Vodní elektrárny

Využití vodního toku

- Využití potenciální (polohové a tlakové) a čátečně i kinetické energie vodního toku
- Využití hydroenergetického potenciálu vodních toků má výhody oproti jiným zdrojům
  - Nevyčerpatelný a čistý zdroj energie
  - Využívá vlastních zdrojů (nezávislost na jiném státě)
  - Nízké investiční a provozní náklady
  - Malá poruchovost, dlouhá životnost vysoký počet provozních hodin

Rozdělení vodních elektráren

- podle velikosti instalovaného výkonu
  - **malé (MVE)** instalovaný výkon do 10 MW
  - **střední** instalovaný výkon od 10 MW do 200 MW
  - **velké** instalovaný výkon nad 200 MW
- podle způsobu vytvoření potřebného spádu
  - **průtočné** spád je tvořen jezem
  - **derivační** umělé vedení vody mimo vodní tok pomocí derivačního přivaděče (kanál, štola, potrubí)
  - **akumulační** spád je vytvořen přehradou
  - **přečerpávací** přečerpávání vody z dolní nádrže do horní
  - **slapové** spád tvořený mořským odlivem a přílivem
- podle velikosti využívaného spádu
  - **nízkotlaké** využívající spád do 20 m
  - **středotlaké** využívající spád od 20 m do 100 m
  - **vysokotlaké** využívající spád nad 100 m

Primární hydroenergetický potenciál

- Lze stanovit na základě vztahu

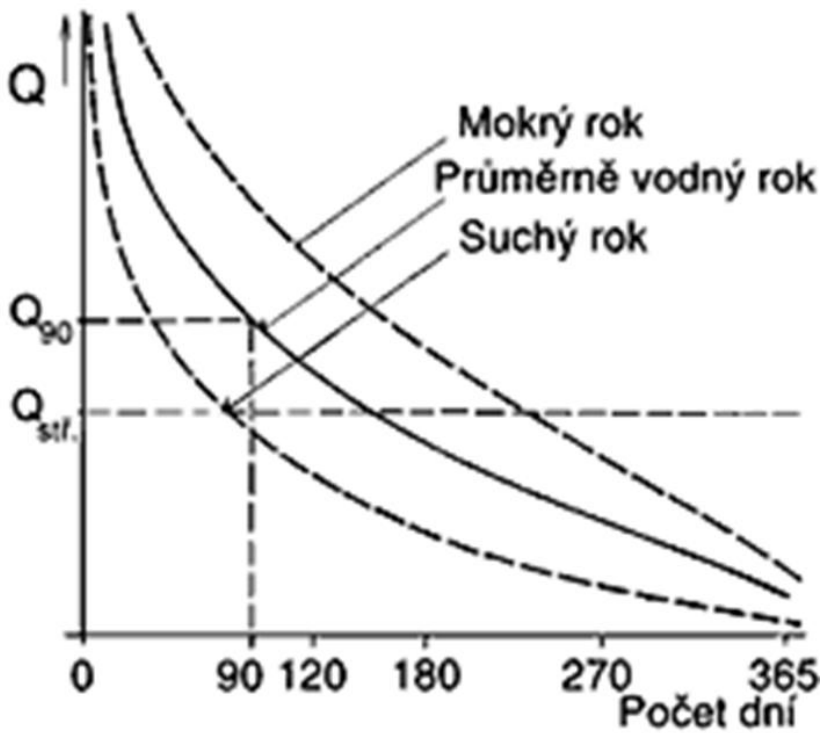
$$P = Q\rho gH$$

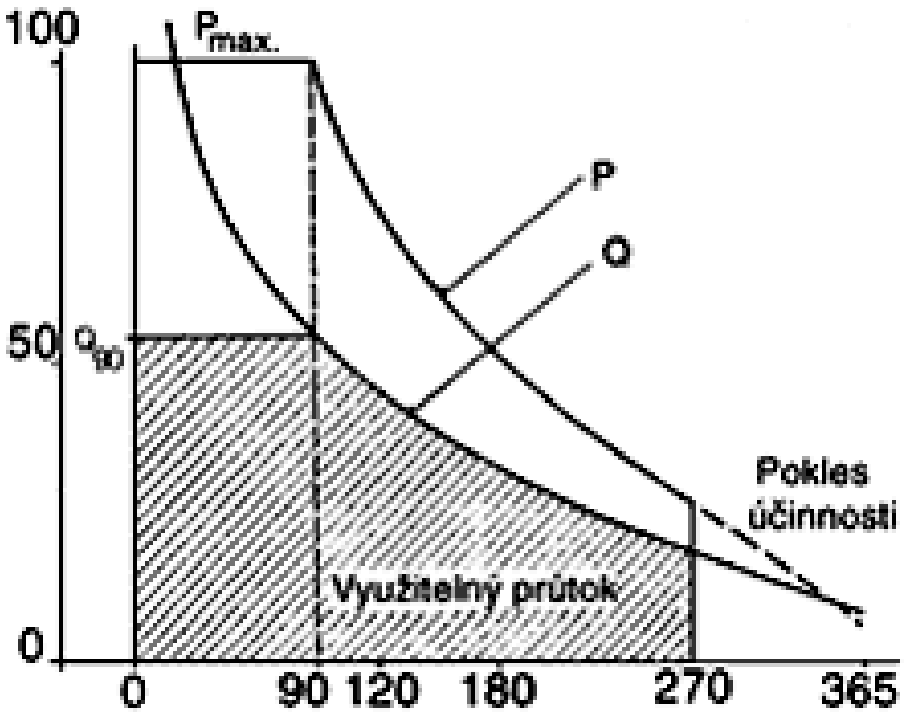
- kde P je odevzdaný výkon (W), Q protékané množství vody (m^3/s), ρ měrná hmotnost vody, H výškový rozdíl (spád) (m)
- Reálný potenciál vodních toků je nižší, pro předběžné odhady lze vycházet ze vztahu

$$P = k_T QH$$

- Kde k_T je násobný součinitel
  - k_T=8 pro nízkotlaké turbíny větších rozměrů, k_T=7 pro nízkotlaké malých rozměrů, k_T=6,5 pro nízkotlaké neregulovatelné turbíny mikrozdrojů

Primární hydroenergetický potenciál





Elektrický výkon soustrojí

- Elektrický výkon soustrojí lze využít vztahu

$$P_s = Qg\rho H\eta_T\eta_P\,\eta_G$$

- Kde η_T je účinnost turbíny (pro MVE 0,6-0,9), η_P je účinnost převodu momentu na hřídel generátoru (0,94-0,97) a η_G je účinnost generátoru (0,95-0,97 při výkonech cca MW)

Otáčky soustrojí

- Provozní otáčky pro různé vodní turbíny a jejich paramety pohybují v rozmezí asi od 53 do 1500 otáček/min
- Pro předběžné určení jmenovitých otáček turbíny lze využít vztah:

$$n = 1{,}166\,\frac{n_S H \sqrt[4]{H}}{\sqrt{P_T}}$$

- kde n jsou jmenovité provozní otáčky turbíny (ot/min), n_s jsou specifické otáčky, H je čistý spád turbíny, P_T udává výkon na hřídeli turbíny (kW).

Otáčky soustrojí

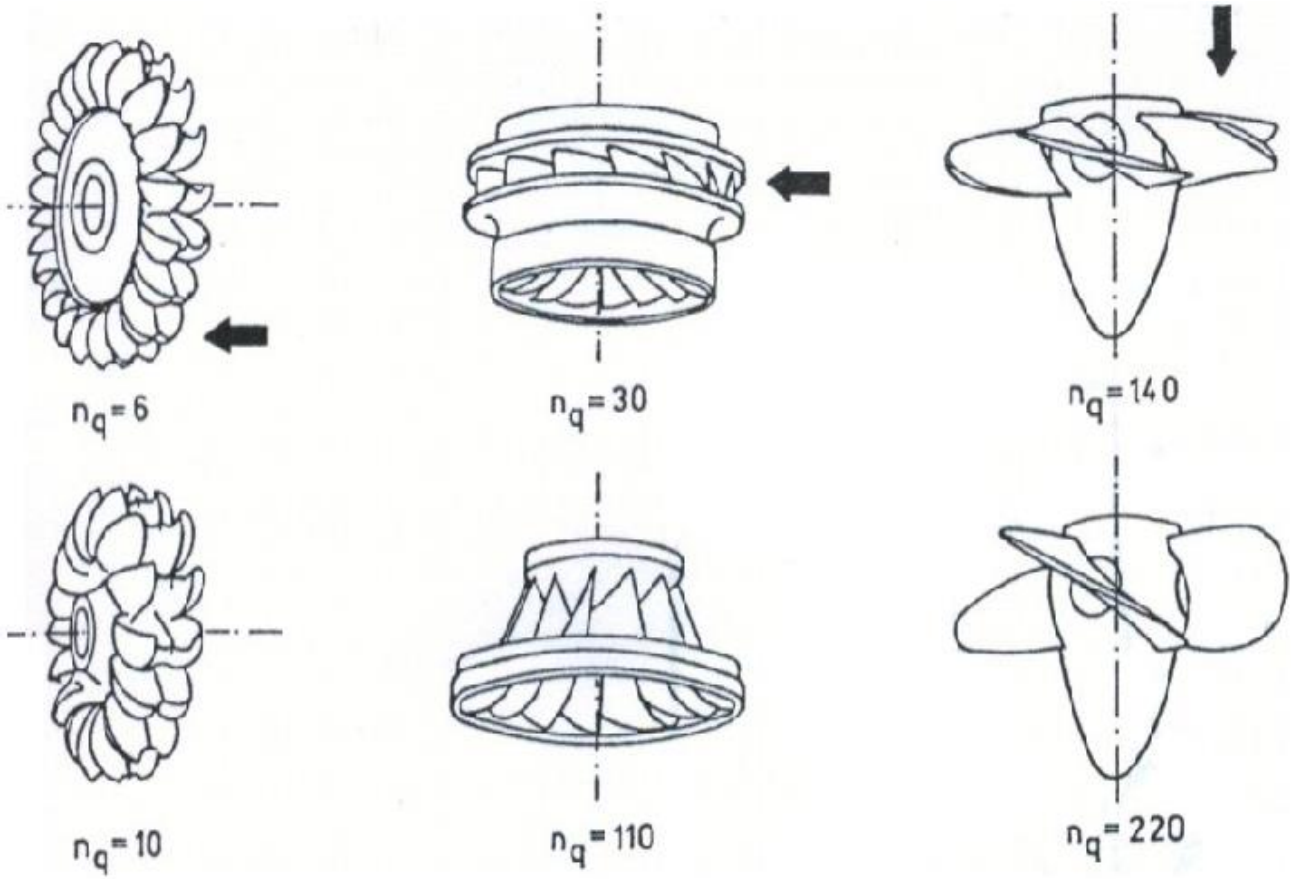
- Specifické otáčky turbíny jsou otáčky geometricky podobné turbíny (modelu) tak, aby při spádu 1 m dodávala výkon 1 kW
- Z geometrické podobnosti lze odvodit vztah

$$n_s = \frac{n}{H^{\frac{5}{4}}}\sqrt{P}$$

kde n a P jsou otáčky a výkon turbíny a H je spád.

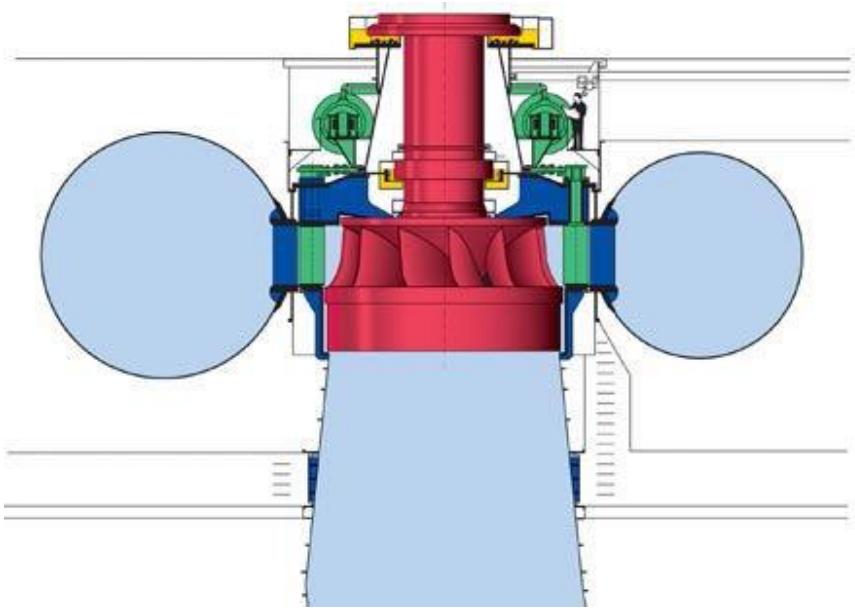
Specifické otáčky turbín	
Typ turbíny	**obvyklé rozmezí n_s (1/min)**
Peltonova	4 – 32
Bánkiho	70 – 150
Francisova pomaloběžná	50 – 150
Francisova normální	150 – 250
Francisova rychloběžná	250 – 450
Kaplanova a vrtulová	300 – 1000

Turbíny vodních elektráren



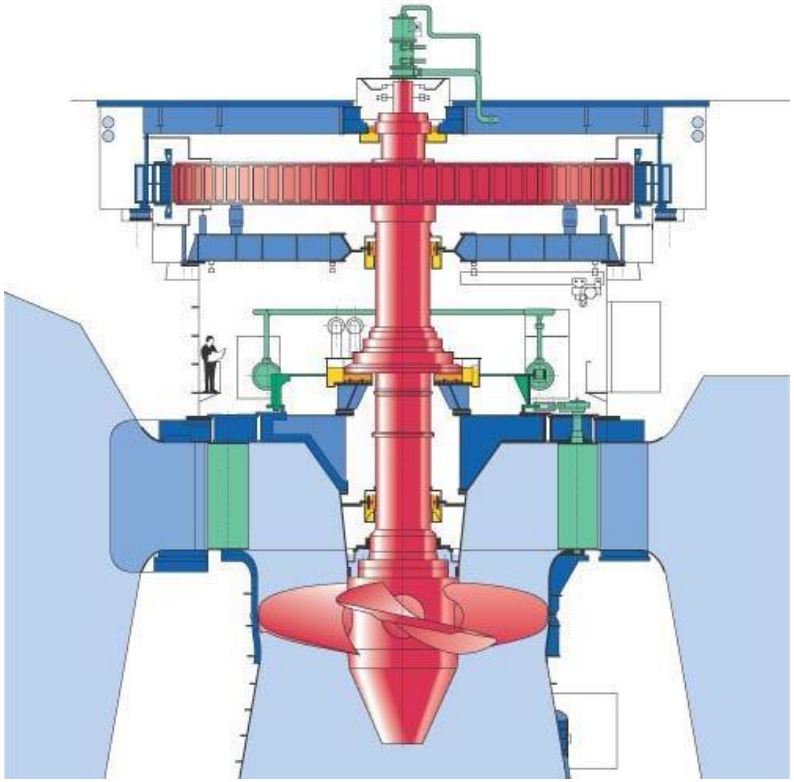
Francisova turbína

- Přetlaková turbína (voda mění tlak při průchodu turbínouo)
- Voda je směrována na lopatky rotoru pomocí rozváděcích lopatek
- Výstupem z turbíny je savka s kuželovitým tvarem (snížení rychlosti vody za turbínou) -> vytváření podtlaku



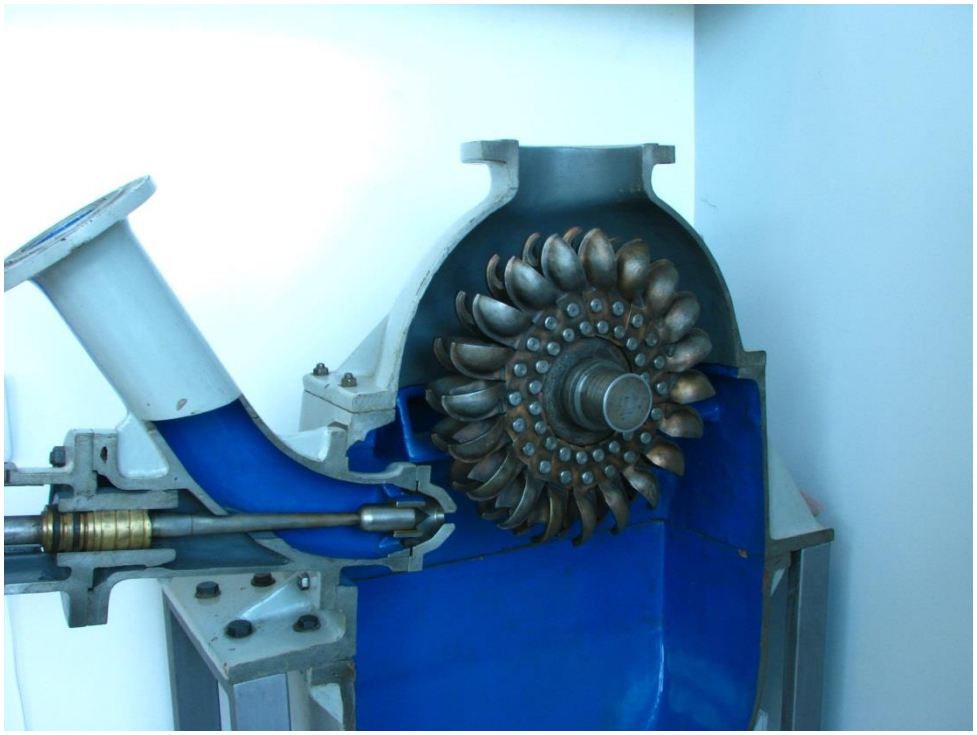
Kaplanova turbína

- Axiální přetlaková turbína s menším počtem lopatek a umožňující regulaci výkonu náklonem lopatek oběžného i rozváděcího kola
- Výhodné pro velké průtoky a malé spády

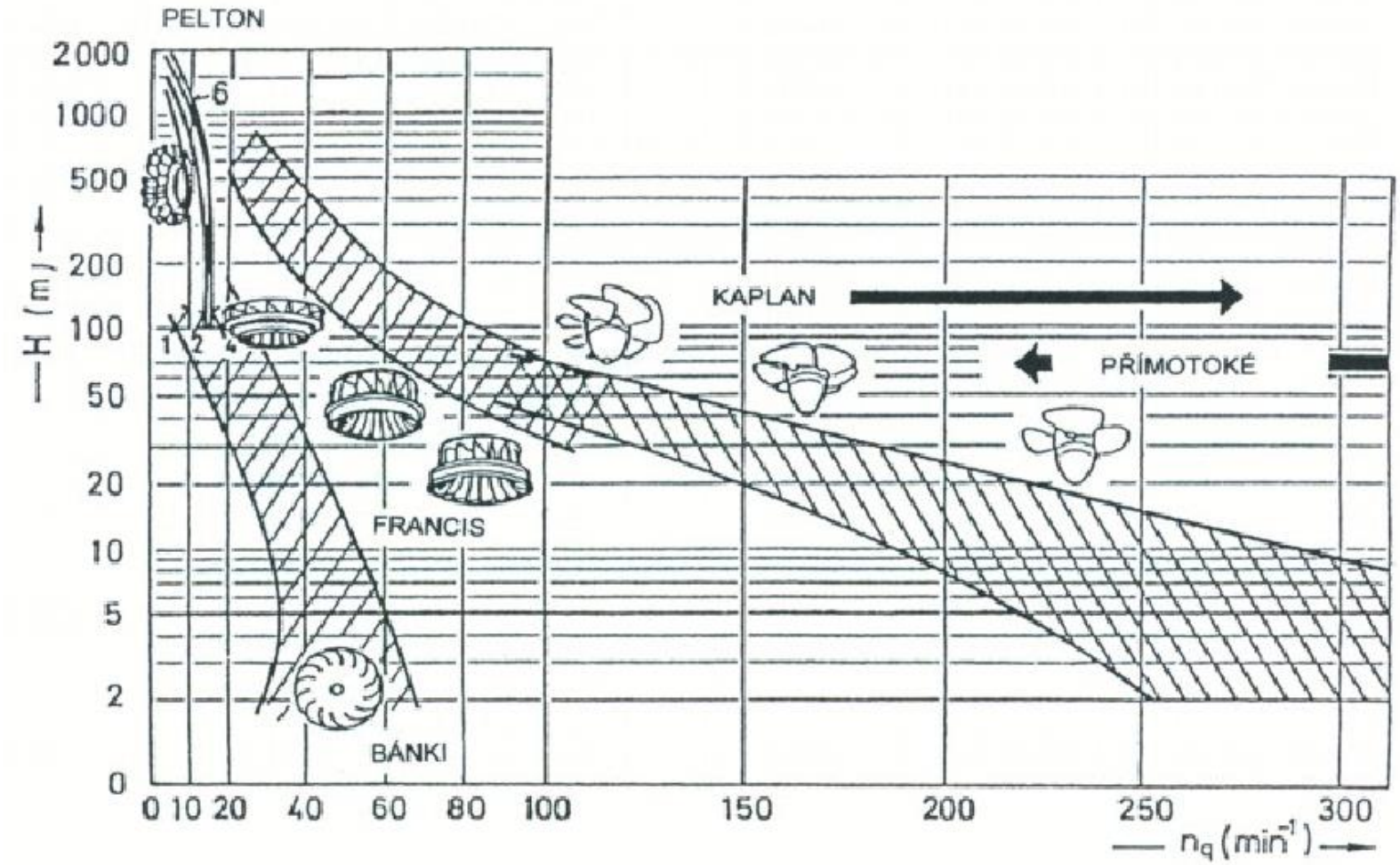


Peltonova turbína

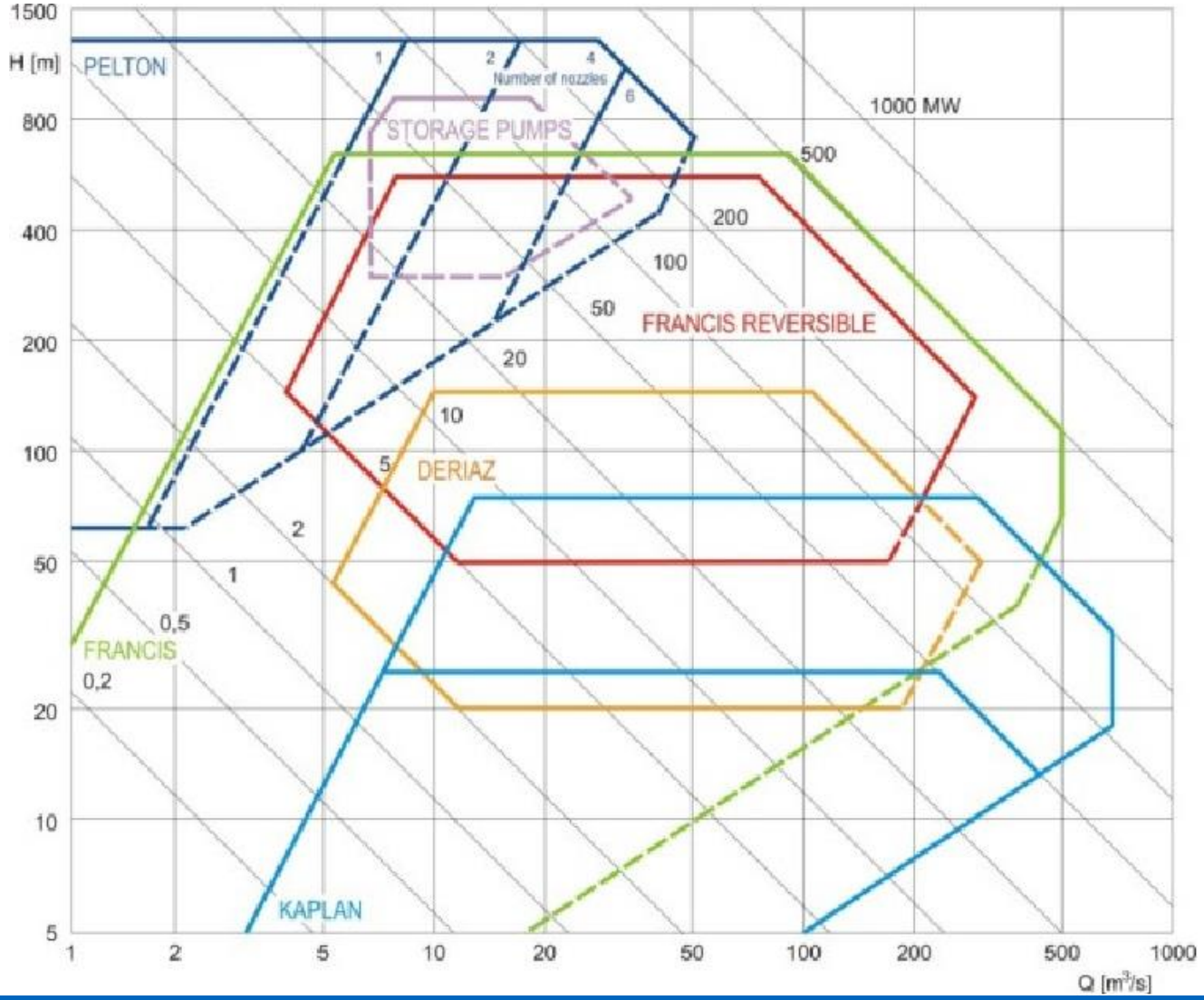
- Rovnotlaká turbína, přivaděč vody kruhového průřezu přivádí vodu k dýzám, které zajistí tangenciální vstup do oběžného kola, které jsou osazeny lžícovitými lopatkami.
- Průtok výkon turbíny lze regulovat změnou výtokového průřezu dýzy, rychlé snížení výkonu se provádí odklonem vodního paprsku



Oblasti použití různých typů vodních turbín

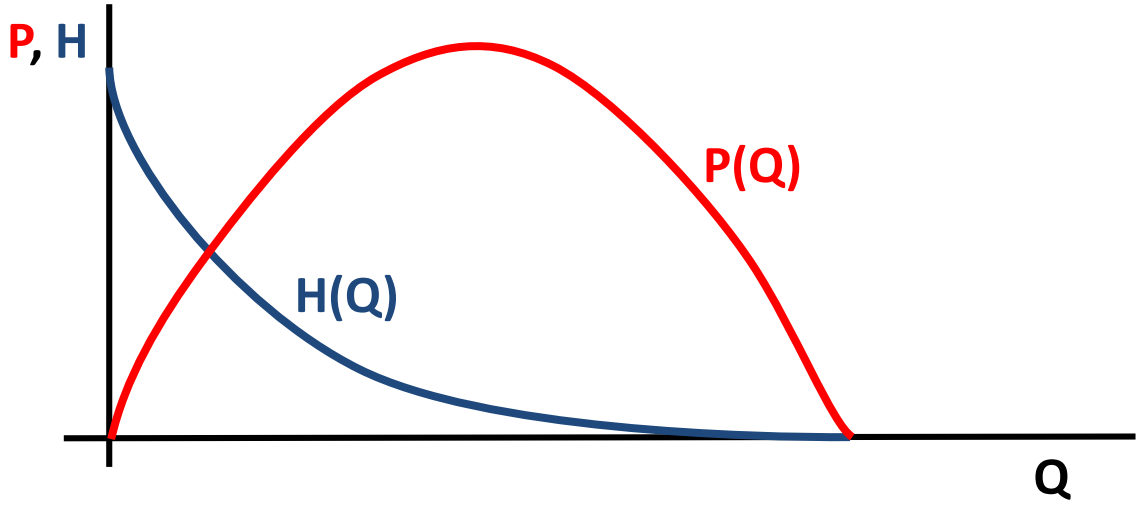


Q/H diagram


1500
H [m]
800
400
200
100
50
20
10
5
PELTON
1
2
4
Number of nozzles
6
STORAGE PUMPS
1000 MW
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
FRANCIS REVERSIBLE
DERIAZ
FRANCIS
KAPLAN
1
2
5
10
20
50
100
200
500
1000
Q [m³/s]

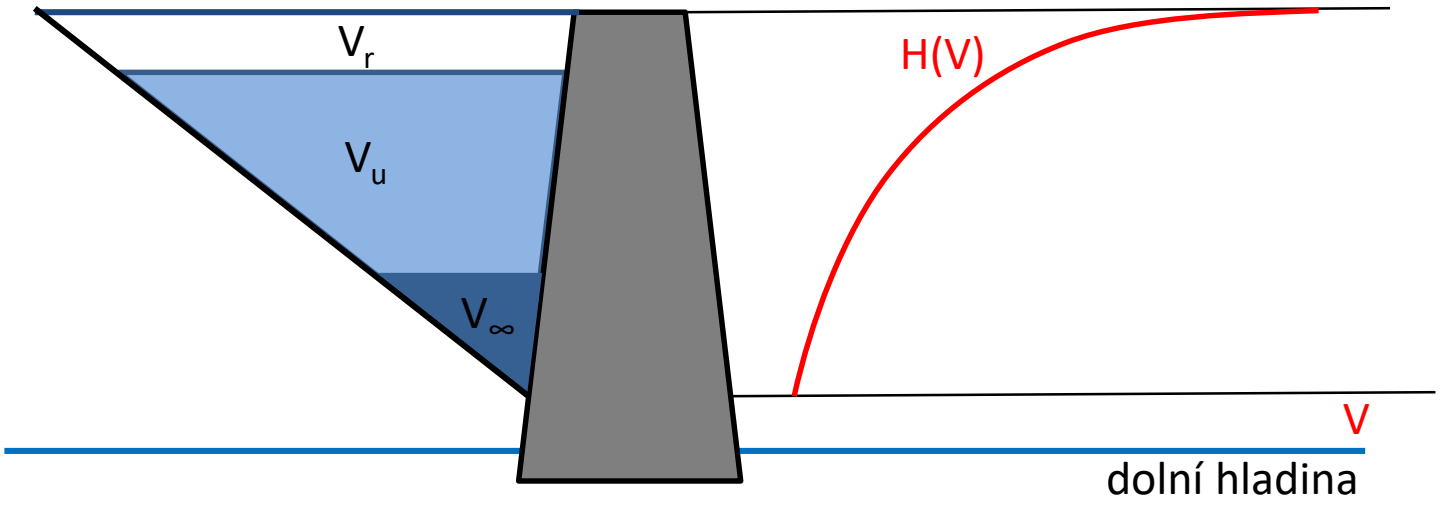
Průtočné vodní elektrárny

- Pracují v základním pásmu denního diagramu zatížení
- U malých spádů se s průtokem mění i spád, při velkých hodnotách průtoku může dojít k vyrovnání spodní a horní hladiny
- Výkon s velikostí průtoku nejdříve stoupá, po dosažení maxima začne klesat k nule



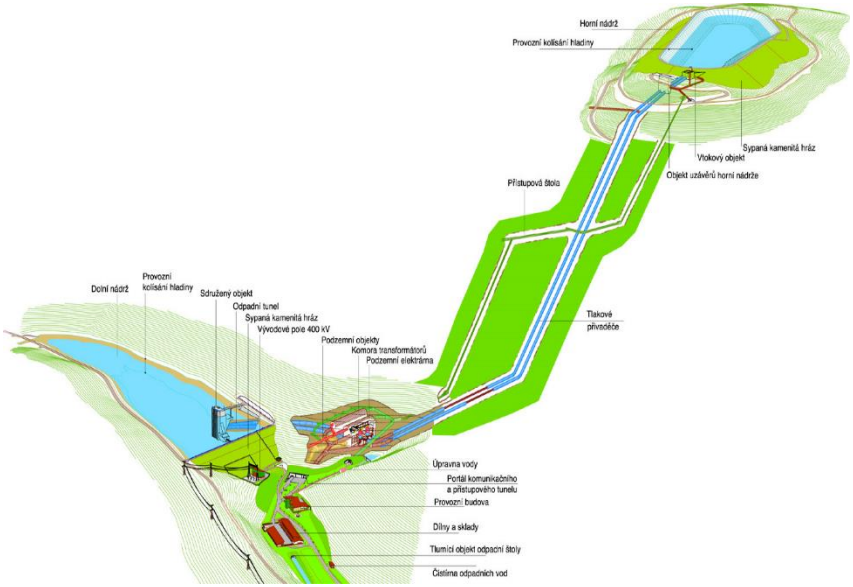
Akumulační vodní elektrárny

- Regulační vodní elektrárny pracují většinou ve špičkové nebo pološpičkovém pásmu zatížení
- K akumulaci vody se používají uměle vytvořených přehrad nebo přírodních jezer
- Objem akumulační nádrže musí zajistit akumulaci energie na určitou dobu
- Objem akumulační nádrže rozdělujeme na V_∞ objem stálého zadržení, V_u užitný objem a V_r ochranný objem



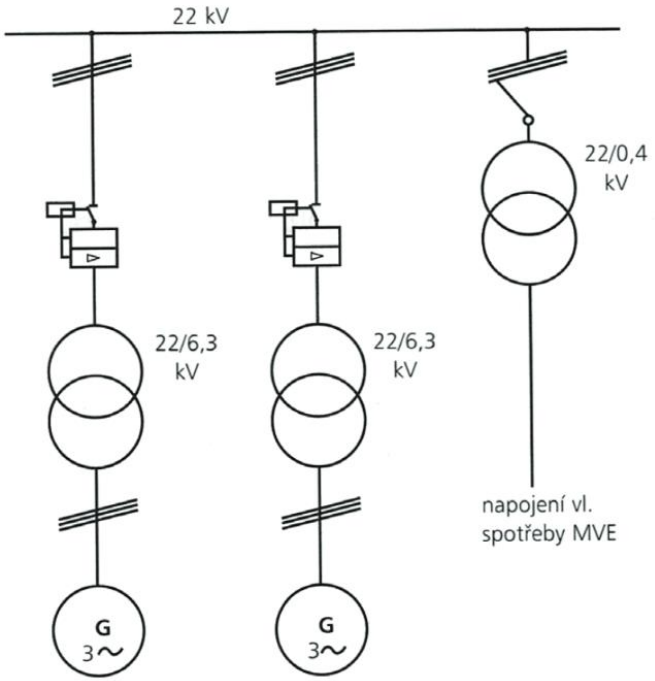
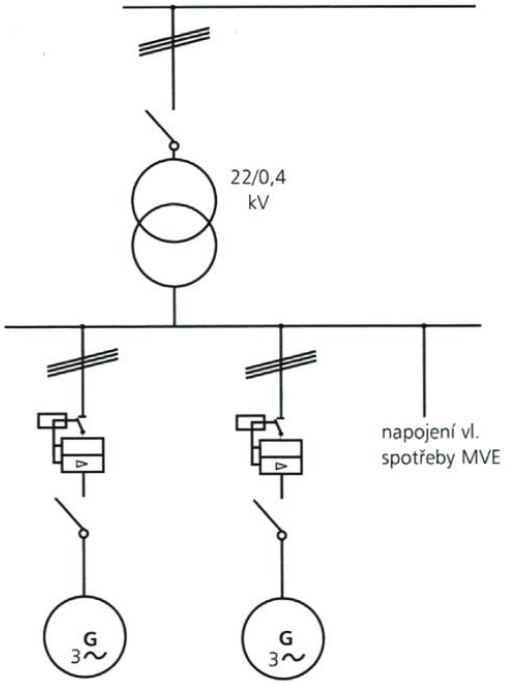
Přečerpávací vodní elektrárny

- Třístrojové uspořádání – tři vertikálně uspořádané stroje: turbina-motor-čerpadlo
- Dvoustrojové uspořádání – provedení s reverzní turbínou (turbína/čerpadlo) – v současné době častější uspořádání
- Slouží hlavně k vyrovnávání DDZ , rychlé přifázování k soustavě a najetí výkonu, účinnost 60-70%



Malé vodní elektrárny (MVE)

- V ČR je hydroenergetický potenciál pro velké vodní elektrárny vyčerpán, v současné době dochází k využívání malých vodních zdrojů -> výstavba MVE
- Elektrická energie je určena pro vlastní spotřebu, přebytky jsou dodávány do sítě (nn, vn)
- Jako generátory se používají jak synchronní tak asynchronní generátory (pro dodávku do pevné sítě)

Připojení MVE k síti

- Výkon se z MVE vyvádí pomocí přípojky venkovním nebo kabelovým vedením (3x400 V nebo 22 a 35 kV), elektrická přípojka je zakončena v hlavní skříni nebo v rozvodně vn
- Generátory jsou k transformátoru připojeny blokově nebo je transformátor společný pro více generátorů