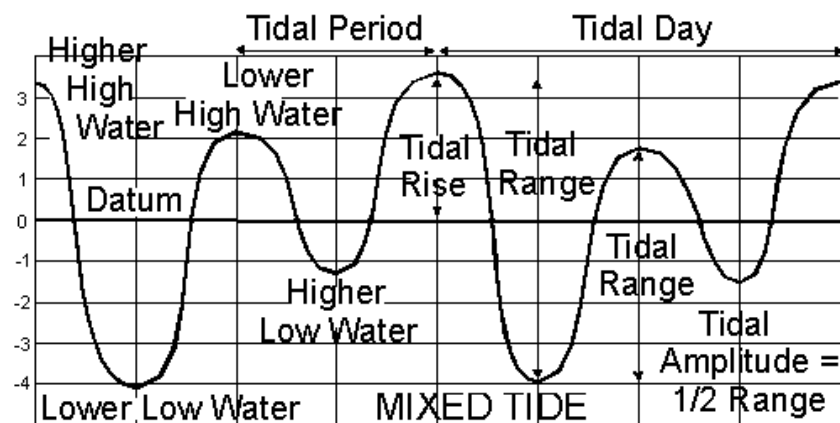
Pływ kwadraturowy



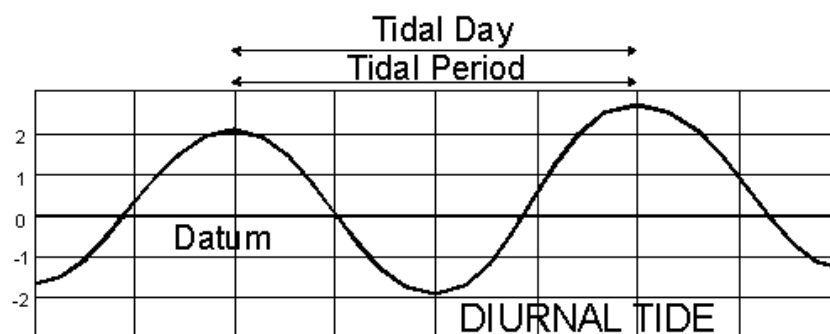
Tidal Height (in feet above or below the standard datum)



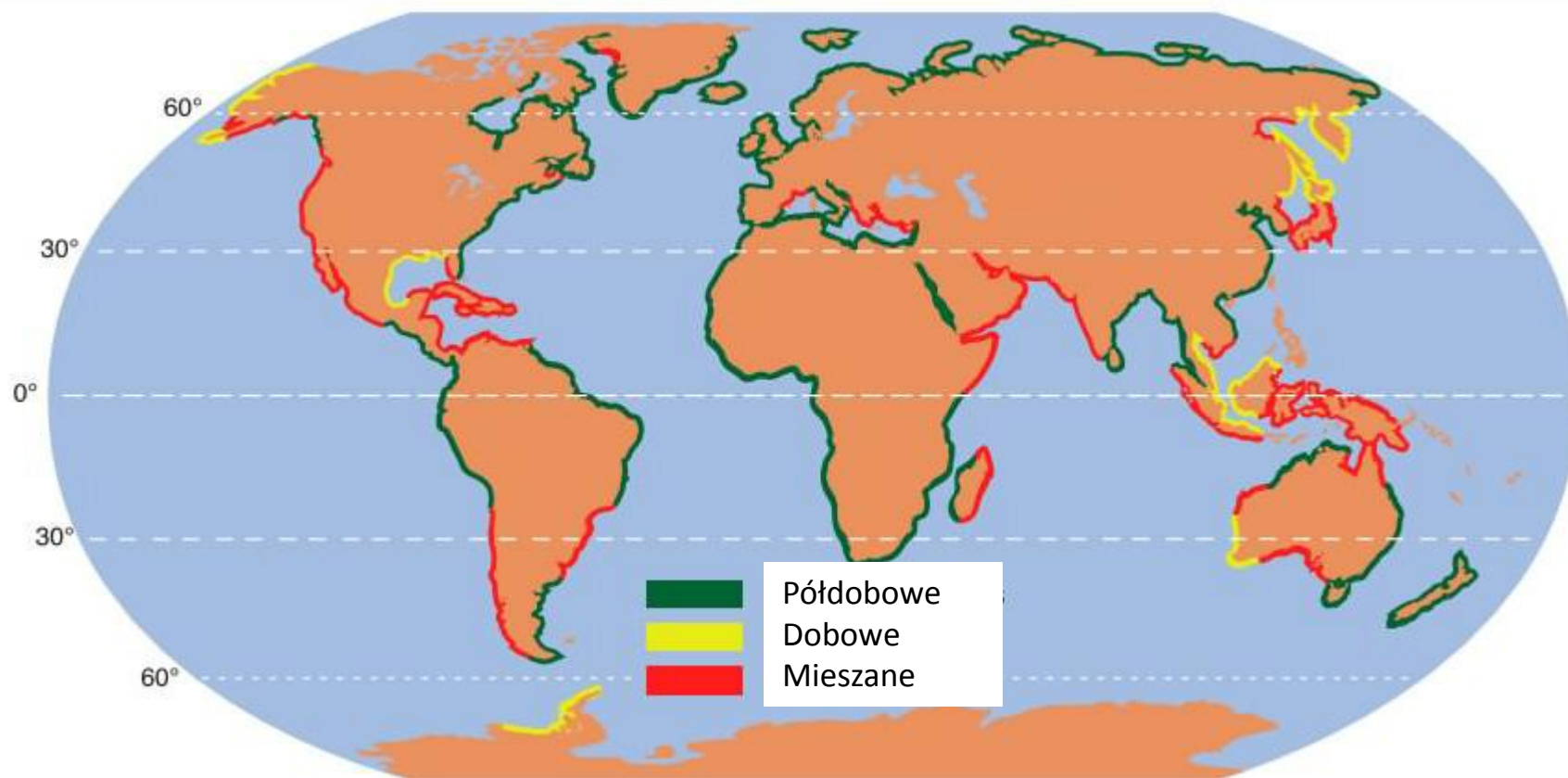
Półdobowe



Mieszane



Dobowe



WYKORZYSTANIE HISTORYCZNE MŁYNY PŁYWOWE



ENERGETYKA PŁYWOWA

Strumieniowe

- Bezpośrednie wykorzystanie ruchu wody

Z zaporami

- Zapora w ujściu rzeki lub fiordu

Dynamic Tidal Power (DTP)

- Zapora w kształcie litery T wykorzystująca postępowanie pływu wzdłuż wybrzeża

ELEKTROWNIA PŁYWOWA Z ZAPORĄ

Energia kinetyczna wody



Energia potencjalna wody



Energia mechaniczna



Energia elektryczna

ELEKTROWNIE PŁYWOWE Z ZAPORĄ

Zapora

- Przegroda w ujściu rzeki lub zatoki

Śluzy

- Umożliwienie napełnienia lub opróżniania zbiornika bez pracy turbin

Turbiny

PRACA ELEKTROWNI PŁYWOWEJ

Praca w czasie odpływu

- Napętnianie zbiornika w czasie przyptywu przez śluzy, zamknięcie śluz przy wodzie wysokiej
- Praca turbin w czasie odpływu dzięki powstałej różnicy poziomów

Praca w czasie przyptywu

- Napętnianie zbiornika w czasie przyptywu przez turbiny
- Mniejsza efektywność:
 - Mniejsza pojemność zbiornika w czasie, gdy różnica poziomów jest duża
 - Woda napływająca rzeką redukuje spad

Praca szczytowo-pompowa

Synergia dwóch zbiorników (teoria)

- Dwa zbiorniki – jeden napętniany w czasie przyptywu, drugi opróżniany w czasie odpływu
- Skomplikowana i bardzo kosztowna budowa (zapora wzdłuż zbiornika?)
- Duża elastyczność – możliwość utrzymania ciągłej różnicy poziomów

USINE MARÉMOTRICE DE LA RANCE

Pierwsza elektrownia pływowa na świecie

- Początek budowy: 1963
- Uruchomienie: 1967
- Koszt: 620 mln FRF
- Właściciel: EdF

Lokalizacja

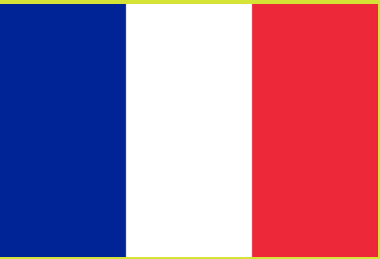
- Ujście rzeki Rance, Bretania
- Średni skok pływu: 8 m

Technologia

- Zapora długości 750 m (elektrownia na odcinku 332,5 m)
- Basen pływowy o pow. 22,5 km²
- Moc zainstalowana: 240 MW_{el} (24 × 10 MW_{el})
(do końca XX w. największa na świecie)
- Roczna produkcja energii elektrycznej: 600 GWh
- Współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej: 0,28



USINE MARÉMOTRICE DE LA RANCE



USINE MARÉMOTRICE DE LA RANCE



KISŁOGUBSKAJA PES

Elektrownia pływowa w ujściu fiordu

- Uruchomiona w 1968 r.
- W 1994 r. wycofana z eksploatacji z powodów finansowych
- W XXI w. przekształcona w stanowisko eksperymentalne dla nowych turbin

Lokalizacja

- Zatoka Kisłaja, Płw. Kolski, Morze Barentsa, Rosja

Technologia

- Zapora w poprzek zatoki
- Planowane dwie turbiny:
 - 1 × 400 kW, francuska, zainstalowana 1996, zdemontowana po 1994
 - Druga konstrukcji radzieckiej, nigdy nie zrealizowana
- Produkcja energii 1968-1994: 8 018 MWh (wsp. wyk. mocy ok. 9%)
- Turbina 200 kW produkcji „PO Siewmasz” zainstalowana w 2004
- Turbina 1500 kW produkcji „PO Siewmasz” zainstalowana w 2006



KISŁOGUBSKAJA PES



ANNAPOLIS ROYAL GENERATING STATION

Informacje o inwestycji

- Rok uruchomienia: 1984
- Właściciel: Nova Scotia Power

Lokalizacja

- rzeka Annapolis, w pobliżu Annapolis Basin, części Zatoki Fundy

Technologia

- Zatoka w ujściu rzeki o długości 225 m
- Moc zainstalowana 20 MW_e (1 turbina Kaplana)
- Roczna produkcja energii ok. 50 GWh
- Wsp. wykorzystania mocy zainstalowanej 29%



100

ANNAPOLIS ROYAL GENERATING STATION



ELEKTROWNIA PŁYWOWA SIHWA LAKE

Informacje o inwestycji

- Rok uruchomienia: 2011
- Posadowienie na falochronie zbud. 1994

Lokalizacja

- Zalew Sihwa, Prowincja Gyeonggi, Republika Korei

Technologia

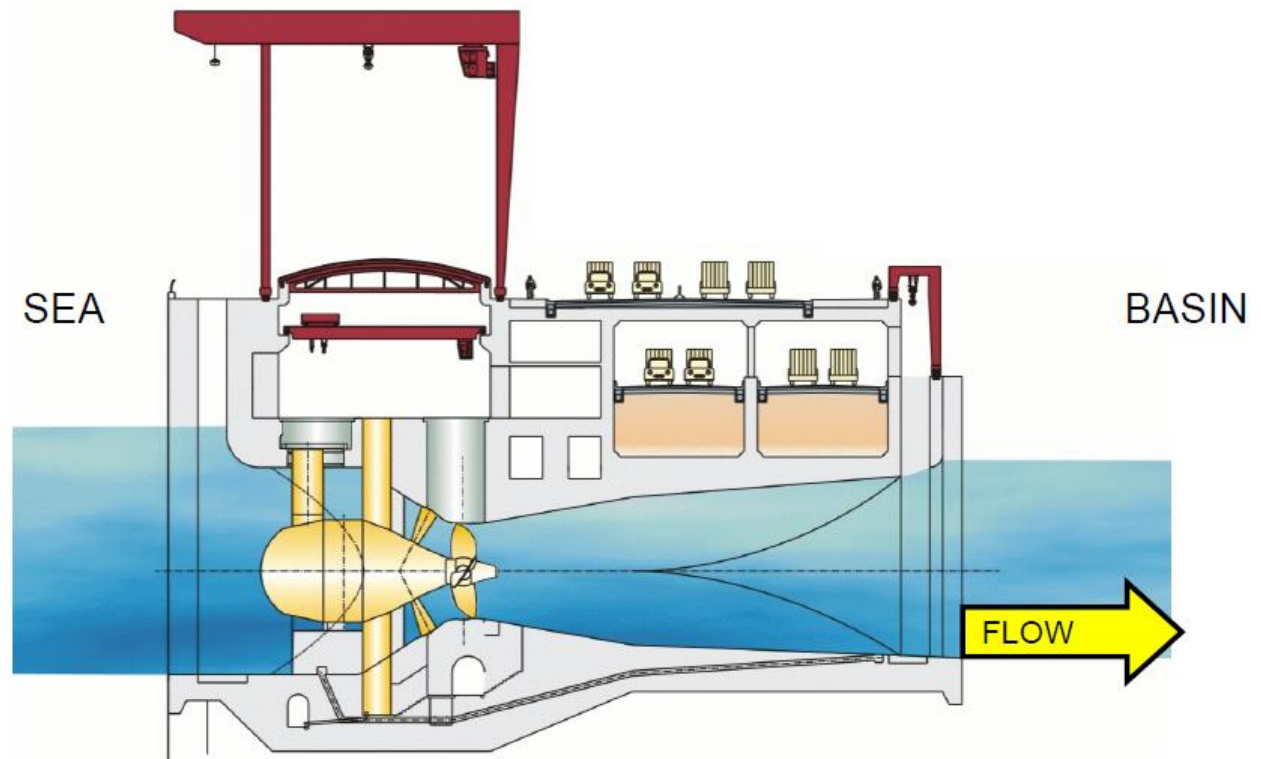
- Zapora długości 12,7 km
- Powierzchnia basenu roboczego: 56 km²
- Moc zainstalowana: 254 MW_{el} (10 × 25,4 MW_e, Kaplan)
- Praca podczas przyptywu
- Średni skok pływu
- Planowana produkcja 550 GWh/a (wsp. wyk. mocy 25%)



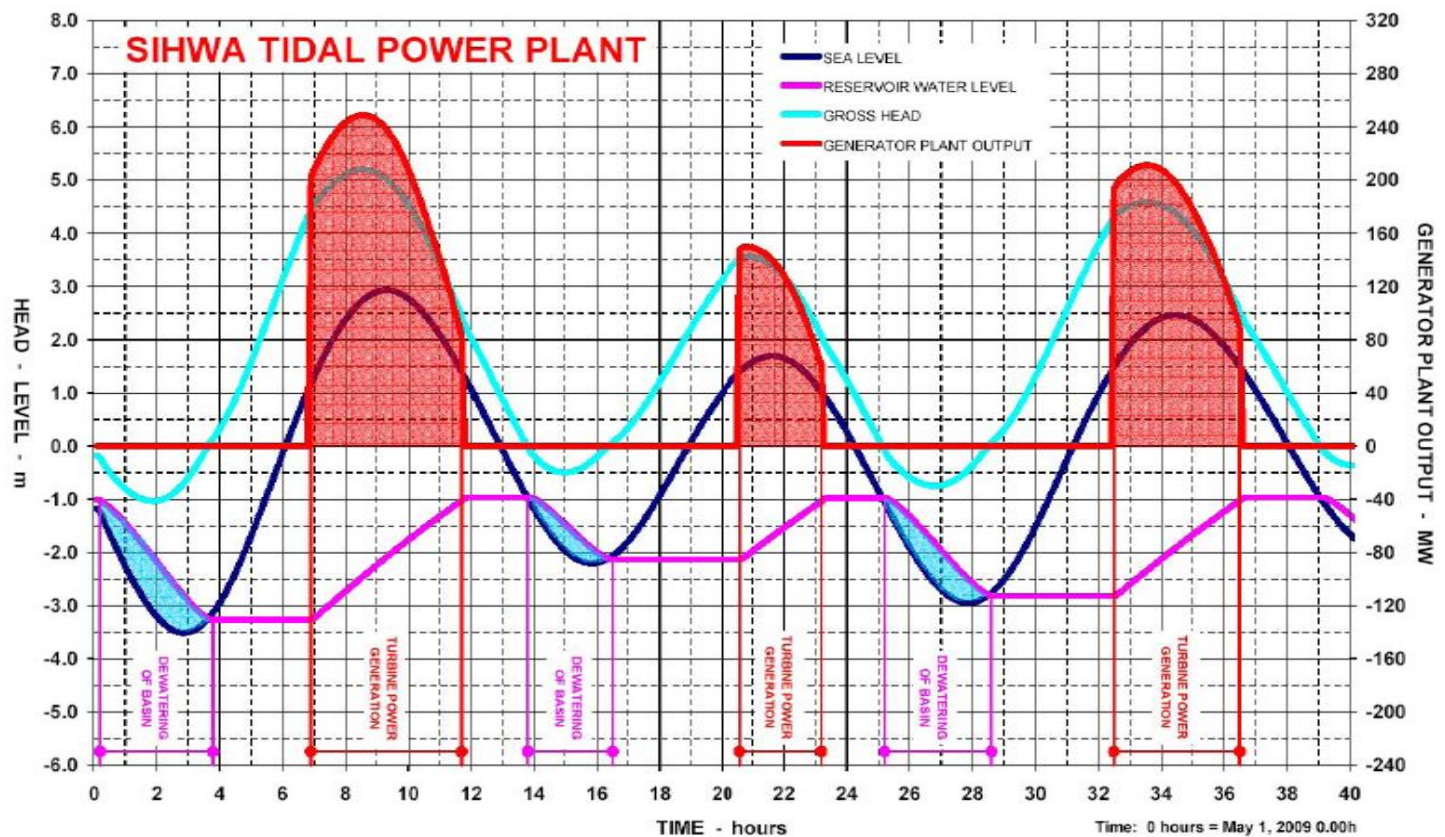
ELEKTROWNIA PŁYWOWA SIHWA LAKE



ELEKTROWNIA PŁYWOWA SIHWA LAKE



ELEKTROWNIA PŁYWOWA SIHWA LAKE



ELEKTROWNIA PŁYWOWA SIHWA LAKE



ELEKTROWNIA PŁYWOWA SIHWA LAKE



ELEKTROWNIE PŁYWOWE W NURCIE

Energia kinetyczna wody

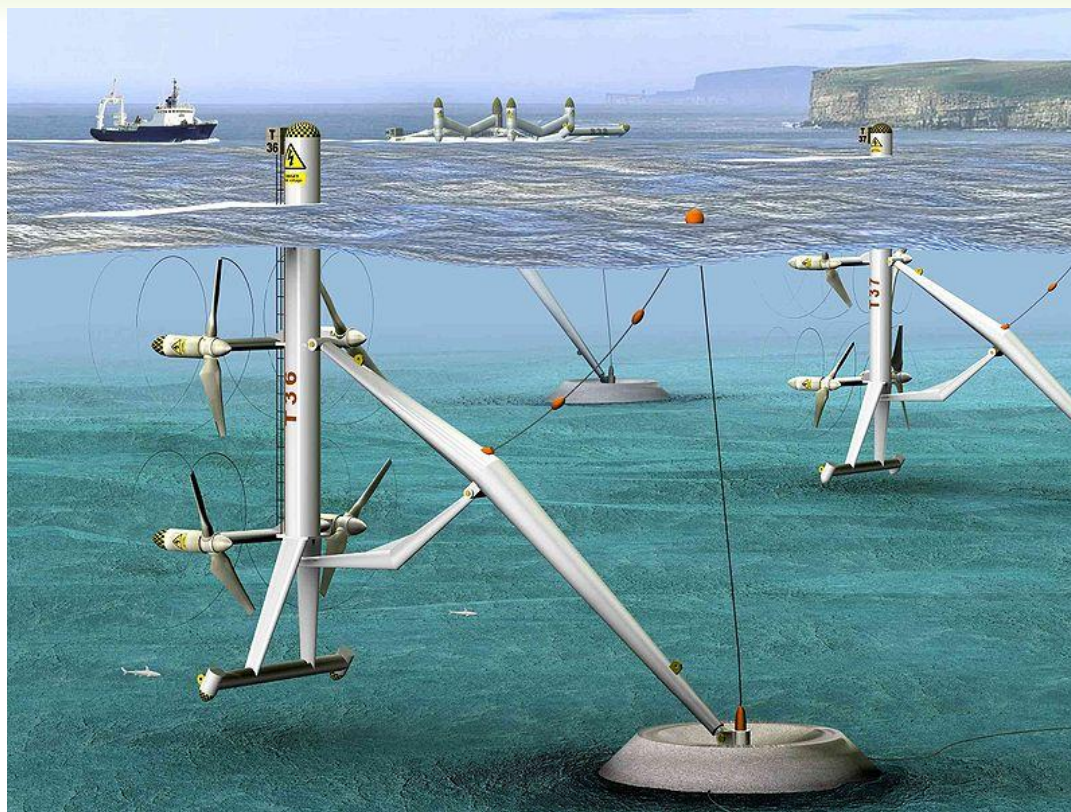


Energia mechaniczna



Energia elektryczna

ELEKTROWNIE PŁYWOWE PRACUJĄCE W NURCIE



ELEKTROWNIE PŁYWOWE PRACUJĄCE W NURCIE

Turbiny osiowe

- Proste
- Obudowane (efekt Venturiego)

Turbiny krzyżowe

- O osi pionowej
- O osi poziomej

Generatory oscylacyjne

PROSTA TURBINA OSIOWA



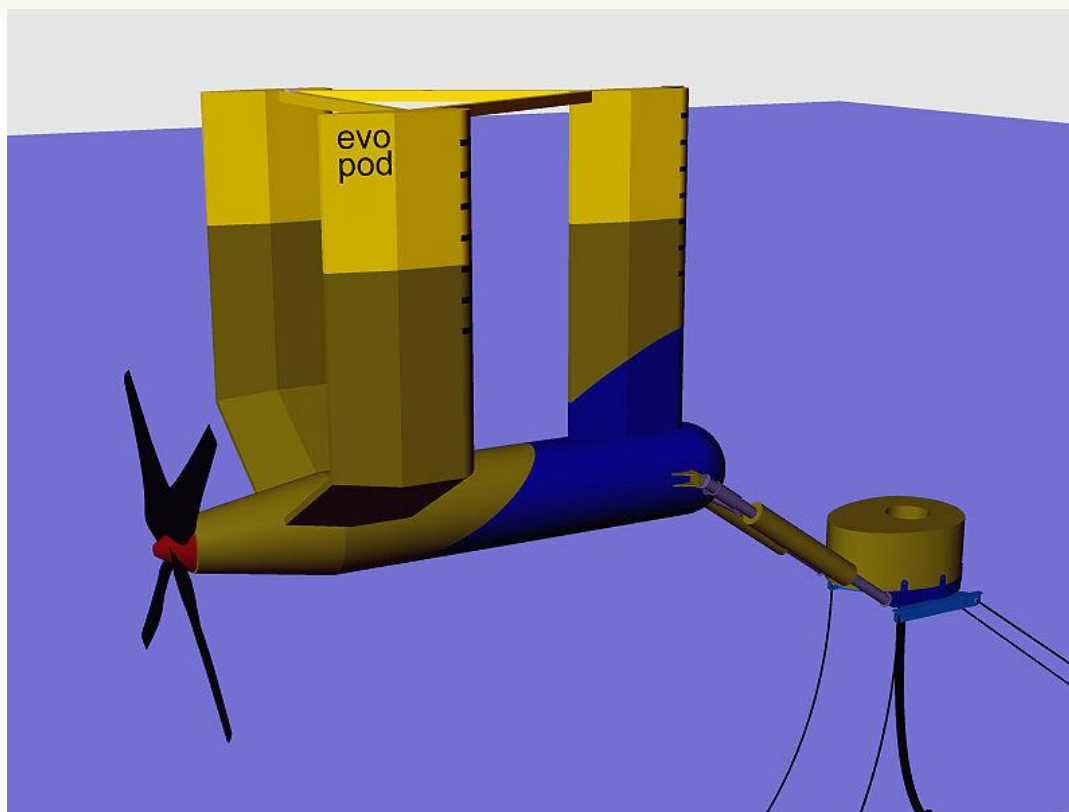
OBUDOWANA TURBINA OSIOWA

Otwór mający
zapewniać bezpieczną
trasę dla ryb



EvoPod

PŁYWAJĄCA TURBINA OSIOWA



EvoPod

PŁYWAJĄCA TURBINA OSIOWA





Informacja o inwestycji

- Instalacja demonstracyjna Hammerfest Strom

Lokalizacja

- Kvalsund, Finnmark, Norwegia
- Głębokość: 50 m

Technologia

- 1 turbina Hammerfest Strom HS300 300 kW



STRANGFORD LOUGH



Informacja o inwestycji

- Instalacja demonstracyjna SeaGen
- Rok uruchomienia: 2008

Lokalizacja

- Strangford Narrows, Irlandia Płn.

Technologia

- 1 moduł SeaGen, 1,2 MW konstrukcji Marine Current Turbines Ltd
- 18-20 godzin pracy na dobę

STRANGFORD LOUGH



STRANGFORD LOUGH



SOUND OF ISLAY PROJECT



Informacja o inwestycji

- Projekt planowany przez Scottish Power Renewables
- Planowane ukończenie w 2013 (?)

Lokalizacja

- Sound of Islay, Szkocja

Technologia

- 10 × Hammerfest Strom HS1000, 10 × 1 MW_e



DYNAMIC TIDAL POWER

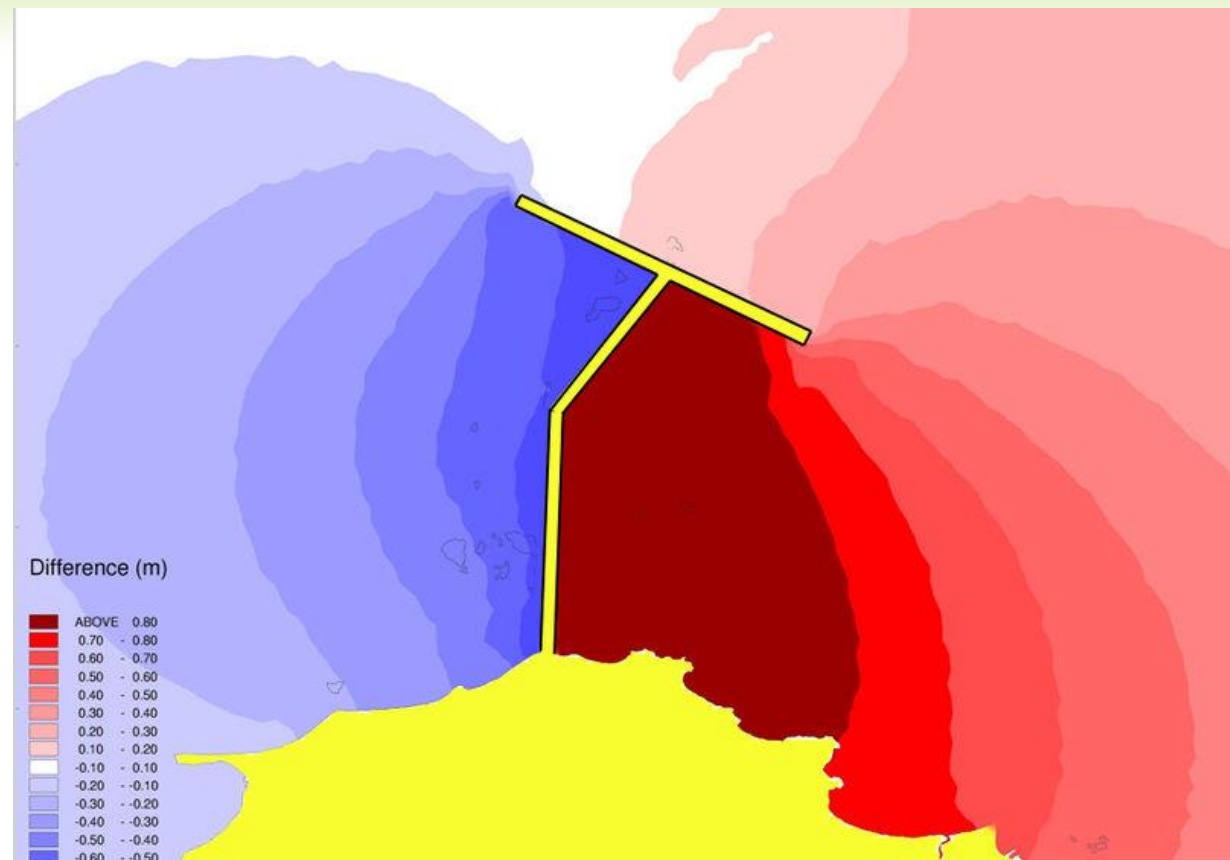
Technologia

- Ogromne konstrukcje spiętrzające w kształcie litery T, prostopadle do brzegu (dł. 30-60 km)
- Wykorzystanie postępowania pływu wzdłuż brzegu
- Moc instalacji do 8 GW, wsp. wykorzystania mocy 30%
- Moc proporcjonalna do kwadratu długości zapory

Zastosowanie

- 1997 – patent uzyskany przez holenderskich inżynierów Keesa Hulsbergena i Roba Steijna
- Brak wdrożeń – nawet instalacja pilotażowa musi być ogromna

DYNAMIC TIDAL POWER

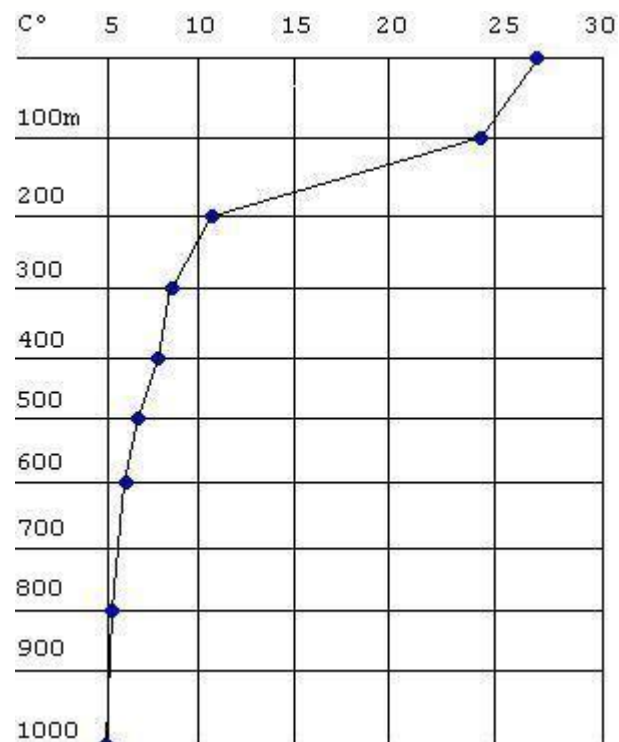


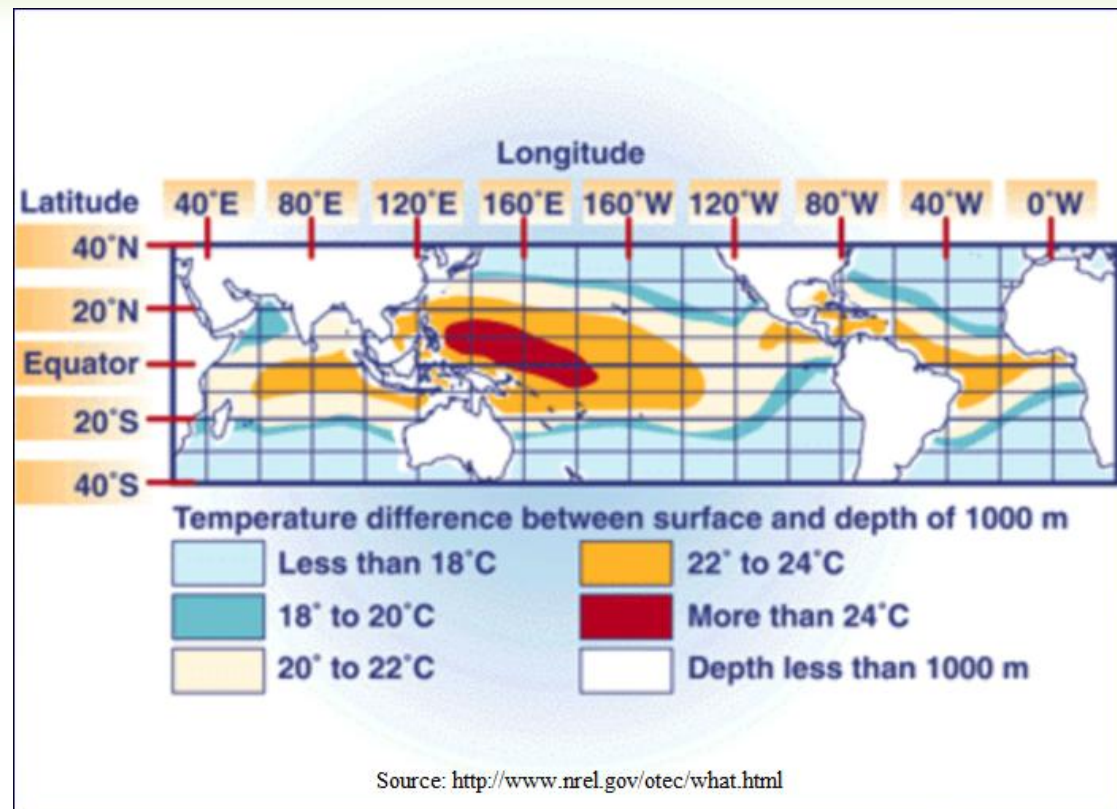
OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC)

Instalacja maretermiczna

- Wykorzystanie różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią morza i wodą głębinową
- Niezbędna różnica ok. 20 K
- Górne źródło ciepła – woda powierzchniowa
- Dolne źródło ciepła – woda pompowana z dużych głębokości

TEMPERATURA WODY MORSKIEJ





TECHNOLOGIE OTEC

Rodzaje układów

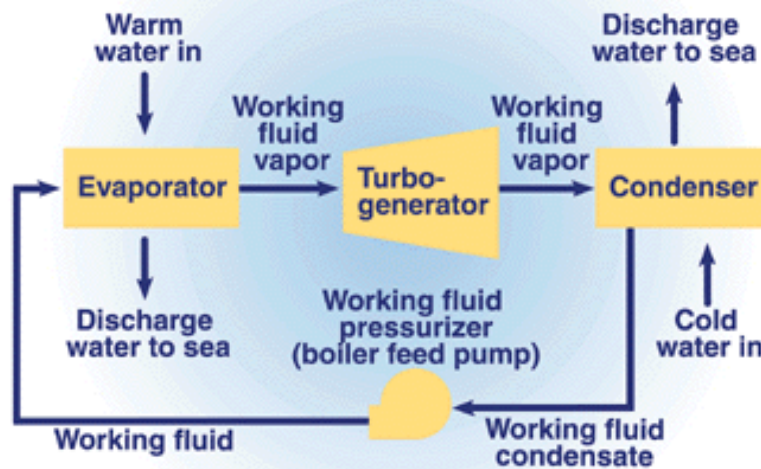
- Zamknięty
- Otwarty
- Hybrydowy

Lokalizacje

- Brzegowe
- Na krawędzi szelfu
- Pływające

OTEC

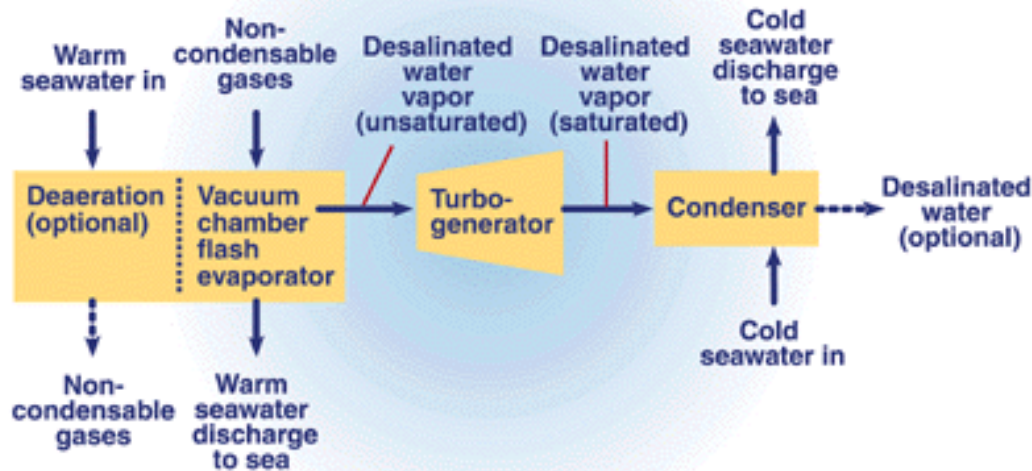
O OBIEGU ZAMKNIĘTYM



- ⊙ Potrzebny specjalny czynnik roboczy (np. amoniak, czynnik chłodniczy)
- ⊙ Niskotemperaturowy organiczny obieg Rankine'a (ORC)

OTEC

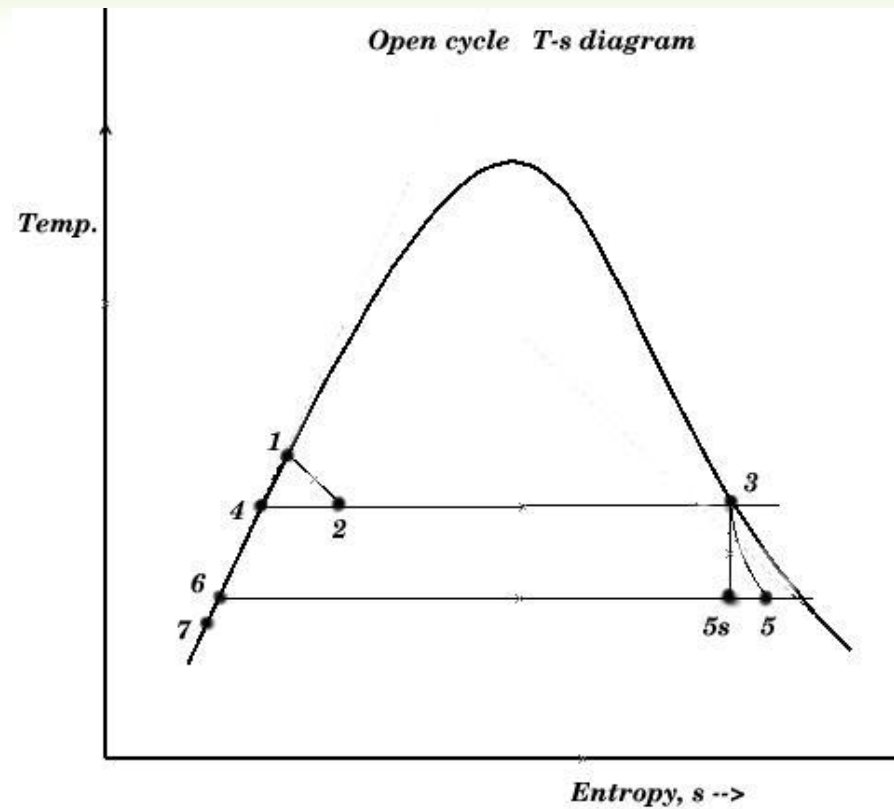
O OBIEGU OTWARTYM



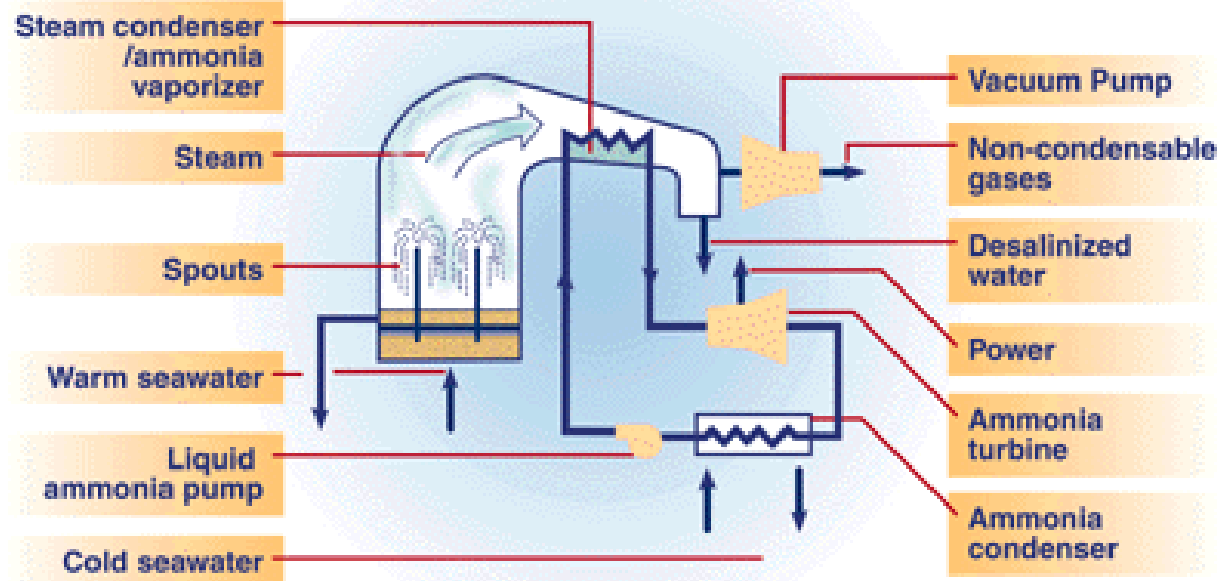
- ⊙ Odparowanie w zbiorniku rozprężnym
- ⊙ Ciśnienie pary świeżej ok. 1,2 kPa (a)
- ⊙ Możliwość odsalania wody morskiej (odsalanie przy odparowaniu)

OTEC

O OBIEGU OTWARTYM



HYBRYDOWY OTEC



OTEC EXPERIMENTAL FACILITY KEAHOLE POINT, HAWAII, USA



View of OTEC facility at Keahole Pointe on the Kona coast of Hawaii. US Gov. - Department of Energy

OTEC EXPERIMENTAL FACILITY KEAHOLE POINT, HAWAII, USA

Historia instalacji

- Lata eksploatacji: 1992-1998

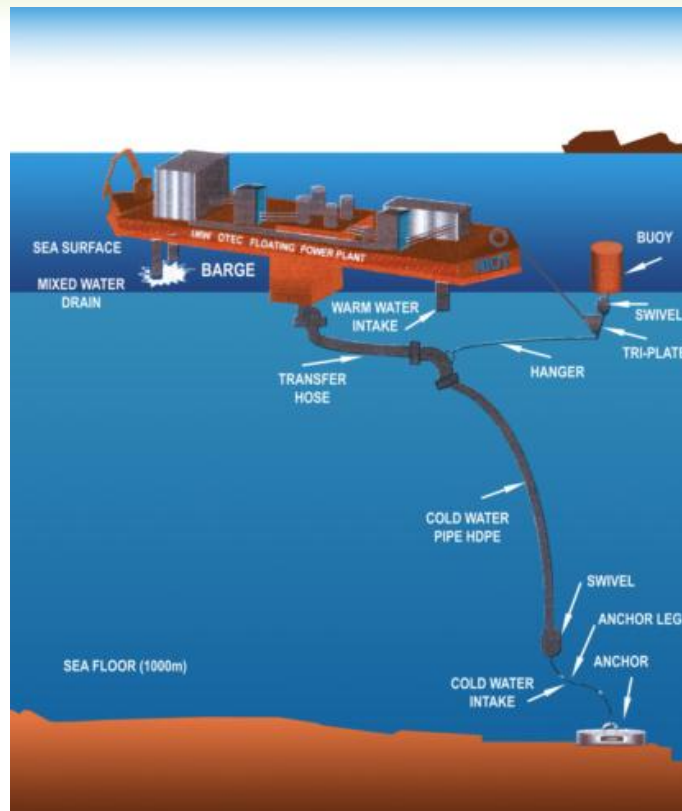
Parametry procesu

- Temperatura wody 26/6°C

Dane techniczne

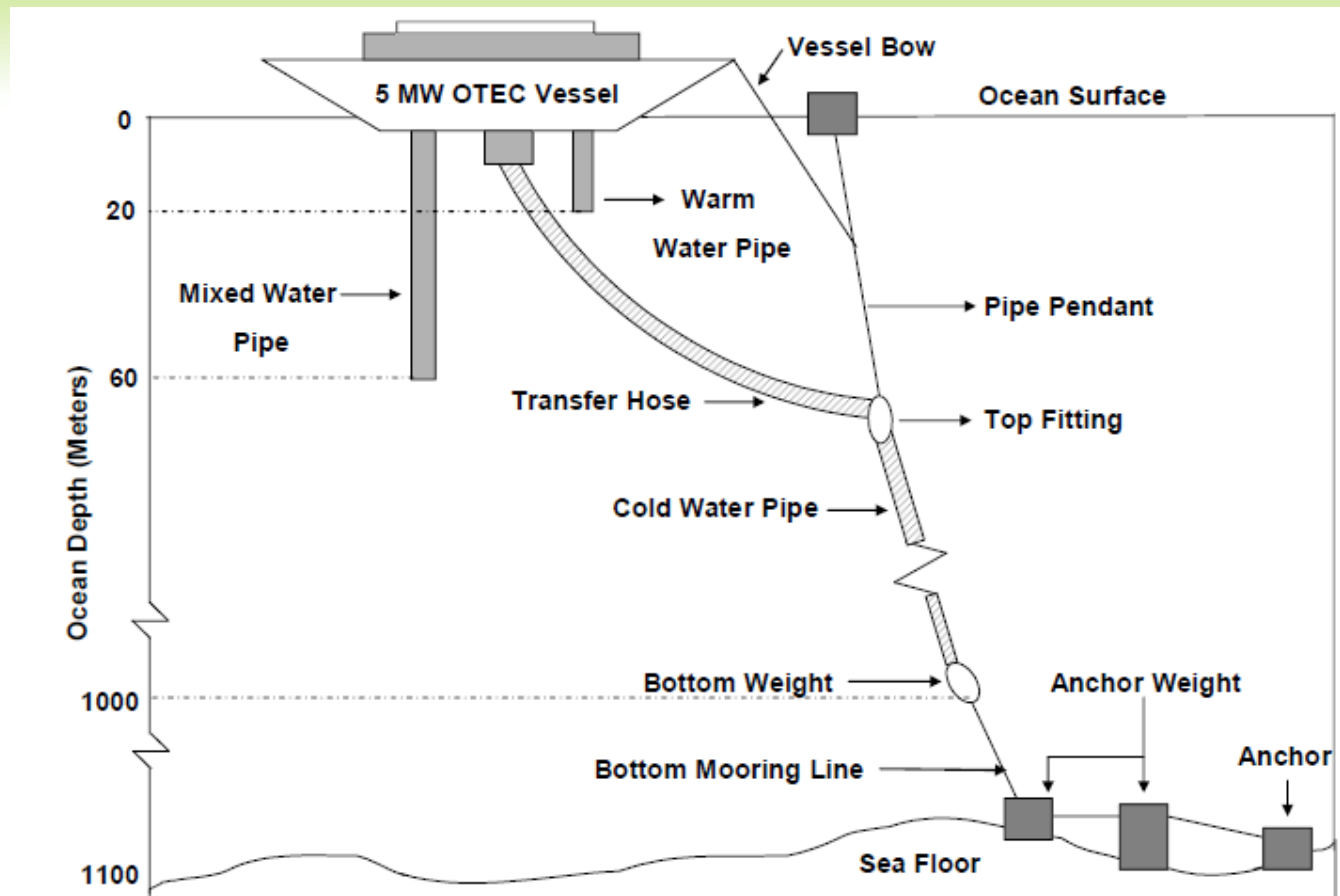
- Moc zainstalowana 210 kW_e
- Turbina 1800 obr./min, średnica 10 ft (ok. 3,3 m)
- Produkcja wody słodkiej, 26,5 tys. l/d

1 MW PŁYWAJĄCA OTEC TAMIL NANDU, INDIE, 2000



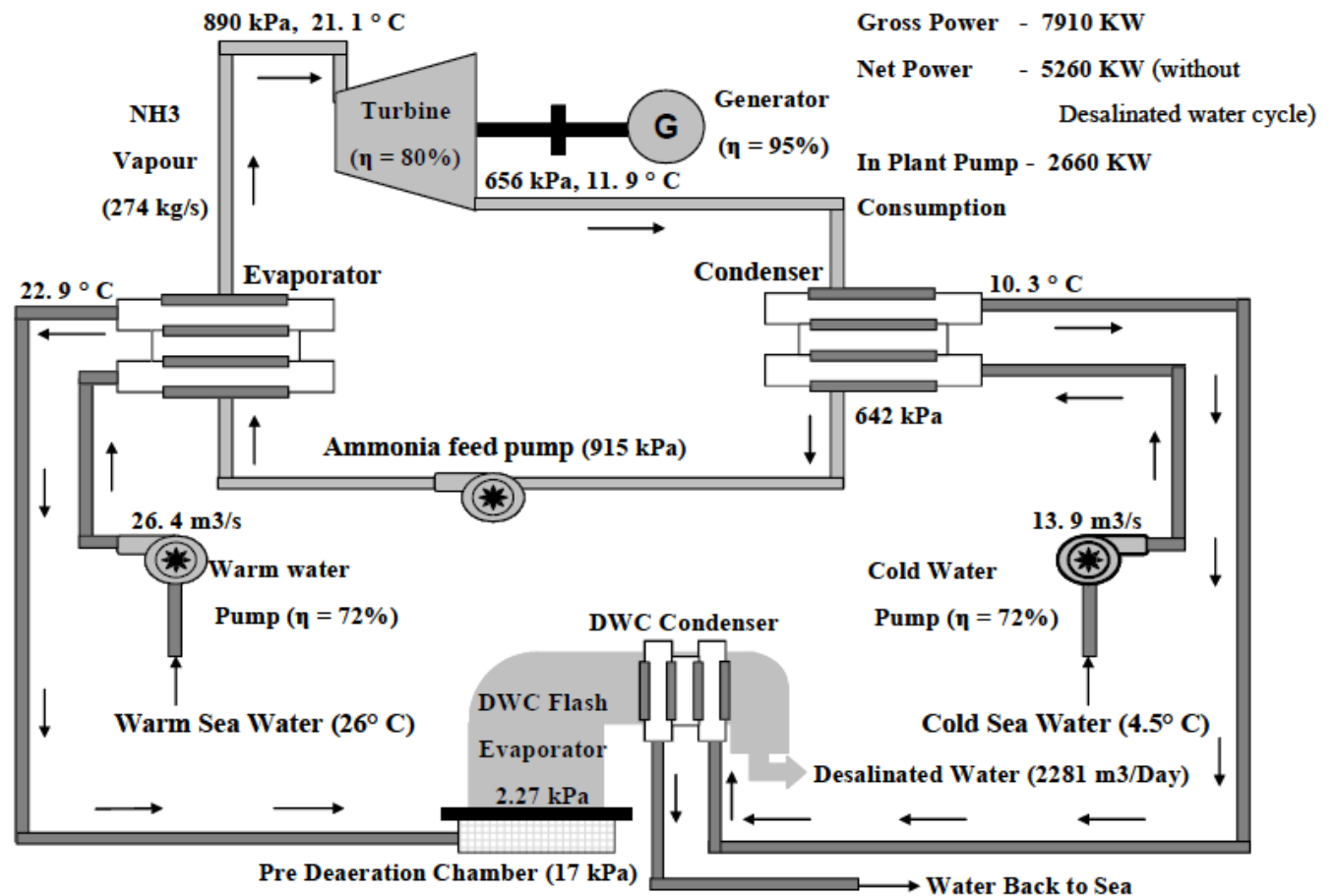
OTEC

KONCEPCJA INDYJSKA



OTEC

KONCEPCJA INDYJSKA



Shore-based over-topping technology

Off-shore over-topping technology

Oscillating water column

Off-shore pitching devices

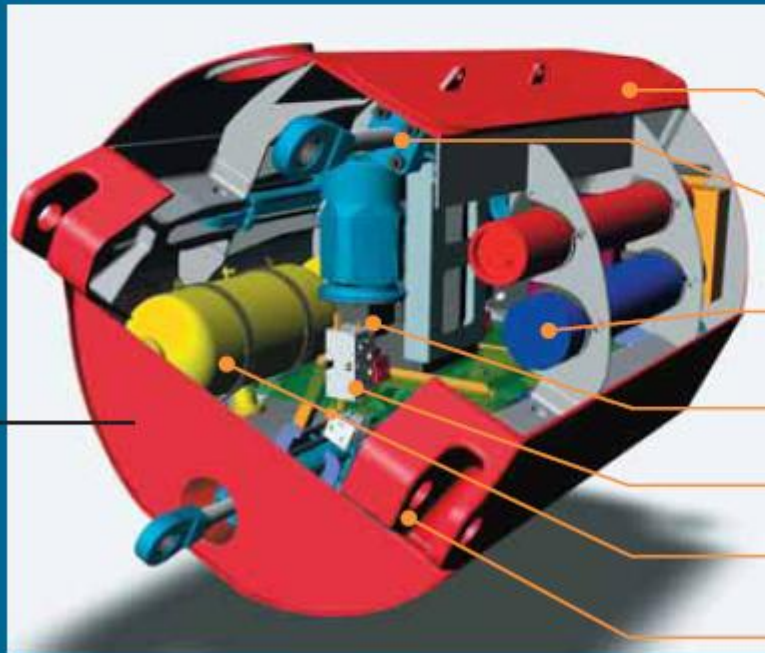
Off-shore point absorbers

Submerged direct generation

PELAMIS WAVE ENERGY CONVERTER



- ⊙ Opracowany przez Pelamis Wave Power company of Scotland
- ⊙ Na wpół zanurzone cylindry połączone zawiasowo
- ⊙ Wzajemny ruch sekcji wywołany falowaniem wytwarza ciśnienie w siłownikach hydraulicznych



Internal view of a Pelamis Power Conversion Module.

Power Conversion
Module

Main Tube
Segment

Sway
(vertical axis)
hinged joint

Hydraulic ram

High
pressure
accumulators

Motor/Generator
set

Manifold

Reservoir

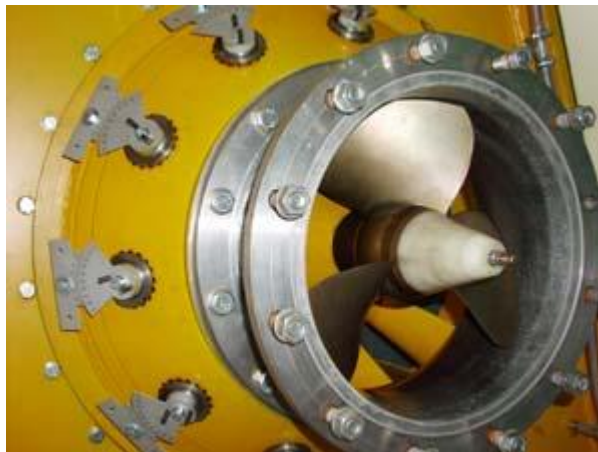
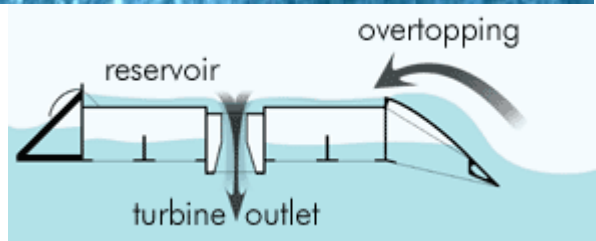
Heave
(horizontal axis)
hinged joint

AGUÇADOURA WAVE FARM



- ⊙ Instalacja pilotażowa technologii Pelamis
- ⊙ Moc zainstalowana 2,25 MW ($3 \times 750 \text{ kW}$)
- ⊙ Dwa miesiące prób w 2008 r.
- ⊙ Demontaż z uwagi na problemy z łożyskami, nie przywrócona do eksploatacji z powodu problemów natury ekonomicznej

WAVE DRAGON

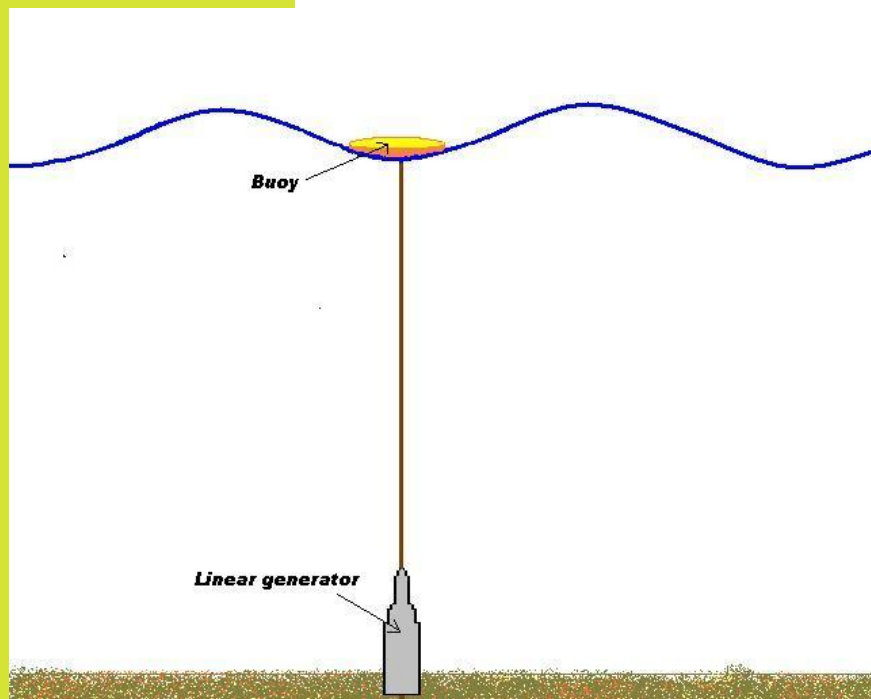


- ◎ Pływająca instalacja przelewowa
- ◎ Pływający zbiornik „zbierający” fale
- ◎ Turbiny Kaplana o osi pionowej
- ◎ Próby a małą skalę w Danii
- ◎ Planowane dalsze próby na Morzu Północnym, opóźnione

WAVE DRAGON



PROJEKT LYSEKIL



- ⊙ Opracowany na Uniwersytecie w Uppsali
- ⊙ Projekt rozpoczęty w 2002 r.
- ⊙ Próby 2 km od brzegu od 2006 r.
- ⊙ Zainstalowane 3 moduły po 10 kW
- ⊙ Wykorzystanie generatorów liniowych

INSTALACJE OSMOTYCZNE

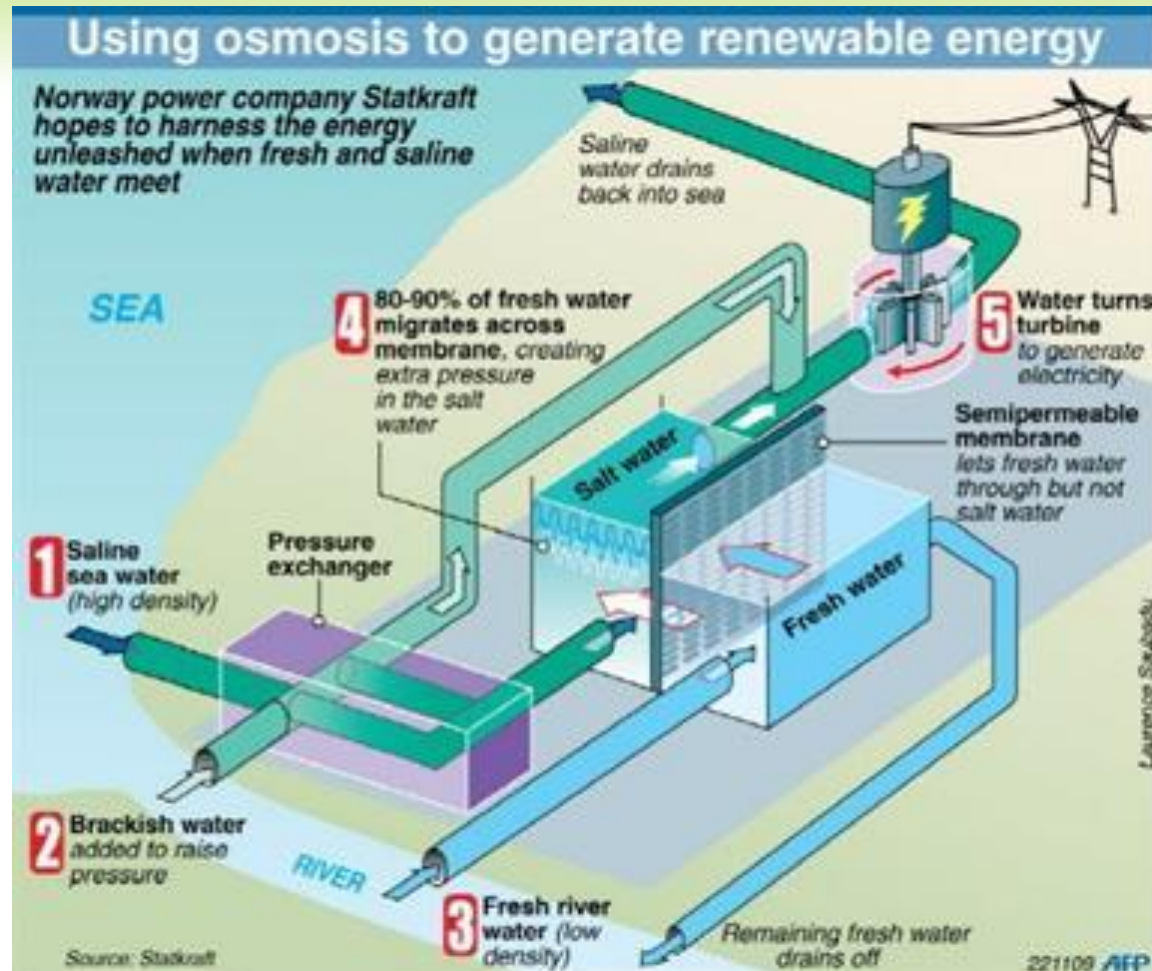
Zasada działania

- Pompowanie wody słodkiej i słonej do zbiornika przedzielonego przegrodą membranową
- Penetracja membrany przez wodę słodką zwiększająca ciśnienie po stronie „słonej”
- Wykorzystanie wytworzonego spadku w turbinie wodnej

Rozwój

- Instalacja pilotażowa: 2009 , firma Statkraft
- Moc 4 kW
- Przepływ przez membranę 10 dm³/s, ciśnienie 10 bar

INSTALACJE OSMOTYCZNE



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!