

Megújuló energiaforrások I.

Vízenergia hasznosítása

Dr. Ivelics Ramón PhD.
egyetemi adjunktus

PTE MIK Mérnöki és Smart Technológiák Intézet
Környezetmérnöki Tanszék

Primer energiahordozók csoportosítása kimerülésük alapján

Kimerülő energiahordozók

- kémiai tüzelőanyagok:
 - szén, kőolaj, földgáz, egyéb,
- nukleáris tüzelőanyagok:
 - fissziós, fúziós,
- geotermikus energia
- exoterm reakciók

Megújuló energiahordozók

- napenergia: napsugárzás, fotoszintézis, szél, víz, hullámzás, hőfokkülönbségek, stb.
- bioenergia: izomerő, biomassa, mikrobiológiai reakciók,
- gravitáció: árapály.

Vízenergia eredete

■ Napsugárzás:

- hidrológiai ciklus → felszíni vízfolyások
- szél → hullámzás
- áramlatok és hőmérsékleti rétegződés.

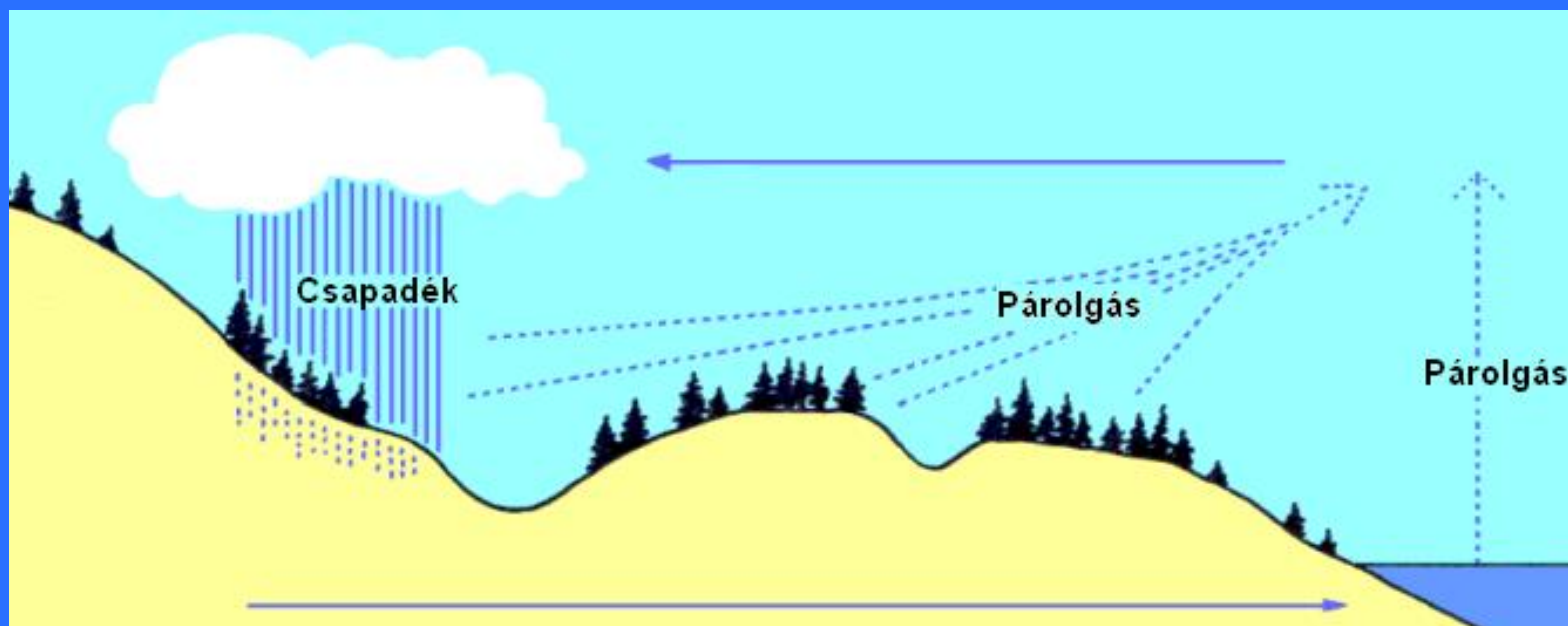
■ Klímaváltozás:

- gleccserek olvadása.

■ Planetáris mozgás:

- gravitáció → árapály.

Hidrológiai ciklus



A légköri vízkörfolyamat fenntartása a Földre eső napenergia 23%-át köti le!

Ennek legnagyobb része a víz elpárologtatása, a többi a víz szállítása, és a csapadék és a felszíni vízfolyások fenntartása.

Vízenergia formája - hasznosítása

■ Helyzeti energia

- Tavak, víztározók,
- Szivattyús-energiatározó,

■ Mozgási energia

- Felszíni vízfolyások,
- Hullámozás.

■ Planetáris mozgás

- gravitáció → árapály → helyzeti energia.

■ Hőfokkülönbség

A vízerő-hasznosítást különböző erőművekkel lehet megvalósítani:

- Vízkerekek, vízi malom,
- folyami vízerőművek,
- tározós erőművek,
- szivattyús energiatározók,
- árapályerőművek,
- hullámerőművek,
- tengeráramlás-erőművek,
- tengeri hőfokkülönbség ORC.

Felszíni vízfolyások

Lehetőségek

Elméleti energetikai potenciál (kb. 300 EJ)

(gát a Föld minden folyóján): 4,6 TW

ebből technikailag elérhető: 1,5 TW

Beépített teljesítmény: 0,60 TW

Tényleges teljesítmény: 0,30 TW

A jelenlegi igény: kb. 25 TW (világ, össz. en.).

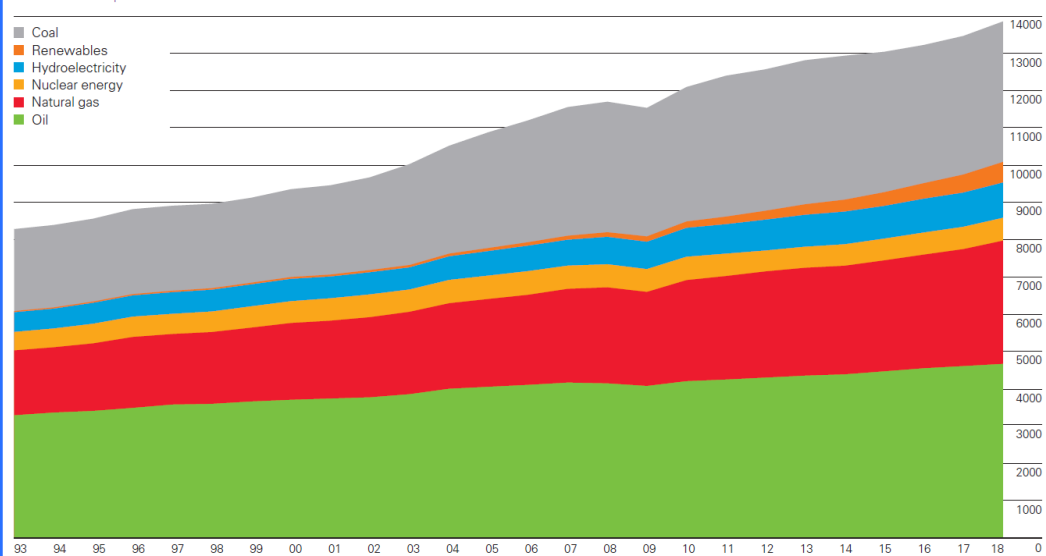
Magyarország:

Elméleti vízerőkészlete: 1400 MW

Hasznosítható: 1060 MW

Felépült, működő: 50 MW

World consumption

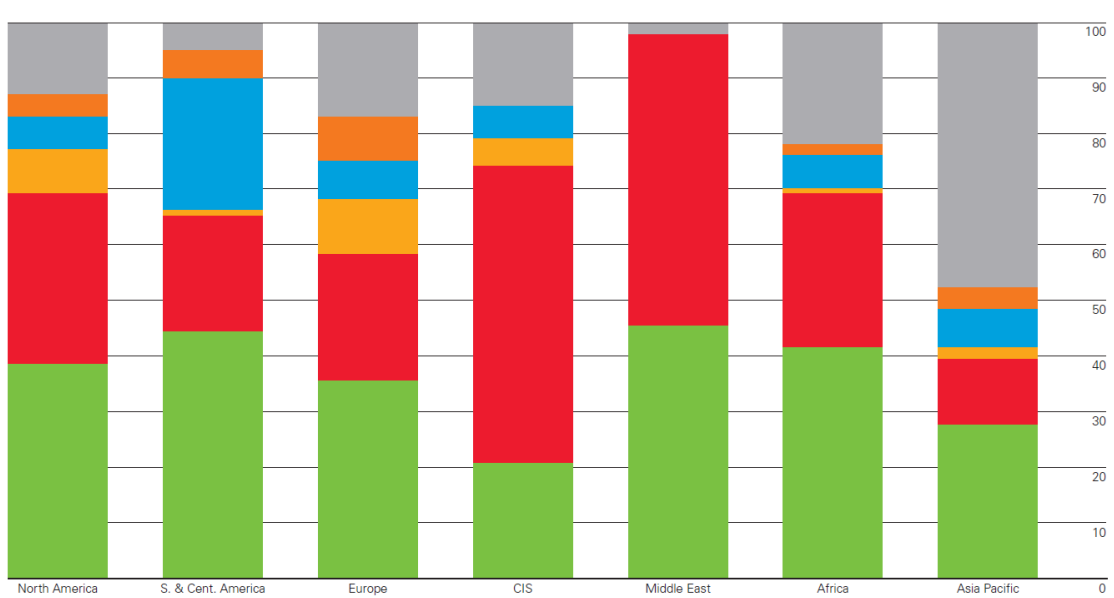


Global energy consumption increased by 2.9% in 2018. Growth was the strongest since 2010 and almost double the 10-year average. The demand for all fuels increased but growth was particularly strong in the case of gas (168 mtoe, accounting for 43% of the global increase) and renewables (71 mtoe, 18% of the global increase). In the OECD, energy demand increased by 82 mtoe on the back of strong gas demand growth (70 mtoe). In the non-OECD, energy demand growth (308 mtoe) was more evenly distributed with gas (98 mtoe), coal (85 mtoe) and oil (47 mtoe) accounting for most of the growth.

Globális energia-fogyasztás, millió toe

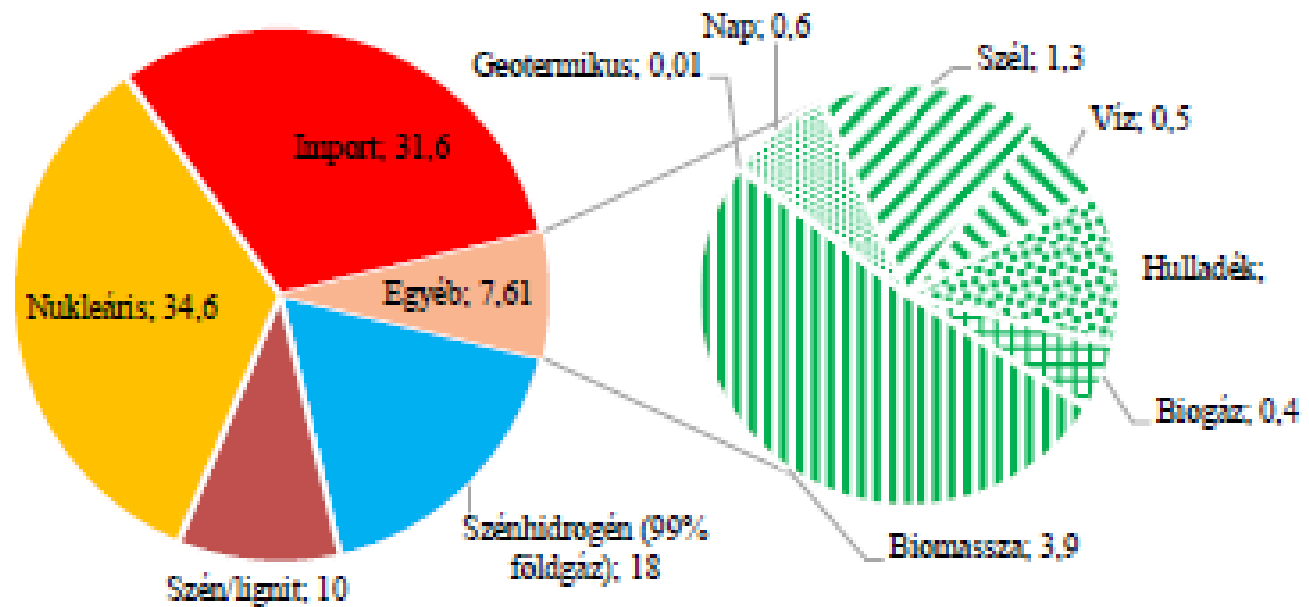
Regionális energia fogyasztás, millió toe

Regional consumption by fuel 2018



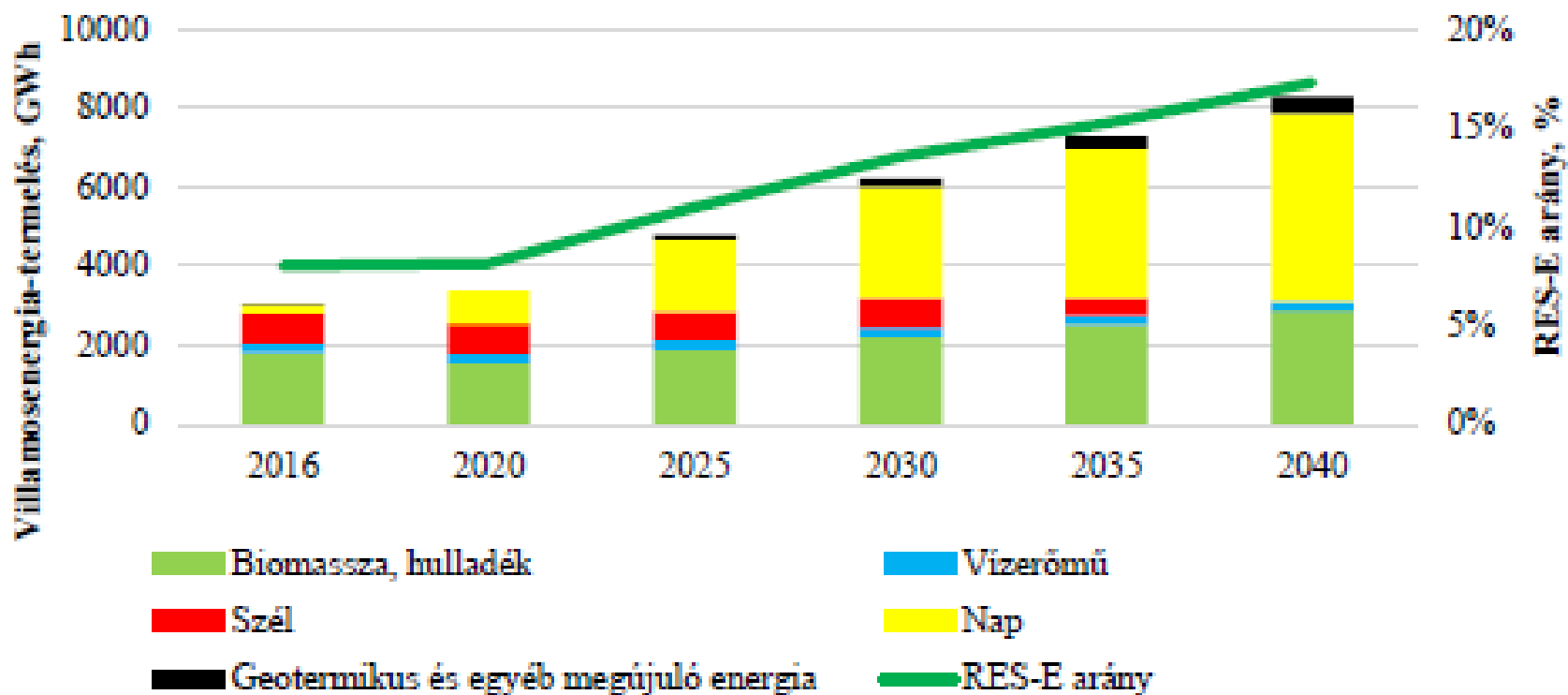
Oil remains the dominant fuel in Africa, Europe and the Americas, while natural gas dominates in CIS and the Middle East, accounting for more than half of the energy mix in both regions. Coal is the dominant fuel in the Asia Pacific region. In 2018 coal's share of primary energy fell to its lowest level in our data series in North America and Europe.

Teljes bruttó villamosenergia felhasználás 2018-ban Magyarországon (%)



Teljes bruttó villamos energia felhasználás: 45,1 TWh

Megújuló energiafelhasználás a villamosenergia termelésben (ktoe), megújuló energia részarány (%)



Nyomás változás szerint:

Akciós turbina, mert a víz nyomása nem változik, miközben áthalad a turbinán (Pelton, Bánki). **Reakciós** (Francis, Kaplan)

Típusok

Teljesítmény alapján: törpe < 100kW

Kis teljesítményűek:	1-10 MW-ig
Közepes teljesítményűek:	10-100 MW
Nagy teljesítményűek:	100 MW felett

Energiaforrás szerint

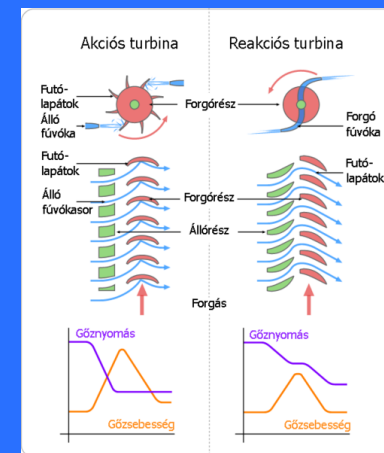
Természetes

Mesterséges szintkülönbséggel rendelkező

Vízgazdálkodási szempontból: tározós v. tározó nélküli

Esésmagasság szerint

Kisesésűek	10 m-ig
Közepes esésűek	10-50 m-ig
Nagyesésűek	50 m felett



Reakciós – akciós turbinák

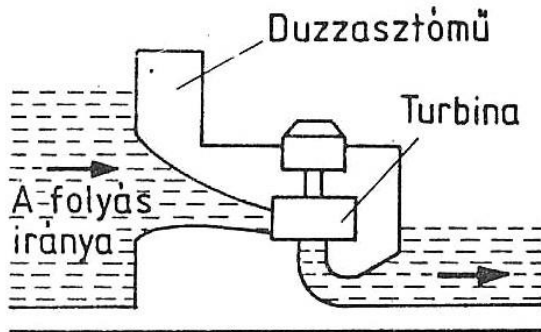
Reakciós turbinák

- Nyomáskereső a turbina lapátokon,
- A járókerék teljes egészében a vízbe merül,
- Felhajtó erő kihasználása
- Kaplan, Francis turbinák

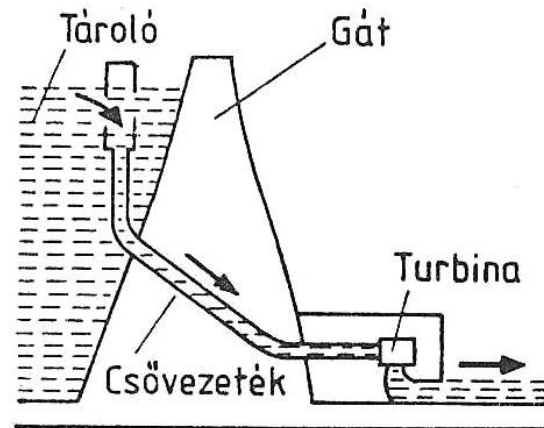
Akciós turbinák

- A belépő víz sugár impulzusát használják fel, megváltozik az áramlási irány,
- Nincs nyomáskereső a járókeréken,
- Pelton, Bánki turbina

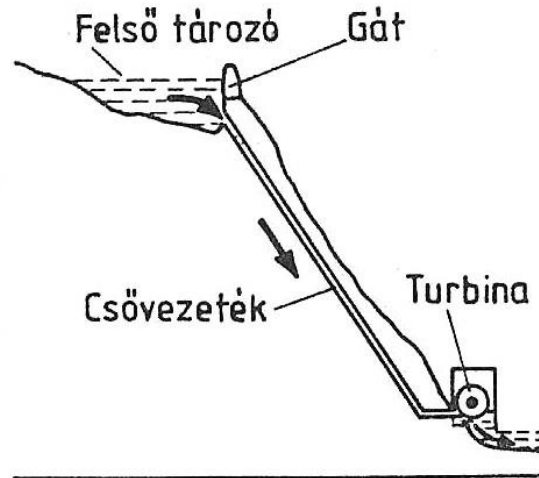
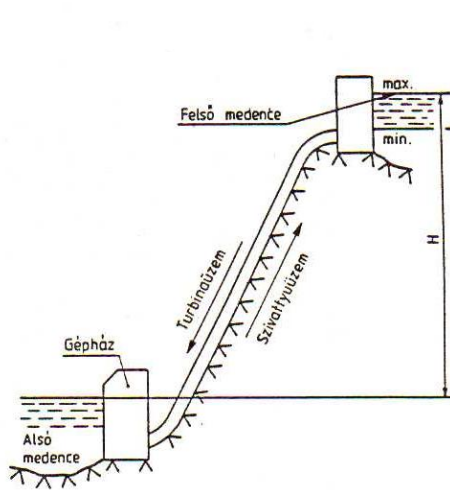
Típusok



átfolyós

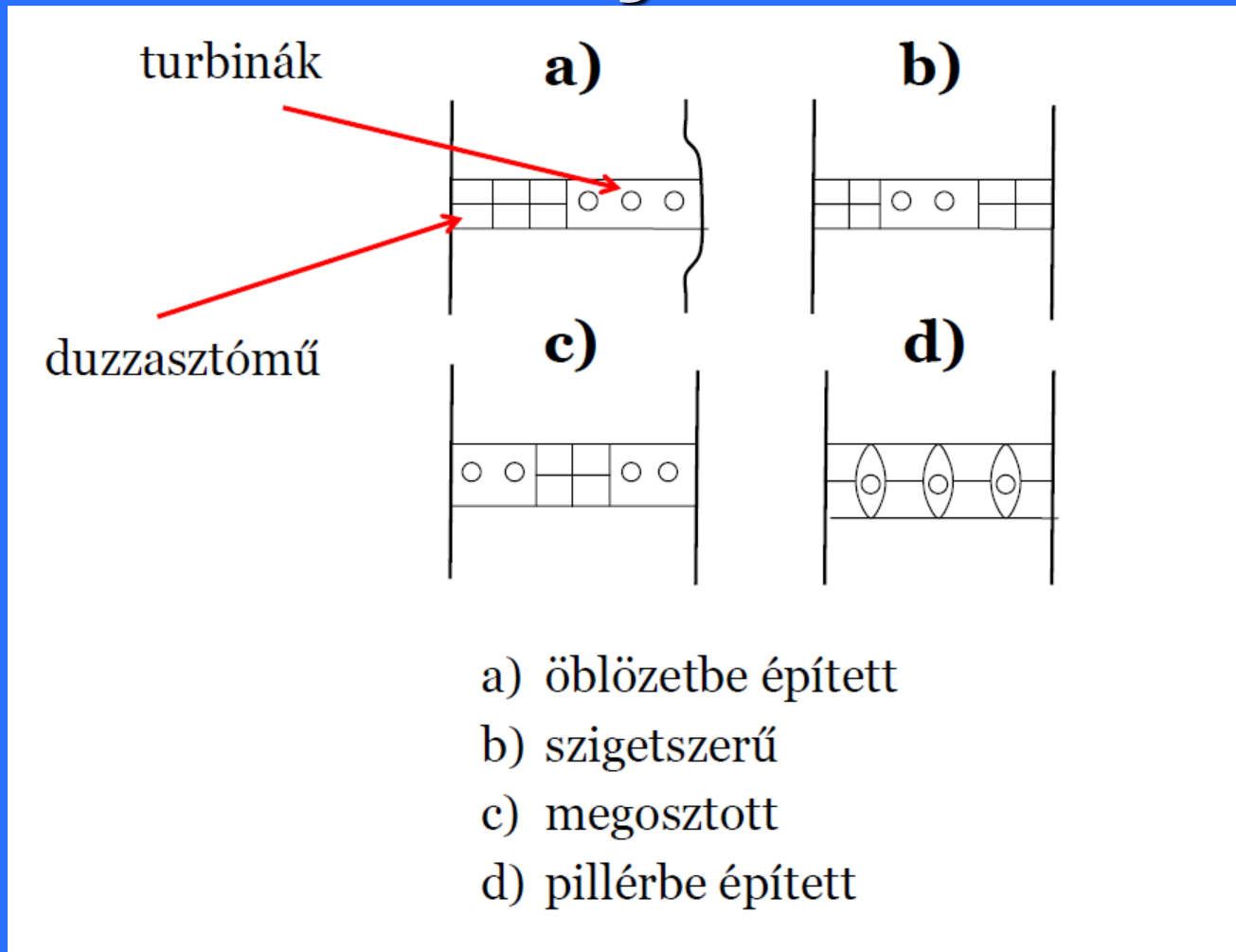


átfolyós-tározós



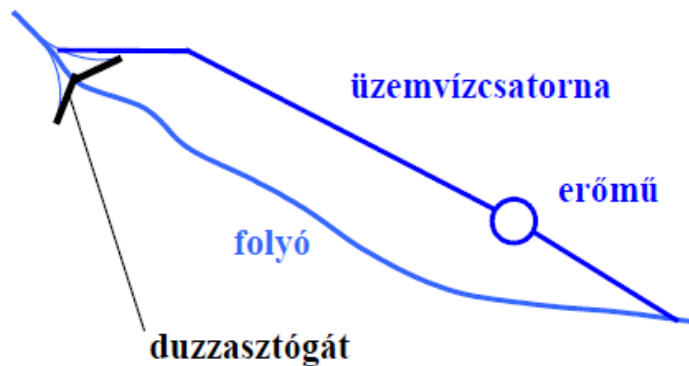
szivattyús-tározós

Folyami vízerőművek a turbinák elhelyezése szerint



Vízerőművek hatásfok növelése

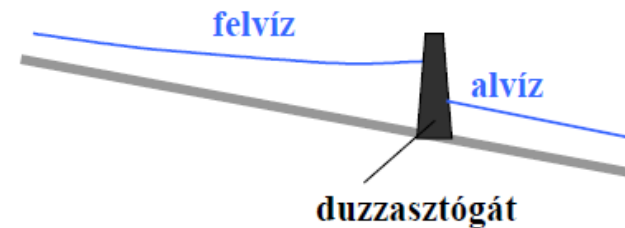
Üzemvízcsatorna



Példa: Bős-Gabčíkovo-i erőmű

- A meder minőségének javításával csökkentjük az érdességet, az ellenállást

Duzzasztás



Példa: Tiszalöki erőmű

- A nagyobb mélység kisebb sebességet eredményez, így kisebb az ellenállás, kisebb a veszteség

Vízturbinák jellemzése

A turbinák üzemi jellemzésére a szivattyúkhhoz hasonlóan a **jelleggörbék** adnak megfelelő tájékoztatást.

A turbinák üzemi jellemzőinek változását az „n” fordulatszám függvényében szokás ábrázolni. Az egyik legfontosabb jelleggörbe a $H = \text{áll. esés}$ mellett felrajzolt $Q = f(n)$ jelleggörbe, amely tájékoztatást ad arról, hogy a „H” esésre méretezett turbina az adott fordulatszámon mekkora vízmennyiséget nyel.

Magyarországi kis esésekre a Kaplan- és a csőturbina használatos. Tiszalökön három Kaplan-, Kiskörén pedig négy csőturbina van beépítve. További kis erőművek is találhatóak az országban, manapság sok új kis vízerőművet építenek.

Magyarországi vízerőművek:

Vízfolyás	Üzembe helyezés	Esés	Vízhozam	Teljesítmény
Tisza, Tiszalök	1959	5 m	300 m ³ /s	12500 kW
Tisza, Kisköre	1975	6,27 m	560 m ³ /s	28000 kW
Hernád, Gíbárt	1908	4,4m	18 m ³ /s	500 kW
Hernád, Felsődobza	1912	4 m	22 m ³ /s	510 kW
Hernád, Kesznyéten	1943	13,5 m	40 m ³ /s	4400 kW
Rába, Alsószőlők	1960	3 m	8 m ³ /s	200 kW
Rába, Csörötnek	1919	3,5 m	9,6 m ³ /s	245 kW
Rába, Körmend	1930	4,1 m	8,6 m ³ /s	240 kW
Rába, Ikkervár	1923	8 m	28 m ³ /s	1540 kW
Kis Rába, Kapuvár	1968	2,7 m	2,7 m ³ /s	50 kW
Pinka, Felsőcsatár	1950	3,5 m	2 m ³ /s	40 kW
Pinka, Vaskeresztes	1954	2,1 m	2,1 m ³ /s	50 kW
Pinka, Pornóapáti	1951	4,2 m	5,6 m ³ /s	113 kW
Pinka, Szentpéterfa	1951	3,7 m	3,1 m ³ /s	50 kW
Répcse, Damonya	1951	1,8 m	1,5 m ³ /s	25 kW
Lajta, Márisliget	1950	2,4 m	6,6 m ³ /s	93 kW
Séd, Hajmáskér	1939	4,4 m	1,5 m ³ /s	50 kW
Gyöngyös, Lukácsháza	1952	3,2 m	1,5 m ³ /s	26 kW
Gyöngyös, Gencs Felső	1952	2,4 m	1,6 m ³ /s	25 kW
Gyöngyös, Gencs Alsó	1954	2,4 m	1,5 m ³ /s	18 kW
Gyöngyös, Gyöngyöshermán	1952	1,9 m	1,9 m ³ /s	13 kW
Gyöngyös, Bogát	1952	1,9 m	1,9 m ³ /s	13 kW
Gyöngyös, Tanakajd	1950	2,2 m	0,9 m ³ /s	13 kW
Gyöngyös, Vasszécsany	1959	3 m	1,6 m ³ /s	25 kW
Gyöngyös, Sárvár	1960	1,8 m	1,9 m ³ /s	18 kW

Fontos tehát a megfelelő esés létrehozása. Sajnos folyóink esése kicsi. A Duna a 417 km-es magyarországi szakaszon mindössze 26 m-t esik, a Tisza 596 km-en pedig mindössze 30 m-t. Energiatartalmuk a vízhozamnak köszönhető. A Duna vízhozama átlagosan 2400 m³/s, a Tisza 800 m³/s. A felduzzasztott víz energiáját a vízturbinák képesek mechanikai munkává, majd a generátorok segítségével villamos energiává alakítani.

Tiszalök



Kisköre



Ikervár



Bős-Nagymaros



Bős-Gabcikovo-i erőmű

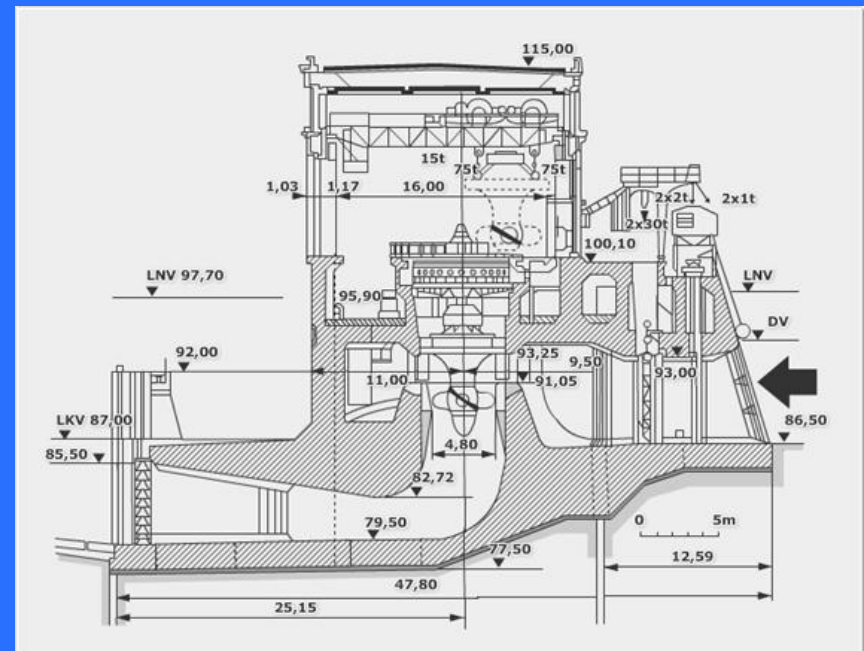
- Vízhozam: kb. 4000 m³/s,
- Esés: 12-24m,
- Nyolc függőleges Kaplan turbina, egyenként 90 MW,
- Összes teljesítmény 720 MW,
- Évente 2600 GWh villamosenergia termelése

■ Szlovákia
villamosenergia
fogyasztásának
8%-a.



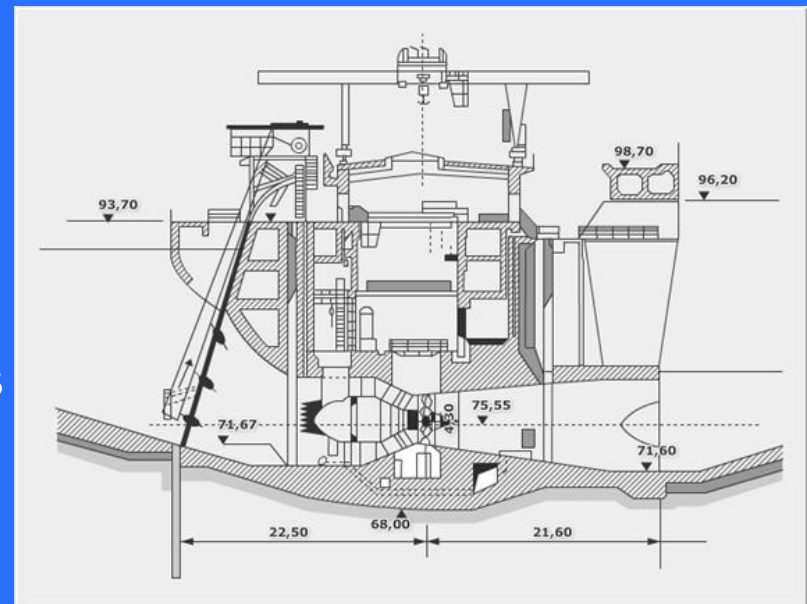
Tisza I. Tiszalök

- Üzembe helyezés: 1954 – duzzasztó; 1958 – hajózsilip; 1959 – erőmű
- 5,0 m; 300 m³/s; 12.500 kW; 45,0 millió kWh/a
- 3 db Kaplan-turbina, függőleges tengelyű (4,8 m átm; 75 ford/min; 100 m³/s)
- Üzemelés: 1,5–7,5 m esésnél 3 db 4800 kVA, generátor külön gerjesztő gépcsoport
- Csatlakozás: 120 kV és 20 kV
- Duzzasztózsilip: 3 db 37 m kapu
- Hajózsilip: 1 db 12 × 85 m
- Hordkép: 1200 t
- Öntözés: 400e ha
- Keleti Főcsatorna max. 60 m³/s

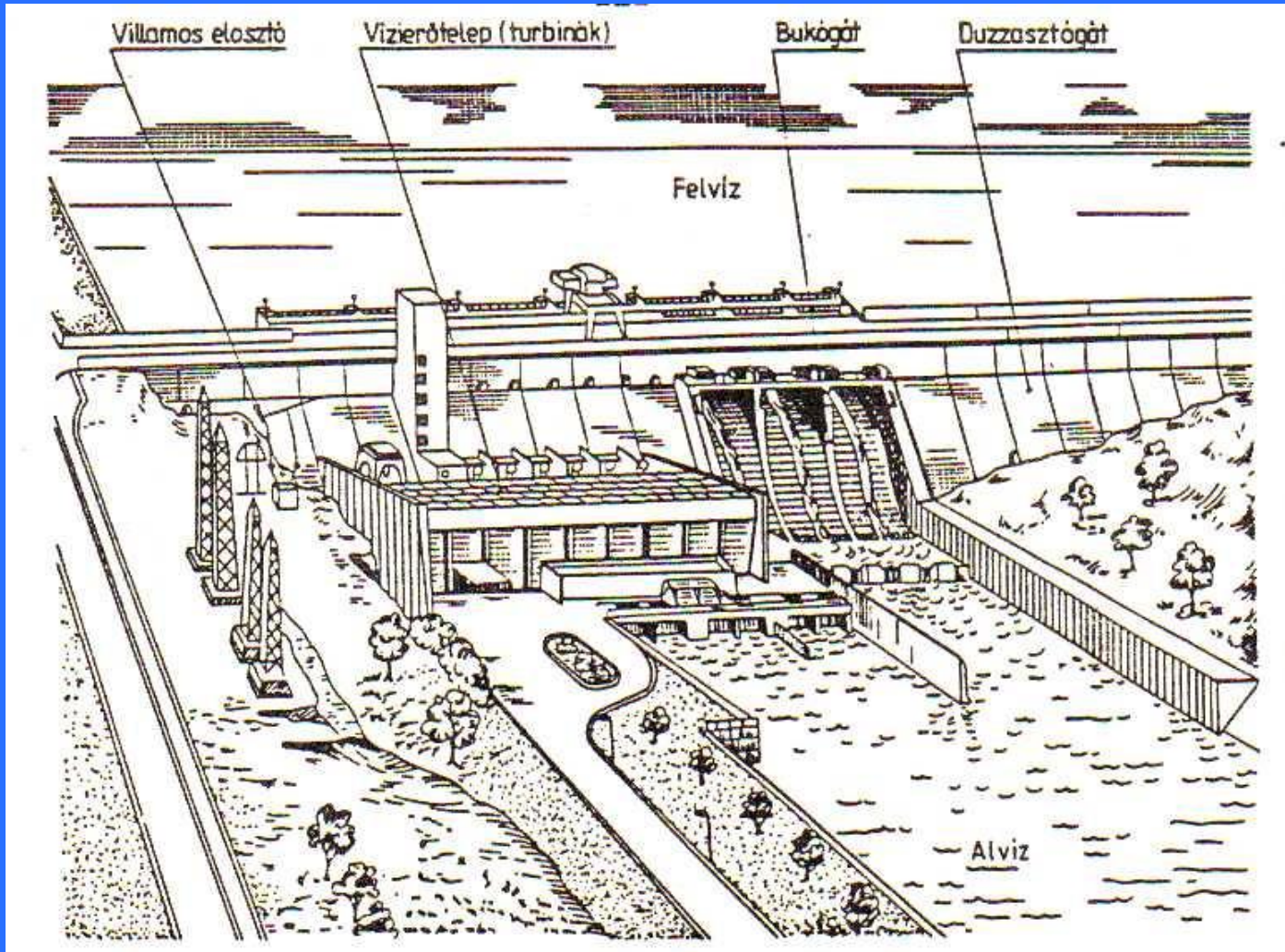


Tisza II. Kisköre

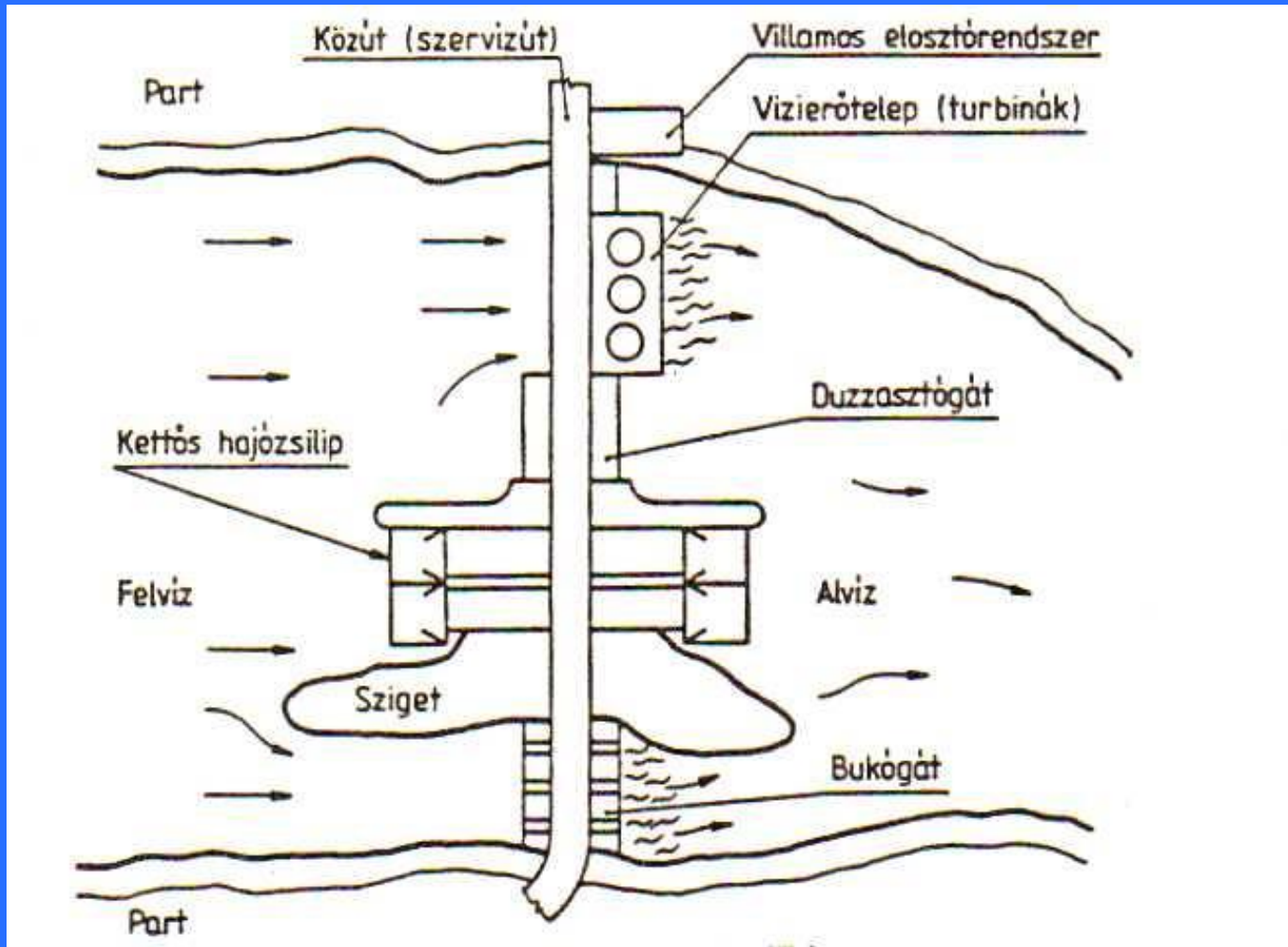
- Üzembe helyezés: 1975
- 6,27 m; 560 m³/s; 28 000 kW; 104,0 millió kWh/a (80–110)
- 4 db csőturbina, vízszintes (4,3m átm; 107 ford/min; 140 m³/s; 7 MW)
- Üzemelés: 2,0–10,7 m esésnél
- Trafó: 2 db 2,5 / 20 / 120 kV; 14 MVA + 2 db 2,5 / 0,4 kV
- Duzzasztó: 5 db 24 m billenő szegmens
- Hajózsilip: 1 db 12 × 85 m
- Hordképesség: 1350 t
- Tározó: 128 km²; 253 millió m³
(hasznos 132 millió)
- Öntözés: 400 e ha
- Nagykunsági Főcsatorna max. 80 m³/s
- Jászsági Főcsatorna max. 48 m³/s
- Halvonuláskor halzsilip



Folyami vízerőmű távlati képe



Folyami vízerőmű elvi elrendezése



Teljesítmény

Adottságok

vízhozam: \dot{V}

szintkülönbség (esés): H

- A szintkülönbség duzzasztással növelhető.
- Az ingadozó vízhozam tározóval kiegyenlíthető.

Teljesítmény

- **Vízerő-potenciál (elméleti teljesítőképesség):** $\dot{W}_{T,elm} = \rho g \dot{V} H$
- **Turbina teljesítmény:** $\dot{W}_T = \dot{W}_{T,elm} \eta_T$
- **Vízerőmű teljesítmény:** $P = \dot{W}_T \eta_G \eta_{tr}$

Hasznosítható teljesítmény:

$$P_{be,h} [kW] = (\rho \cdot Q \cdot g \cdot H) \approx 9,81 \cdot Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot H [m]$$

Megtermelhető teljesítmény:

- Turbina, generátor hatásfoka

$$P_{hasznos,vill} [kW] \approx 8 \cdot Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot H [m] \quad \text{ahol:} \quad \mathbf{Q [m^3/s]: vízhozam}$$

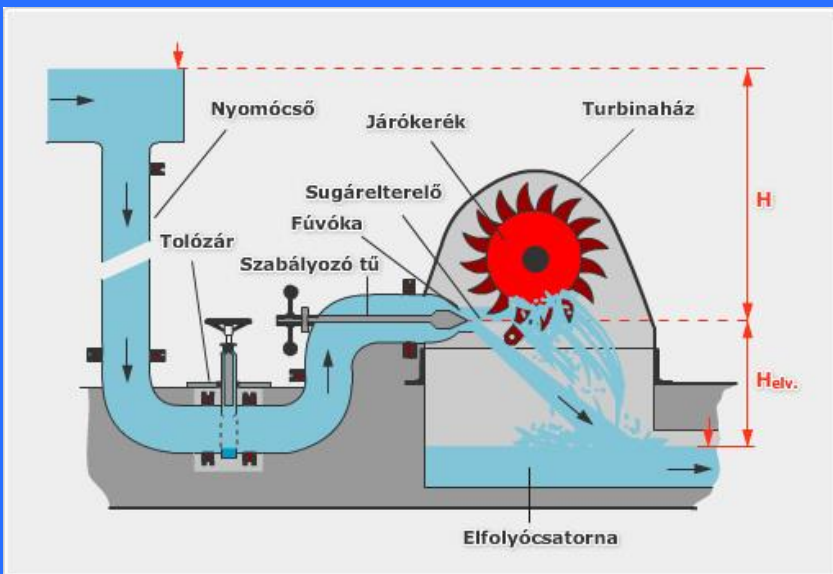
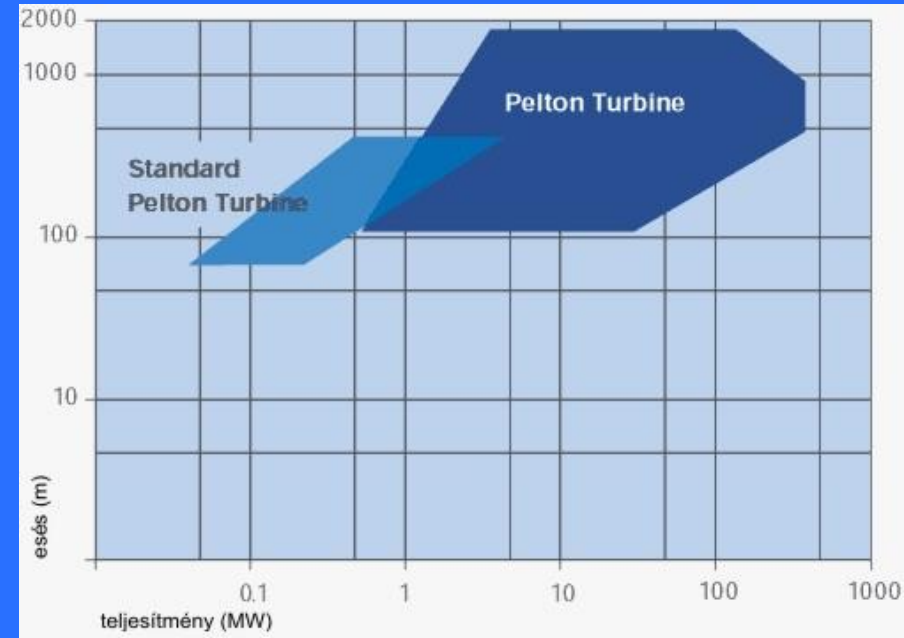
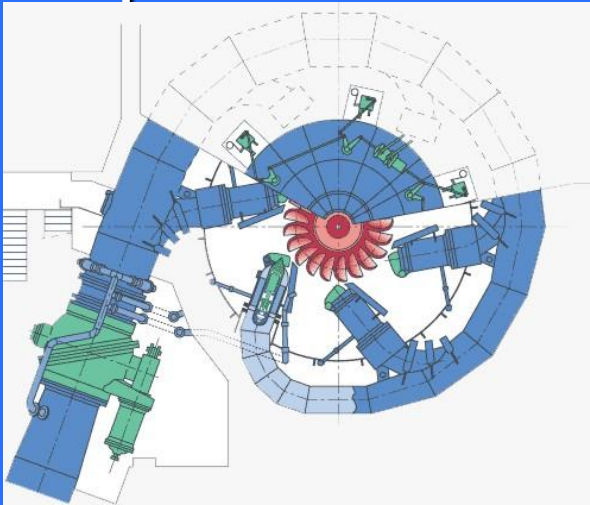
$\mathbf{H [m]: esés}$

Hatásfok

Teljesítmény, kW	Hatásfok, %		
	Turbina	Generátor	Eredő
..100	79	91	72
100..300	81	93	75
300..1000	83	94	78
1000..2500	84	95	80
2500..5000	85	96	82
5000..	86	96	83

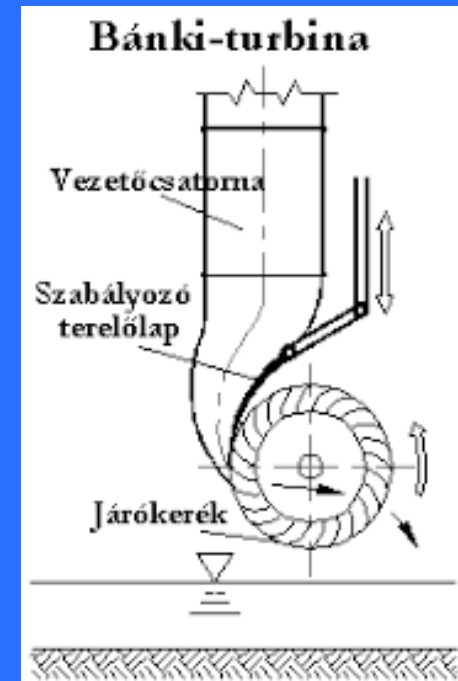
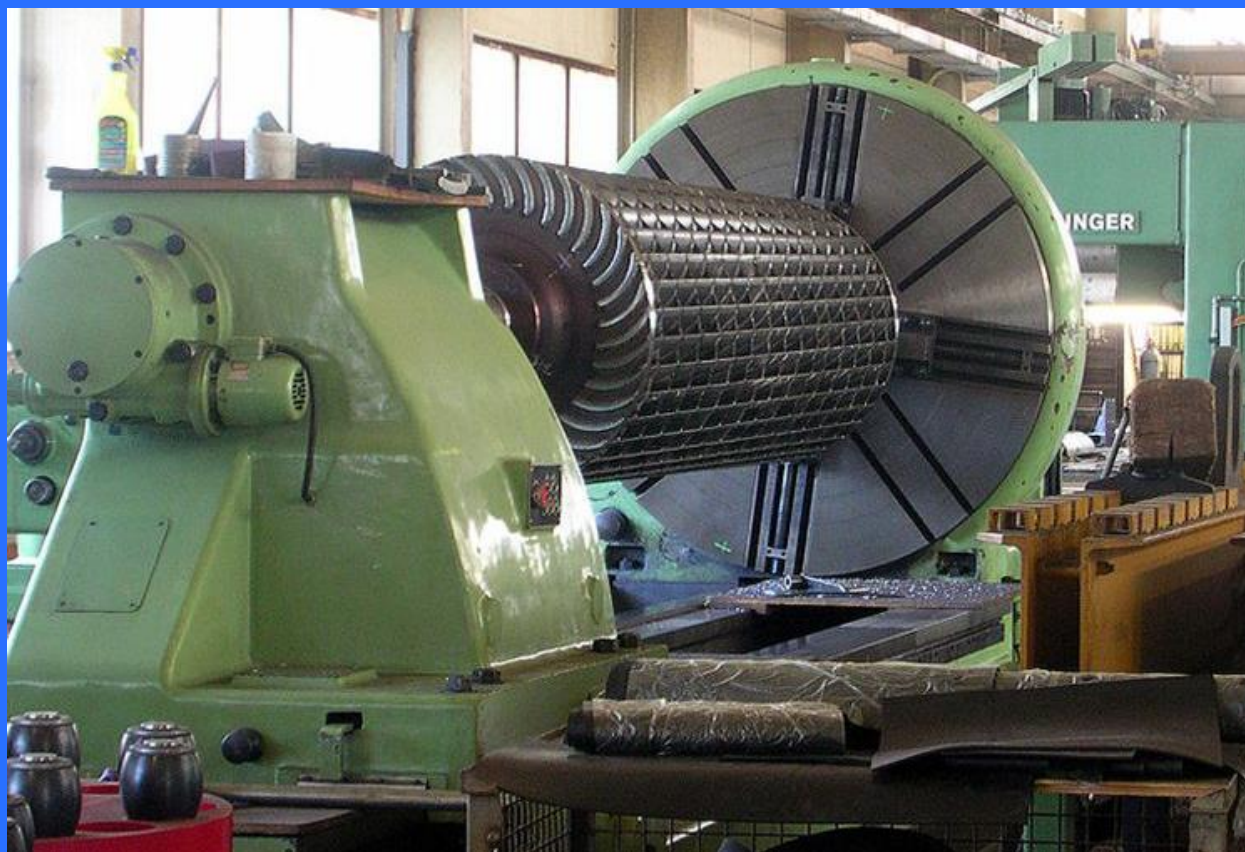
Turbinák

Impulzus turbina: Pelton



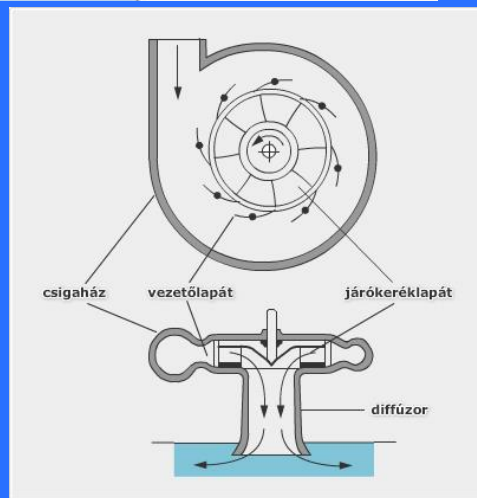
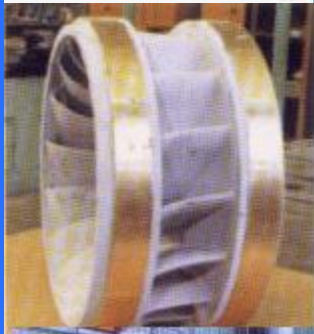
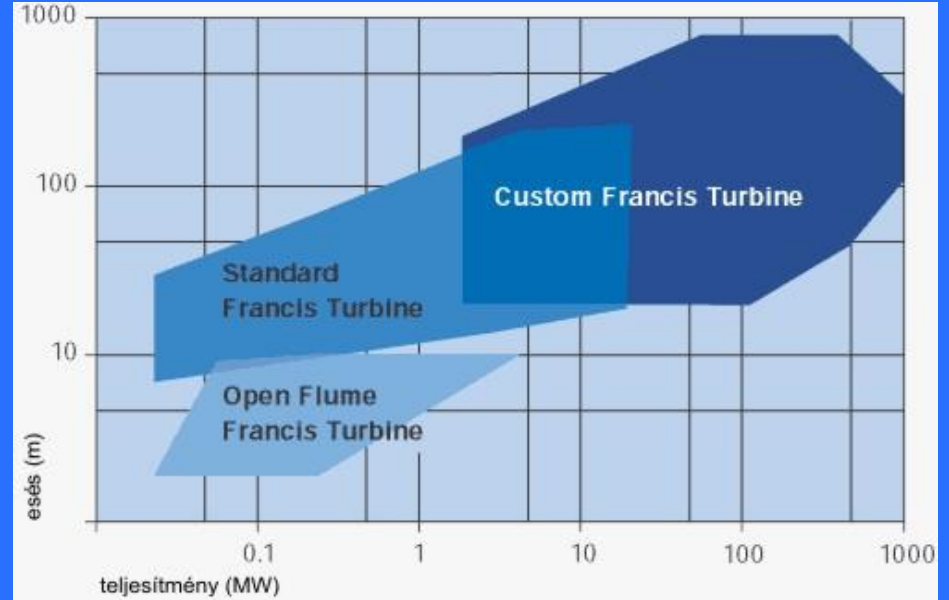
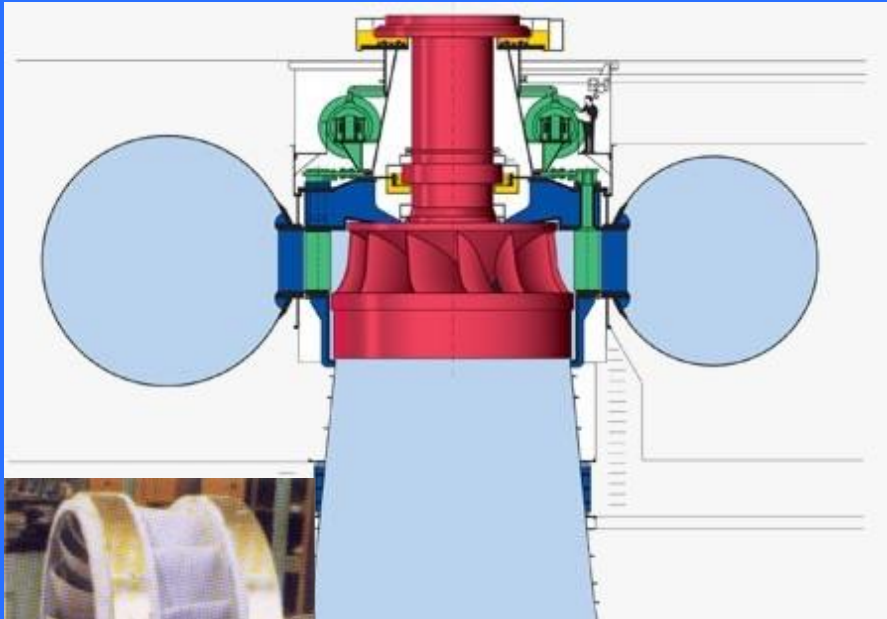
Turbinák

Bánki: <https://www.youtube.com/watch?v=1c5eAYZTNGA>



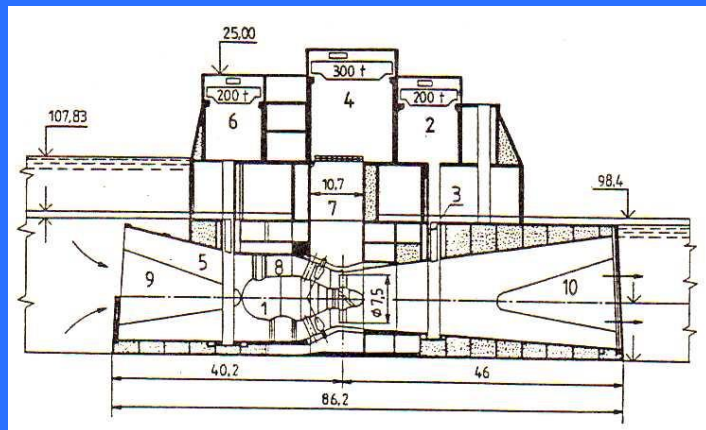
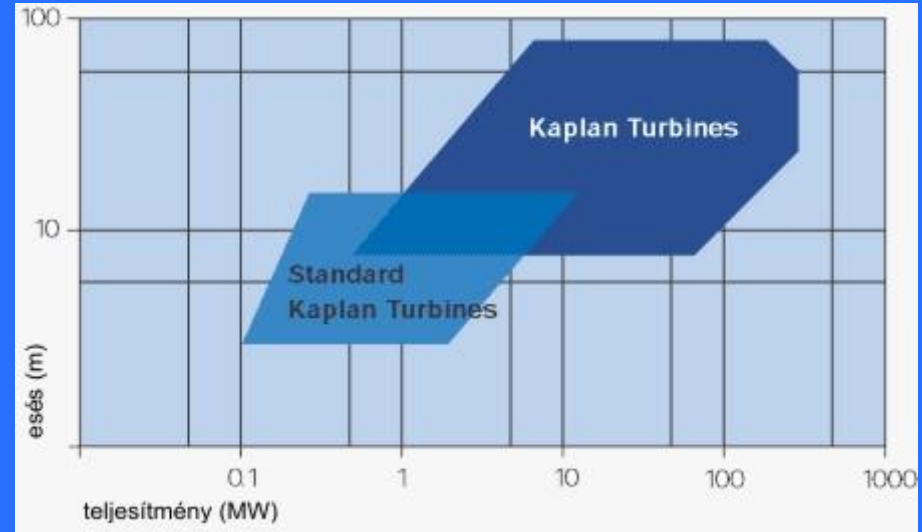
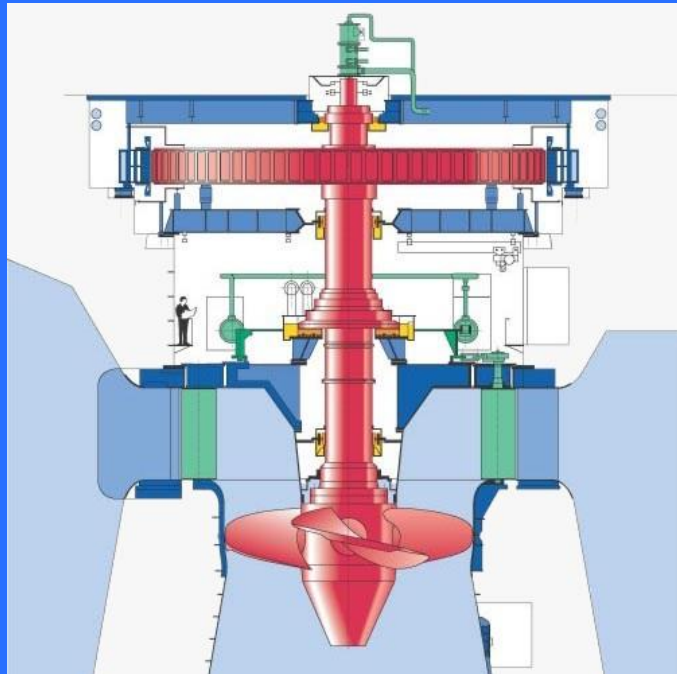
Turbinák

Reakciós turbina: Francis ---- Dériáz

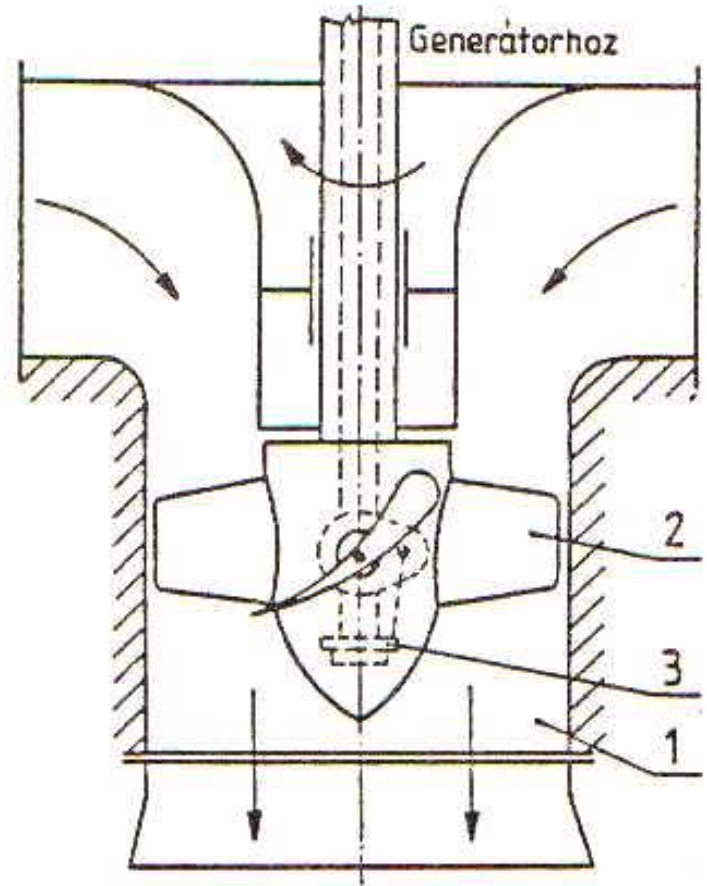
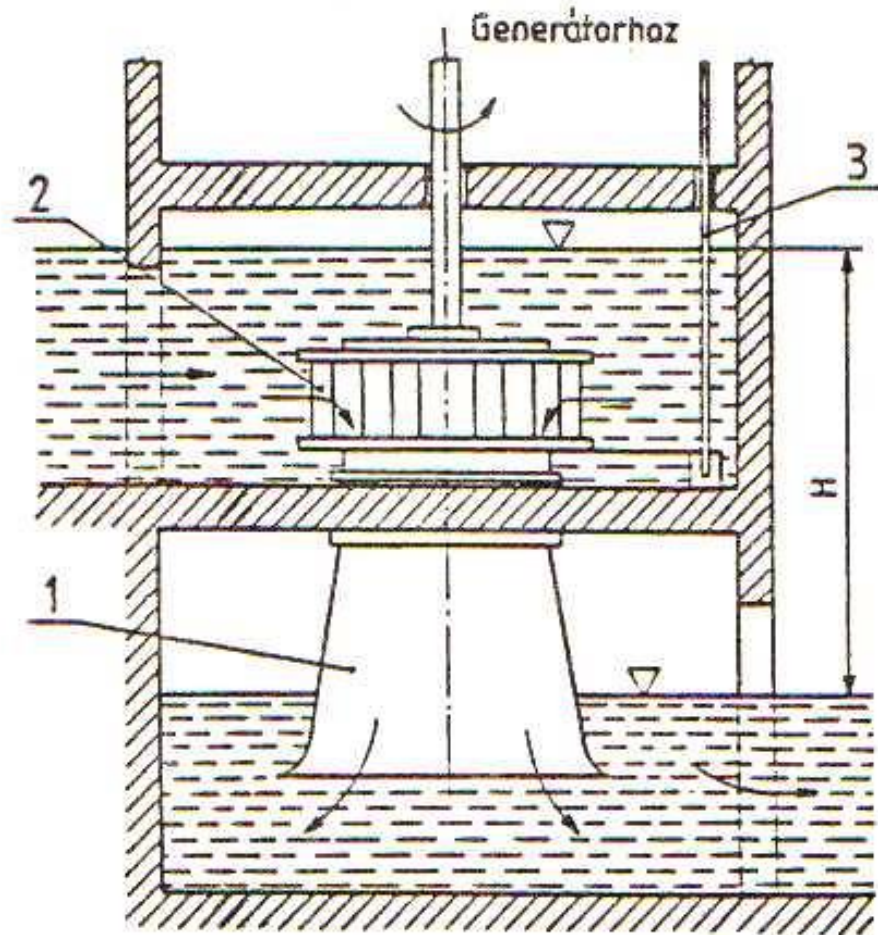


Turbinák

Reakciós turbina: Kaplan



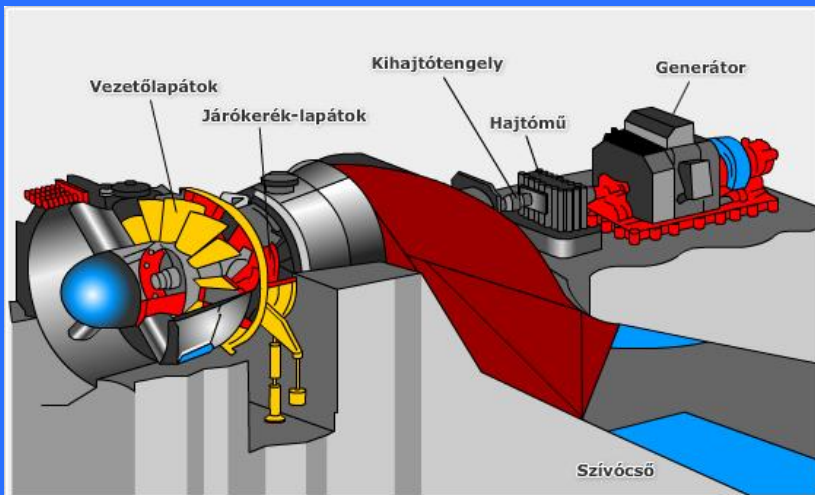
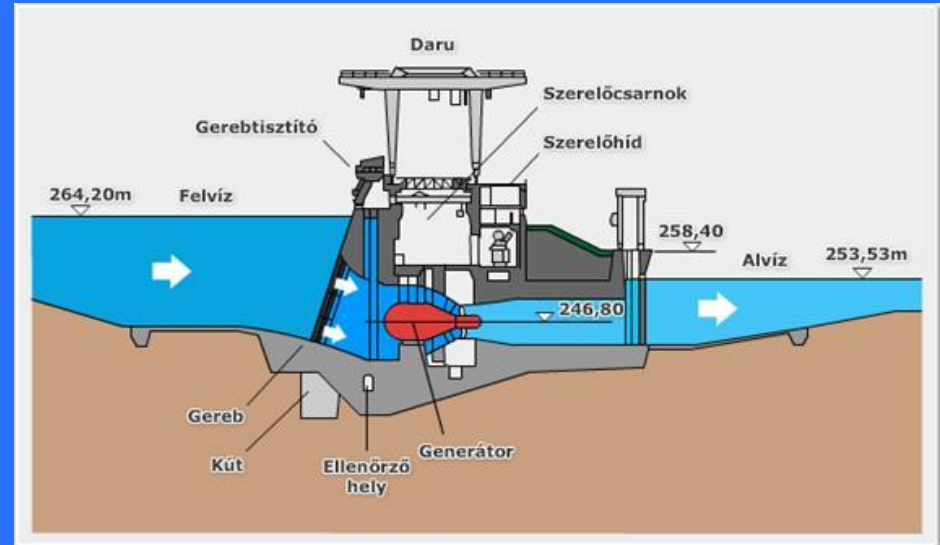
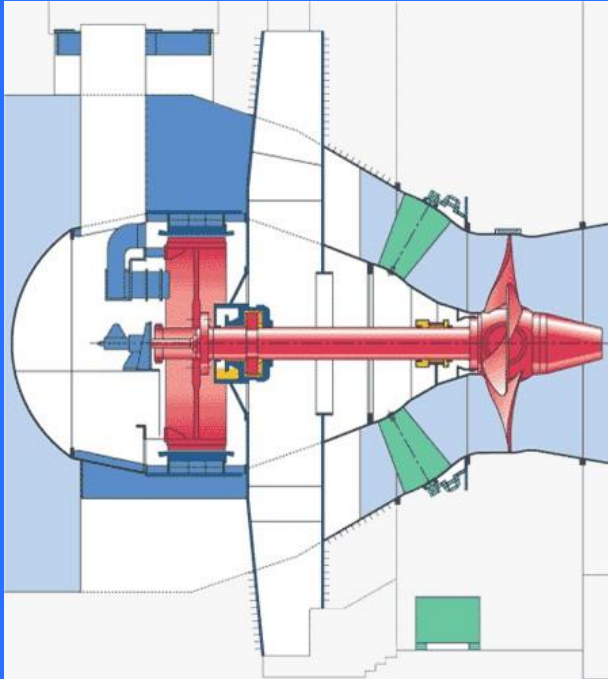
Francis - Kaplan



Csőturbina

Turbinák

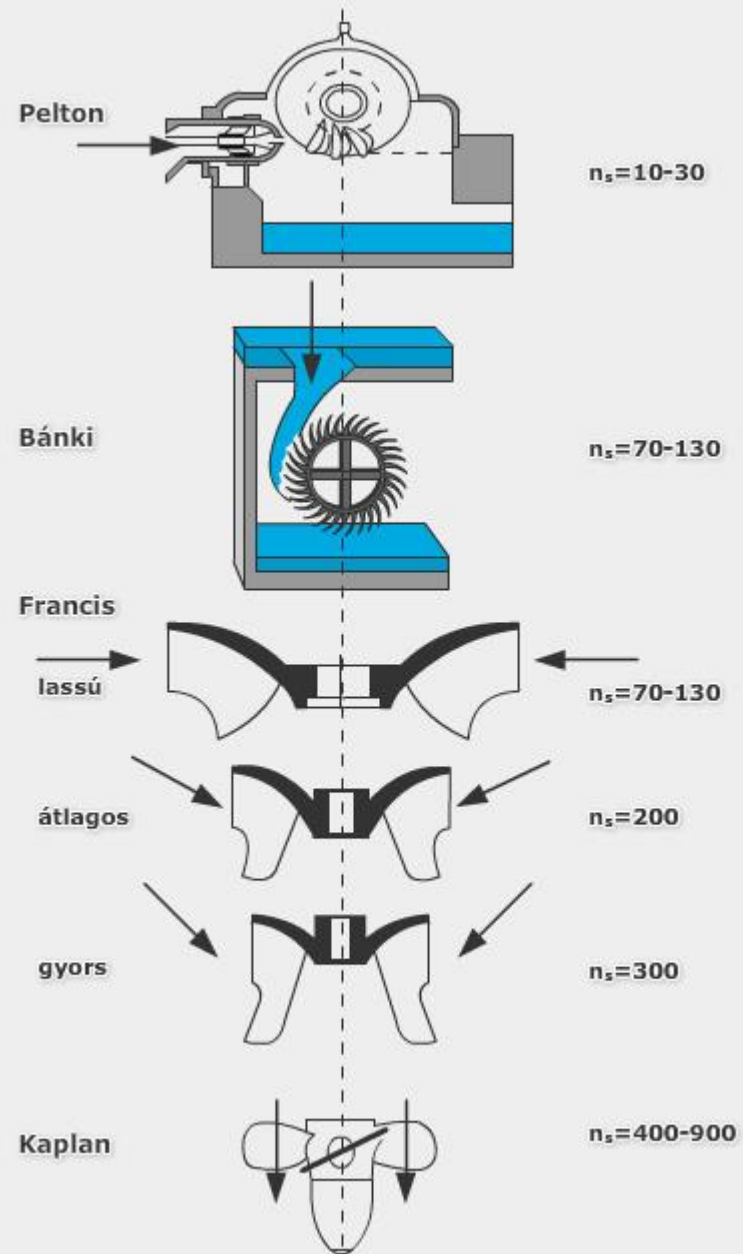
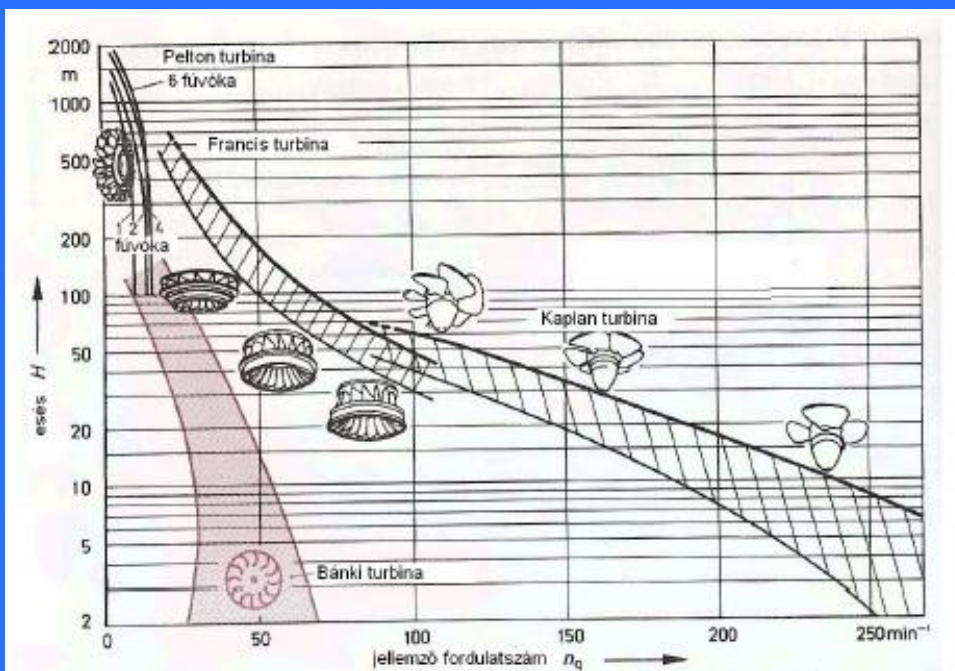
Körte turbina



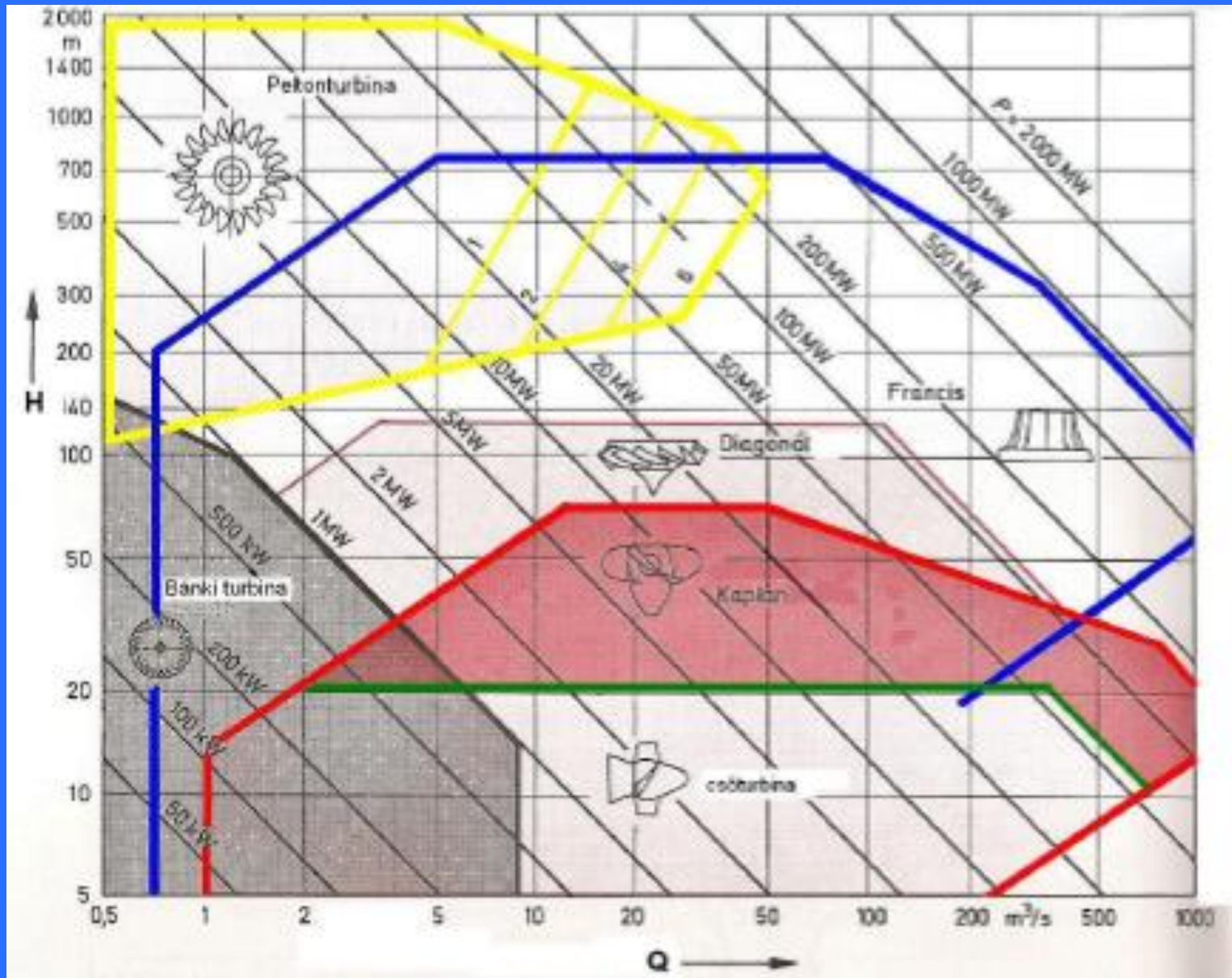
Körte turbina olyan konstrukciójú, hogy a turbina a szívócsőben helyezkedik el. Egy nagy körte alakú házban kap helyet a generátor, a terelőlapátok és a forgórész is. A csőturbinák teljesen axiális kivitelűek. Készítenek körteturbinákat mechanikus hajtóművel is. Ezeknél a generátor és a körte alakú ház lényegesen kisebb lehet. Itt problémát jelenthet, hogy a feszültség alatt lévő generátor a víz alatt helyezkedik el. Megfelelő szigeteléséről gondoskodni kell!

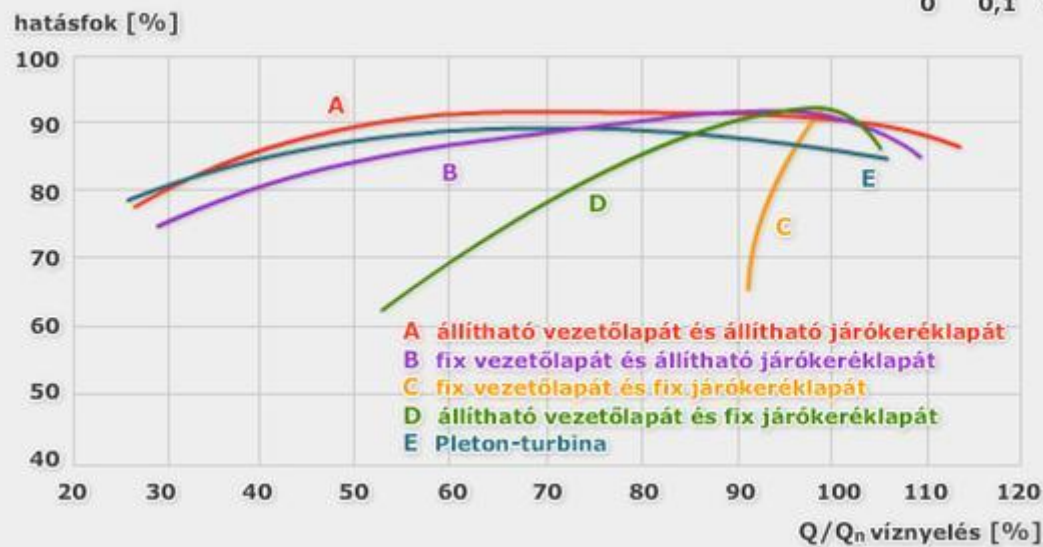
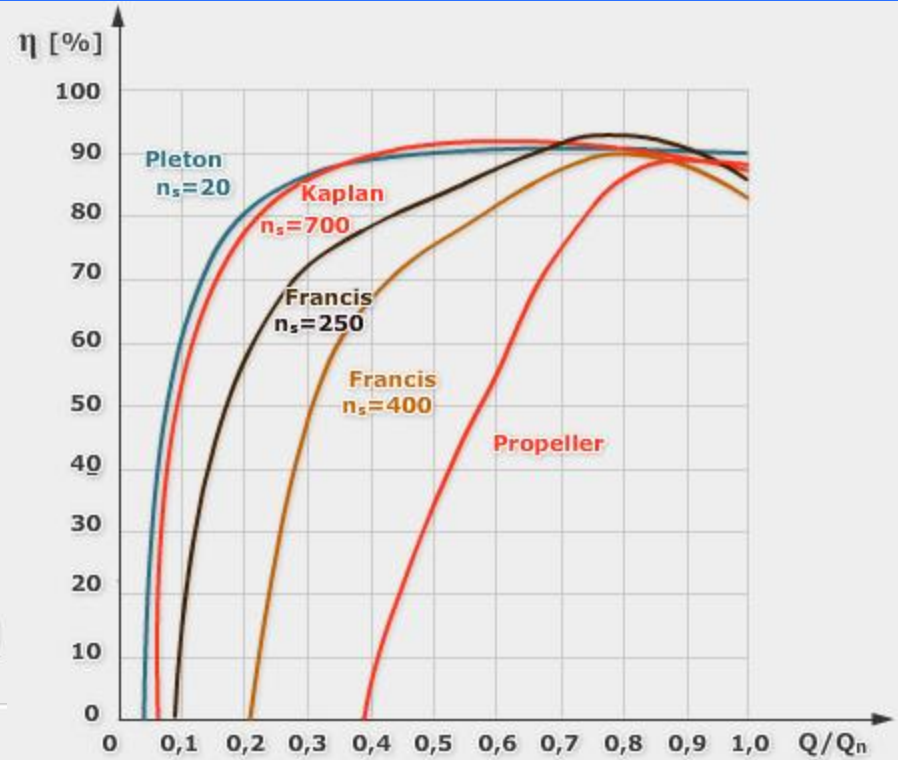
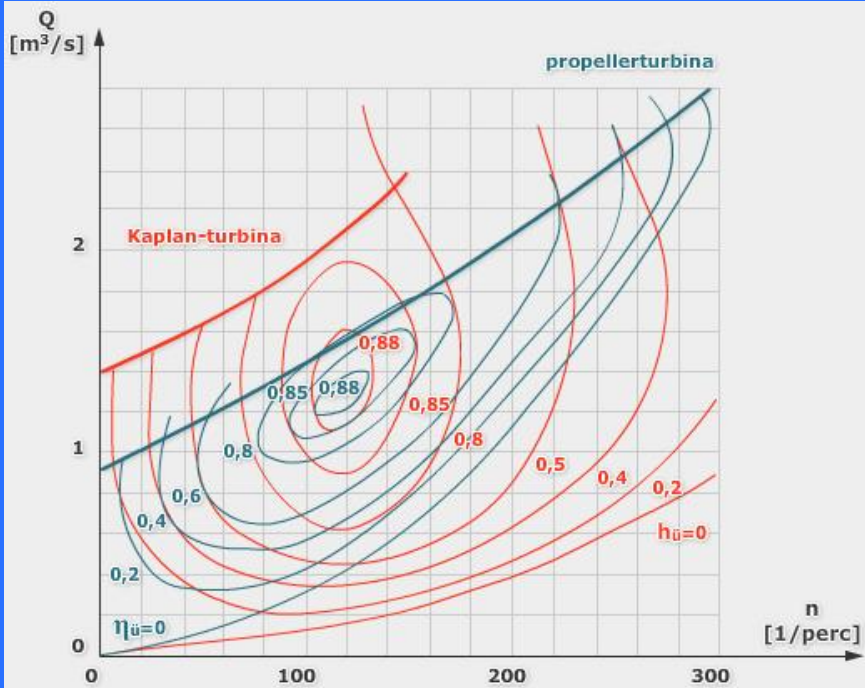
Jellemző fordulatszám

$$n_q = \frac{n \dot{V}^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$



Víz turbinák





Víz turbinák hatásfoka

A legnagyobb vízerőmű a Dunán

Vaskapu erőmű

2300MW



A legnagyobb...

A világ legnagyobb üzemben lévő folyami vízerőműve:

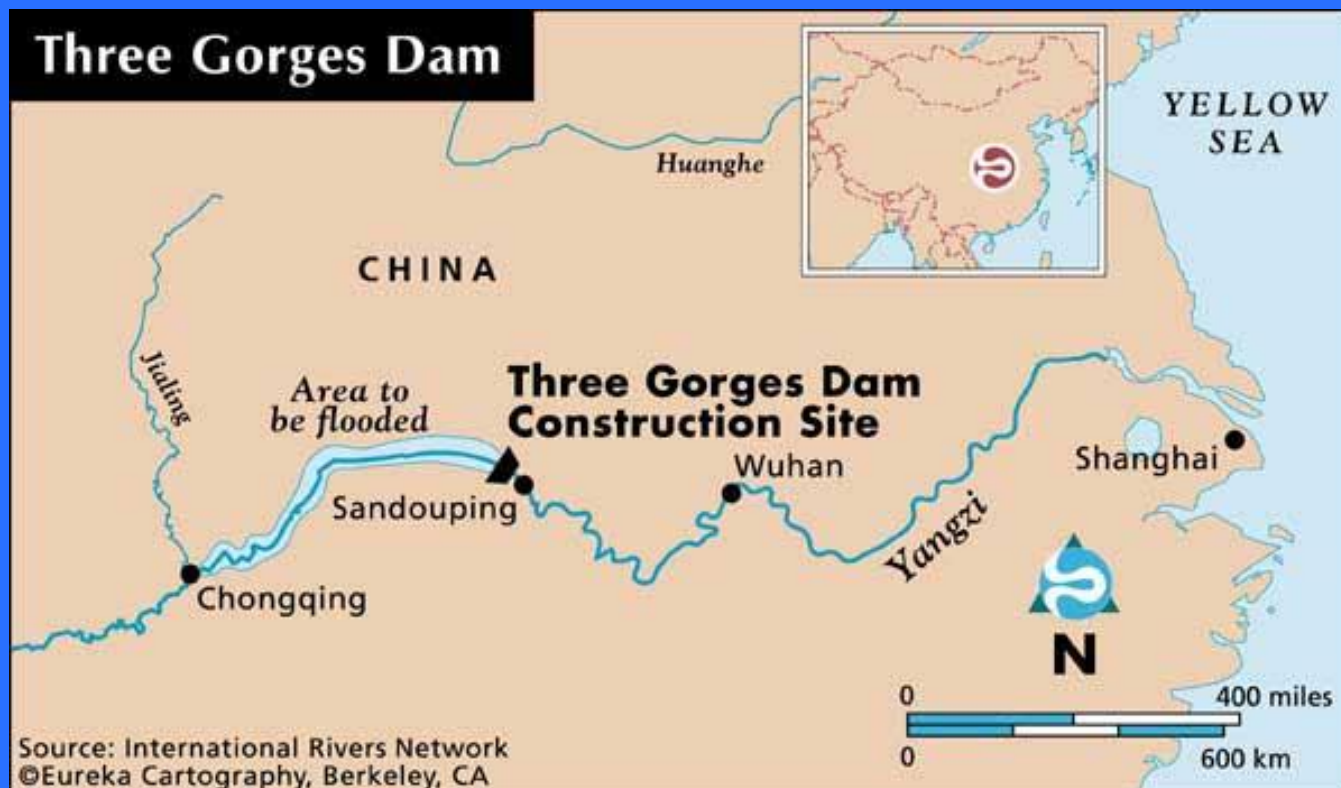
- Itaipú gát, Paran-folyó (www.itaipu.gov.br)
 - Brazília s Paraguay
 - 18 turbina
 - 12 600 MW
 - 75 TWh/a



A legnagyobb...

A legnagyobb gát:

„Három szoros” gát, Jangce-folyó, Kína



A legnagyobb...

„Három szoros” gát

- 1990 m széles;
- 183 m magas;
- 17 évi építés (kész: 2009);
- 97,2 millió m³ föld és kőzet áthelyezése;
- 300 000 t acélszerkezet;
- 24,3 millió m³ beton;
- 22,5 GW beépített telj.

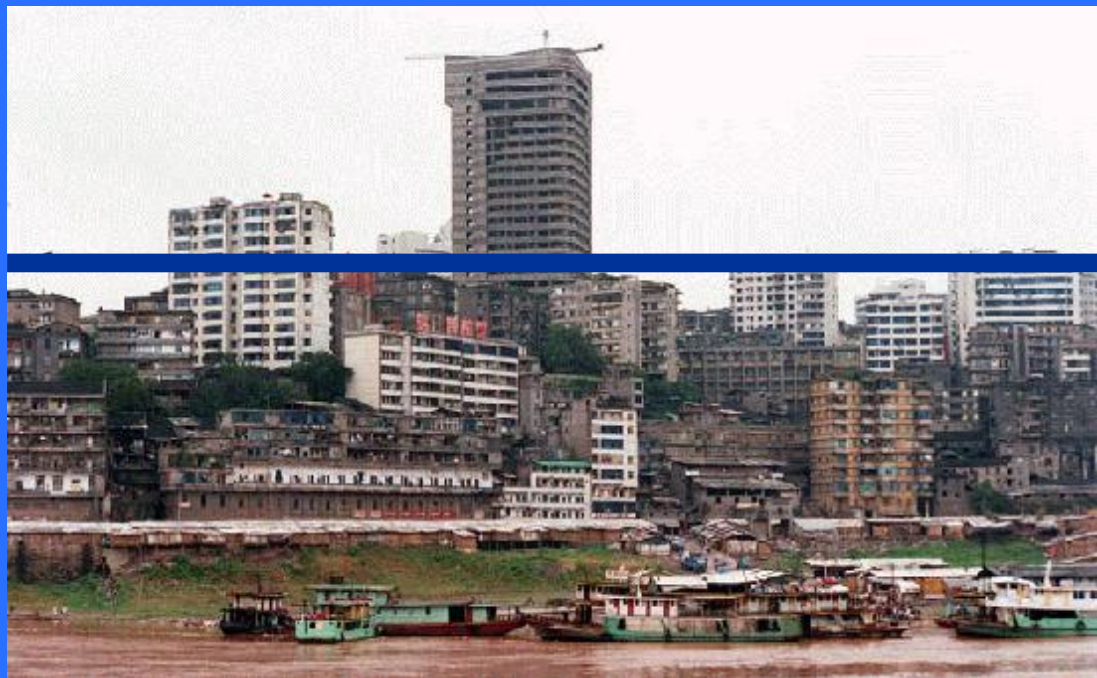


„Három szoros” gát, Jangce-folyó, Kína



A legnagyobb...

- a tározó 560 km hosszú, 1080 m széles, átlagos mélysége 172 m;
- 1,2 millió ki/áttelepített ember;
- víz alá kerülő települések százai;
- 650 elöntött gyár és üzem.



Szivattyús energiatároló (SZET)

A szivattyús energiatároló három típusát különböztetjük meg:

- tiszta,
- a vegyes üzemeltetésű és
- a vegyes rendeltetésű szivattyús energiatárolót.

A szivattyús energiatárolók hálózati szerepét röviden a következőkben foglalhatjuk össze:

- Turbinaüzemben a terhelési csúcsok fedezése.
- Szivattyúüzemben a kis terhelésű időszakban nagyfogyasztóként az alaperőművek egyenletes kihasználásának biztosítása, az energia időbeli áthelyezése.
- Az energiarendszer rövid idejű tartalékának biztosítása váratlan kiesés esetén.
- Meddő teljesítmény szolgáltatása.
- Az energiarendszer feszültség- és frekvenciaviszonyainak állandó szinten tartása.

Folyami vízerőművek

Előnyök

- Ahol eső esik, folyó is van.
- Nem használ fosszilis tüzelőanyagot.
- A víz ingyen van, a vízutánpótlás folytonos.
- Nem keletkezik veszélyes hulladék.
- Áradások kezelése, hajózhatóság biztosítása.
- Nincs szennyezőanyag (üvegházgáz) kibocsátás.
- A mesterséges tavak változatos élővilágnak adnak otthont.
- A mesterséges tavak pihenés és üdülés céljára is rendelkezésre állnak.
- Gyors indíthatóság.
- Öntözési lehetőségek.

Folyami vízerőművek

Hátrányok

- A gátak visszatartják a hordalékot, iszapot és egyéb uszadékot.
- A gátak visszatartják a tápanyagok egy részét.
- A gátak megakadályozzák a szükséges tavaszi (tápláló) áradásokat.
- Az iszap és az üledék idővel feltölti a tavat.
- A gátak mögött felgyülemlenek a nehézfémek és az egyéb mérgező vegyületek.
- Időnként iszapkotrás szükséges (az iszap veszélyes hulladék is lehet).
- A gátak építése az élővilág radikális átalakulásával jár.

ELŐNYÖK

Gazdasági szempontok

- Alacsony üzemi és karbantartási költség
- Hosszú élettartam (50–100 év)
- Rugalmasság biztosítása
- Kipróbált, bevált technológia
- Regionális fejlesztést ösztönöz és segít
- Magas energiahatékonyságot biztosít
- Támogat más vízhasználatokat
- Munkalehetőségeket teremt
- Üzemanyag-megtakarítást eredményez
- Az energiatartósságot erősíti
- Optimalizálja a villamosenergia-

Szociális szempontok

- Biztosítja a vizet más vízhasználatokhoz
- Növeli a környező területek árvízzel szembeni biztonságát
- Javíthatja a hajózási lehetőségeket
- Gyakran üdülési infrastruktúrát teremt
- Javítja a terület megközelíthetőségét (utak, hidak stb.)
- Építési és üzemelési munkát biztosít a helyi munkaerőnek
- Javítja az életkörülményeket

HÁTRÁNYOK

- Hosszú megvalósítási idő
- Csapadékfüggőség
- A tározókapacitás csökkenése hordalékos helyeken
- Hosszú távú tervezést igényel
- Hosszú távú megállapodásokat igényel
- Több szakterület együttműködését igényli
- Gyakran külföldi kivitelező és finanszírozás szükséges

- Egyes helyeken áttelepítést igényel
- Korlátozhatja a hajózást
- A helyi földhasználati módok változhatnak
- A vízi eredetű járványokat ellenőrizni kell
- Vízkészlet-gazdálkodást tesz szükségessé több vízhasználó esetén
- Az érintett emberek életfeltételeit biztosítani kell

ELŐNYÖK

Környezeti szempontok

- Minimális üvegházhatást okozó gázt termel
- Javítja a levegőminőséget
- Nem termel hulladékot
- Lassítja a nem megújuló üzemanyagkészletek kimerülését
- Gyakran új édesvízi ökoszisztémákat hoz létre
- Növeli az ismereteket az értékes egyedek kezelése tekintetében
- Segíti a klímaváltozás lassítását
- Nem használja el és nem szennyezi a vizet a villamosenergia-termelés melléktermékével

HÁTRÁNYOK

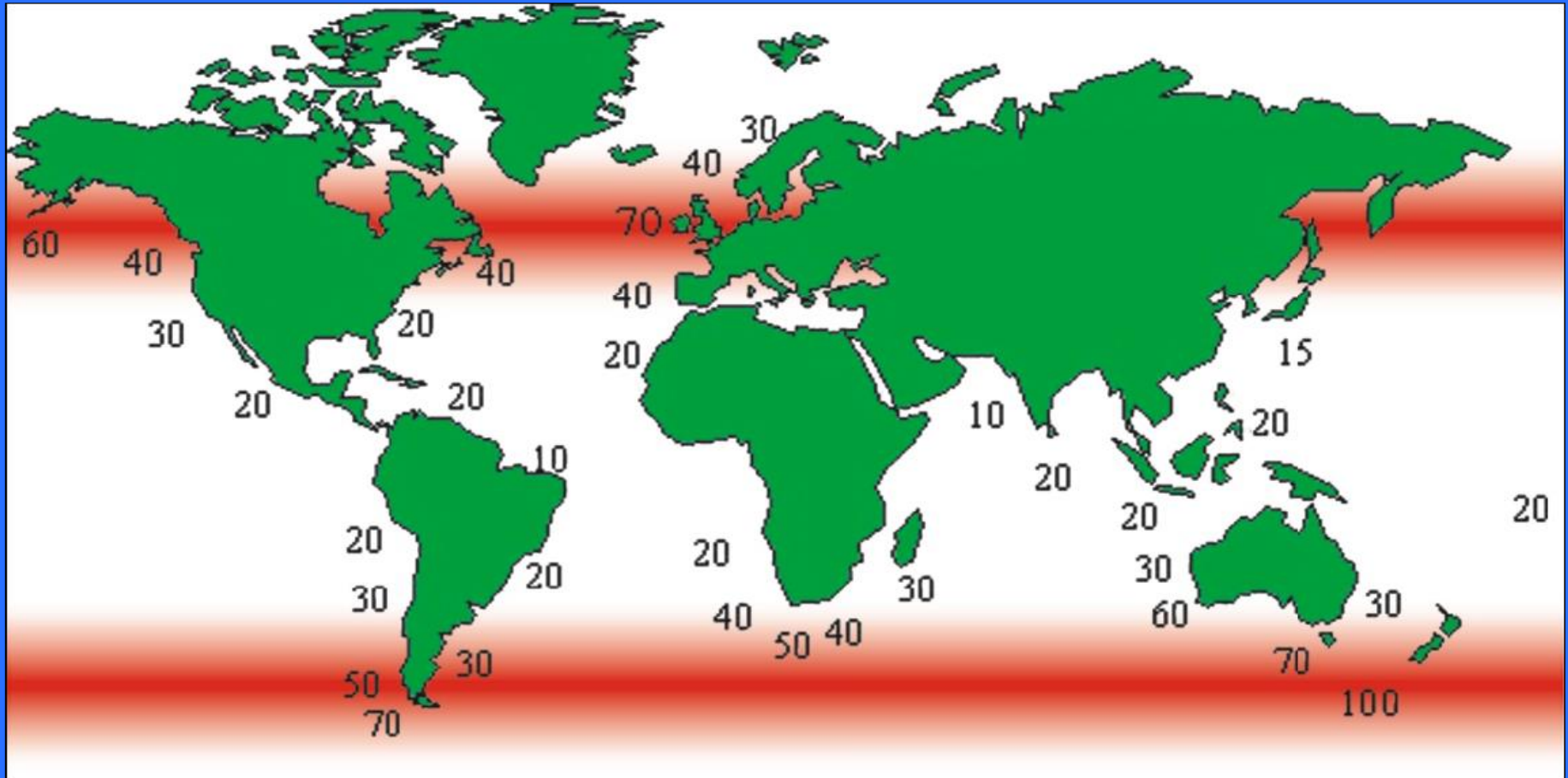
- Eláraszt szárazföldi élőhelyeket
- Megváltoztatja a vízjárást
- Megváltoztat vízi élőhelyeket
- A vízminőséget ellenőrizni kell
- Időleges változást okoz a táplálékláncban
- Az egyedek és populációk ellenőrzése szükséges
- Korlátozza a halak vándorlását
- A hordaléklerakást és -szállítást ellenőrizni kell

Tengeri hullámozás - hullámenergia

Ugyancsak visszatérő gondolat a szelek által keltett *tengeri hullámozás* hasznosítása energiafejlesztésre, ami szintén a napenergia közvetett kiaknázása. Hullámokkal működtetett berendezésekre nagyszámú szerkezetet szabadalmaztattak, de ipari megvalósításra ezek nem bizonyultak alkalmasnak.

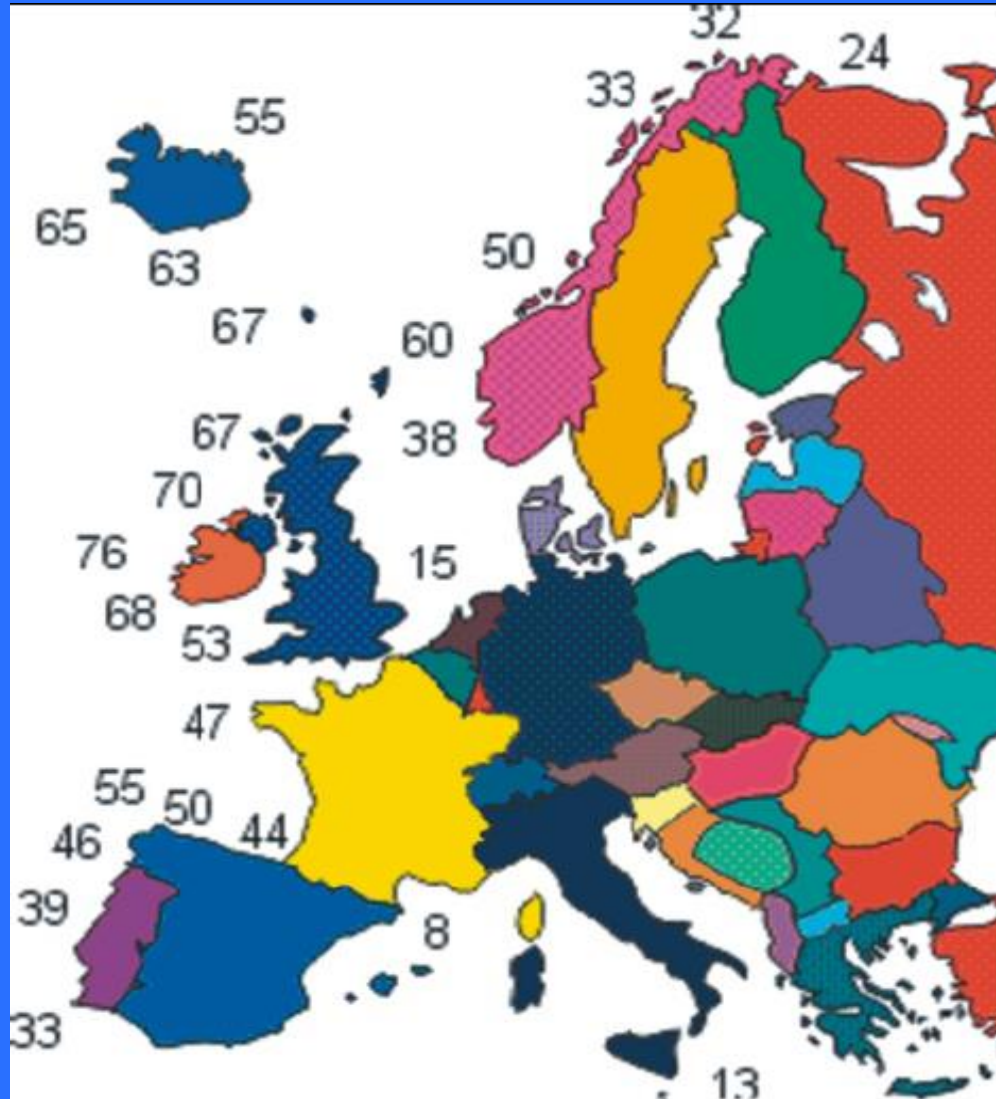
- A hullámok kialakulásának részletei még több tekintetben tisztázatlanok, a szél hatásán kívül a vízmélységnek is jelentős a szerepe.
- A vízrészecskék körmozgásuknak és haladásuknak megfelelő kinetikus energiával, valamint a hullámhegy és hullámvölgy szintkülönbségének megfelelő potenciális energiával rendelkeznek.
- Az elméleti számítások meglepően nagy energiatartalomra vezetnek: **1 m hosszú hullámfront teljesítménye 1 m-es hullámmagasságnál 1 kW, 2 m-es hullámoknál 10 kW, 5m-es hullámoknál 100 kW és 13 m-es hullámoknál 1 MW** nagyságrendben mozog.

A hullámszás energiája



A hullámszás energetikai potenciálja: kW/m_{hullám}.

Hullámváz: európai lehetőségek



Hullámenergia típusok

Működési elv szerint

- – **OWC** (Oscillating Water Column): Oszcilláló vízoszlop elvén működő hullámgenerátor. A berendezés egy kamrából áll, amelyben tengervíz és levegő található. A kamra alján lévő nyíláson a tengervíz szabadon be- és kiáramlik. A bejövő hullám következtében a kamrában a vízszint megnő, ezzel kiszorítva a levegőt a kamra tetején található turbinán keresztül a szabadba. A hullám elvonulásával a vízszint lecsökken, és a turbinán keresztül levegőt szív a kamra belsejébe. Ekkor a turbinát ellentétes irányba forgatja. Ezzel a kétirányú levegőmozgást használja ki a berendezés.
- – **OTD** (Overtopping Device): A berendezés része egy hullámgyűjtő terület, melynek a tengerszinthez képesti magassága úgy van kialakítva, hogy a hullámgyűjtőre érkező hullámot elválasztja a tengertől, majd a víz visszatér a tengerbe egy turbinán keresztül.
- – **WAB** (Wave Activated Bodies): A berendezés több részből áll, melyek egy referenciapont körül képesek mozogni. Ebből a típusból többféle létezik aszerint, hogy a fix rögzített ponthoz képest milyen mozgást végez a berendezés többi része. A hullámok a fix ponton kívül az összes részt mozgásba hozzák. Ebből a mozgásból nyerhető ki a villamosenergia.

...parthoz való elhelyezkedés szerint

partvonal menti (shore-line) energia-átalakító

- Azok a berendezések, melyeket közvetlenül a parton helyeznek el. Telepíthetik a tengerfenékre a sekély vízben, hullámtörő-gátszerű szerkezetekbe építve, vagy sziklás szirten elhelyezve. Előnyük a könnyebb karban tartás és telepítés, valamint az, hogy nincs szükség hosszú víz alatti kábelfektetésre, hogy a berendezést összekössék az elektromos hálózattal. A part menti hullámoknak azonban kevesebb energiájuk van, és erre alkalmas partszakasz kialakítása is okozhat nehézségeket.

parthoz közeli (near-shore) energia-átalakító

- A berendezéseket közepes vízmélységben telepítik, ahol még a sekély vízi feltételek kielégítőek. Többnyire a parttól pár száz méterre helyezik el őket, de az is előfordul, hogy néhány kilométerre kerülnek a parttól. Többnyire a tengerfenékhez rögzítik őket, annak érdekében, hogy a hullámenergia minél nagyobb részét hasznosíthassák, és elkerüljék, hogy a berendezés a partra sodródjon. Hátránya azonban, hogy a szerkezetnek el kell viselnie a nyomást, amelyet az átcsapó hullámok hoznak létre. Ezen kívül további költségeket von maga után a berendezés összekötése az elektromos hálózattal.

parttól távoli (offshore) energia-átalakító

- Ezek a berendezések a vízfelszínen lebegő, vagy víz alá süllyesztett kivitelűek lehetnek. A mély vizekben telepítik őket a tengerfenékhez rögzítve. Ezek a típusok a legígéretesebbek mindközül, ugyanis még azelőtt találkoznak a hullámokkal, hogy a part miatt energiájuk csökkenne. Így a legtöbb energiát ezekkel a típusokkal lehet kitermelni. A nyílt tenger azonban igen magas terhelésnek teszi ki a szerkezetet. Ez komoly problémát jelent a berendezések élettartamát illetően. A megbízhatóság mindennél fontosabb annak érdekében, hogy elkerüljék a túl magas fenntartási költségeket. További hátránya a típusnak, hogy igen hosszú tenger alatti kábelt igényel az elektromos hálózattal való összekapcsoláshoz, ami komoly beruházási költségekkel jár.

... energia kinyerési mód szerint

– **Point Absorber:** (pontszerű kialakítású energia átalakító berendezés)

Az ilyen típusú energia átalakító berendezést a vízfelszínen lebegve, vagy a tengerfenékhez erősítve alkalmazzák. Méretük a hullámok hosszánál jóval kisebb. Telepítésnél a hullámokhoz képesti irányuk nem fontos, bármilyen irányú hullámot hasznosítani tudnak. A berendezések rendszerint emelkedő-süllyedő mozgást végeznek. Az energiaátalakítást általában lineáris generátor, vagy valamilyen hidraulikus rendszer segítségével végzik el.

– **Terminator:** (merőleges kialakítású energia átalakító berendezés)

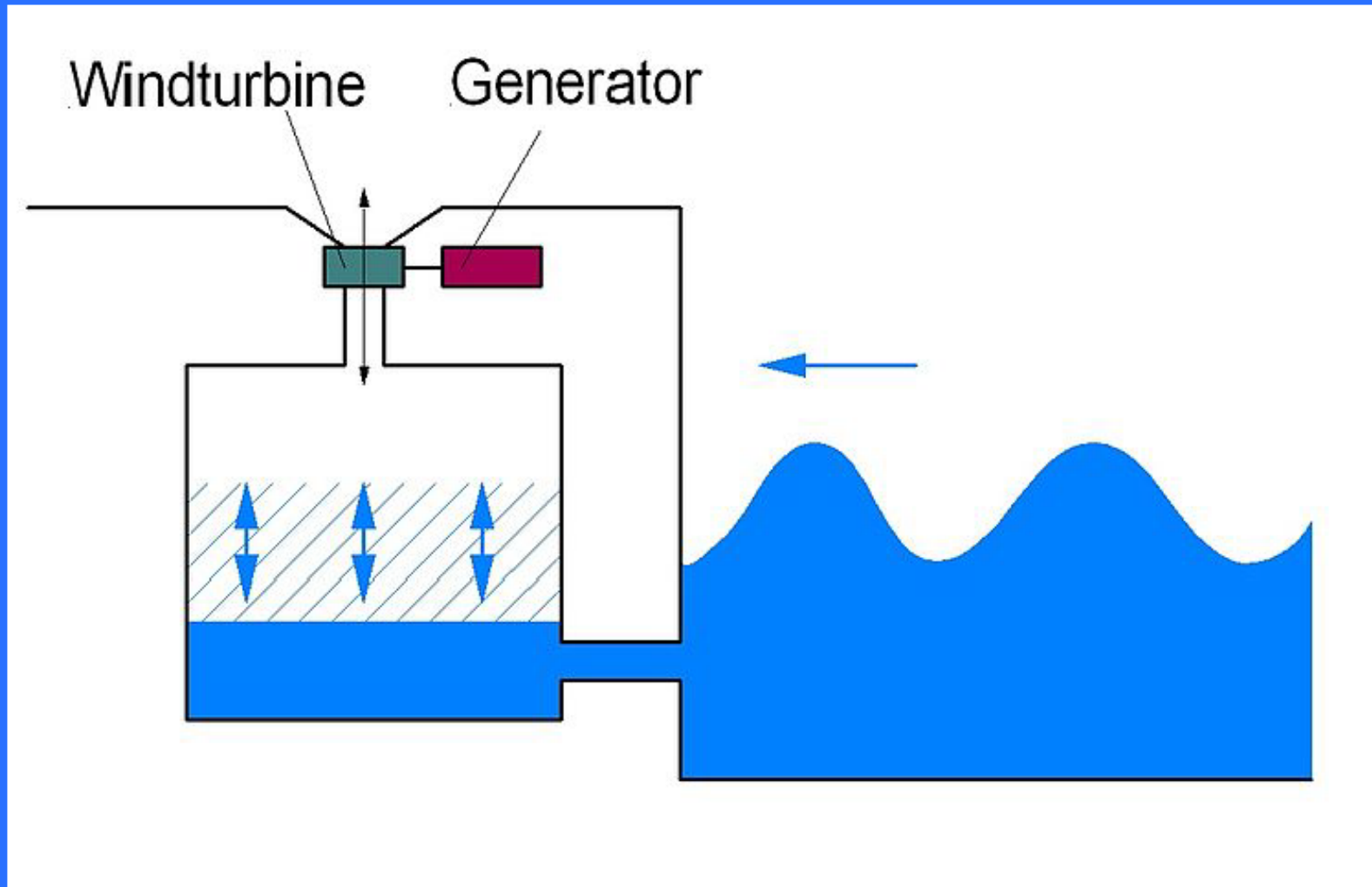
Felszín közeli úszó szerkezetek, melyek a fenékhez vannak rögzítve. Mozgásukat tekintve hasonlóak a fent említett pontszerű berendezésekhez, azonban esetükben lényeges a hullám irányához való igazodás. A hullámok irányára merőlegesen kell telepíteni a berendezéseket.

– **Attenuator** (párhuzamos kialakítású energia átalakító berendezés)

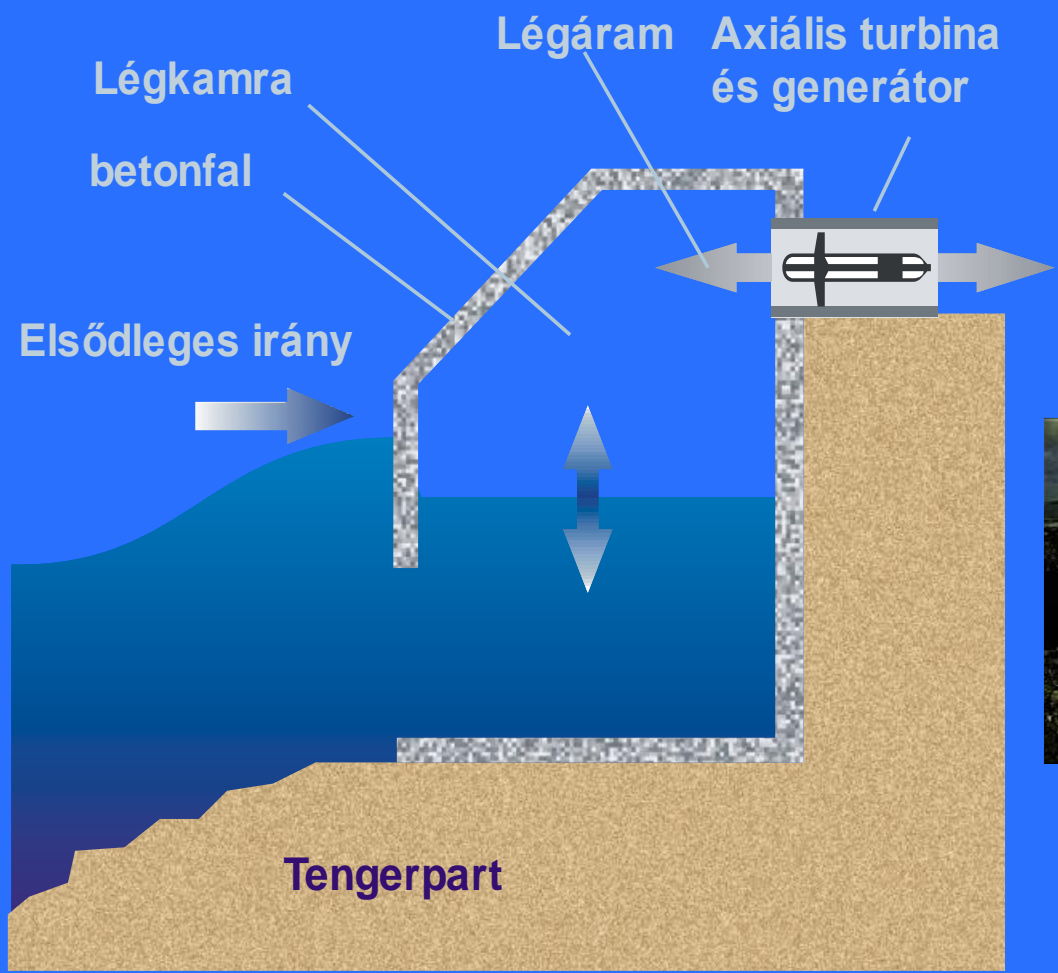
Ez a típus a hullám irányával párhuzamosan helyezkedik el. A hosszú berendezés a víz felszínén lebeg és a hullámzó mozgást átveszi, a hullámokat szinte meglovagolja. A „Terminator” típusú berendezésekhez képest jóval kisebb a hullámirányra merőleges kiterjedése, így kisebb erő hat rá.

Hullámerőmű

Wells turbina: széliránytól függetlenül egy irányban forog, „átpattan a lapátozás”

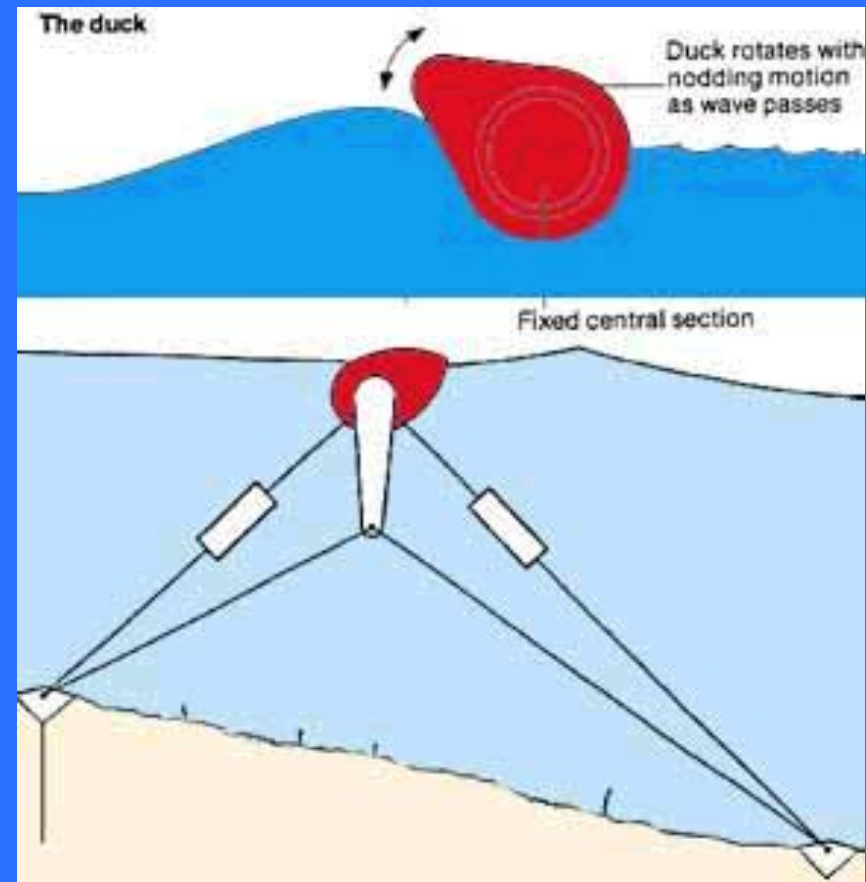


Hullámerőmű



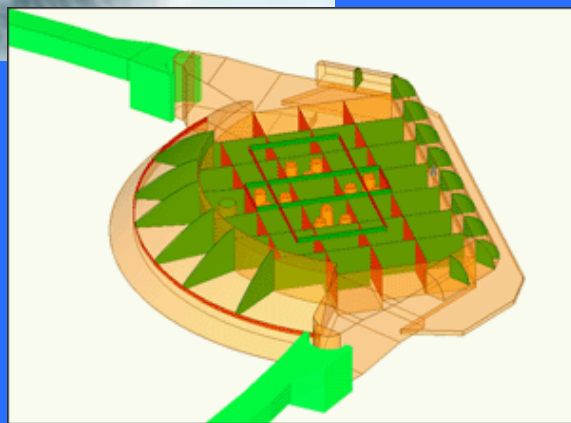
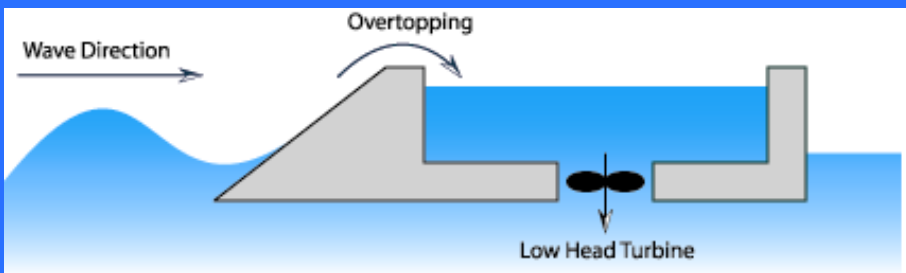
Hullámerőmű

Salter-kacsa (Stephen Salter skót fizikus, 1970), hidromotoros elven működik (olajpumpa → hidromotor → villamos generátor)

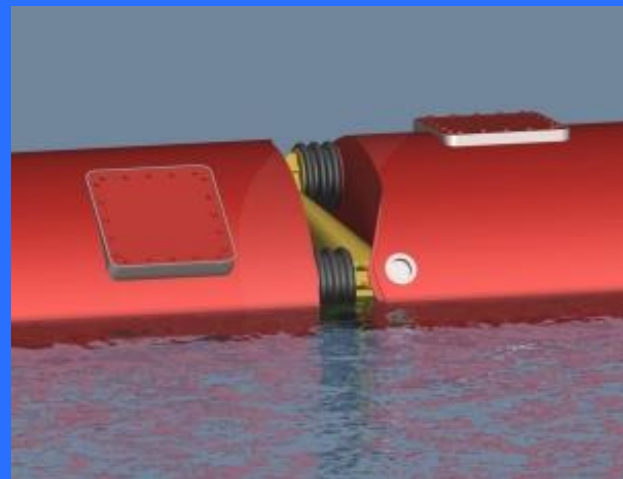
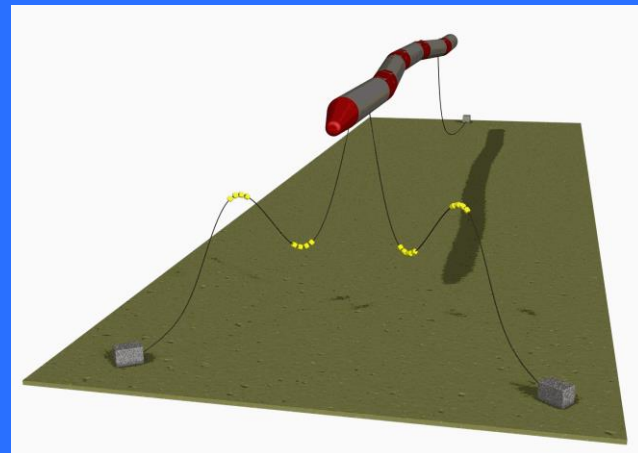


Hullámerőmű

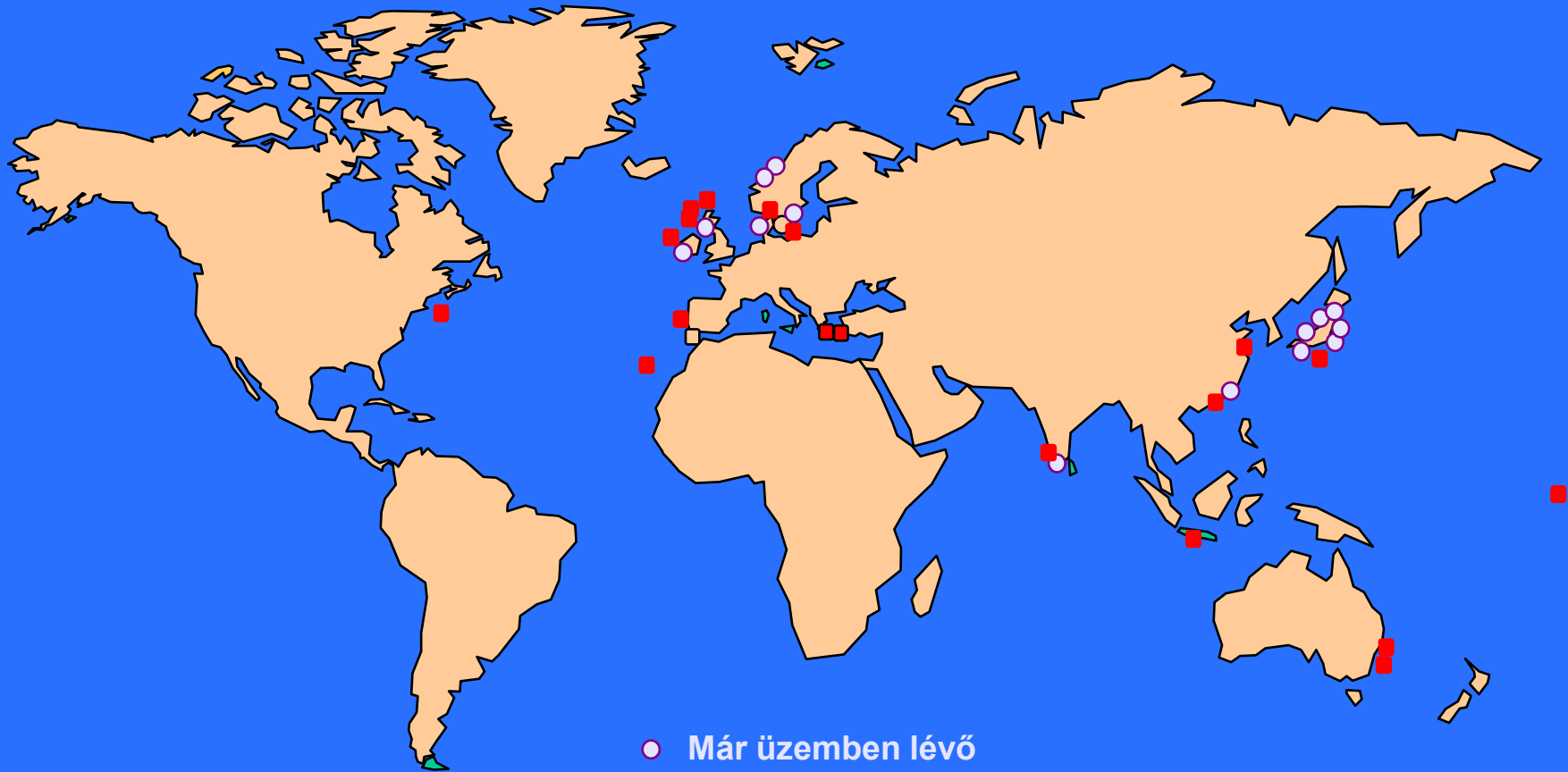
„Tengeri sárkány”



„Tengeri kígyó”



Hullámerőmű



● Már üzemben lévő

■ Építés alatt vagy tervezési fázisban

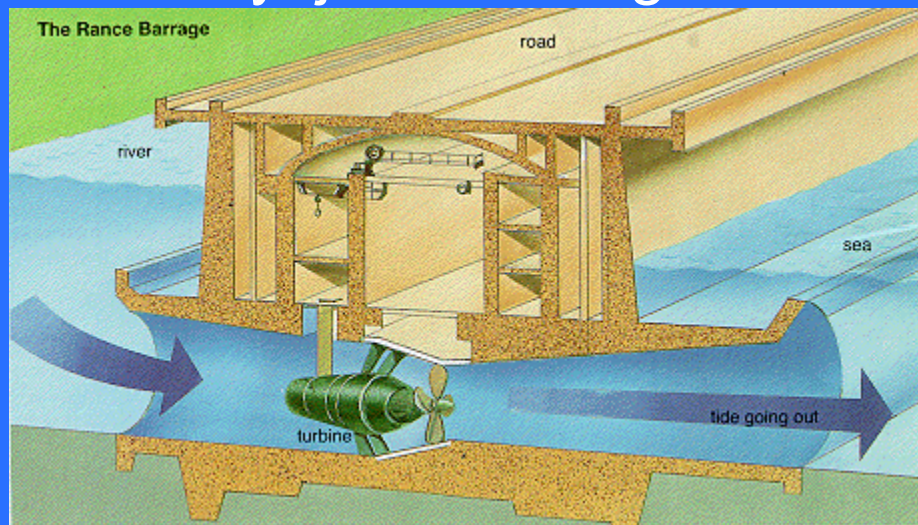
Tengeri áramlatok és árapály



3D modell og fotoillastrasjon: Dia Vision AS
Torgeir Aune
© 2005 Brooks/Cole - Thomson

Hátrányok:

- hajózási és navigációs akadály;
- veszélyt jelent a tengeri állatokra.

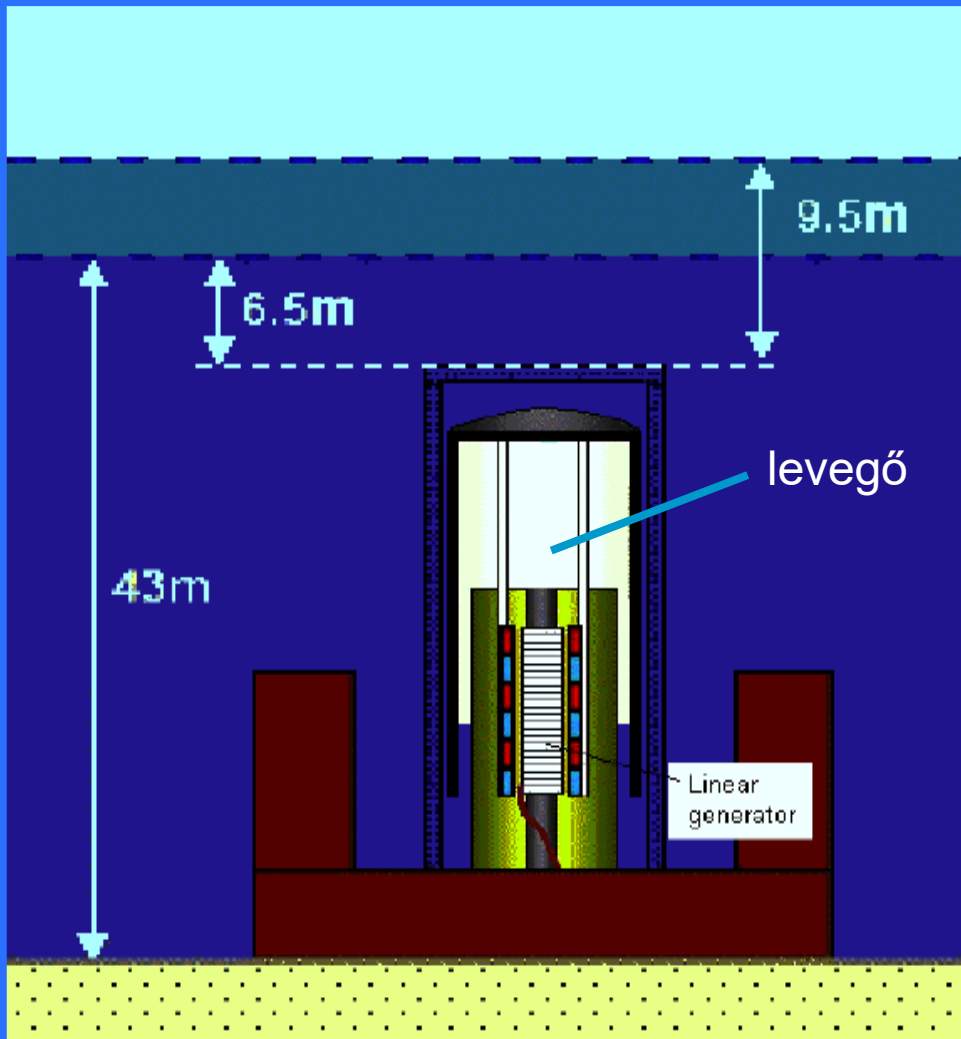


The Seaflow Project (raised) - Phase I

300 kW teljesítményű turbina,
üzemben 2003 óta

Árapály

A felhajtóerő változását kihasználó erőmű.
Teljesítmény: 2 MW (Portugália, 2004)



OTEC

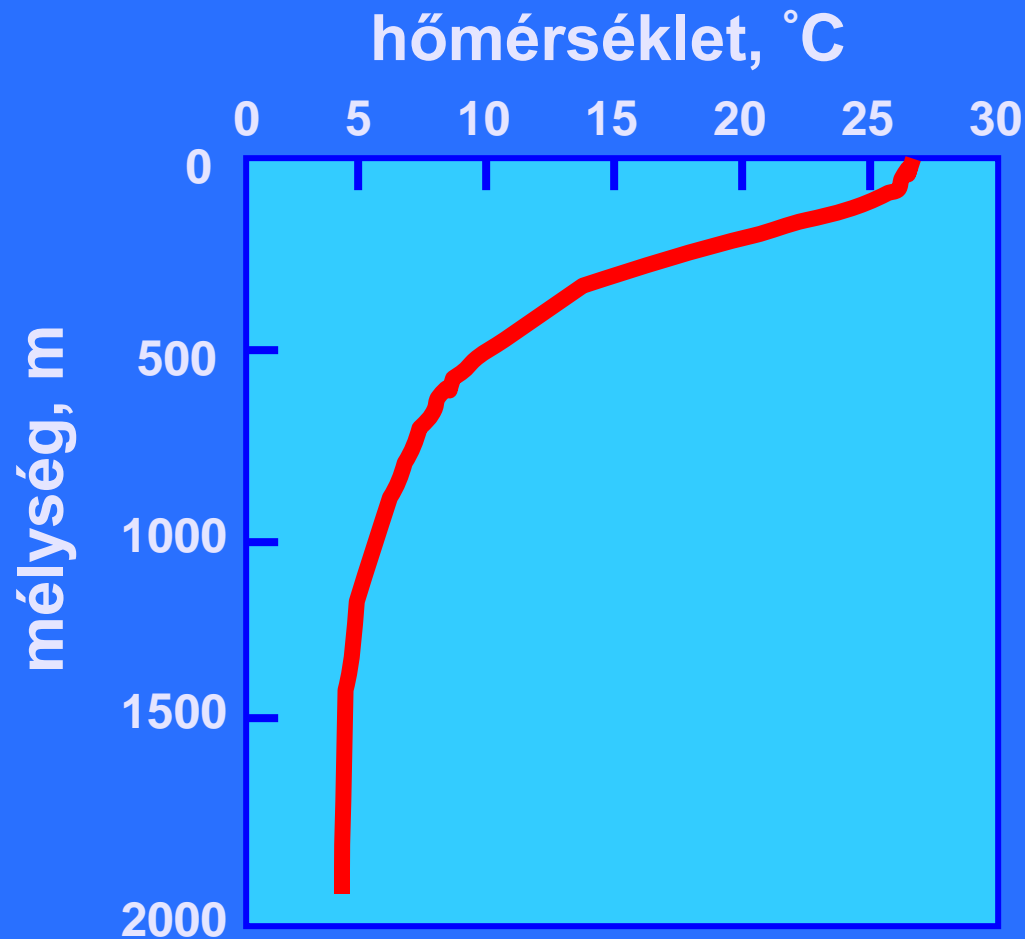
Ocean thermal energy conversion =
óceáni vízrétegek hőfokkülönbségének
hasznosítása.

A gazdaságos működés feltétele:

legalább 20 °C hőfokkülönbség

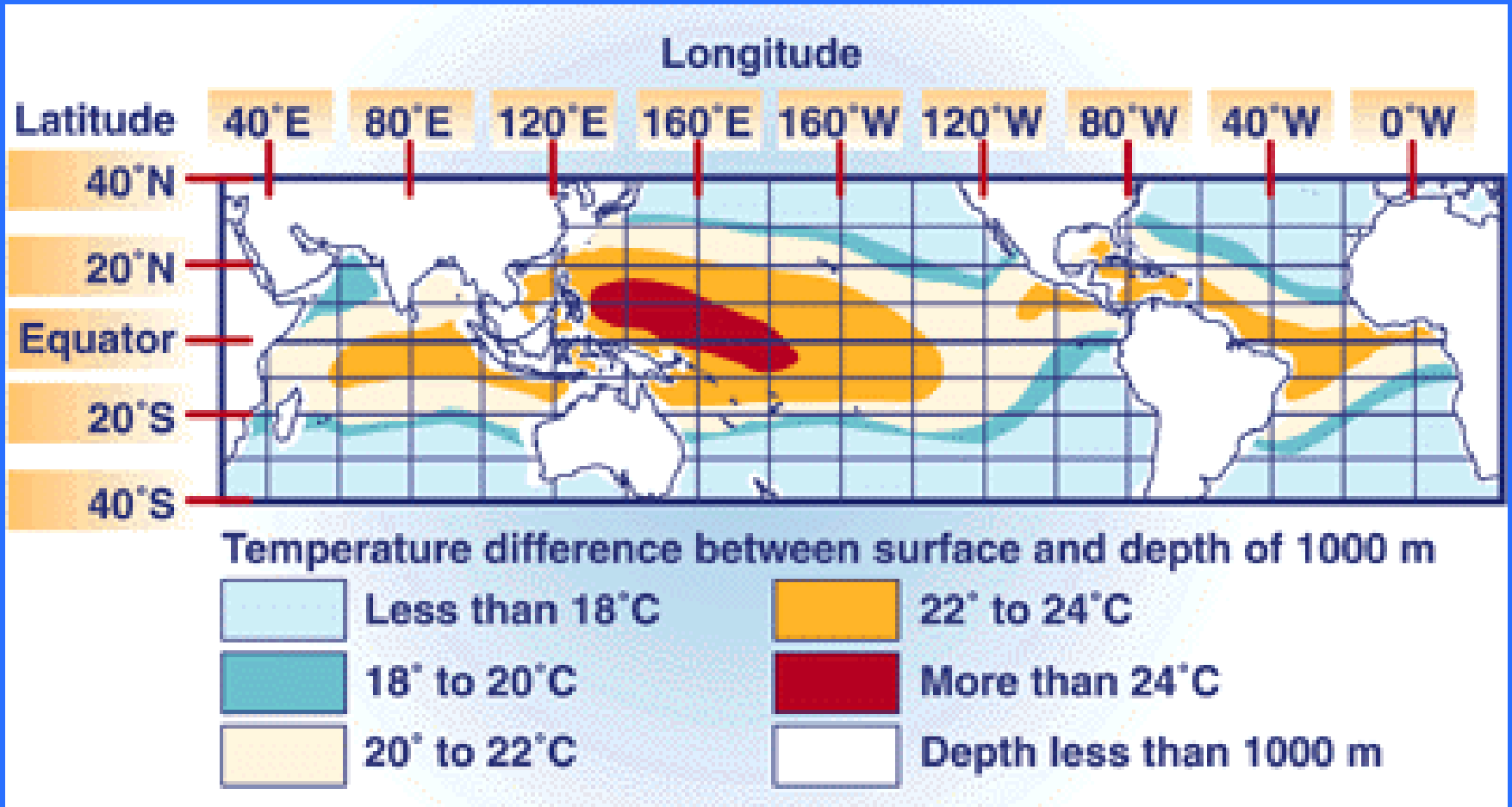
OTEC

Hőmérsékleti rétegződés



OTEC

OTEC potencial



OTEC

Mini OTEC erőmű, 50 kW

