



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

VODNÍ ELEKTRÁRNA

Tom El Haddidy, Adam Löfler, Jakub Jirásek, Jakub Soukup, Eduard Růt

Klasické gymnázium Modřany a základní škola, s. r. o.
Rakovského 3136/II, 143 00 Praha 4

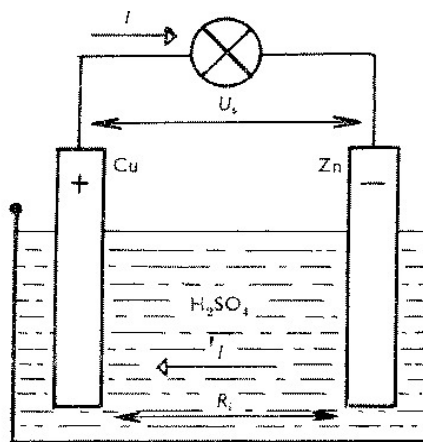
Obsah:

Historie elektřiny.....	3
Historie vodní energie.....	6
Zdroje vodní energie	7
Rozdělení zdrojů vodní energie	7
Vodní energie.....	10
Vodní elektrárna.....	12
Vodní elektrárny v ČR.....	14
Kaskádový systém.....	14
Vodní elektrárna Dlouhé stráně	14
Vodní elektrárna Dalešice.....	15
Vodní elektrárna Orlik	16
Vodní elektrárna Slapy.....	16
Největší vodní elektrárny na světě	20
Tři soutěsky(Čína).....	20
Itaipu (Brazílie, Paraguay)	20
Xiluodu (Čína)	21
Guri (Venezuela).....	21
Turbína.....	22
Rozdělení turbín:.....	22
Francisova turbína.....	23
Peltonova turbína	23
Kaplanova turbína	23
Bánkiho turbína.....	24
Princip vodní elektrárny.....	26
Využitelnost energie vodního toku	27
Výhody vodní elektrárny	27
Nevýhody vodní elektrárny.....	27
Přečerpávací vodní elektrárna.....	27
Konstrukce funkčního modelu vodní elektrárny.....	28
Závěr	29
Obrázky:.....	30
Zdroje:.....	30
Internetové zdroje:	30

Historie elektřiny

Elektřina je ve fyzice mladým oborem, patří k těm nejmladším. Objevovat a popisovat jevy spojené s elektřinou začal renesanční vědec William Gilbert. Je považován za „otce“ elektřiny a magnetismu. Právě W. Gilbert zavedl pojmy jako: elektřina, elektrická síla nebo přitažlivost elektřiny. Jako první se začal zajímat a snažil se popsat vztah elektřiny a magnetismu. Byla po něm pojmenována i jednotka Gilbert (značíme Gb), ta se již však nepoužívá. Jeden Gb=0,795775 A.

Největší objevem, který nastartoval rozvoj elektřiny, bylo sestrojení prvního stálého zdroje elektrického proudu. Tím byl Voltův článek, který Alessandro Volta použil při sestrojení první baterie tzv. Voltova sloupu. Voltův článek se skládá ze zinkové a měděné elektrody ponořenými v elektrolytu.



Obrázek 1 - Schéma Voltova článku

Spoustu vědců se začalo usilovně zajímat o elektřinu a magnetismus a během první poloviny 19. století bylo popsáno mnoho jevů a prozkoumány elektrické vlastnosti látek. Významnými vědci té doby byli Alessandro Volta, André Marie Ampere, Georg Simon Ohm, Michael Faraday. Po každé ze zmíněných je pojmenována i fyzikální jednotka. Alessandro Volta se nevyznamenal pouze sestrojením první funkční baterie, ale svým výzkumem přispěl v mnoha ohledech velkému rozvoji elektřiny, za výzkum a přínos vědě dostal i Copleyho medaili.

Velký přínos v oblasti fyziky přinesl také Francouz André Marie Ampere, který ačkoliv byl zpočátku spíše matematicky zaměřený, popsal a vybudoval základy elektrodynamiky a magnetismu. Za celoživotní přínos vědě dostal ocenění „rytíř Čestné legie“.

Dalším velkým fyzikem, jehož zákony a poznatky využíváme dodnes, byl Němec Georg Simon Ohm. Každý nejspíše zná Ohmův zákon, který určil právě G. S. Ohm a tak je pojmenován po něm, jako jednotka elektrického odporu „Ohm“ .

Jako posledního fyzika z průkopnické 1. poloviny 19. století bych zmínil Michaela Faradaye, i když bylo další spousta významných fyziků té doby. M. Faraday zasvětil 10 let svého života (1821-1831) pokusům, kdy chtěl dokázat, že magnet dokáže vytvořit elektrický proud. Po deseti letech se mu to povedlo a objevil elektromagnetickou indukci, čímž dokázal že elektřina a magnetismus jsou pouze dva projevy elektromagnetismu. Jeho objevy byly zásadní a zanedlouho přinesly veliký pokrok.

Objevy Michaela Faradaye ale i dalších popsal, vyjádřil a shrnul nejlépe James Clerk Maxwell. Ten vydal roku 1865 „dynamickou teorii elektrického pole“, kde pomocí 4 rovnic popsal zatím všechny dosud známé zákony a vztahy. Rovnice nesou jeho jméno tzv. Maxwellovy rovnice.

	Integrální tvar	Diferenciální tvar
1	$\oint_c H dl = I + \frac{d\psi}{dt}$	$rot H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$
2	$\oint_c E dl = -\frac{d\phi}{dt}$	$rot E = -\frac{\partial B}{\partial t}$
3	$\oint_s D dS = Q$	$div D = \rho$
4	$\oint_s B dS = 0$	$div B = 0$

Obrázek 2 - Maxwellovy rovnice

Druhá polovina 19. století byla ve znamení vynálezů. Vynalézaly různé elektronické spotřebiče a následně se začali využívat ve výrobě ale i v domácnosti. Největšími vynálezci té doby byli: Heinrich Hertz, Thomas Alva Edison, Werner von Siemens, Nikola Tesla, a z Čechů František Křižík.

Heinrich Hertz byl jeden z prvních kdo úspěšně experimentálně ověřil Maxwellovy a Faradayovy teorie o šíření elektromagnetických vln. Jeho výzkum dal základ bezdrátovému spojení a je po něm pojmenována jednotka frekvence „Hertz“.

Dalším významným vynálezcem byl Thomas Alva Edison, který má na svědomí nespočet vynálezů a jen na jeho jméno je registrováno přes tisíc patentů. Mezi jeho nejvýznamnější vynálezy patří dynamo, fonograf a pro nás nejznámější a nejvyužívanější vynález žárovka.

Werner von Siemens jako vynálezce galvanického pokovování a jako zakladatel firmy Siemens AG, tehdy nazývanou jako „Telegraphen Bau-Anstalt von Siemens & Halske“. Firma je dnes jednou z největších výrobců různé elektroniky na světě.

Dalším podstatným vynálezem byl rozhlas, který roku 1893 předvedl Nikola Tesla při první veřejné ukázce bezdrátové komunikace a odstartoval tak mohutný vývoj v oblasti radiotelekomunikace.

Z Čechů byl nejvýznamnější František Křižík, který nečinil objev o nic menší než jeho zahraniční kolegové. F. Křižík vylepšuje obloukovou lampu a nechává si ji patentovat. S vynálezem jeden na světovou výstavu do Paříže, kde získá mnohá ocenění. Křižíkovo vylepšení spočívalo v samočinné regulaci vzdálenosti uhlíku, což zajišťovalo větší výdrž lamp. František Křižík je považován za jednoho z nejvýznamnějších českých fyziků všech dob.

Zvratem na poli fyziky bylo objevení elektronu J.J. Thomsnem roku 1893. Tento objev vyvrátil dosavadní představy a pomohl vysvětlit většinu elektrických jevů. Krokem vpřed byla také kvantová teorie Maxe Plancka, Einsteinova teorie relativity a objev protonu roku 1911 a neutronu roku 1932.

Celé 20. století se neslo v duchu mohutné elektrifikace, stavěli se elektrárny, do všeho se snažili zapojit elektřinu, aby si usnadnili práci a byli vždy o krok napřed oproti konkurenci.

Významným vynálezem první poloviny 20. století byla vakuová elektronka. Ta umožňovala vysílání a příjem signálu a tím komunikaci na delší vzdálenosti a bezdrátově.

Dalším významným objevem byl tranzistorový jev, ten měli na svědomí fyzici John Bardeen, William Brattain a William Shockley. Zanedlouho se tranzistor stal základem každého integrovaného obvodu, kde se používá jako. Dnes se tranzistory používají v každém elektronickém zařízení, například v procesorech počítačů jsou milióny až miliardy mikroskopických tranzistorů, bez kterých bychom se dnes již neobešli.

Velký význam mělo také umožnění přenosu obrazu na dálku pomocí televize. Nejprve se vysílalo pouze černobíle a později barevně.

V dnešní době jde technika nepředstavitelně kupředu a vynálezů je čím dál více, velký význam měl vynález například optických vláken, CCD obvodů ale i dalších vynálezů moderní doby.

Historie vodní energie

Vodní energie se na Zemi využívá již od pradávna, protože se nenabízelo tolik možností jak získat energii. Vodní kolo bylo výrazným usnadněním práce, zprvu se využívalo především jako pohon mlýnů, pil a hamrů. Účinnost nebyla tak velká kvůli nedokonalosti vodních kol, ale s postupem času se lidé učili využívat potenciál vodní energie na maximum, ale vždy je samozřejmě co zlepšovat a ani dnes nejsme na maximu.

Značný vývoj zaznamenala vodní energie s počátkem průmyslové revoluce, kdy se účinnost vodního kola zlepšila až o 75%. Velkým posunem bylo vhodné zprevodování vodního kola, čímž se výrazně zvýšila účinnost.

Později lidé dokázali využít vody k pohonu několika strojů za pomoci transmise. Na konci 19. století se začala vyrábět elektrická energie za pomoci vody, toto období nazýváme období velké elektrifikace. Stavělo se velké množství elektráren na řekách s malým spádem, tyto elektrárny obsluhovala většinou celá rodina. U těchto elektráren byl zapotřebí až 24 hodinový dohled. Už v roce 1930 bylo na území České republiky v provozu 14 882 vodních elektráren. V elektrárnách se využívali různé typy turbín, nejzastupovanější byla Francisova turbína.

Po válce byly malé elektrárny kritizovány jako neefektivní zdroj energie, bylo jim vytýkáno, že zabírají moc času a pracovní síly, která je zapotřebí na jiných pracovních pozicích. Tato kritika zapříčinila hromadné rušení vodních elektráren na našem území. Malé vodní elektrárny byly i v oficiálních výzkumech a testech nejspíše úmyslně podhodnocovány a na konci 70. let bylo v České Republice pouze 100 elektráren v provozu.

Zdroje vodní energie

Voda má v přírodě potenciál chemické, mechanické a tepelné energie. Nejvyužívanějším a největším potenciálem je bezpochyby energie mechanická. Do mechanické energie patří především energie moří a řek. Využití vodních toků pro získávání mechanické energie je nazýváno jako tzv. bílé uhlí. Tento koloběh je obstaráván gravitací, oběhem vody a působením sluneční energie. Z pohledu moře je nejvíce používána energie vln, které jsou způsobené podmořskou činností nebo větrem. Tato energie je nazývána jako tzv. fialové uhlí. Z pohledu přílivu a odlivu, díky přitažlivosti Slunce a Měsíce, dochází ke kolísání hladiny v přílivových oblastech, kterou pak využíváme jako slapovou energii, označovanou jako tzv. modré uhlí. Energie v mořích má obrovský celkový potenciál využívání.

Dalším způsobem využívání energie je využívání odlišných teplot v moři. V současné době je obrovský rozvoj jaderné energetiky a s jejím rozvojem je třeba budovat další doplňující zdroje, které budou krýt špičková zatížení. Toto kritérium splňuje přečerpávací vodní elektrárna.

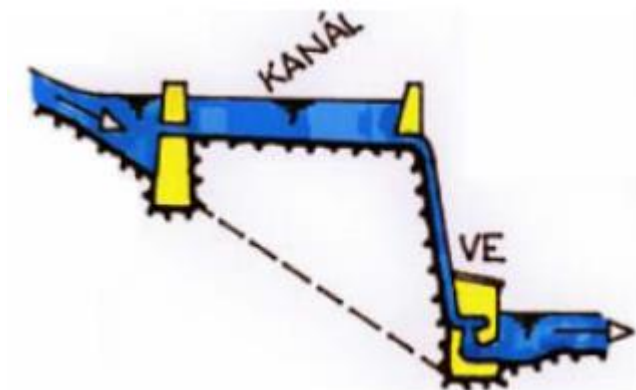
Český hydrometeorologický ústav pravidelně dělá hydrologickou bilanci jakosti a množství vod, která kontroluje aktuální stav podzemních a povrchových vod v ČR. Z této analýzy plyne způsob využívání vodní energie na příslušných tocích. Česká republika je tzv. pomyslnou střechou celé Evropy. Většina našich řek je utvářena horní částí toků, pro která je charakteristické velká rozkolísanost průtoků, což je nevyhovující pro využití vodní energie. Nejvíce je využívána Vltava, která má celkem devět přehrad, jenž produkují asi 750 MW. Toto uskupení je označováno jako Vltavská kaskáda. Dalším významným vodním dílem je přečerpávací vodní elektrárna Dalešice nebo přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně.

Rozdělení zdrojů vodní energie

Zdroje vodní energie jsou rozdělovány na umělé a přirozené. Přirozené zdroje energie zahrnují vlny, mořský příliv a odliv, různé mořské proudy nebo tepelnou energii. Můžeme sem také zařadit povodí řek a potoků, které za pomoci geografického tvaru podporují přímé využití pro zpracování energie. Přírodní útvary jsou přirozené prahy, vodopády nebo velké sklony na tocích atd. Tyto úkazy se v přírodě moc nevyskytují a nejsou moc využívány.

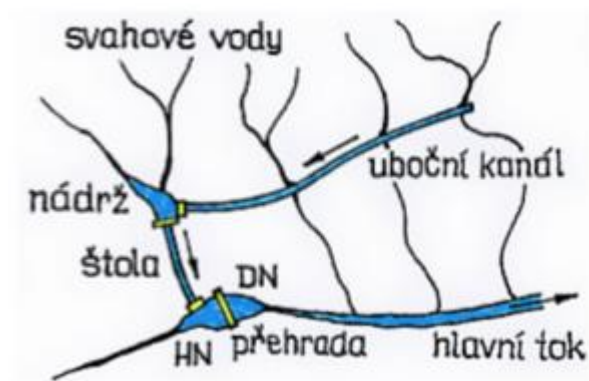
Velmi často se využívají umělé zdroje, které jsou uskutečňovány různými složitými či jednoduššími stavbami či technickými zařízeními. Vše záleží na tom, zda centralizuje spád, průtok nebo oboje.

Soustředění spádu má několik účelů. Takovým příkladem je jez. Slouží především pro užívání energie vody, jez zvyšuje hladinu, která umožňuje odebírání vody a tím zlepšuje podmínky pro plavby.



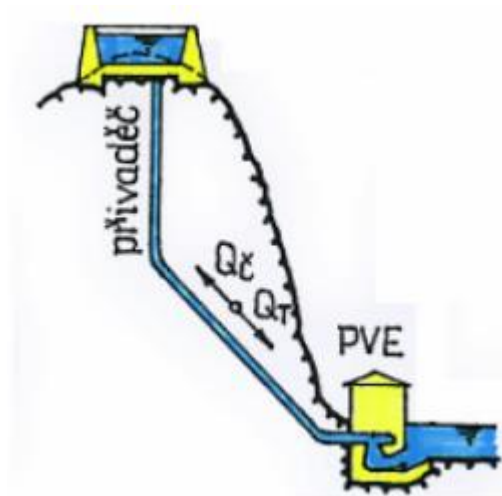
Obrázek 3 – Soustředění spádu (ukázka) [32]

Soustředění průtoku se realizuje v kopcovitých terénech, kde se zachycují menší potůčky nebo jiné přírodní zdroje vody, a to za pomoci úbočního beztlakového kanálu.



Obrázek 4 – Soustředění průtoku (ukázka) [32]

Soustředění spádu i průtoku je příkladem přečerpávací vodní elektrárny. Výběrem vhodné lokality, jak z hlediska hydrologického, geologického, topografického či nějaké jiného, lze ovlivnit jak spád, tak průtok vody.



Obrázek 5 – Soustředění spádu a průtoku (ukázka) [32]

Vodní energie

Vodní energie je jedním z nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů energie. Jako jediná bývá také považována za ekonomicky konkurenceschopnou fosilním palivům a nukleární energii.

Zdrojem vodní energie je sluneční energie, která zabezpečuje stálý koloběh obrovského množství vody. Vodní energie je používána různými velikostmi a typy vodních těl. Na vodních tocích se využívá kinetická energie proudící vody. Množství energie, které je dále využitelné, je dáno rychlostí proudění, jenž je závislá na spádu toku. (Škvařil, 2008, s. 43)

Vodní energie, obdobně jako většina jiných druhů energií, je přeměna sluneční energie. Hustota výkonu slunečního záření činí maximálně kolem $1400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (měřeno ve stratosféře) a na Zemi se v ročním průměru pohybuje v rozmezí mezi $800 - 900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, avšak v ČR se hodnoty pohybují mezi $100 - 300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Energie uskutečňuje vypařování vody z řek, rybníků, potoků či nádrží. Množství potřebné energie vypočítáme ze vztahu:

$$Q = l_v \times m,$$

kde

Q – nezbytná energie pro vypaření vody,

l_v – měrné teplo výparné (pro vodu má konstanta hodnotu $l_v = 2,4 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$),

m – hmotnost vody.

Vzduch obsahuje jisté množství vodní páry. Lidské oko ji může zpozorovat pouze v okamžiku, až když se z ní stanou malé kapky vody. Čím je teplejší vzduch, tak tím více je schopen pojmout vody ve formě vodní páry. Avšak při překročení této schopnosti dojde ke kondenzaci kapek. Aby drobné kapičky mohly vzniknout, tak vyžadují tzv. kondenzační jádra, která jsou uskupována na mikroskopických částicích prachu. V dešťové kapce lze tedy najít zrnko prachu. Vznikají velmi malé kapky, které jsou schopné se udržet ve vzduchu a nepadat k zemi. Avšak mohou zmrznout a proměnit se v malé ledové krystalky. To je způsobeno tím, že s výškou teploty vzduchu klesá a tudíž i v létě je teplota nižší než $0 \text{ }^\circ\text{C}$ v několikakilometrové výšce.

Vodní kapky a ledové krystalky ve vzduchu do sebe narážejí, čímž se shlukují a rostou. Růst povzbuzuje jeden mikrofyzikální jev a to, že kapka vody je schopná „nasát“ menší kapky, které se vyskytují v okolí. To se děje proto, že vzduch v okolí jejího povrchu je mnohem sušší než u povrchu, který je malých kapek a příroda usiluje o vyrovnání tohoto rozdílu. Malá kapka se tedy vypařuje do větší kapky. Podobný jev se vyskytuje mezi ledovými krystalkami, která stejným principem „nasávají“ vodní kapky, které jsou v okolí.

Větší krystalky a kapky můžeme vidět ve vzduchu ve formě oblaků. V atmosféře často může docházet k výstupným pohybům, jenž jsou způsobily udržet ve vzduchu kapky určité velikosti. Pokud ledové krystalky a kapky vzrostou nad tuhle mezd, tak začnou padat k zemi. V teplejším vzduchu, který se blíží k zemskému povrchu, tak v něm ledové krystalky tají a přeměňují se na dešťové kapky či může vznikat déšť.

Energetický potenciál ve vodě můžeme vyjádřit jako:

$$W = m \times g \times h,$$

kde:

W – potenciální energie vody [J]

m = množství vody [kg]

g = gravitační zrychlení (9,81 m.s⁻²)

h = rozdíl nadmořské výšky [m]

Vodní elektrárna

Vodní elektrárny, jak již bylo řečeno, patří mezi obnovitelné zdroje energie. Při výrobě elektřiny neprodukují žádné emise a jsou tedy velmi vhodným zdrojem energie v moderním pojetí energetiky, která se snaží snižovat emise skleníkových plynů. A vodní toky jsou na Zemi hojně zastoupeny, proto jsou v současné době nejlepším zdrojem energie.

Vodní elektrárny je možné konstruovat od nejmenších průtočných, které mají výkon v řádech desítek kW, až po megalomanské přehradní elektrárny, které mají výkony v řádech tisíců MW. Navíc mají schopnost rychlého zahájení práce na plný výkon, tudíž můžou sloužit jako zdroje pro start ze tmy.

Ve vodních elektrárnách se využívá energie vodních toků – kinetická a potenciální energie.

Kinetická energie je závislá na rychlosti proudění vodního toku. Potenciální energie vzniká působením gravitace a je závislá na výškovém rozdílu hladin.

Základním dělením vodních elektráren je dělení podle typu: (Škvařil, 2008, s. 43)

- akumulční – hlavní částí je hráz, která slouží ke zvýšení tlakového spádu. K turbíně je voda přiváděna tlakovým přivaděčem, která pak pohání generátor. Tyto elektrárny také stabilizují vodní toky, čímž chrání před povodněmi. Nádrže jsou také velmi často zdrojem pitné vody pro vodárny nebo technologické vody pro zemědělství a průmysl
- derivační – za pomoci náhonu odvádí vodu z řečiště a používají její spád k pohonu turbíny. Následně ji vrací zpátky.
- přečerpávací – je tvořena dvěma nádržemi, které jsou propojené tlakovým přivaděčem. Turbína slouží také jako čerpadlo a generátor slouží jako motor.
- přílivové – ty mohou používat přímořské země, protože využívají přílivu a odlivu pro vytvoření tlakového spádu.
- příbojové – opět je mohou používat přímořské země, neboť kinetická energie vln roztáčí turbínu. Avšak v dnešní době jde především o experimentální zařízení.

Vodní elektrárny můžeme také rozdělovat z hlediska velikosti výkonu na: [31]

- malé – do 10 MW
- střední – 10 – 200 MW
- velké – nad 200 MW

Posledním dělením vodních elektráren je podle využívaného spádu: [31]

- nízkotlaké – spád do 20 m
- středotlaké – spád od 20 do 100 m
- vysokotlaké – spád nad 100 m

Vodní elektrárny v ČR

V Česku mají vodní elektrárny velmi početné zastoupení a dalo by se říct, že čerpáme možnosti našich řek opravdu na maximum a mají tak pro nás velmi velký význam. A to i přesto, že nemáme tak velké ani prudké toky s jakými se můžeme setkat třeba v zahraničí. Vodní energii využíváme už od nepaměti, dříve byl například velký počet vodních mlýnů nebo pil a později roku 1887 byla v Panském mlýně spuštěna první vodní elektrárna.

Kaskádový systém

Dnes nejvíce vodních elektráren u nás je postaveno na řece Vltava, kde tvoří takzvanou Vltavskou kaskádu. Ta se skládá z 9 přehrad, z nichž první byly postaveny ve 30. letech 20. století. Konkrétně to jsou přehrady: Lipno I, Lipno II, Hněvkovice, Kořensko, Orlík, Slapy, Kamýk, Štěchovice a Vrané. Dohromady zvládnou vyprodukovat elektrický výkon až 750 MW.

Tyto přehrady byly postaveny především za účelem výroby elektrické energie, není to však jejich jediný význam. Můžeme díky nim částečně ovládat tok Vltavy a Labe v některých částech, což slouží například jako ochrana před povodněmi. Dále slouží k rekreačním účelům, jako je rybaření nebo plavání. Dále také pomáhají ke stabilizaci vodní hladiny, to je důležité při čerpání vody na průmyslové činnosti nebo k její přeměně na vodu pitnou.

Výstavba kaskády nemá jenom výhody, ale také ji můžeme vytknout řadu negativ. K těm nejvýznamnějším určitě patří velký zásah do původní krajiny a tak i do života několika živočichů. Výstavba také zničila Svatojánské proudy, které patřily k jedním z nejhezčích přírodních úkazů na řece Vltava. Výstavbou se také stabilizovala teplota řeky, takže až na ojedinělá místa v zimě nezamrzá a v létě je voda podstatně chladnější.

Vodní elektrárna Dlouhé stráně

Vodní elektrárna Dlouhé stráně je nejvýkonnější v České republice. Dosáhla toho díky instalovanému výkonu 2 x 325 MW a také díky obrovskému vodnímu spádu 510,7 metrů. Také zde můžeme nalézt jednu zajímavost a to jsou největší Francisovy turbíny v celé Evropě.

Tuto elektrárnu můžeme nalézt na Moravě v okrese Šumperk, jejím vlastníkem, tak jako u většiny elektráren u nás, je skupina ČEZ.

Její výstavba byla velmi komplikovaná a dlouhá. Započala už roku 1978, ale do provozu se dostala až v roce 1996. Hlavním důvodem komplikací s výstavbou byla rozhodnutí vlády a projekt byl na začátku 80. let 20. století na nějaký čas postaven k ledu a nebylo vůbec jasné, jestli se zruší projekt úplně nebo bude jen pozdržen. Odpovědi jsme se dočkali roku 1985, kdy byl celý projekt přepracován a zmodernizován. Původně měla mít elektrárna 4 turbíny, ale na místo toho se inženýři přiklonili ke 2 výkonnějším. Poté se do výstavby také zapojili protesty ochránců přírody kvůli narušení celé krajiny a ohrožení živočichů, kteří v dané lokalitě žijí. V roce 1989 bylo konečně rozhodnuto o dokončení elektrárny a následně byla po dalších 7 letech uvedena do provozu.

Všechny tyto komplikace se samozřejmě velmi negativně podepsaly na ceně výstavby a nebylo zcela jasné, kdy se náklady za výstavbu vrátí. Celková cena výstavby se pohybovala okolo 6,5 miliardy korun, ale díky velkému výkonu elektrárny a malým nárokům na provoz se tato investice po 7 letech provozu vrátila.

Vodní elektrárna Dalešice

Další velmi významnou vodní elektrárnou u nás jsou právě Dalešice. Z hlediska výkonu se jedná o druhou nejvýkonnější vodní elektrárnu v České Republice. Nalezneme ji na řece Jihlava v obci Kramolín a jejím vlastníkem, stejně jako u vodní elektrárny Dlouhé stráně, je skupina ČEZ.

Její celkový výkon dosahuje 480 MW a je zajištěn v tomto případě 4 Francisovy reverzními turbínami z nichž každá má výkon 120 MW.

Dalešice nejsou pouze vodní elektrárna, ale komplex několika staveb s velkým počtem využití. Jednou z nich je, že slouží jako zásobárna vody pro jadernou elektrárnu Dukovany, bez které by nebyl možný její provoz. Dále slouží, jako ochrana před povodněmi nebo také naopak k zavlažování míst, kde je především v létě častý nedostatek vody. Přehradu se využívají i k rekreačním účelům, jako je plavání nebo chov ryb. Voda by v této oblasti měla být čistá a kvalitní což potvrzuje velký výskyt pstruhů a raků.

Aby toho nebylo málo, má tento komplex další důležitou roli a to je, že slouží, jako energetická rezerva v případě selhání jiných elektráren. Je za tímto účelem zvolena hlavně díky její schopnosti přejít na plný výkon do 60 sekund, který je možný takto přepnout na dálku z ovládacího centra v Praze. Tímto dosahuje prvenství u nás, jako elektrárna, která je schopna nejrychleji naběhnout na plný výkon.

Výstavba elektrárny Dalešice nebyla tak komplikovaná, jako v případě Dlouhé stráně a byla uvedena do provozu v roce 1978.

Vodní elektrárna Orlík

Orlík můžeme nalézt u přehrady Orlík na soutoku řek Vltavy, Lužnice a Opavy a jedná se o akumulární hydroelektrárnu. Dosahuje výkonu 364 MW, který zajišťují 4 Kaplanovy turbíny, každá o výkonu 91 MW.

Důležitou roli hraje především ve Vltavské kaskádě, kde zadržuje ohromných 720 milionů metrů krychlových vody a je tak nejobemnější akumulární nádrž v ČR. Značně se podílí na regulaci toků 3 řek a je schopna zadržet větší množství vody než jakou způsobila stoletá povodeň. Dále přehrada umožňuje rozsáhlou letní rekreaci, jako je například plavba lodí nebo turistika.

Vlastník ČEZ také uvádí, že má Orlík největší podíl na výrobě elektřiny ze všech českých hydroelektráren. Do provozu se dostala mezi lety 1960 a 1961.

Vodní elektrárna Slapy

Poslední významnou vodní elektrárnou, kterou bych rád v této práci zmínil je vodní elektrárna Slapy. Slapy jsou stejně, jako Orlík majetkem ČEZu a jedná se o akumulární vodní elektrárnu na Vltavské kaskádě. Konkrétně ji nalezneme u vodní nádrže Slapy na řece Vltava.

Celkový výkon má 144 MW, který zajišťují 3 Kaplanovy turbíny s výkonem 48 MW. Elektrárna byla spuštěna v roce 1956 a stala se tak první větší stavbou po 2. světové válce (loni slavila 60 let své existence).

Nové vodní elektrárny ČR

Největším úskalím pro výstavbu nových vodních elektráren je především jejich mohutnost a s tím souvisí vysoké náklady na jejich výstavbu. Dalším významným úskalím je citelný zásah do krajiny. Proto se v České republice spíše investuje do již postavených vodních elektráren a jsou instalovány výkonnější a modernější soustrojí.

V posledních letech společnost ČEZ uvažovala nad možností přestavby vodní elektrárny Orlík na přečerpávací elektrárnu. V roce 2013 si ČEZ nechal zhotovit posudek vlivu na životní prostředí. Tento posudek nenalezl negativní vlivy na životní prostředí, avšak přestavba nebyla zahájena, neboť došlo k poklesu cen elektřiny a tím se zvýšila nejistota dalšího vývoje. Vedení společnosti si nebylo jisté, že by se jim dvou až tří milionová investice vyplatila.

V ČR byla poslední přečerpávací elektrárny zprovozněna v červenci 2015 a to v podzemních prostorách bývalého ostravského Dolu Jeremenko. Tato elektrárny však nemá stejnou funkci jako ostatní elektrárny. Je to spíše pilotní zařízení, které slouží pro výzkumné účely.

Bylo spekulováno o tom, že se v ČR vybudují nové přečerpávací vodní elektrárny. Ministerstvo průmyslu a obchodu vytipovalo šest lokalit, které by mohly být vhodné pro výstavbu nových vodních elektráren. Tyto plány však úzce souvisí s rozvojem výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. V budoucnu bude možná potřeba vyrovnávat kolísání energie v síti dané výrobou z větrných či solárních parků. S tím by právě mohly pomoci přečerpávací vodní elektrárny, jež by byly tvořené dvojicí nádrží. Jedna by se nacházela na kopci a druhá pak v údolí. Při přebytku v elektrické síti by se proud spotřeboval pro přečerpání vody do horní nádrže, naopak při nedostatku by se voda spustila přes turbíny do spodní nádrže a elektřina by byla vyráběna. Tím by se mohlo předejít případnému přetížení sítě, výpadkům apod.

Realizace nových projektů závisí na soukromých investorech, kteří by stavbu zaplatili. Dle odhadů odborníků by se jejich investice mohly vrátit během 7 až 10 let.

Při případných výstavbách nových vodních přečerpávacích elektráren je nutné dosáhnout požadovaného převýšení mezi horní a dolní nádrží. Proto byla všechna vytipovaná místa na horách. Uvedeme si vytipované lokality.

Slavíč

Slavíč se nachází u Frýdku-Místku a byl označen za nejvhodnější lokalitu. Stavba vodní elektrárny zde byla plánovaná již před čtyřiceti lety, ale nakonec byla tehdy vybrána lokalita Dlouhé Stráně. Kdyby byla tato vodní elektrárna realizována, tak by měla podle plánů výkon 1 124 MW, což by bylo dvojnásobné množství, než má dnešní největší vodní elektrárny Dlouhé Stráně. Avšak investice do výstavby této elektrárny by byla tak nákladná, že je spíše zavrhována.

Šumný důl

Lokalita Šumný důl se nachází v Krušných horách. Jednalo by se o elektrárnu, který by měla výkon 880 MW.

Spálená

Horní nádrž přečerpávací vodní elektrárny měla být postavena v lokalitě Spálená a to na hoře Spálený vrch, jež má nadmořskou výšku 1 313 m. n. m. Je nižší pouze o několik desítek metrů než nedaleký Mravenečník, kde je umístěna horní nádrž elektrárny Dlouhé stráně.

V případě realizace měla být vodní elektrárna spálená vybudována podobným způsobem jako Dlouhé Stráně. Horní nádrž měla být vyhloubená v hoře a spodní měla být řešená jako přehrada. Mezi nádržemi by výškový rozdíl dosahoval 500 metrů a voda by protékala podzemním potrubím. Tato elektrárna by měla výkon 880 MW.

Červená jáma

Lokalita Červená jáma se nachází v Krušných horách. Měla by výkon 674 MW.

Smědavský vrch

Lokalita Smědavský vrch se nachází v Jizerských horách. Měla by výkon 620 MW.

Velká Morava

Oblast Velká Morava se rozprostírá v masivu Kralického Sněžníku. Tato elektrárna by měla výkon 536 MW. Avšak tento projekt byl zamítnut a to i z toho důvodu, že v nedaleké obci Dolní Morava byl vybudován velmi nákladný adrenalinový park, který by kvůli výstavbě vodní elektrárny musel být zrušen.

Největší vodní elektrárny na světě

Tři soutěsky(Čína)

Tato největší vodní elektrárna se nachází v Číně, v provincii Yichang. Má výkon 22 500 MW. Nachází se na řece Yangtze. Stavba tohoto obřího vodního díla začala v roce 1993 a trvala skoro 20 let, ale již během stavby byl provoz elektrárny zahajován postupně. Hráže je vysoká 181 metrů a dlouhá 2 335 m.

Výroba elektrického výkonu probíhá na 32 soustrojích o výkonu 700 MW, které dodávají elektřinu do sítě, a na dvou generátorech s výkonem 50 MW, jež se starají o napájení vlastní spotřeby elektrárny. Všechny použité vodní turbíny jsou typu Francis. V loňském roce vyprodukovaly Tři soutěsky 98,8 TWh elektrické energie. Pro představu, roční spotřeba elektřiny v České republice se pohybuje kolem 60 Twh.

Přehrada by měla také pomoci lodní dopravě. Právě pro tyto účely zde bylo vybudováno pětistupňové zdymadlo (opět největší na světě). Do roku 2011 má být dokončen i lodní výtah. Důsledkem vytvoření přehrady se stala nucené vysídlení více než 1.260.000 lidí. Kompletní ponořená oblast má 17 velkých měst, 140 obcí a více než 3000 vesnic.

Itaipu (Brazílie, Paraguay)

Vodní elektrárna Itaipu je se svým instalovaným výkonem 14 000 MW druhou největší elektrárnou na světě. Byla vybudována na toku řeky Parana na hranicích mezi Brazílií a Paraguayí.

Elektrárna začala dodávat do sítě výkon v roce 1984. 20 soustrojí, každé o výkonu 700 MW, ročně vyprodukuje kolem 98 TWh elektřiny a pokryje tak přibližně 17 % spotřeby elektřiny v Brazílii a 72,5 % v Paraguayi.

Ačkoliv ve většině médií se neustále tvrdí, že největší vodní elektrárnou na světě jsou Tři soutěsky na řece Jang-c'-ťiang v Číně, je toto tvrzení diskutabilní. Pravda, čínská hydroelektrárna má největší instalovaný maximální výkon 22,5 GW (gigawattů), zatímco Itaipu "jen" 14 GW (pro srovnání - výkon Temelína je kolem 2 GW). Ale důležitějším údajem, než je maximální možný výkon, je celkové množství vyrobené energie. A tady stále vede, byť opravdu jen velmi těsně, Itaipu. Elektřinu vyrábí 20 obrovských turbín, které zajišťují 19 procent spotřeby elektrické energie Brazílie a 90 procent spotřeby Paraguaye. Pro představu - elektrárna vyrobí za rok více elektřiny, než je celková roční produkce elektrické energie v celé České republice.

Xiluodu (Čína)

V Číně druhá a ve světě třetí největší vodní elektrárna Xiluodu je nejnovější vodní elektrárnou mezi desítkou největších. Do plného provozu byla uvedena teprve v létě loňského roku. Projekt výstavby elektrárny začal v roce 2005. Elektrárna se skládá ze dvou podzemních elektráren, přičemž v každé je instalováno devět jednotek po 770 MW. Souhrnný instalovaný výkon této vodní elektrárny je tedy 13 860 MW. Xiluodu hraje klíčovou roli v čínském plánu o elektrickém propojení východu a západu země.

Guri (Venezuela)

Venezuelská vodní elektrárna Guri, které se také říká Simón Bolívar, je se svým instalovaným výkonem 10 200 MW čtvrtou největší vodní elektrárnou na světě. Postavena byla na řece Caroni a jejím provozovatelem a vlastníkem je společnost CVG Electrification del Caroni. Výstavba začala v roce 1963 a byla rozdělena do dvou fází, které byly dokončeny v letech 1978 a 1986. O výrobu elektřiny se stará 20 soustrojí s různým výkonem pohybujícím se od 130 MW do 770 MW. Ročně tato elektrárna dodá do sítě okolo 12,9 TWh elektřiny.

Turbína

Je mechanický rotační stroj, který se skládá z jednoho nebo více pohyblivých lopatkových kol, které jsou umístěny na společné hřídeli, mezi kterými prochází kapalina nebo plyn. Tepelná a tlakové energie proudícího plynu nebo kapaliny se v turbíně přeměňuje na rotační pohyb hřídele stroje.

Turbína má mnohostranné využití.

Velmi významné je použití v energetice, kde se turbíny využívají jako poháněcí stroj pro elektrické alternátory, které vyrábějí elektrickou energii.

Turbíny, které se využívají ve vodních elektrárnách jsou konstruovány tak, že mohou sloužit jako čerpadla vody – Francisovy turbíny.

Vodní turbína je točivý mechanický stroj, který přeměňuje kinetickou nebo tlakovou energii vody na mechanickou energii. Původně se využívalo vodní kolo známé jako mlýnské kolo.

Rozdělení turbín:

Vodní turbína je točivý mechanický stroj, který přeměňuje kinetickou či tlakovou energii vody na mechanickou energii. Předchůdcem vodní turbíny bylo vodní kolo (známé také jako mlýnské kolo). Spolu s elektrickým generátorem resp. alternátorem spojeným s turbínou je hlavní součástí vodních elektráren. Generátor převádí mechanickou energii turbíny na energii elektrickou.

Druhy vodních turbín: Nejznámější vodní turbíny jsou:

- Francisova turbína
- Peltonova turbína
- Kaplanova turbína
- Bánkiho turbína

Francisova turbína

Je typem vodní turbíny, vyvinutý Jamesem B. Francisem v roce 1849.

Jedná se o přetlakovou turbínu. Má dvě varianty podle uložení hřídele a to vertikální a horizontální. Francisovy turbíny dnes patří mezi nejpoužívanější. Používají se především pro produkci elektrické energie. Jedná se o turbínu, která využívá spád 40-700 m.

Rotor mívá většinou litinový náboj, jež přechází v prohnuté dno. To tvoří s vnějším věncem rotační dutinu, která mívá radiální až diagonální vtok a radiální až axiální výtok. Věnc a dno jsou spojeny litinovými nebo ocelovými lopatkami. Malá kola můžou být vyrobena i z bronzu.

Stator je převážně tvořen po obvodu rozmístěnými rozváděcími lopatkami, jež jsou pohyblivé a lze s nimi uzavřít turbínu či regulovat průtok vody, tím můžeme měnit výkon celé turbíny. Turbína je situována v betonové nebo kovové uzavřené spirále či v otevřené betonové kašně, která zabezpečuje rovnoměrný přívod vody na rozváděcí lopatky.

Peltonova turbína

Tuto turbínu zavedl roku 1890 H. Pelton. Rotor turbíny je tvořen „lopatkovým kolem“, kdy jednotlivé lopatky tvoří dvojice ledvinových misek, které mají ostré břity na jejich styku. Turbína má 1 – 6 trysek, které regulují proud vody na břity lopatek. Lopatky můžou otočit směr proudu vody až o 180°. Tím se odevzdá energie kolu. Regulace je prováděna pomocí regulační jehly, která může změnit množství vody, jež prochází tryskou, či zapínáním a vypínáním jednotlivých trysek. Peltonova turbína má velmi široký regulační rozsah. Peltonova turbína je rovnotlakou turbínou. Voda proudí tečně na obvod rotoru pomocí trysek.

Kaplanova turbína

Kaplanova turbína je axiální přetlaková turbína, která má velmi dobrou možnost regulace. Toho lze využít v místech, kde není možné zajistit stálý průtok nebo spád.

Vynálezce turbíny je Viktor Kaplan, profesor brněnské techniky. Od Francisovy turbíny se odlišuje menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola a také možnostmi regulace náklonu lopatek u rozváděcího i oběžného kola.

Kaplanova turbína má mnohem vyšší účinnost než turbína Francisova, avšak je mnohem dražší a složitější. Je používána pro spády od 1 do 70,5 m a průtoky 0,15 až několik desítek m³/s. Největší hltnost Kaplanovy turbíny na světě má vodní elektrárna Gabčíkovo Na Dunaji – 636 m³/s, při spádu 12,88–24,20 m.

Kaplanova turbína se používá hlavně na malých spádech při velkých průtocích, jež nejsou konstantní. Bývá instalována se svislou nebo s vodorovnou osou otáčení v závislosti na rozdílu hladin.

Historie vývoje Kaplanovy turbíny

Jako první při teoretickém návrhu turbíny bral také v úvahu vaznost vody Viktor Kaplan. V letech 1910-1912 na základě svých úvah Kaplan navrhl nový tvar oběžného kola. V roce 1919 brněnská firma Ignác Storek vyrobila první prototyp Kaplanovy turbíny. Bylo ukázáno, že tato turbína má vynikající mechanickou účinnost a to až 86%.

Kaplanovým žákům se podařilo rozluštit problémy s kavitací a následně se tato turbína stala nejvýznamnějším typem, který byl používán v obrovských vodních elektrárnách po celém světě. Pro československé strojírenství byly tyto turbíny úspěšným vývozním artiklem.

Bánkiho turbína

Je to velmi konstrukčně jednoduchá přechodová vodní turbína. Jejím typickým znakem je, že lopatky oběžného kola jsou protékány dvakrát.

Vynálezcem této turbíny je Donát Bánki, který ji vynalezl v roce 1917. Používá se u malých vodních elektráren.

Oběžné kolo tvoří dvě kruhové desky, mezi kterými jsou jednoduché lopatky. Kolo je uschováno ve skříni, kdy z jedné strany teče usměrněný proud vody.

V dnešní době jsou Bánkiho turbíny vybavovány na odtokové straně sací rourou, která pomáhá zvyšovat hydroenergetický potenciál turbíny.

Dále se vodní turbíny mohou dělit do několika skupin dle:

1) Orientace proudění:

- Tangenciální
- Radiální
- Diagonální
- Axiální

2) Tlaku:

- Rovnotlaká

Typickou rovnotlakovou turbínou je Peltonova Turbína. Tlak vody před oběžným kolem rovnotlaké turbíny je stejný jako za oběžným kolem. Oběžné kolo takové turbíny musí být umístěno nad spodní hladinou, aby nebrodilo. Tím vzniká určitá ztráta spádu, která je však pro turbíny pracující s vysokým spádem zanedbatelná.

- Přetlaková

Hranice pro použití velkých přetlakových turbín je spád 400 m.

3) Polohy:

- Horizontální
- Vertikální
- Šikmé

4) Celkové konstrukce:

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| - Fourneyronova turbína | - Dériazova turbína |
| - Bánkiho turbína | - Savoniova turbína |
| - Davisova turbína | - Turgo turbína |
| - Teslova turbína | - Setur turbína |
| - Henckelova turbína | - Zupingerova turbína |
| - Girardova turbína | |

Princip vodní elektrárny

Voda ve vodní elektrárně roztáčí turbínu, která je na jedné hřídeli spolu s elektrickým generátorem, jako celek se nazývají turbogenerátor. Elektrická energie tak vzniká přeměnou z mechanické energie proudící vody, tato elektrická energie je transformována a odváděna do spotřebních míst. Na obdobném principu funguje i jaderná a uhelná elektrárna.

Typ turbíny závisí na tom, v jakých podmínkách se vodní dílo nachází a jaký je má účel. Nejvíce se setkáme s řadou modifikací turbíny typu reakčního neboli Kaplanovou, nebo Francisovou turbínou. Akční Peltnova turbína je využívána na místech s vysokým spádem. Turbína s reverzním chodem, s přestavitelnými lopatkami je používána v přečerpávacích vodních elektrárnách. Pro malé vodní elektrárny je nejčastěji používána drobná, horizontální Bánkiho turbína zároveň s jednoduchou modifikací Francisovi turbíny. Za nejvíce účinnou turbínu pro velké spády se považuje Dériazova turbína, což je diagonálně postavená Kaplanová turbína. Moderní turbíny se rozdělují podle typu práce na rovnotlaké a přetlakové.

V turbínách rovnotlakých se tlak vody nemění, zůstává neustále stejný, což znamená že když voda vstupuje s určitým tlakem do turbíny, tak vystoupí s naprosto stejným tlakem také ven.

V přetlakových turbínách voda s daným přetlakem vstoupí do oběžného kola, tento tlak při průtoku klesá. Při vstupu do turbíny má tak voda větší tlak než při výstupu z ní. Na tomto principu pracují Francisovi turbíny, které jsou nejvhodnější pro střední spády. Na malých spádech, kde jsou menší výkony, se nejvíce hodí horizontální turbíny. Zatímco na malých spádech s velkými výkony jsou vhodné turbíny vertikální. Francisovi turbíny se stále vyvíjejí, mohou dosáhnout výkonu až 1000MW a více.

Vodní turbíny mají 95 % účinnost, a tak jsou považovány za nejdokonalejší mechanické motory. Výběr ideálního místa pro stavbu vodní elektrárny se řídí podle tvaru terénu, množství vody a také podle výškových a spadových možností. Například, jsou elektrárny zabudované v hrázi, nebo také postavené podzemí, kde do nich voda přitéká tlakovým potrubím a poté je odváděna podzemním kanálem.

Využitelnost energie vodního toku

Kvantita využitelné energie vodního toku je dána rozdílností výšek dvou vodních hladin a kvantitou proudící vody mezi těmito nádržemi. Většinou je nutné tento výškový rozdíl uměle vytvořit, aby byl tok vhodný pro energetické využití. Výškového rozdílu je nejčastěji dosaženo vzdutím vody, obvykle vytvořením vyšších přehrad či nižších jezů.

Výhody vodní elektrárny

1. vodní zdroj je nevyčerpatelný
2. bez produkce škodlivých emisí

Nevýhody vodní elektrárny

1. vysoké investiční náklady
2. Poměrně složitá obsluha a údržba zařízení.

Přečerpávací vodní elektrárna

Speciální typ vodní elektrárny je přečerpávací vodní elektrárna. Jako jediná z dnešních prostředků umožňuje akumulaci velkého množství energie. Řeší tak problém rozdílnosti spotřeby energie během dne. Součástí přečerpávací vodní elektrárny jsou dvě vodní nádrže a to horní nádrž (výše položená) a dolní nádrž (níže položená). Tyto dvě nádrže jsou spojeny spádovým potrubím velkého průměru. Přebytková energie v elektrorozvodné síti se v noci používá k přečerpání vody z dolní nádrže do horní. Tato energie je tak uschovaná do doby, kdy je v elektrorozvodné síti energie nedostatek. Při potřebě energie se naopak voda vypouští přes turbínu z horní nádrže zpět do dolní. Během přečerpání se část naakumulované energie ztratí, ale celková energetická účinnost sahá až k 80 %.

Konstrukce funkčního modelu vodní elektrárny

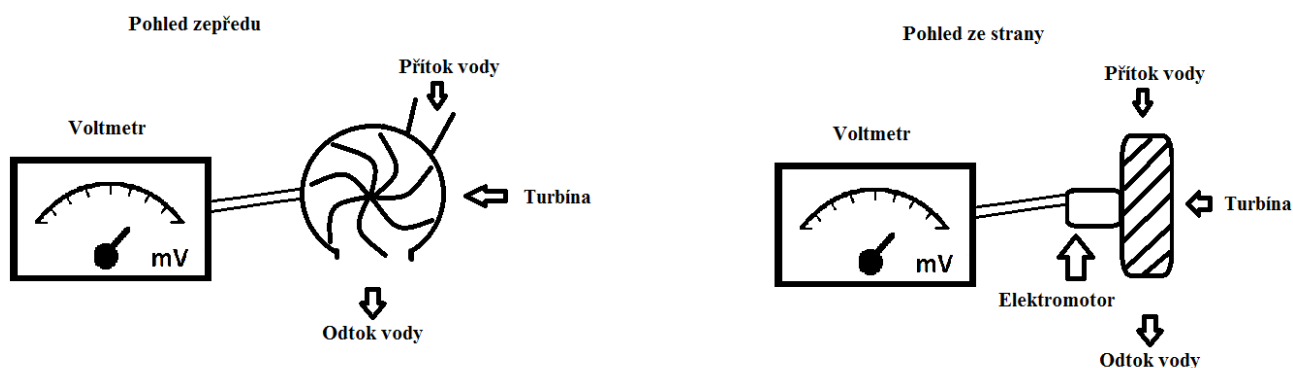
Při stavbě modelu elektrárny jsme se snažili o co nejjednodušší konstrukci. Naše motivace pro toto řešení byla, aby si každý mohl z lehce získatelných materiálů postavit obdobu našeho modelu vodní elektrárny. Jako důkaz, že naše elektrárna vyrábí elektřinu použijeme voltmetr, který bude při zapojení vykazovat určité hodnoty.

Při konstrukci modelu bylo užito těchto materiálů:

- konzerva
- elektromotor
- voltmetr
- hliníkový plát
- lepidlo

Stručný popis postupu:

- 1) Z hliníkového plátu a lepidla vytvoříme turbínu, kterou připevníme na hřídel elektromotoru.
- 2) Turbínu umístíme dovnitř konzervy.
- 3) V konzervě uděláme otvor na hřídel a připevníme k ní elektromotor.
- 4) V konzervě vytvoříme otvory na přítok a odtok vody.
- 5) K elektromotoru připojíme voltmetr.



Výhody našeho modelu vodní elektrárny

- Jednoduchá konstrukce z materiálů, které má každý doma.
- Přijatelná velikost, která nezabírá místo.

Nevýhody našeho modelu vodní elektrárny

- Malý výkon, zapříčiněný jediným dostupným elektromotorem, který už pozbyl potenciálu původního výkonu.

Závěr

V moderním pojetí energetiky, kde je snaha o snížení emisí skleníkových plynů, je vodní elektrárna nejvhodnější zdroj energie. Vodní elektrárny neznečišťují životní prostředí, neprodukují škodlivé látky. Vodní elektrárny mají také schopnost rychlého zahájení práce na plný výkon. Na Zemi jsou hojně zastoupeny vodní toky, získávání energie z vodních toků je tak velice dostupné. Další velké plus je nevyčerpatelnost vodní energie. Vodní energie se dá považovat za nevýznamnější zdroj energie z obnovitelných zdrojů, protože je jediná schopna ekonomicky konkurovat nukleární energii a fosilním palivům.

Při práci na tomto projektu, jsme tak došli k závěru, že vzhledem k těmto faktům, je z našeho pohledu, v současné době, nejlepším zdrojem elektrické energie vodní energie, a tak i výroba elektrické energie skrze vodní elektrárny.

Obrázky:

- 1) Obrázek 1 – Schéma Voltova článku - <http://docplayer.cz/docs-images/40/7967/images/8-0.jpg>
- 2) Obrázek 2 – Maxwellovy rovnice - <http://enpedie.cz/rovnice/maxwell1.png>
- 3) Obrázek 3 – Soustředění spádu [32]
- 4) Obrázek 4 – Soustředění průtoku [32]
- 5) Obrázek 5 – soustředění spádu a průtoku [32]

Zdroje:

Internetové zdroje:

- 1) <http://remeslnici.profiweb.cz/historie-vzniku-elekriny/>
- 2) <http://zivotopis.osobnosti.cz/michael-faraday.php>
- 3) <http://www.e-fyzika.cz/fyzici/georg-simon-ohm.php>
- 4) <http://www.e-fyzika.cz/fyzici/alessandro-volta.php>
- 5) https://cs.wikipedia.org/wiki/Teslova_turb%C3%ADna
- 6) <http://www.converter.cz/fyzici/krizik.htm>
- 7) <http://www.converter.cz/fyzici/edison.htm>
- 8) <http://www.converter.cz/fyzici/tesla.htm>
- 9) http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vodni_energie.pdf
- 10) http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-str-10.01_vodniturbiny.pdf
- 11) <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elekrarny-princip-arozdeleni/>
- 12) <http://ireferaty.cz/303/5244/Vodni-elekrarna>
- 13) <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elekrarny-princip-arozdeleni/>
- 14) <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/5-nejvetsich-vodnich-elekraren-v-ceske-republice.aspx>
- 15) <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elekrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elekriny.aspx>

- 16) <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/voda/orlik.html>
- 17) https://cs.wikipedia.org/wiki/Svatoj%C3%A1nsk%C3%A9_proudy
- 18) <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/voda/slapy.html>
- 19) <http://www.dalesickaprehrada.cz/vodni-elektrarna-dalesice/>
- 20) <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/voda/flash-model-jak-funguje-vodni-elektrarna.html>
- 21) http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vodni_energie&site=energie
- 22) <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3645&h=279&pl=49>
- 23) <http://www.elektrarny.xf.cz/vyuziti.pdf>
- 24) <http://www.chmi.cz/hydro/opzv/bilance/bilance.htm>
- 25) http://hydraulika.fsv.cvut.cz/predmety/VIN/ke_stazeni/Jezy.pdf
- 26) <http://www.cez.cz/cs/vzdelavani/publikace.html>
- 27) <http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/precerpavaci-vodni-elektrarny-v-ceske-republice/>
- 28) <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vystavba-novych-vodnich-elektřaren-v-cr-jake-jsou-plany.aspx>
- 29) ŠKVAŘIL, J. *Obnovitelné zdroje v České republice*. Brno, 2008. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Diplomová práce.
- 30) <http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=08>
- 31) <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni/>
- 32) ŠIMEK, P. *Přečerpávací vodní elektrárna*. Brno, 2009. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Bakalářská práce.
- 33) <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=882>