

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie

Bakalářská práce

Petr Sláčala

Environmentální aspekty vodních elektráren

v České republice

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval sám a za použití zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Olomouci dne 19.4.2015

.....

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat p.Vochtovi a ing.Vykydalovi za ochotu a čas, jenž mi věnovali, vedoucí práce Mgr. Monice Morris, PhD., za její cenné rady a vstřícnost při konzultacích a především mé rodině za trpělivost a podporu při psaní práce.

Obsah

Úvod.....	1
1. Cíle práce	2
2. Metody a postup práce.....	3
3. Vodní energie a historie jejího využívání.....	4
4. Hydroenergetický potenciál České republiky	6
5. Současný stav vodní energetiky v České republice.....	9
5.1. Vodní elektrárny	9
5.2. Význam vodních elektráren pro trvale udržitelný rozvoj	18
5.3. Situace na trhu s elektrickou energií v ČR.....	21
5.4. Legislativa České republiky v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie.....	23
6. Environmentální aspekty vodních elektráren.....	27
6.1. Hydrologický režim	29
6.3. Kvalita vody	31
6.4. Skleníkové plyny	33
6.5. Biodiverzita	34
6.6. Migrační bariéry	35
7. Malá vodní elektrárna (MVE) v obci Bystrovany	37
7.1. Historie elektrárny a její současný stav	37
7.2. Charakteristika zájmového území	38
7.3. Princip činnosti a technická data elektrárny.....	40
7.4. Analýza vlivu MVE na životní prostředí	42
8. Přečerpávací vodní elektrárna (PVE) Dlouhé stráně	44
8.1. Výběr lokality pro výstavbu PVE.....	44
8.2. Charakteristika zájmového území	45
8.3. Princip činnosti a technická data	47
8.4. Analýza environmentálních aspektů PVE Dlouhé Stráně	50
9. Závěr	57
Seznam použitých zdrojů:	59
Seznam zkratk:.....	63
Seznam obrázků:.....	63
Seznam tabulek:	64
Seznam grafů:	65

Úvod

Tak jako každá stavba zasazená do krajiny, tak i vodní elektrárny významně ovlivňují a přetvářejí své okolí. Potenciální energii vody využívá člověk od nepaměti. Nejprve k přepravě zboží, ve mlýnech, hamrech a na pilách. Od začátku 20. století začali lidé využívat mechanickou práci vody také k výrobě elektrické energie ve vodních elektrárnách, kterou odstartovala rozvíjející se elektrizační soustava (Ďurica, 2010).

Nevyčerpatelná a čistá energie vody, kterou řadíme k nejvýznamnějším obnovitelným zdrojům, je jednou z nejcennějších vůči životnímu prostředí. Koloběh vody v přírodě představuje neustále se obnovující zdroj energie. Proto nemůže dojít v budoucnu k jejímu vyčerpání, tak jako je tomu v případě fosilních paliv, kterých je na Zemi pouze omezené množství.

V České republice nejsou přírodní podmínky pro budování velkých vodních energetických děl ideální. Většina řek na našem území pramení, a proto nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody (Musil, 2009). Jako nejvhodnější se proto do budoucna jeví výstavba malých vodních elektráren a přečerpávacích vodních elektráren, které sebou ovšem přináší mnoho negativních aspektů (Musil, 2009).

Malé vodní elektrárny se v minulosti stavěly především na místech bývalých mlýnů a jezů. Důvodem bylo využití stávajících vodních náhonů, jelikož budování nových je značně nákladné a výrazně prodražuje stavbu a potažmo návratnost investovaných peněz (Kos, 2014). Přečerpávací elektrárny mají svůj nesporný význam v možnosti akumulace energie a okamžitého spuštění v případě potřeby rovnoměrného zásobování sítě elektrickou energií (Motlík, 2007).

Výstavba a provoz vodní elektrárny obvykle negativně zasáhne do ekosystému v dané lokalitě, v závislosti na rozsahu a umístění stavby. Jejich význam ovšem spočívá především v tom, že částečně vytěsňují výrobu v tepelných elektrárnách, které díky velkému množství pevného odpadu a exhalací vypouštěných do ovzduší patří k největším znečišťovatelům životního prostředí vůbec. Je však potřeba výstavbu a provoz vodních elektráren plánovat tak, aby co nejméně zasáhly do morfologie a estetiky krajiny a maximálně omezit všechny negativní aspekty, aby dopady na životní prostředí byly co nejmenší.

1. Cíle práce

Hlavní cíle bakalářské práce:

- na základě studia odborné literatury a terénního průzkumu analyzovat environmentální aspekty vodních elektráren v České republice a zhodnotit jejich pozitivní a negativní dopady.

Dílčí cíle:

- zhodnotit hydroenergetický potenciál České republiky,
- vysvětlit princip činnosti vodních elektráren a jejich konstrukční řešení,
- zhodnotit význam energie získávané z vody pro trvale udržitelný rozvoj a jejich podíl na trhu s elektrickou energií,
- zmapovat současný stav vodních elektráren v České republice,
- seznámit se s legislativou České republiky týkající se požadavků na výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů,
- vysvětlit environmentální aspekty a dopady vodních elektráren,
- zhodnotit význam malé vodní elektrárny v obci Bystrovany, která svou velikostí a zásahem do životního prostředí pravděpodobně neovlivňuje své okolí v takovém rozsahu, jako velká vodní díla využívaná k výrobě elektrické energie, popsat výhody malých vodních elektráren a jejich přínos pro životní prostředí v České republice,
- analyzovat environmentální dopady přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně, která zásadním způsobem zasahuje do chráněné krajinné oblasti Jeseníky, pomocí informací získaných terénním průzkumem zkoumané lokality, diskusí se zaměstnanci elektrárny a lidmi žijícími v této zájmové oblasti.

2. Metody a postup práce

Pro vypracování bakalářské práce je použita literární rešerše zpracovaná na základě shromážděných informací při studiu odborné literatury, převážně z knih Bedřicha Moldana „*Podmaněná planeta*“, Dušana Ďurici „*Energetické zdroje včera, dnes a zítra*“, Petr Musila „*Globální energetický problém a hospodářská politika*“ a Jana Hölla „*Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně*“. Neocenitelné jsou také informace čerpané z vědeckých studií z archivů PVE Dlouhé Stráně a Okresního archivu v Šumperku. Informace jsou taktéž čerpány z dostupných internetových zdrojů. Především ze stránek Ministerstva životního prostředí, Ministerstva průmyslu a obchodu, Českého hydrometeorologického ústavu a výročních zpráv Energetického regulačního úřadu. Důraz je kladen na poznatky z oborů environmentalistiky, geografie, hydrologie, práva a znalostí na technické požadavky týkající se provozu vodních elektráren.

Studium v terénu je zaměřeno na environmentální aspekty dvou zájmových oblastí, které jsou vybrány z důvodu odlišného typu vodních elektráren umístěných do těchto lokalit a jejich různé míry působení na daný ekosystém. Malé vodní elektrárny (MVE) v obci Bystrovany, jejíž negativní dopady na životní prostředí nejsou vzhledem k velikosti vodního díla příliš velké a přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně (PVE), která svým rozsahem a umístěním do chráněné krajinné oblasti Jeseníky výrazně zasáhla do tamní krajiny. Pro získání potřebných informací byl proveden vlastní výzkum přímo v zájmových oblastech. Informace získané při rozhovorech s majitelem MVE p.Vochtou, ing. Vítem Vykydalem z PVE a obyvateli zájmových lokalit, jsou zapracovány do bakalářské práce, jakožto velmi důležité a přínosné zdroje.

Bakalářskou práci doplňují tabulky, grafy a fotografie, které jsou převzaty z původních zdrojů a upraveny. Text je pro snadný přehled doplněn také fotografiemi pořízenými autorem při terénním průzkumu.

3. Vodní energie a historie jejího využívání

Využití kinetické a potenciální energie vody za účelem získání mechanické práce, patří mezi první pokusy našich předků ovládnout přírodní zdroje ve svůj prospěch (Musil, 2011). Vodní energie vzniká při koloběhu vody v přírodě vlivem gravitační síly Země, sluneční a větrné energie. Jedná se o neustále se obnovující zdroj energie na Zemi a nemůže proto dojít v budoucnu k jejímu vyčerpání. Proto tuto nevyčerpatelnou a čistou energii řadíme mezi obnovitelné zdroje. Vodní energie patří v současnosti mezi nejvyužívanější obnovitelnou energii (ERÚ, 2014).

Mezi nejstarší vodní stroje patří vodní kola (Obr. 1), která se využívala v minulosti především ve mlýnech, hamrech a k dopravě vody pro zavlažování polí. Nejstarší vodní lopatkové kolo bylo použito již v roce 135 před Kristem. Na našem území byl v roce 718 spuštěn první vodní mlýn na řece Ohři (MŽP, 2015). K rozšíření vodních strojů došlo v období středověku zásluhou mnišských řádů, které je hojně využívaly. Nejstarší vodní turbíny jak je známe dnes, byly v Evropě uvedeny do praxe na začátku 19. století ve Francii (Musil, 2009). Mezi průkopníky v tomto oboru byli Francouzi Bourdin, Fourneyron, Američané J.B. Francis a L.A. Pelton a v neposlední řadě také profesor vysoké školy technické v Brně Viktor Kaplan. První vodní elektrárna v Čechách, byla uvedena do provozu roku 1888 v Písku, v návaznosti na spuštění osvětlení centra města Františkem Křížíkem (Musil, 2009). Vodní energie byla v minulosti využívána v mnoha oborech lidské činnosti. Dnes se již využívá výhradně pro výrobu elektrické energie ve vodních elektrárnách. Nejdříve sloužila elektřina k osvětlení, ale postupem času také k pohonu elektrických strojů. Postupem času vznikaly závodní elektrárny dodávající elektřinu obcím pro veřejné osvětlení a následně i pro spotřebu široké veřejnosti. První elektrárny byly stejnosměrné, ale později se začalo užívat střídavého proudu. Na našem území začaly vznikat vodní elektrárny ve větší míře koncem 19. století, jednalo se však o elektrárny s malým výkonem. Masový rozvoj velkých vodních elektráren nastal teprve v 50. letech 19. století (Musil, 2009). Z tohoto období pochází naše nejznámější vodní díla, která tvoří tzv. Vltavskou kaskádu, tvořenou hydroelektrárnami Lipno, Orlick, Kamýk, Slapy a Štěchovice.

Vodní elektrárny přeměňují mechanickou energii protékající vody na energii elektrickou za pomoci turbogenerátoru. Na vodních tocích využíváme kinetickou energii proudící vody, která závisí na spádu toku. V případě vodních děl využíváme rozdíl potenciální energie mezi hladinou horní nádrže a spodní nádrže (Mastný, 2011). Zatímco průtok je veličina proměnná,

spád je možno považovat za konstantu danou terénem. Ve vyšších polohách lze snáze získat dostatečný spád, a tím i dostatečný výkon na tocích s menším průtokem. Kinetická a potenciální energie vody jsou základní veličiny ovlivňující provoz vodní energetiky. Vodní elektrárny jsou velmi účinné a mají nízké provozní náklady. Produkují minimum tepla, a proto je šíření škodlivých emisí do životního prostředí velmi nízké (Mastný, 2011).

Využívání vodních zdrojů se v moderní době neustále zvyšuje. Mimo již zmíněného energetického využití, slouží voda také jako pitný zdroj, k zavlažování, nebo mytí. Největší podíl celkové produkce vykazují vodní elektrárny v Kanadě, Švýcarsku nebo v Norsku, kde tento podíl dosahuje 99,5 % (Musil, 2009).



Obr. 1: Vodní kolo (Zdroj: <http://vodnimlyny.cz/data/uploaded/images/mills/222/9769.JPG>)

4. Hydroenergetický potenciál České republiky

Hydroenergetický potenciál vodního toku je veškerá energie protékající vody, vztažená na určitou oblast. Obvykle se udává průměrná hodnota za 1 rok (Motlík, 2007). Získané údaje o hydroenergetickém potenciálu zájmové oblasti slouží ke zhodnocení možností jeho využití pro výrobu elektrické energie.

Hrubý hydroenergetický potenciál - stanovuje se z nadmořských výšek a průměrných průtoků dané lokality. Vztahuje se k hladině moře, nebo k hladině toku na státní hranici (Mastný, 2011).

Teoretický hydroenergetický potenciál – udává zásobu energie v řekách za předpokladu stoprocentního využití spádu toku a jeho středních průtoků (Mastný, 2011).

Reálně využitelný hydroenergetický potenciál – nedosahuje hodnoty teoretického potenciálu, jelikož není možno využít celý spád v plném rozsahu z důvodu antropogenních překážek, chráněných oblastí atd. Taktéž přeměna vodní energie na elektrickou je omezena účinností turbín, generátorů, ztrátami přenosové soustavy apod. (Mastný, 2011).

Hydroenergetický potenciál České republiky je výrazně ovlivněn její geografickou polohou uprostřed Evropy. Územím České republiky prochází tři hlavní evropská rozvodí oddělující úmoří Severního, Baltského a Černého moře. Naše řeky pramení v poměrně nízkých polohách, a proto nemají dostatečný spád ani množství vody. Díky tomu nedosahuje podíl vyrobené elektrické energie ve vodních elektrárnách vůči jiným zdrojům 14 %, jako je obvyklý průměr v jiných státech Evropské unie (ERU, 2014). V České republice se podílejí vodní elektrárny 17 % na celkovém instalovaném výkonu a vyrobí zhruba 4 % elektrické energie (Musil, 2009).

Tabulka 1: Technicky využitelný hydroenergetický potenciál toků v ČR do 10 MW dělený podle dílčích povodí (Zdroj: ČEZ)

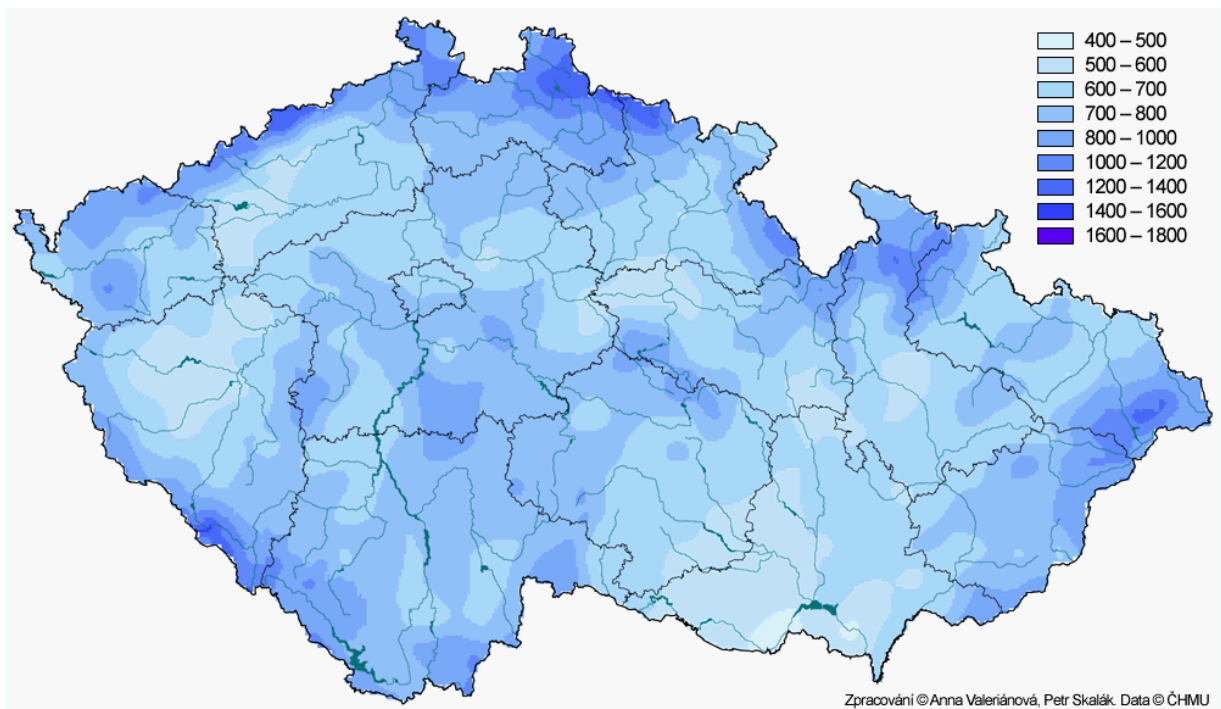
Povodí	Výkon (MW)	Výroba (GWh/rok)
Labe	114	420
Vltava	164	430
Ohře	78	300
Odra	56	100
Morava	100	250
Celkem	512	1500

Zvýšení tohoto podílu by představovalo vysoké investice a množství zaplavené půdy. Využitelný hydroenergetický potenciál České republiky je přibližně 3380 GWh ročně (Musil, 2009). Vodní toky v ČR jsou řízeny správami povodí (Tabulka 1) Ohře, Labe, Vltavy, Odry a Moravy.

Pro stavbu velkých vodních děl nejsou v České republice již prakticky žádné vhodné lokality a navíc jsou možnosti jejich další výstavby z hlediska možných dopadů na životní prostředí velmi omezené, jelikož negativní dopady přehrad obvykle převažují nad jejich přínosem. V současnosti je výstavba nových vodních elektráren nad 10 MW ve stádiu úvah (ČEZ, 2015).

Ovšem geografické podmínky naší země jsou velmi příznivé pro výstavbu malých vodních elektráren s výkonem do 10 MW, převážně na horních tocích řek. Využitelný potenciál pro malé vodní elektrárny v České republice je 1 570 GWh/rok (ČEZ, 2015). Je zřejmé, že tento potenciál představuje plné pokrytí vodních toků stávajícími i nově doplněnými vzdouvacími objekty. V současné době využíváme přibližně 40 % tohoto potenciálu (ČEZ, 2015). Většina vhodných lokalit využívajících již existujících vodních náhonů je sice zabraná, ale nabízí se výměna stávajících turbín za modernější a účinnější, nebo obnovení zaniklých zařízení. Pro výstavbu nových malých vodních elektráren je dostatek lokalit na menších tocích, ale za cenu větších počátečních investic z důvodu výkupu pozemků, vybudování vodních přivaděčů a jezů. Tyto lokality však mají horší hydrologické podmínky, než lokality již využívané. Krajiní mezí pro návratnost investice je spád kolem 2 metrů. (Musil, 2009). Vezmeme-li v úvahu, že malé vodní elektrárny mají velice nízké provozní náklady a dlouhou životnost, je i tato možnost vhodná k zamyšlení pro případné investory.

Provoz vodní energetiky na horních tocích řek v geografických podmínkách České republiky je značně závislý na meteorologických srážkách. Lokality s příhodnými srážkovými poměry vhodnými pro výstavbu MVE (Obr. 2), jsou soustředěny především do horských oblastí.



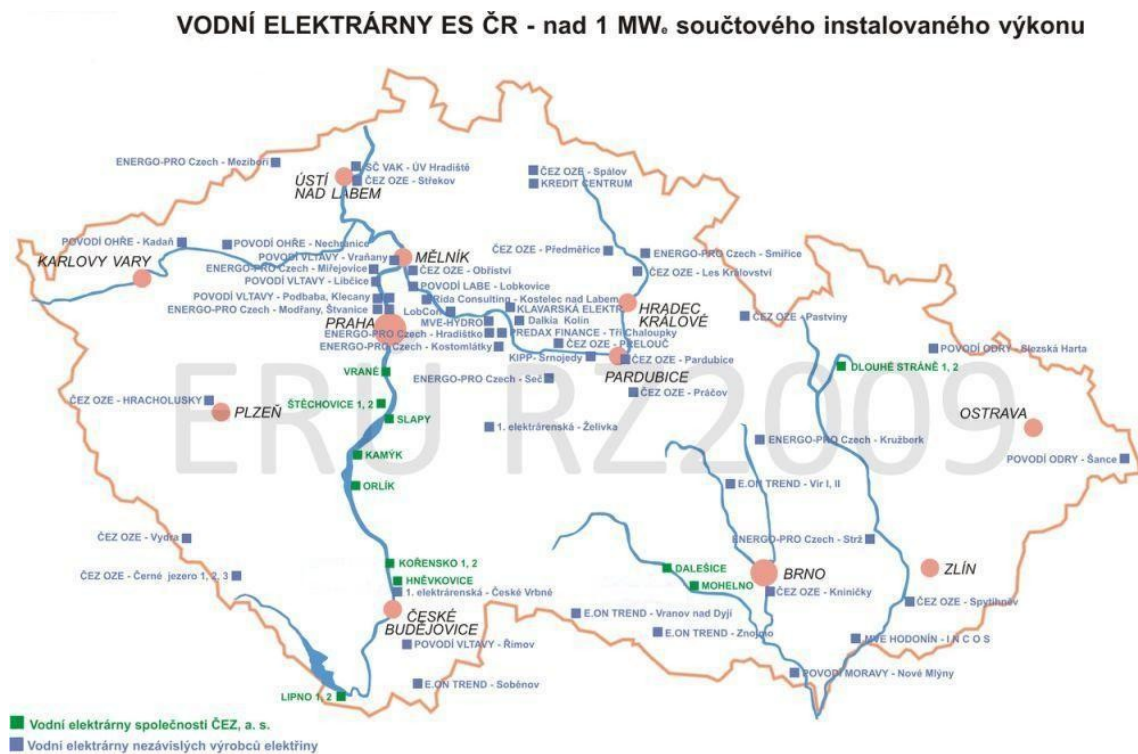
Obr. 2: Roční srážkový úhrn, ČR, 2013, v měřítku 1:2 000 000 (Zdroj: ČHMÚ 2014).

Určitá omezení však představuje ochrana přírody, a s tím spojená administrativa při povolování nových staveb. Výběr vhodné lokality je však velice důležitý, protože pro ekonomický chod elektrárny je potřeba vydatný tok, jelikož srážkové poměry v ČR jsou během roku dosti nevyvážené (Gabriel, 1998). Určitý potenciál představují také přečerpávací vodní elektrárny, jejichž další realizace nemá zatím konkrétní podobu. Ty však vyžadují dosti velké zásah do krajiny při výstavbě a obrovské finanční náklady. Pro hydroenergetické využití se nabízí také retenční nádrže a rybníky. V České republice se jedná přibližně o 200 lokalit, které by byly schopny poskytnout využitelný výkon 4000 kW (ČEZ, 2015).

5. Současný stav vodní energetiky v České republice

5.1. Vodní elektrárny

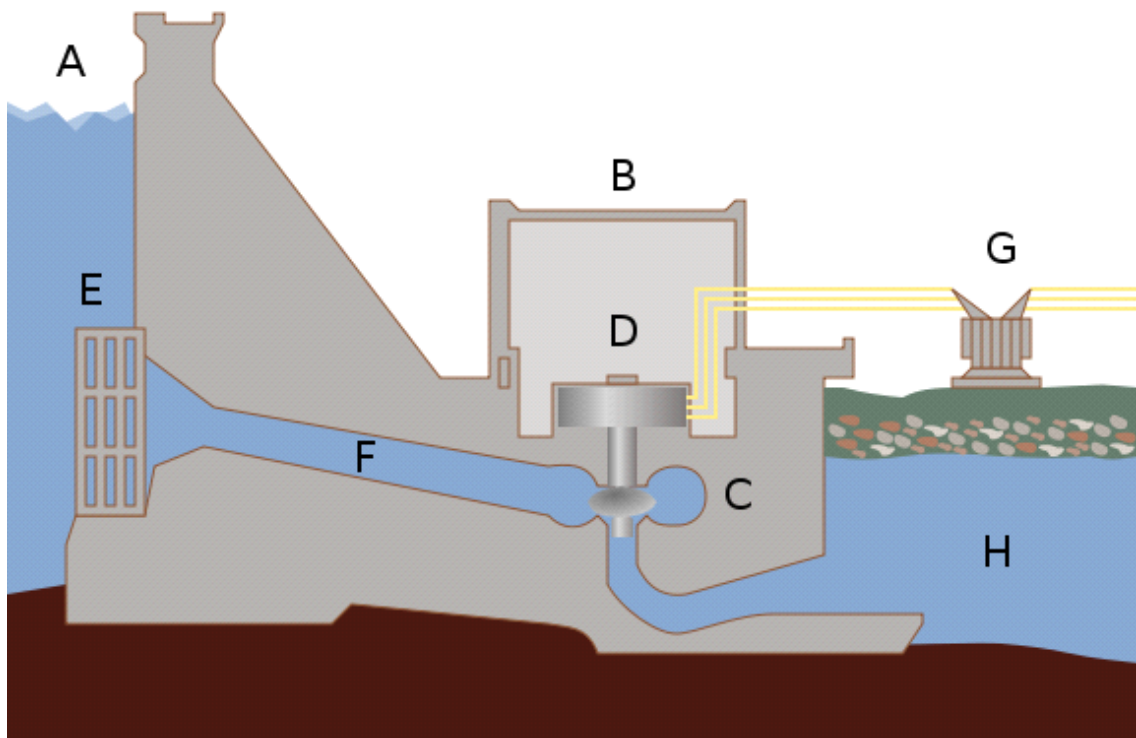
Vodní elektrárny nejsou důležité z důvodu množství vyrobené elektrické energie, jako je tomu u jaderných a tepelných elektráren, ale jejich význam spočívá ve specifických vlastnostech jejich provozu. Dokážou okamžitě reagovat na aktuální potřebu elektrické energie v síti. Jsou šetrné k životnímu prostředí, jelikož neprodukují žádné odpady (např. vyhořelé palivo z jaderných elektráren, snižují problém s kyselými dešti a smogem z tepelných elektráren). Jedná se především o levný zdroj elektrické energie, pokrývající období vysoké spotřeby. V České republice jsou velké vodní elektrárny (Obr. 3) převážně součástí přehradních nádrží, kde je možné regulovat průtok vody a tím množství vyrobené elektrické energie. Pro pokrytí spotřeby ve špičkách jsou nejvhodnější přečerpávací elektrárny, které akumulují energii v období nízké spotřeby, aby ji mohly uvolnit v době nejvyšší poptávky (Quaschnig, 2010). Malé vodní elektrárny jsou většinou soustředěny na menších tocích, jejichž průtok se mění v průběhu roku podle aktuálních hydrologických podmínek (Gabriel, 1998).



Obr. 3: Přehled největších vodních elektráren v ČR, v měřítku 1:2 000 000, stav k 31.12.2009

(Zdroj: upraveno z ERU)

Základním prvkem vodní elektrárny je turbína (Obr. 4). Tu roztáčí protékající voda, která je k ní přiváděna kanálem. Ten je u malých vodních elektráren zásobován vodou z jezu. U velkých vodních elektráren obvykle z přehrady, která dodává turbíně potřebné množství vody a spád. Turbína roztáčí generátor elektrické energie, se kterým je spojena hřídelí, nebo přes určitý druh převodu, jako např. řemeny, nebo ozubenými koly (Holata, 2002). Takovéto soustrojí se nazývá turbogenerátor. V generátoru se vlivem otáčení indukuje střídavé napětí. Takto získaná elektrická energie se přes transformátor odvádí rozvodnou sítí do místa spotřeby (Holata, 2002). Druh použité turbíny závisí na účelu a konkrétních podmínkách dané lokality. Především typu vodního díla, množství vody, která je k dispozici a spádu. Vodní turbíny dosahují účinnosti až 95% (Augusta, 2001).



Obr. 4: Průřez vodní elektrárnou (Zdroj: upraveno z <http://www.tva.gov>)

Popis obrázku:

A) hladina přehradní nádrže, B) budova elektrárny, C) turbína, kolem ní rozváděcí kolo a pod ní odtokový kanál, D) generátor na společné ose s turbínou, E) česle a uzávěr, F) přívodní kanál, G) transformátor, napojující elektrárnu do rozvodné sítě, H) odtok do koryta řeky

Druhy vodních elektráren (VE)

Specifičnost hydroenergetiky vyžaduje použití nejrůznějších typů vodních elektráren podle konkrétních hydrologických a morfologických podmínek (Bednář, 2013). Dělí se podle mnoha různých parametrů. Především podle způsobu zásobování vodou, způsobu provozu, velikosti instalovaného výkonu a velikosti spádu, který má největší vliv na výběr typu elektrárny a turbíny (Musil, 2009). Pro efektivní využití vodní energie je předpokladem soustředění průtoku a spádu. To vyžaduje určité stavební zásahy, tzn. vybudování vodního díla.

Vodní dílo je termín definovaný Vodním zákonem č.254/2001 Sb., který definuje vodní díla jako „stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem“ (MŽP, 2015).

Vodní díla neplní pouze energetické úkoly, ale využívají se také pro regulaci toku, vodárenské účely apod. Vodní díla rozdělujeme na ta, která leží přímo na hlavním toku a derivační vodní díla. Pro provoz MVE se využívají především derivační náhony, které vytváří pro elektrárnu potřebný spád. Voda odkloněná z hlavního toku je po průtoku elektrárnou vrácena zpět do koryta řeky. Někdy je takový derivační kanál využitý několika vodními díly najednou. Voda odebíraná na jednom jezu je následně přiváděna náhonem k několika kaskádovitě uspořádaným vodním dílům (MVE, 2015). Mezi vodní díla ležící přímo na hlavním toku patří především jezy a přehrady. Součástí těchto vodních děl bývají většinou vodní elektrárny. Ty jsou budovány přímo uvnitř takového díla, nebo v jeho těsné blízkosti. Přehrada popř. jez slouží k přehrazení vodního toku za účelem vzduť vodní hladiny a akumulaci vody pro rovnoměrné zásobování hydroelektrárny vodou. Většina významných elektráren v ČR je založena právě na vytvoření umělého spádu vody přehradami. K rozvoji budování přehrad došlo teprve ve třicátých letech minulého století a především po druhé světové válce (Musil, 2009). Výstavba nových přehrad je finančně nákladná a v ČR již není mnoho lokalit, které by se daly pro tento účel využít.

Výstavba přehrad znamená obrovský zásah do morfologie a estetiky krajiny. Dochází k poklesům okolní krajiny, zadržování sedimentů, zvýšení hladiny spodních vod, zaplavení půdy, migraci obyvatelstva a jiným negativním vlivům (Musil, 2009). Určité nebezpečí

představuje možnost protržení hráze. Taková havárie by znamenala katastrofální důsledky především pro obce ležící pod přehradou, kde by voda napáchala ohromné škody.

Má však i mnoho pozitivních vlivů. Mimo již zmiňovaného energetického využití, slouží také k zásobování pitnou vodou, rybolovu, vyrovnávání průtoků, zavlažování, vodním sportům, rekreaci a poskytují částečnou ochranu před povodněmi. V roce 2002 ochránila Vltavská kaskáda před povodněmi na svém dolním toku mnoho lidských životů a majetku. Nedokázala sice zadržet všechnu vodu, která do ní přitékala, ale významně omezila následné škody, které by byly jinak daleko ničivější (Ďurica, 2010).

A) Rozdělení VE podle soustředění vodní energie - elektrárny dělíme na průtočné, derivační, akumulační, přečerpávací a přílivové (Škorpil, 2000). Posledně jmenované se v České republice nevyskytují, jelikož využívají pravidelného opakování přílivu a odlivu moře vlivem rotace Země a gravitace Měsíce a Slunce.

- *Průtočné elektrárny* - neboli jezové jsou budovány přímo v tělese jezu, nebo jeho těsné blízkosti. Instalují se nejčastěji Kaplanovy turbíny. Využívají spádu, který vzniká rozdílem hladin nad a pod jezem. Tento rozdíl můžeme uměle zvýšit například zvednutím horní hladiny zvýšením jezu, nebo prohloubením koryta pod vzdouvacím zařízením. Spád u těchto elektráren dosahuje maximálně 20 metrů (Quaschning, 2010). Vyskytují se na řekách s menším sklonem dna a větším průtokem vody.
- *Derivační elektrárny* - získávají dostatečné množství vody odkloněnou částí řeky tzv. derivačním kanálem, který vytvoří pro turbínu potřebný spád. Derivace může také být tvořena kanálem zkracující meandr, nebo oblouk řeky. Tento kanál s malým spádem přivádí vodu přímo k turbíně a poté zpět do koryta řeky (Bednář, 2013). Pro tyto účely se využívají náhony bývalých mlýnů a hamrů, které stavěli naši předci. Jednak z důvodu omezení zásahu do životního prostředí a také kvůli snížení nákladů při výstavbě. Takovéto elektrárny jsou značně závislé na klimatických podmínkách a kolísání hladiny v průběhu roku.
- *Přehradní elektrárny* - bývají obvykle součástí vodního díla a tvoří s přehradou jeden celek. Jsou nejčastěji založeny na vytvoření umělého spádu přehradou. Tělesa přehrad jsou nejčastěji prováděna z betonu, nebo sypané zeminy. Tyto vodní elektrárny jsou nejvýkonnější a mají spád až 100 metrů (Motlík, 2007). Jejich výstavbu však provází dosti velký zásah do krajiny. Strojovna elektrárny bývá obvykle ukryta v hrázi, nebo

pod ní. Voda přiváděná přes česle přívodním potrubím roztáčí turbínu, která je na společné hřídeli s elektrickým generátorem. Mechanická energie vody se přemění na energii elektrickou, která je přes rozvodnu odváděna do míst spotřeby. V České republice jsou tyto elektrárny nejvíce zastoupeny na Vltavě a jsou součástí tzv. Vltavské kaskády. Dalším významným tokem z hlediska vodní energetiky je řeka Dyje.

- *Přečerpávací elektrárny (PVE)* – umožňují účelné využití elektřiny produkované méně flexibilními energetickými zdroji v období nízké spotřeby a k akumulaci elektrické energie. PVE je tvořena systémem dvou nádrží nad sebou, spojených tlakovým potrubím. Pro maximalizaci výkonu elektrárny je důležitý co největší rozdíl nadmořské výšky těchto nádrží (Höll, 1998). Množství vyrobené elektřiny závisí na objemu vody v nádržích. Princip PVE spočívá v přečerpávání vody, v době přebytku elektrické energie, a turbínovém provozu, v době jejího nedostatku mezi dolní a horní nádrží a rozdílné ceně elektřiny v průběhu dne (Škorpil, 2000). Při turbínovém provozu, proudí voda vysokotlakým potrubím z horní nádrže do dolní a přitom roztáčí turbínu pohánějící generátor. Výhoda PVE spočívá v možnosti okamžitého spuštění a rovnoměrném zásobování elektrorozvodné sítě v době vysoké spotřeby elektrické energie, nebo při výpadku tepelné elektrárny (Musil, 2009). V České republice jsou v provozu tři přečerpávací elektrárny (Tabulka 2).

Tabulka 2: Přehled přečerpávacích elektráren, 2011 (Zdroj: ČEZ)

Přečerpávací vodní elektrárny	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu
Štěchovice II	45	1948
Dalešice	450	1978
Dlouhé Stráně I	650	1996
Celkem	1145	

B) Rozdělení podle spádu - velikost spádu je dána tvarem terénu a při stavbě elektrárny je jedním z rozhodujících parametrů pro výběr turbíny a uspořádání vodního díla. Největšího spádu lze docílit v hornatých oblastech s velkými výškovými rozdíly. V nížinách s pomalu tekoucí vodou lze potřebného spádu dosáhnout pouze umělým vzdutím hladiny řeky např. přehradou, nebo jezem (Holata, 2002). Při dostatečně velkém spádu lze získat požadovaný výkon i na tocích s menším průtokem. Elektrárny nízkotlaké využívají spád do 20 metrů

a jedná se většinou o jezové a derivační elektrárny, využívající především Kaplanovy turbíny (Dušička, 2003). Elektrárny středotlaké s maximálním spádem do 100 metrů bývají většinou součástí akumulčních nádrží a pracují s Francisovými a Kaplanovými turbínami. Pro vysokotlaké elektrárny se spádem větším než 100 metrů jsou nejvhodnější Francisovy a Peltonovy turbíny (Gabriel, 1998).

C) Rozdělení podle instalovaného výkonu - v České republice dělíme elektrárny podle instalovaného výkonu na malé vodní elektrárny do 10 MW, velké vodní elektrárny nad 10 MW (Dušička, 2003). Malé vodní elektrárny jsou jednoduchá a z hlediska pořizovacích nákladů

a jejich návratnosti levná zařízení. Na vodním toku je umístěn nejčastěji jez, který slouží k usměrnění vodního toku k náhonu a zvýšení spádu vodního toku. Náhon přivede vodu přes česle k turbíně, která se vlivem energie vody roztočí společně s generátorem, ve kterém se mechanická energie turbíny mění na elektrickou. MVE se staví převážně na menších tocích a v současnosti je jich v provozu zhruba 1300 (ČEZ, 2015). Vodní elektrárny s výkonem nad 10 MW jsou většinou součástí většího vodního díla, nejčastěji přehrad, které jsou zásobárnou potřebného množství vody. Celkem máme 12 velkých vodních elektráren včetně tří přečerpávacích (ČEZ, 2015). Největší z nich jsou soustředěny převážně na Vltavě (Tabulka 3).

Tabulka 3: Přehled nejvýznamnějších VE v ČR, 2011 (Zdroj: ČEZ)

Akumulační a průtočné vodní elektrárny	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu
Lipno	2 x 60 MW	1959
Orlík	4 x 91 MW	1961 - 1962
Kamýk	4 x 10 MW	1961
Slapy	3 x 48 MW	1954 - 1955
Štěchovice	2 x 11,25 MW	1943 - 1944
Vrané	2 x 6,94 MW	1936
Celkem	704,38 MW	

Hlavní části energetického vodního díla:

Vzdouvací zařízení - např. hráze a jezy slouží k akumulaci vody potřebné pro chod elektrárny a také ke zvýšení vodní hladiny tj. zvětšení spádu. Hráze se vyznačují větší výškou vzduť a zadržují větší objem vody, než jezy. Jejich výstavba značně prodražuje stavbu elektrárny. Jezy se vyznačují nižší výškou vzduť a menším objemem zadržované vody. Jsou vhodné především pro malé vodní elektrárny.

Přivaděče - regulují a usměrňují vodní tok k turbíně. Rozlišujeme beztlaké přivaděče vyhloubené v zemi, nebo vytvořené naspem a tlakové, nejčastěji betonové, nebo kovové.

Česle - slouží k zachycení mechanických nečistot unášených vodou, které by mohly poškodit, nebo ucpat turbínu. Především listí, větví, odpadků a ledových ker. Před turbínou jsou umístěny většinou dvoje. Hrubé o rozteči 100 mm a jemné o rozteči 20 mm a mohou být čištěna automaticky v pravidelných intervalech, nebo mechanicky (Holata, 2002).

Lapače písku - zabraňují zanášení náhonu

Stavidla - slouží k regulaci průtoku a akumulaci vody.

Přepady - slouží k odvedení přebytečné vody zpět do koryta řeky a zabraňuje vzduť hladiny v náhonu nad přípustnou mez.

Strojovna - je součástí každé hydroelektrárny a je v ní umístěn generátor a ostatní elektrotechnická zařízení.

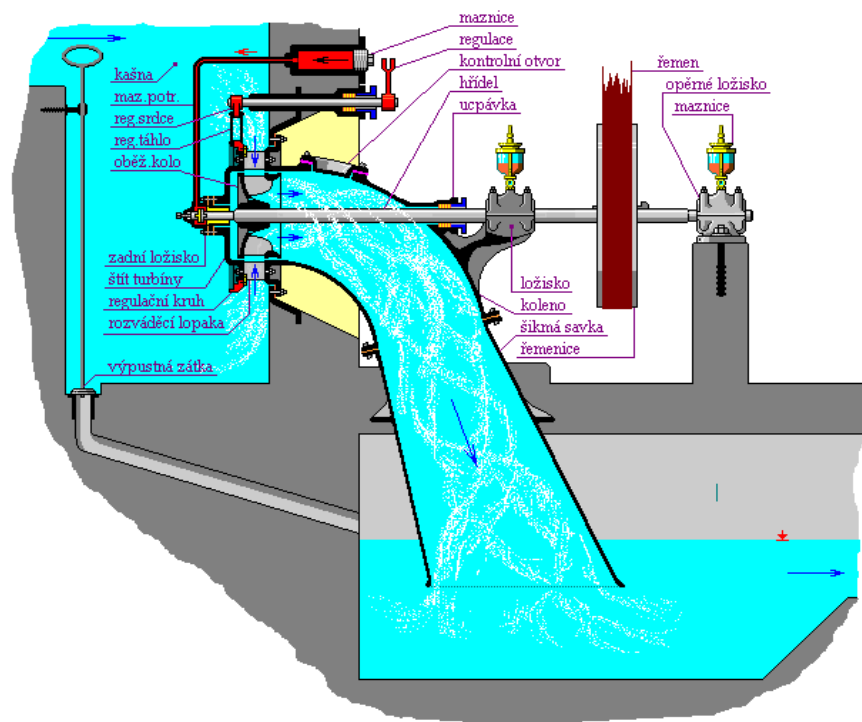
Kašna - je zpravidla obestavěný, vodou vyplněný prostor pod strojovnou, ve kterém je umístěna turbína. Kašna slouží jako zásobník vody pro turbínu a je napájena z přivaděče.

Odpadní kanál - je napojen na vývod z turbíny a vrací vodu využitou v elektrárně zpět do koryta řeky.

Vodní turbína - je nejdůležitější a také nejdražší součást vodní elektrárny. Mohou dosahovat až 95 % účinnosti (Bednář, 2013). Její výběr závisí především na typu vodního díla, průtoku a spádu. Vodní turbíny jsou lopatkové stroje schopny transformovat kinetickou, tlakovou energii

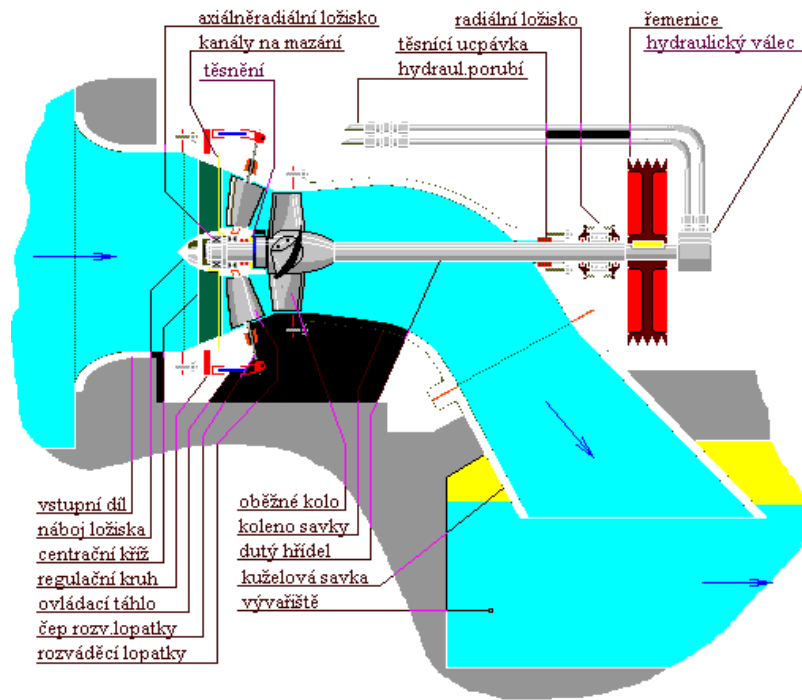
a potenciální energii vody odpovídající vodnímu sloupci, kterou přeměňují na rotační pohyb hřídele. U turbín přetlakových je tlak před oběžným kolem vyšší, než za ním. U turbín rovnotlakých je tlak před i za oběžným kolem stejný (Gabriel, 1998). Turbíny dělíme podle polohy hřídele na horizontální, vertikální a šikmé. Níže jsou uvedeny nejčastější typy turbín.

Francisova přetlaková turbína (Obr. 5), patří mezi nejdéle používané. Její účinnost se pohybuje kolem 90 %. Využití nachází u stabilních průtoků a středních až velkých spádů do 800 metrů (Bednář, 2013). Oběžná kola mohou mít průměr až deset metrů a mají pevné lopatky spojené s věncem a kotoučem kola. Regulace probíhá natáčením lopatek rozvaděče. Výhodou těchto turbín je možnost obráceného (reverzního) chodu v režimu čerpadla, čehož se využívá u přečerpávacích elektráren.



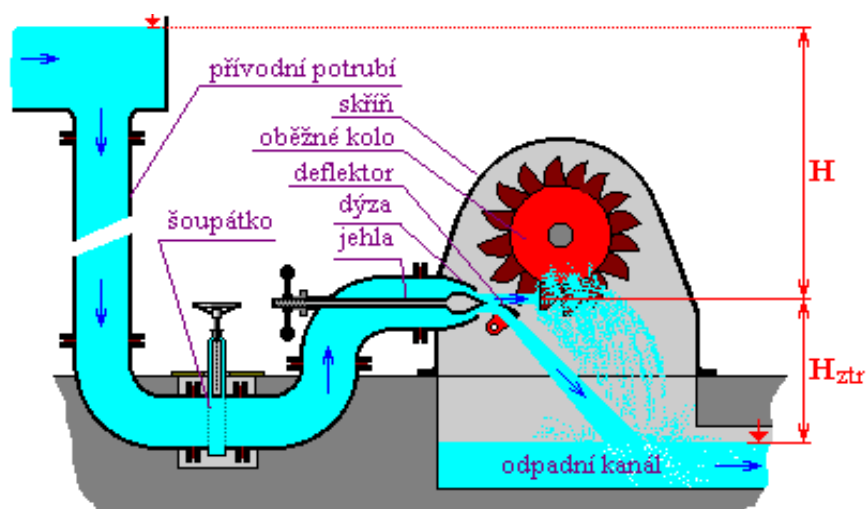
Obr. 5: Francisova turbína (Zdroj: <http://mve.energeika.cz>)

Kaplanova přetlaková turbína (Obr. 6), vznikla zdokonalením vrtulové turbíny. Liší se od Francisovy především možností naklápění lopatek oběžného i rozváděcího kola, čímž se zajistí její dobrá účinnost v širokém rozmezí průtokových režimů. Její velmi dobrá regulovatelnost je ovšem na úkor konstrukční složitosti a vyšší ceny. Své uplatnění nachází u spádů od 1 do 70 metrů. Nejčastěji se používá pro velké průtoky s malým spádem. Účinnost této turbíny dosahuje až 86 % (Vlastimil, 2015).



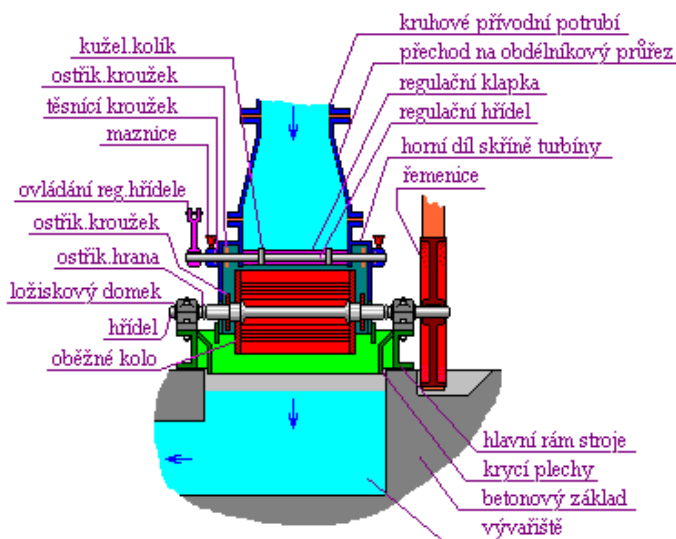
Obr. 6: Kaplanova turbína (Zdroj: <http://mve.energeika.cz>)

Peltonova rovnotlaká turbína (Obr. 7), pochází z roku 1880 a využívá se především na horních tocích řek s menšími průtoky a spády, především při realizaci malých vodních elektráren (Bednář, 2013). Její účinnost se pohybuje v rozmezí od 85 do 95 % (Vlastimil, 2002). Voda je vstříkována kruhovým paprskem na lopatky ve tvaru korečku s dělicím břitem a tím roztočí rotor turbíny. Regulace turbíny je prováděna otevíráním nebo zavíráním otvoru dýzy regulační jehlou. Turbína dosahuje až 1000 otáček za minutu a proto není potřeba převodu pro připojení k alternátoru (Škorpil, 2000).



Obr. 7: Peltonova turbína (Zdroj: <http://mve.energetika.cz>)

Bánkiho rovnotlaká turbína s dvojnásobným průtokem (Obr. 8), nachází uplatnění především u malých vodních elektráren, pro spády od 1 m. Konstrukční řešení je jednoduché a dosahuje účinnosti 70 – 85 %. Regulace se provádí klapkou, nebo segmentem ve vtokovém tělese. Výrazně okysličuje vodu a je snadno regulovatelná (Vlastimil, 2015).



Obr. 8: Bánkiho turbína (Zdroj: <http://mve.energetika.cz>)

5.2. Význam vodních elektráren pro trvale udržitelný rozvoj

V České Republice byla první Strategie udržitelného rozvoje schválena v r. 2004, aktuálně platný dokument byl jako *Strategický rámec udržitelného rozvoje České republiky* (SRUR ČR) schválen usnesením vlády ČR č. 37 ze dne 11. ledna 2010. Je postaven na sociálním, politickém, ekonomickém a environmentálním pilíři (MŽP, 2010). Environmentální udržitelnost považujeme za základ účinné ochrany životního prostředí, přírodních zdrojů a bohatství přírody. Podle Moldana (2009) je Trvale udržitelný rozvoj společnosti definován takto: „Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“

Cílem udržitelného rozvoje je ochrana životního prostředí a zajištění schopnosti Země udržet život v celé jeho rozmanitosti, což předpokládá zachování nebo i rozmnožení biodiverzity. Jednou z tendencí udržitelného rozvoje je také zachování rozmanitosti biologických druhů.

Jestliže biologický druh jednou vyhyne, nelze jej už obnovit, což vede ke ztrátě rostlinných a živočišných druhů, což zužuje možnost volby pro příští generace (Braniš, 2005).

Vliv člověka na ekosystémy, nebo biochemické či hydrologické cykly mohou způsobit nevratné změny, které je potřeba pokud možno vyloučit. Předcházet znečišťování životního prostředí a podporovat udržitelnou výrobu a spotřebu, aby hospodářský růst nebyl příčinou zhoršování životního prostředí. V případě neobnovitelných zdrojů se jejich čerpáním zmenšují zásoby pro budoucí generace. To však neznamená, že těchto zdrojů nelze nadále využívat. Je však potřeba brát v úvahu rozsah těžby, kritický stav množství konkrétního zdroje a jeho nejlepší využití (Moldan, 2009). Velký význam je kladen na recyklaci, jejímž pozitivním důsledkem je čerpání neobnovitelných zdrojů v menším objemu.

K trvale udržitelnému rozvoji by mělo přispět primární využívání obnovitelných zdrojů v takové míře a takovou rychlostí, aby zůstala zachována jejich regenerační schopnost. Mnohé státy však žijí nad ekologické možnosti přírodních zdrojů, což se týká i energetické spotřeby (Braniš, 2005). Společnost může oslabovat uspokojování potřeb příštích generací mnoha lehkovážnými způsoby, např. nadměrným čerpáním zdrojů, nebo jejich nedostatečným zužitkováním. Intenzivní zemědělství, regulace vodních toků, emise tepla a jedovatých látek do ovzduší a těžba nerostných surovin jsou názorné příklady toho, jak lidé zasahují při hospodářském rozvoji do ekosystémů (SKŽPR, 1991). Není však daná žádná hranice ve využívání nerostných surovin, za níž by růst znamenal ekologickou pohromu (Braniš, 2005). Donedávna nebyly antropogenní zásahy do přírody příliš velké, ale dnes jsou z hlediska rozsahu a účinků mnohem drastičtější a více ohrožují přírodní systémy jak v lokálním, tak globálním měřítku.

Cílem je, aby rozvoj neohrožoval systémy, které udržují život na Zemi, mezi které řadíme atmosféru, vodu, půdu a živé organismy (SKŽPR, 1991). Předpokladem udržitelného rozvoje je minimalizovat škodlivé vlivy odpadů na kvalitu ovzduší, vody a jiných složek prostředí pro zachování integrity ekosystémů. Emise látek znečišťující okolní prostředí je potřeba úplně vyloučit a v žádném případě nesmí překročit asimilační kapacitu prostředí (Moldan, 2009).

Globální koloběh vody je nejmohutnější ze všech přirozených látkových cyklů planety. Do jeho oběhu zasahují i energetická vodní díla. Stavějí se vodní kanály a přehrad, voda se převádí na značné vzdálenosti, dochází k regulaci vodních toků a hromadění velkého množství vody mimo přirozený koloběh (Moldan, 2009). Vodní díla vždy ovlivňují biodiverzitu ve svém okolí, ať už pozitivně, nebo negativně (blíže kapitola 6.5.). Energetická

vodní díla mají ovšem zásadní význam pro trvale udržitelný rozvoj z hlediska alternativního zdroje vůči zdrojům neobnovitelným. Svou produkcí elektrické energie vytěsňují výrobu z uhelných, plynových a atomových elektráren, jež disponují energií z neobnovitelných zdrojů. Tyto ušetřené neobnovitelné zdroje zůstávají uložené v přírodě pro příští generace. Nezůstanou zachovány trvale, ale oddálí se jejich vyčerpání.

Recyklace, hospodárné využívání neobnovitelných zdrojů a především zaměření se na využívání obnovitelných zdrojů je důležité proto, aby se zásoby nevyčerpaly dříve, než bude k dispozici přijatelná náhrada (Musil, 2009). Je potřeba omezení spotřeby energie, které by současně neomezovalo komfort lidstva, např. zavedením nových technologií, nebo zamezení jejímu plýtvání.

Významem trvale udržitelného rozvoje se zabývá několik mezinárodních dokumentů. Níže jsou uvedeny nejvýznamnější z nich (MMR, 2015):

Deklarace Konference Organizace spojených národů o životním prostředí, kterou přijala OSN 16. června 1972 na svém 21. plenárním setkání ve švédském Stockholmu.

Naše společná budoucnost, vydala Světová komise Organizace spojených národů pro životní prostředí a rozvoj (*United Nations World Commission on Environment and Development - WCED*) v roce 1987.

Agenda 21, programový dokument OSN a jeden ze základních textů udržitelného rozvoje, schválený v roce 1992 v brazilském hlavním městě Rio de Janeiro. Nejlépe se uplatňuje rozvíjení této agendy na místní úrovni, kde se lidé znají a kde mohou nejvíce vidět dopady své činnosti.

Johannesburgská deklarace o udržitelném rozvoji, jeden ze dvou dokumentů udržitelného rozvoje, který přijala OSN na Světovém summitu o udržitelném rozvoji (známý také pod názvem Summit země 2002) v jihoafrickém Johannesburgu.

Implementační plán ze Světového summitu o udržitelném rozvoji. Přijatý OSN na summitu v Johannesburgu. Navázal na dokumenty z Ria de Janeira (Agendu 21 a Deklaraci konference OSN o životním prostředí a rozvoji). Jedná se o jeden z nejdůležitějších dokumentů mezinárodního významu, který se zabývá nejen teoretickou stránkou udržitelného rozvoje, zhodnocením dosavadních výsledků, ale i obecnými návrhy na jeho praktickou implementaci do národních a mezinárodních strategií udržitelného rozvoje.

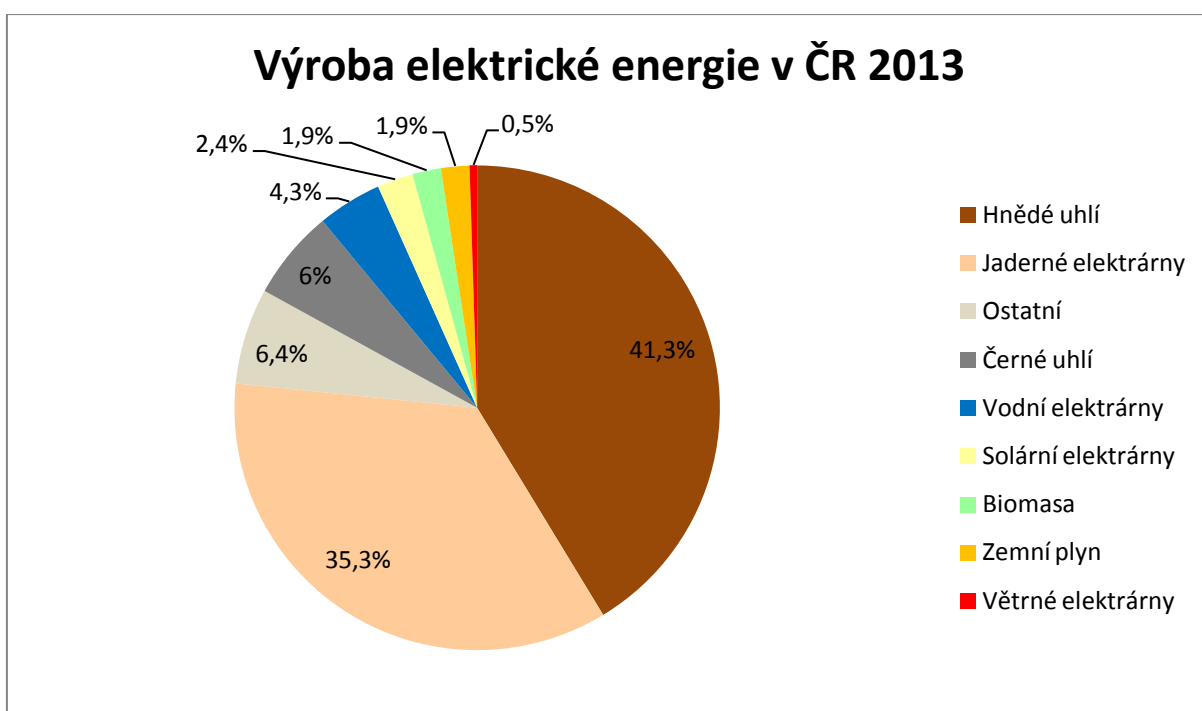
Obnovená strategie udržitelného rozvoje pro rozšířenou Evropu, přijata Evropskou radou v roce 2006.

5.3. Situace na trhu s elektrickou energií v ČR

Česká republika je v oblasti výroby elektrické energie soběstačná, což představuje velký přínos pro její ekonomiku. Plán energetického pokrytí potřeb České republiky je obsažen v dokumentu, který nese název *Státní energetická koncepce*. Aktuální verze tohoto dokumentu pochází ze srpna 2012. Státní energetická koncepce k naplnění dlouhodobé vize stanovuje strategické cíle energetiky ČR a definuje strategické priority energetiky ČR s výhledem na 30 let (MPO, 2015). Jeho hlavním cílem je zajistit do budoucna bezpečnou, spolehlivou a k životnímu prostředí šetrnou dodávku energie pro potřeby obyvatelstva a ekonomiky ČR. Současně má zabezpečit konkurenceschopné a přijatelné ceny, nepřerušené dodávky energie v krizových situacích v rozsahu nezbytném pro fungování nejdůležitějších složek infrastruktury státu a přežití obyvatelstva (CNE, 2015). Dokumentem, který upřesňuje státní energetickou koncepci České republiky, je *Národní akční plán* Ministerstva průmyslu a obchodu. Důležitým pojmem obsaženým ve Státní energetické koncepci je *Energetický mix ČR*. Ten vyjadřuje stanovisko vlády, jakých zdrojů energie bude Česká republika v budoucnu využívat. Je žádoucí, aby v tomto mixu hrála vodní energetika stále dominantnější roli, protože přináší čistou, na dodávkách paliv nezávislou, diverzifikovanou a tedy bezpečnější energii (CNE, 2015). V současné době v ČR mají dominantní roli uhelné a jaderné elektrárny. Jelikož je provoz uhelných elektráren závislý na zásobách uhlí, dá se předpokládat, že snižující se zásoby této suroviny přinesou postupný útlum výroby. V Německu, Rakousku a některých dalších státech EU se od využívání jádra upouští z důvodu rizika havárie. Česká Republika směřuje opačným směrem a plánuje postavit dva nové bloky v jaderné elektrárně Temelín a jeden v Dukovanech (ČEZ, 2015).

V roce 2013 bylo vyrobeno ve všech elektrárnách v ČR 87 065 GWh (ERÚ, 2014) elektrické energie. Z tohoto množství bylo 27 458 GWh (ERÚ, 2014) elektrické energie vyvezeno mimo území ČR. Ovšem z důvodu stabilizace elektrické soustavy v době vysoké poptávky, bylo potřeba v témže období nakoupit mimo území ČR 10 571 GWh (ERÚ, 2014). Z těchto údajů vyplývá, že přebytek výroby elektrické energie v ČR v roce 2013 činil 16 887 GWh (ERÚ, 2014). Na tomto výsledku se podílela elektřina z obnovitelných zdrojů 9 % (ERÚ, 2014). Cílem ČR republiky je do roku 2020 zvýšit podíl výroby elektrické energie z obnovitelných

zdrojů na 13 % (ERÚ, 2014). Vodní elektrárny vyrobily 3 762 GWh elektrické energie. Jak vyplývá z grafu 1, představuje tento podíl 4,3 % (ERÚ, 2014) z celkové výroby v ČR. Vodní elektrárny vyrobí nejvíce elektřiny ze všech obnovitelných zdrojů. Hned za vodními elektrárnami se s 2 071 GWh řadí fotovoltaické elektrárny (ERÚ, 2014). Za zmínku stojí také větrné elektrárny, které vyrobily 478 GWh elektrické energie (ERÚ, 2014). Mezi neobnovitelnými zdroji jednoznačně vedou parní elektrárny s 44 737 GWh, následované jadernými elektrárnami s 30 745 GWh a plynovými elektrárnami s výrobou 5272 GWh elektrické energie (ERÚ, 2014).



Graf 1: Výroba elektrické energie podle typu paliv, ČR, 2013, % (Zdroj: Upraveno z ERÚ 2014)

Mezi největší výrobce elektrické energie v EU patří Německo s 633 158 GWh a Francie s 572 055 GWh (Český statistický úřad, 2015). Podíl výroby elektrické energie z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v EU v roce 2013 představoval 15 %. Cílem EU je dosáhnout do roku 2020 hranice 20 % (Český statistický úřad, 2015).

Pro trvale udržitelný rozvoj je výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů prioritou. Dá se předpokládat, že poptávka po obnovitelných zdrojích energie i nadále poroste. Je však potřeba jejich využívání podporovat promyšlenými zásahy státu. Zvyšující se podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů sebou přináší i nový problém. Tím je nedostatečná rozvodná

sít', jejíž tzv. *blackouty* způsobují výpadky proudu, které přeruší zásobování rozsáhlých území elektrickou energií (Balabán, 2009). Obnovitelné zdroje energie, např. fotovoltaické elektrárny, způsobují náhlé změny v dodávkách elektrické energie do rozvodné sítě vlivem změny klimatických podmínek, čímž se rozvodná síť dostává na hranici svých možností a jen stěží tyto výkyvy pokryje (MPO, 2006). Proto je možnost připojení nových solárních a větrných elektráren do sítě značně omezená. Tento problém je potřeba řešit modernizací energetického vedení a využitím nových technologií, které jsou schopny aktivně reagovat na změnu dodávek elektřiny, tak aby nedocházelo k jejím výpadkům. V tomto ohledu jsou velkým přínosem vodní elektrárny, které mají schopnost velmi pružně reagovat na aktuální potřebu rozvodné sítě. Uvedení vodní elektrárny do plného výkonu, nebo její vypnutí je otázkou několika desítek vteřin. Malé vodní elektrárny jsou rovnoměrně rozmístěné po celém území státu, což je výhodné, protože malé decentralizované zdroje neohrožují rozvodnou síť možným přetížením. Z elektráren využívajících neobnovitelné zdroje, mají schopnost okamžité reakce na požadavky rozvodné sítě pouze elektrárny plynové.

5.4. Legislativa České republiky v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie

Využívání a rozvoj obnovitelných zdrojů energie (OZE) je značně závislý na legislativních podmínkách dané země a především na dotačních programech, bez jejichž podpory by byla výstavba nových zařízení využívající OZE nemyslitelná (ČEZ, 2007). Co to vlastně OZE jsou, definuje Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů): „*Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ (MPO, 2006).

Mezi hlavní zákony a dokumenty patřící k naplňování cílů v oblasti OZE v ČR patří:

Směrnice 2009/28/ES, je nejvyšší právní norma podporující OZE v celé EU, která vstoupila v platnost v roce 2009 a se kterou se zároveň zavazuje ČR k EU splněním tzv. směrného cíle podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie z OZE a to ve výši 13 % do roku 2020. Abychom tento závazný cíl vůči EU splnili, je nutné, aby podíl OZE stoupl z dnešních 6 % na téměř 9 % z celkové spotřeby primárních energetických zdrojů (Motlík, 2007). V roce

2013 vzrostla produkce z obnovitelných zdrojů na 9 %. Z toho na vodní elektrárny připadají 4,3 % (Graf 1).

Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů - energetický zákon (Zákon č. 458/2000 Sb.), zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené (ERU, 2013).

Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (Zákon č.180/2005 Sb), upravuje podporu výroby elektřiny z OZE a zvýšení jejich podílu na spotřebě primárních zdrojů. Vymezuje práva a povinnosti všech subjektů působících na trhu s elektřinou z OZE. Upravuje podmínky výkupu a evidence výroby z OZE. Cílem zákona je vytvářet podmínky pro postupné zvyšování výroby z obnovitelných zdrojů energie (ERU, 2013).

Zákon o hospodaření s energií (Zákon č. 406/2000 Sb.), upravuje energetickou politiku ČR, vymezuje pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, územní energetické koncepce a státního programu pro podporu úspor energie a využití OZE. Zákon stanoví práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, zejména elektrickou a tepelnou a dále s plyny a dalšími palivy (MPO, 2010).

Státní energetická koncepce, byla schválena vládou ČR dne 10. 3. 2004 a aktualizována v únoru 2010. Definiuje priority a cíle České republiky v energetickém sektoru a popisuje konkrétní realizační nástroje energetické politiky státu. Součástí této koncepce je i výhled do roku 2030. Je součástí hospodářské politiky státu a výrazem státní odpovědnosti za vytváření podmínek pro spolehlivé a dlouhodobě bezpečné dodávky energie za přijatelné ceny a za vytváření podmínek pro její efektivní využití, které nebudou ohrožovat životní prostředí a budou v souladu se zásadami udržitelného rozvoje (MPO, 2010).

EIA (Environmental Impact Assessment, česky Vyhodnocení vlivů na životní prostředí) je označení pro proces, jehož cílem je zhodnotit vliv plánované stavby na životní prostředí. Výsledkem tohoto procesu je vydání stanoviska, které má doporučující charakter a nelze se proti němu odvolat. Tato studie je vyžadována před realizací všech velkých staveb, u nichž je předpokládán výrazný dopad na životní prostředí (např. vodní elektrárny, skládky apod.). V českém prostředí je součástí Zákona č.100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí. Tento proces je součástí legislativy všech členských států EU (MZP, 2015).

Zákon o vodách a o změně některých zákonů - vodní zákon (Zákon č. 254/2001 Sb.)

účelem tohoto zákona je ochrana povrchových a podzemních vod, stanovení podmínek pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod. Vytvoření podmínek pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajištění bezpečnosti vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je také přispět k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů. Zákon také upravuje vztahy k povrchovým a podzemním vodám a stavbám, s nimiž výskyt vod souvisí (MŽP, 2010). Tento zákon stanovuje také podmínky pro provozování energetických vodních děl. Níže jsou uvedeny vybrané části tohoto zákona týkající hydroenergetiky (MŽP, 2010).

§ 15 Při povolování vodních děl, jejich změn, změn jejich užívání a jejich odstranění musí být zohledněna ochrana vodních a na vodu vázaných ekosystémů. Tato vodní díla nesmějí vytvářet bariéry pohybu ryb a vodních živočichů v obou směrech vodního toku.

§ 36 Minimální zůstatkový průtok uvádí, že minimálním zůstatkovým průtokem je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku. Tento průtok stanoví vodoprávní úřad v povolení o nakládání s vodami. Stanoví také místo a způsob jeho měření.

§ 55 Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákone.

§ 59 Povinnosti vlastníků vodních děl, udržovat vodní dílo v řádném stavu tak, aby nedocházelo k ohrožování bezpečnosti osob, majetku a jiných chráněných zájmů. Odstraňovat předměty a hmoty zachycené či ulpělé na vodních dílech a nakládat s nimi podle zvláštního zákona. U vodního díla sloužícího ke vzdouvání vody ve vodním toku udržovat na vlastní náklad v řádném stavu dno a břehy v oblasti vzdutí a starat se v něm o plynulý průtok vody, zejména odstraňovat nánosy a překážky, a je-li to technicky možné a ekonomicky únosné, vytvářet podmínky pro migraci vodních živočichů, nejde-li o stavby. Na odstraňování překážek pro migraci vodních živočichů ve vodním toku způsobených vodními díly vybudovanými před účinností tohoto zákona se podílí stát.

Pro úspěšné schválení stavebního povolení hydroenergetického díla jsou zapotřebí, vzhledem k zájmům ochrany přírody a krajiny, stanoviska orgánů ochrany přírody, posudky (např.

krajinný ráz, biologické hodnocení), vyjádření SEA (Posuzování vlivů koncepcí na životní prostředí), EIA a změna územního plánu.

Natura 2000 obsahuje seznam chráněných oblastí životního prostředí, jehož účelem je ochrana a zachování biodiverzity v rámci EU. Cílem je zastavení vymírání živočichů a rostlin a chránit jejich stanoviště. Je velmi důležité kontrolovat dopady vodních elektráren na životní prostředí, jestliže jsou tato hydroenergetická díla v oblastech Natura 2000. Tyto oblasti jsou považovány za zvláště citlivé a hodné přísné ochrany. Jedná se především o ochranu ptáků a jejich stanovišť a způsob správy těchto oblastí. Každý stát si určuje oblasti a druhy, které chce zachovat s ohledem na jejich ohrožení v evropském měřítku (MŽP, 2015).

6. Environmentální aspekty vodních elektráren

Přestože jsou vodní elektrárny uznávané jako ekologicky čisté, je nutné se i u těchto zdrojů energie zabývat negativními aspekty, kterým se nevyhneme, přestože věda a výzkum stále pokračují kupředu. Dopady vodních elektráren se dělí na environmentální, sociální, ekonomické a jiné (Moldan, 2009). Cílem práce je analýza vlivů environmentálních, které jsou následně podrobněji popsány. Je nutné si uvědomit, že vliv vodních elektráren na životní prostředí je přímo úměrný velikosti stavby a nemusí se vždy jednat pouze o vlivy negativní. Posuzovány musí být vlivy vodních elektráren na záplavová území, ovlivňování místního klimatu, změny kvality a teploty vod a ovlivňování vodní fauny a flóry.

Nejvýraznější *pozitivní* dopad má samotná výroba elektřiny. Hydroelektrárny vytěsňují výrobu v tepelných elektrárnách, které zatěžují životní prostředí exhalacemi při spalování fosilních surovin, těžbou těchto surovin a její přepravou do místa využití. Každá kilowatthodina vyrobená hydroelektrárnou ušetří přibližně 1 kg uhlí v tepelné elektrárně (ČEZ, 2015). Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší škodlivými látkami, jsou bezodpadové, bezpečné, čistí řeku od naplavenin a ke svému provozu nepotřebují pravidelný import surovin. Díky schopnosti okamžitého spuštění slouží jako okamžitý zdroj elektrické energie v období špiček, čehož elektrárny využívající jiných obnovitelných zdrojů (sluneční a větrné elektrárny), nebo spalující fosilní paliva nejsou schopny. Výhodou je také schopnost vodních děl zadržovat velké množství vody, což nemalou měrou přispívá k ochraně osob a majetku před povodněmi (Moldan, 2009). Přehradní nádrže slouží také k rybaření, rekreačním a sportovním účelům a jako zdroj užitkové a pitné vody.

Mezi největší *negativní* vlivy patří zásah do krajiny při výstavbě velkých vodních elektráren trvalým zábořem půdy, výstavbou obslužných komunikací, přivaděčů, elektrorozvodné soustavy a technického zázemí. Rozsáhlejší vodní díla změny krajinný ráz a ovlivní ekosystém dané lokality. Vodní elektrárny jsou vnímány jako ekologicky čisté zdroje energie, a proto je potřeba mít všechny ekologické faktory stále na paměti, aby tomu tak doopravdy bylo. Od samotného začátku při výběru vhodné lokality, přes projektovou dokumentaci, vlastní stavbu a dodržování všech zákonů a vodoprávních nařízení během provozu.

V České republice se problematikou environmentálních aspektů zabývá *Environmentální management*, který je obsažen v mezinárodní normě EN ISO 14001, která je určena výrobcům, dodavatelům a poskytovatelům služeb ve všech oborech podnikání (MŽP, 2015). Záměrem této normy je podpora ochrany životního prostředí a prevence jejího znečišťování.

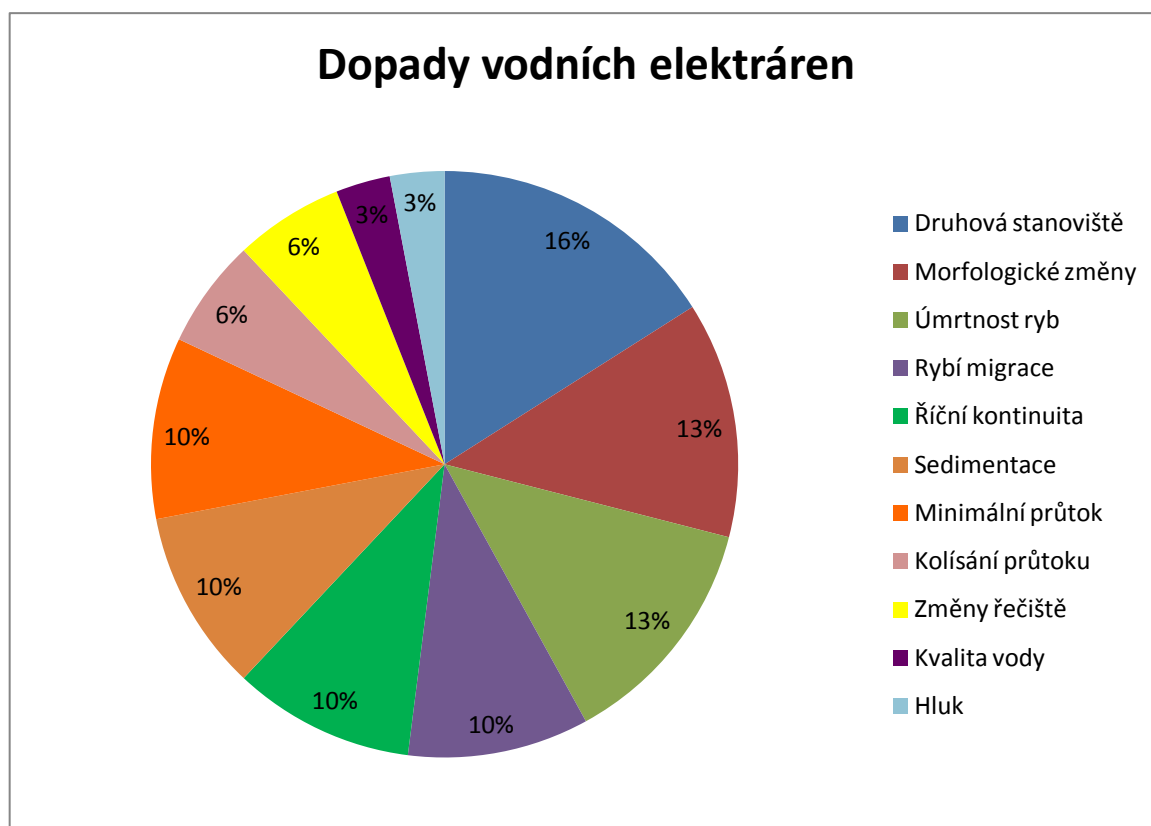
Klade důraz na dodržování legislativních požadavků týkajících se jednotlivých složek životního prostředí (půda, vzduch, voda, odpady, atd.). Úkolem organizace řídící se touto normou, je identifikace možných aspektů majících vliv na životní prostředí. Organizace si poté sama určí vhodné metody ke snižování dopadů na životní prostředí (MŽP, 2015).

Norma ISO 14001 definuje tyto základní pojmy:

Environmentální aspekt (angl. environmental aspect) – je prvek činností, výroby nebo služeb organizace, který může ovlivňovat životní prostředí.

Environmentální dopad (angl. environmental impact) – je jakákoli změna v životním prostředí, ať příznivá, či nepříznivá, která je zcela nebo částečně způsobena činností, výrobou, nebo službami organizace.

Dopady vodních elektráren je možné rozdělit do tří různých kategorií, dopady prvního, druhého a třetího řádu. Podle Bergkampa (2000) se tyto dopady dále dělí na dopady nad elektrárnou a pod ní. Dopady prvního řádu nacházející se proti proudu, souvisí například se změnou tepelného režimu, kvality vody a hromaděním sedimentu v nádržích. Dopady prvního řádu po proudu řeky jsou spojeny se změnami např. proudu vody, morfologií, kvality vody, teploty vody a snížené proudění sedimentů. Dopady druhého řádu jsou výsledkem dopadů prvního řádu a týkají se abiotických a biotických změn uvnitř ekosystémů spolu s primární produkcí, a to jak proti proudu, tak po proudu. Na rozdíl od dopadů prvního řádu, které se objevují, jakmile je nádrž uvedena do provozu, dopady související s dopady druhého řádu se mohou projevit až v průběhu několika let. Ohrožené ekosystémy po proudu a proti proudu jsou si podobné a týkají se například pobřežní vegetace, vodních rostlin, planktonu a perifytonu. Dopady třetího řádu jsou výsledkem dopadů dvou předchozích. Mohou probíhat mnoho let, než je dosaženo ekologické rovnováhy. Účinky tohoto řádu mívají vliv na všechny druhy žijící v ekosystému (Bergkamp, 2000). Graf 2 zobrazuje nejčastěji identifikované dopady vodních elektráren. V dalších kapitolách se blíže seznámíme s některými vybranými dopady.



Graf 2: Významné dopady vodních elektráren (Zdroj: upraveno z www.esha.be, *The European Small Hydroopwer Association*).

6.1. Hydrologický režim

Tok proudu řeky je závislý na klimatu a krajinotvorných procesech, které ho přetvářejí. Přirozená změna toků je důležitá pro udržování různých funkcí vodních cest. Přirozená proměna toku vytváří dynamické prostředí a podmínky pro vysokou biologickou rozmanitost. Změny přirozeného vodního toku řídí také výživu a konkurenční vztahy mezi druhy, které vytváří stabilní ekosystém (Holata, 2002). K přirozeným změnám toku dochází díky změnám množství vody a frekvenci těchto změn. Vodní tok pomáhá udržovat adekvátní vztahy mezi vodními organismy a zajišťuje odpovídající kvalitu vody. Přispívá k dobrému stavu ryb a umožňuje jim nalézt vhodnou potravu. Oscilace hladiny toku pomáhá v období její zvýšené hodnoty k zabránění šíření pobřežní vegetace směrem dolů do koryta. Dochází k obnovení kvality vody po obdobích sucha odplavením usazených nečistot (Hasík, 1974). Pravidelné záplavy zajišťují obohacování zemědělské půdy živinami. Při absenci záplav zemědělci nahrazují ztrátu produktivity používáním většího množství chemických hnojiv a pesticidů. Kolísavost hladiny vodního toku má i spoustu negativních vlivů, např. riziko sesuvu půdy, zvýšení eroze, snížení dostupnosti stanoviště, narušení životních cyklů, fyziologický stres

vodních organismů, nebo snížení biodiverzity (Bergkamp, 2000). Vlnění vodní hladiny, kolísání úrovně vodní hladiny a proudění vody narušují stabilitu zeminy na povrchu břehů v pásmu úrovně hladiny (Hasík, 1974). Časté výkyvy hladiny řeky pod elektrárnou způsobuje problémy nejen vodním organismům, ale také mnoha savcům a ptákům, kteří nejsou schopni se na tyto nové podmínky adaptovat. Regulace toku má negativní dopad také na mokřady nacházející se v povodí dané řeky. Díky regulovanému průtoku řeky nedochází k jejich pravidelnému zaplavování. To má za následek vysychání a částečnou, nebo úplnou degradaci těchto unikátních ekosystémů.

Regulace vodních toků vodními elektrárnami mění přirozený životní cyklus záplavových území pod elektrárnou. Vlivem této regulace dochází k fragmentaci vodního toku, což způsobuje diskontinuitu rybí populace a dalších druhů žijících v řece včetně vegetace. K jejich úmrtnosti, migraci a změnám v kvalitě jejich stanovišť. Dochází k zarůstání, sedimentaci, změnám teplot a zvýšení zákalu nebo množství živin. Tok má méně energie pro korytotvorné procesy (např. transport materiálu po toku, vymílání břehů a dna) probíhající v řece, což může mít i ekologicky pozitivní dopad (Holata, 2002). Při neúměrně vysokém odběru vody pro hydroenergetické využití, dochází v období sucha u menších toků k výraznému poklesu průtoku, v horším případě k úplnému vyschnutí koryta řeky. To má za následek vyhynutí mnoha druhů živočichů a rostlin, napojených na vodní ekosystém. Bude rovněž snížena schopnost ředit kontaminanty. Je potřeba dodržovat stanovený minimální zůstatkový průtok, který je nutný pro zachování biologické rovnováhy. Čím více vody protéká původním říčním korytem, tím lépe z pohledu ochrany životního prostředí, jelikož se tok mnohem více blíží neregulovanému. Je potřeba zajistit, aby průtok odpovídal přirozenému variabilnímu režimu dané oblasti a vyhnout se statickému minimálnímu průtoku (Lellák, 1992).

Většina vodních elektráren disponuje údolní nádrží, která je tvořena přehrazením řeky. Tím dochází ke zvýšení vodní hladiny nad přehradou a zaplavení půdy, která byla dříve mimo dosah vody. Dochází k uměle regulovanému kolísání vodní hladiny, což způsobí, že pobřežní vegetační pokryv se stává velmi řídkým a pobřežní ekosystém působí dojmem nehostinného pásu (Bergkamp, 2000). V širším okolí zaplaveného území vzniká zatížení a s ním spojené poklesy území. Po napuštění Orlické přehrady na Vltavě došlo k poklesu území o 11 mm a vznikající izostatické tlaky se drobnými otřesy projevují dodnes (Ďurica, 2010). Při výstavbě hydroelektrárny vždy dochází ke změně horizontu spodní vody. Tento aspekt je potřeba předem zvážit a zajistit vhodné řešení tohoto problému, aby nedocházelo

k případnému podmáčení při vyvýšené nádrži, nebo k drenážnímu efektu při zahloubené nádrži (Holata, 2002).

6.2. Sedimentace

Při pohybu vody řečištěm dochází k erozi, přemístování a sedimentaci částic. Sediment je usazenina, tvořená pevnými částicemi, které se usadily na dně řeky, jezera, vodních nádrží nebo moří. Říční proud přemísťuje tyto částice o různých velikostech, od malých jako jsou např. bahno, písek a štěrk, přes kameny až po velké balvany. Převážná kapacita sedimentů v řece závisí na její hydrologické charakteristice, jako je rychlost, spád a hloubka vody. Při stavbě hydroelektrárny se rychlost a spád sníží, což má za následek sníženou schopnost toku nad přehradou nést sedimenty (Bencko, 2002). Zvýšená depozice sedimentů vede ke zvýšení hladiny v korytě, čímž se zvyšuje riziko povodní. Ovlivňuje také možnosti rozmnožování ryb závislých na oblázkových a kamenitých dnech (Lellák, 1992).

Přehradní nádrže jsou zanášeny sedimenty z přitékajících řek, nebo okolních polí a následná eutrofizace vod vede ke zvýšenému úmrtí ryb (Musil, 2009). Kalnost vody, neboli *turbidita*, způsobená sedimenty ovlivňuje mnoho dějů probíhajících ve vodním prostředí, především fotosyntetickou aktivitu autotrofních organismů (Lellák, 1992). Fotosyntetizující organismy jsou ovlivňovány především turbiditou (zakalením), teplotou vody a rychlostí jejího proudění, která určuje složení sedimentů. Turbiditu způsobují organické látky (rozkládající se těla rostlin a živočichů), nebo anorganické látky (zrnka minerálních krystalů).

Pod přehradou dále po proudu dochází k úbytku množství sedimentů, což způsobuje nedostatek živin pro vodní biotu. Nedostatek sedimentů po proudu toku vede k erozi existujícího koryta a destabilizaci pobřežních porostů. Snížení množství splavenin v řekách má negativní dopad nejen na ryby a rostliny, ale také na plankton a řasy (Bencko, 2002).

6.3. Kvalita vody

Kvalita vody je dána specifickými dispozicemi a závisí na různých podmínkách, především na výkonu a typu elektrárny. Změna průtokových poměrů v řece přispívá ke změnám v kvalitě vody. Kromě toho dochází ke kvalitativním změnám vody v období akumulace vody v údolní nádrži. Kvalitu vody však ovlivňuje spousta faktorů, jako např. morfologie přehradního profilu, kvalita vody v přítocích, druh půdy, nízká úroveň kyslíku, množství živin, příliv

znečišťujících látek, vodní květ, uvolňování toxických látek ze sedimentů atd. Přehrazením vodního toku dojde ke změně původně proudícího toku na stojatou vodu (Hasík, 1974). Proudící voda se neustále promíchává, takže její teplota je v celé výšce vodního sloupce přibližně stejná. Kdežto u stojaté vody dochází k teplotní stratifikaci, jejímž výsledkem jsou různě teplé vrstvy vody, mající vliv na koloběh látek ve vodě (Lellák, 1992). Teplotní stratifikace ovlivňuje tok pod přehradou tím, že způsobuje ochlazování, nebo oteplování vody v závislosti na umístění výpusti přehrady (horní, dolní). Teplota je důležitá pro flóru i živočichy a to i přesto, že je v rozsahu tolerance. Teplotní změny mají vliv na tření ryb a přežití potěru. Teplota vody také ovlivňuje rychlost růstu a délku vegetačního období mnoha druhů. Vyšší teplota vytváří dobré podmínky pro růst biomasy (Hasík, 1974). Kvalita vody se mění také v důsledku zvýšeného nebo sníženého průtoku.

Riziko znečištění vody se u vodních elektráren zvyšuje také možností kontaminace ropnými produkty. Taková rizika jsou eliminována na minimum použitím vhodných samomazných ložisek a biologicky odbouratelných mazadel. Pro případ havárie jsou instalována zařízení pro zachycení ropných produktů. Rozsah znečištění vody únikem ropných produktů závisí na typu oleje, velikosti úniku, dobou trvání, citlivosti oblasti a externími faktory (Holata, 2002). K znečištění vody ropnými produkty může dojít i při stavebních a těžebních pracích únikem provozních kapalin z pracovních strojů.

Množství nahromaděného organického materiálu v nádrži může mít také za následek zvýšenou produkci řas, což se projeví nedostatkem kyslíku. Některé modro-zelené řasy mohou kromě úbytku kyslíku také způsobit zvýšenou koncentraci železa a manganu ve spodní vrstvě nádrže (Bergkamp, 2000). Mezi nezanedbatelná pozitiva hydroelektráren patří schopnost okysličovat vodu (ovlivňující její samočisticí schopnost), ať už díky vodě přepadávající přes jez, nebo jejím průchodem turbínou. Vysoká úroveň rozpuštěného kyslíku podporuje zdravý vodní ekosystém. Vlivem špatného okysličování dochází k nežádoucímu množení řas a sinic.

Vlivem slunečního záření a pohybu větru dochází k odpařování množství vody a tím k nadměrnému zvyšování salinity, která je nebezpečná pro vodní organismy. V případě umělého zavlažování vodou z nádrže může docházet k nežádoucímu zasolování zemědělské půdy (Moldan, 2009).

6.4. Skleníkové plyny

Jednou z největších výzev, které čelí dnešní společnost, je změna klimatu, ke které přispívají i vodní díla. Nádrže jsou zdrojem velkého množství skleníkových plynů. Mezi nejčastější skleníkové plyny podle Musila (2009), vznikající v souvislosti s výrobou energie ve vodních elektrárnách patří metan (CH_4), oxid uhličitý (CO_2) a oxid dusný (N_2O).

Některé vodní elektrárny produkují až 3,5 krát větší množství skleníkových plynů, než tepelné elektrárny spalující fosilní paliva (Musil, 2009). Faktory určující velikost emisí jsou například velikost nádrže, teplota, topografie, podnebí, použité materiály v konstrukci, typ ekosystému a množství zaplavené biomasy. Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující množství skleníkových plynů vznikajících při hydroenergetice je teplota vody. Při vyšší teplotě snáze probíhají anaerobní procesy, při kterých tyto plyny vznikají. Proto přehrady v tropických pásmech produkují více skleníkových plynů, než přehrady u nás.

Metan uvolňující se z rozkládající se organické hmoty na dně přehrady, je pomocí turbín vodních elektráren uvolňován do atmosféry. Přehrady změní dopravu organické hmoty po proudu. Většina organické hmoty zůstane zachycená v nádrži a tok pod přehradou je o tuto hmotu ochuzen. Emise pocházejí převážně ze sedimentů dopravených do nádrže z horního toku, ale mohou také pocházet z oblastí, které byly zaplaveny kvůli stavbě nádrže, a to především v průběhu deseti let po zatopení (Musil, 2009). Zaplavená biomasa se začne rozkládat, a tím se nastartuje proces tvorby skleníkových plynů.

Pokud jsou emise výsledkem degradace zatopené půdy, pak mají přímou souvislost s výstavbou přehrady. Ale v případě, že emise jsou výsledkem biologické a fotochemické mineralizace alochtonních zdrojů, které jsou zdrojem uhlíku nebo živin, které pochází ze země mimo vodní systém, jako jsou budovy a půdy, potom by se to mohlo stát tak jako tak dále po proudu a nemají souvislost důsledek s výstavbou přehrady (Bergkamp, 2000).

Emise skleníkových plynů z malých vodních elektráren jsou velmi malé, a nemají téměř žádné dopady na změnu klimatu ve srovnání s některými ostatními energetickými systémy. Při pohledu na emise skleníkových plynů vykazují staré nádrže stejné chování jako přírodní jezera (Musil, 2009).

6.5. Biodiverzita

Biodiverzita je biologická rozmanitost, zahrnující diverzitu v rámci druhu, mezi druhy i diverzitu ekosystémů. Je popsána jako rozmanitost života ve všech jejích formách, úrovních a kombinacích.

Vlivem zaplavení rozsáhlých ploch při stavbě přehrad dochází ke změnám přirozených stanovišť, a tím ke snižování populací rostlin a živočichů. Nádrže ovlivňují ekosystémy nejen v místě nádrže samotné, ale také dále po proudu řeky. Biodiverzita pod přehradou je ovlivňována několika faktory, především zvýšením teploty vody, snížením obsahu kyslíku, změnou průtočného režimu, kolísáním hladiny, ztrátou záplav a narušením migračních cest (Ďurica, 2010).

Přerušování migračních cest má za následek úbytek, nebo vyhynutí určitých druhů migrujících říčních ryb. Vlivem narušení přirozeného prostředí dochází k úbytku a změnám ve složení vodních organismů, především vodního planktonu, čímž dojde k narušení potravního řetězce, a na něm závislých rybích populací (Bergkamp, 2000). Taktéž dojde k narušení populací suchozemských rostlin a živočichů žijících v blízkosti toku. Změna habitatu vodní elektrárnou často vytváří prostředí, které svědčí nepůvodním druhům. Dochází ke vzájemné konkurenci, která často vede k rozvoji ekosystémů, které jsou nestabilní a náchylné k různým nemocem (Bergkamp, 2000). Existuje tedy spousta důvodů, proč zachovat biologickou rozmanitost.

Některé druhy jsou ovlivňovány, i když na ně nepříznivé dopady přímo nepůsobí. Například příbřežní zóny, které jsou na hranici mezi pevninou a vodou mají důležitou roli v mnoha ohledech. Poskytují ochranu rybám a její vegetace dodává vodě mrtvou organickou hmotu potřebnou pro obohacování živinami (Bergkamp, 2000). Vlivem nadměrného odpouštění vody z nádrže dochází k degradaci pobřežní zóny. V řekách, kde průtok vody není regulován antropogenní činností, voda pravidelně zaplavuje přilehlé biotopy, například při jarní povodni. Tyto povodně jsou důležité k udržení vysoké biologické rozmanitosti vegetace. Pro ptáky žijící v pobřežních oblastech je výška hladiny řeky zásadní pro stavbu hnízd z důvodu optimálního zaslunění i ochrany před zvýšenou hladinou (Hasík, 1974). Ryby jsou jedním z druhů, které jsou nejvíce postiženy provozem vodních elektráren, jelikož jim vzdouvací zařízení uzavřou migrační cesty a jedinou cestou se tak obvykle stává průchod přes lopatky turbíny.

6.6. Migrační bariéry

Energetická vodní díla přehrazují vodní toky a tím ovlivňují stanoviště mnohých vodních živočichů. Migrující ryby potřebují v určitých fázích svého vývoje volný pohyb vodním tokem, čemuž brání různá vzdouvací zařízení včetně přehrad. Ta tvoří překážku pro vodní organismy, což částečně řeší rybí přechody (Obr. 9), které jsou nedílnou součástí každého nového vodního díla. Zákon č.254/2001 Sb. § 15 odst. 6 o stavebním povolení k vodním dílům uvádí: „Při povolování vodních děl, jejich změn, změn jejich užívání a jejich odstranění musí být zohledněna ochrana vodních a na vodu vázaných ekosystémů. Tato vodní díla nesmějí vytvářet bariéry pohybu ryb a vodních živočichů v obou směrech vodního toku“ (Mze, 2015). Rybí přechody umožňují vodním živočichům libovolný pohyb v řece, tzn. pohyb po proudu i proti proudu. Nejde jen o tah za účelem rozmnožování, ale i přesuny za potravou a vhodnými životními podmínkami (Sequens, 2009). V problematických místech jako jsou jezy a přehrady, zaručují přechody živočichům snazší překonání antropogenních překážek. Situace se dramaticky horší v případě, že na jednom toku je takových bariér několik. Přehrady omezují a oddalují migraci a zvyšují predaci ryb (Sequens, 2009).



Obr. 9: Rybí přechod (Zdroj www.envisystem.cz)

Mezi největší problémy při využívání vodní energie je úmrtnost ryb při průchodu turbínou. Tomu má zabránit zařízení instalované před turbínou nazývané *česle*, které však zachrání před nasátím turbínou pouze větší ryby. Rozhodující je také typ použité turbíny. Například Kaplanova turbína je vůči rybám mnohem šetrnější, než turbína Francisova (Holata, 2002). K poškození ryb dochází buď fyzickým kontaktem ryb s lopatkami turbíny, turbulencí, nebo vlivem kavitace, která je způsobená rychlými změnami tlaku před turbínou. Ryby, které přežijí stresující situaci při průchodu turbínou, bývají často zraněné a stávají se tak kořistí predátorů.

7. Malá vodní elektrárna (MVE) v obci Bystrovany

7.1. Historie elektrárny a její současný stav

Jelikož o MVE v Bystrovanech není dostupná žádná literatura, informace zde použité byly získány převážně průzkumem v terénu a také diskusí s majitelem vodní elektrárny panem Antonínem Vochtou. Elektrárna vznikla v roce 1932, na místě vodního náhonu, který v minulosti sloužil k pohonu mlýnského kola zdejšího mlýna. V roce 1974 prošla elektrárna generální opravou, při které byla osazena novou turbínou. Strojovna pro druhou turbínu byla postavena v roce 1990. Fyzicky je nyní v provozu pouze jedna turbína, protože při stavbě nové strojovny byla turbína ze staré strojovny rozebrána, opravena a nainstalována do strojovny nové. Jestliže by se provozovatel rozhodl v současné době turbínu vyměnit, představovala by tato investice přibližně 500.000 Kč. Kanál protékající původní strojovnou, ve které již turbína není, se dnes využívá pouze jako jalový obtok a k vypouštění vody z derivačního kanálu při opravách a údržbě. V roce 1994 došlo k čištění derivačního kanálu, který byl z větší části zanesen naplavenou zeminou, bahnem a organickými sedimenty. Při čištění byla vybagrovaná naplavenina použita k vyztužení náhonu. Po vyčištění byl náhon naplněn a otestována jeho vodotěsnost, aby nedocházelo k průsaku vody, jelikož se nachází výše, než okolní krajina. Při netěsnosti by mohlo dojít v okolí ke zvýšení hladiny spodních vod. V minulosti zdejší obyvatelé z důvodu nedostatku vody ve studnách, uměle zvyšovali hladinu spodních vod přepadem z derivačního náhonu do polí. Ten byl ale zrušen, když se na bývalých polích začaly stavět rodinné domy.

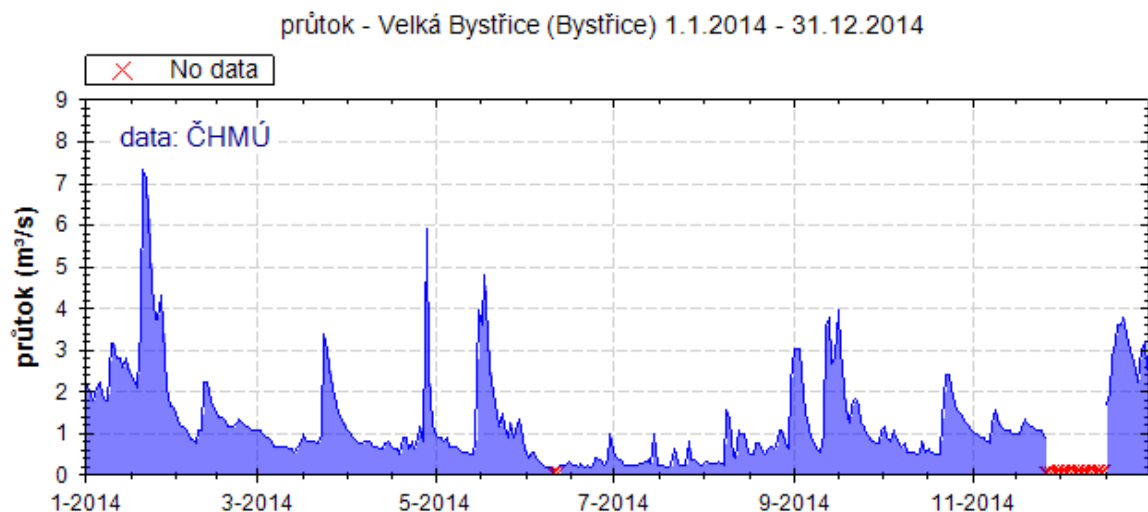
Dle p.Vochty elektrárna vyrábí 150.000 – 200.000 kWh/rok, v závislosti na množství vody v řece. V roce 2014 byla elektrárna v provozu deset měsíců, ale o rok dříve to bylo pouze osm měsíců z důvodu nedostatku vody v řece. Instalovaný výkon této elektrárny je 0,075 MW. Odhadní cena MVE v Bystrovanech je přibližně 5.000.000 Kč. Cena MVE se vypočítává, na rozdíl od jiných nemovitostí, podle hodnoty vyrobené elektřiny za deset let provozu. Avšak tržní hodnota je pravděpodobně vyšší, podle momentální poptávky na trhu.



Obr. 10: Budova elektrárny včetně hrubých česlí a jez zásobující vodou derivační kanál
(Zdroj: fotografie autora)

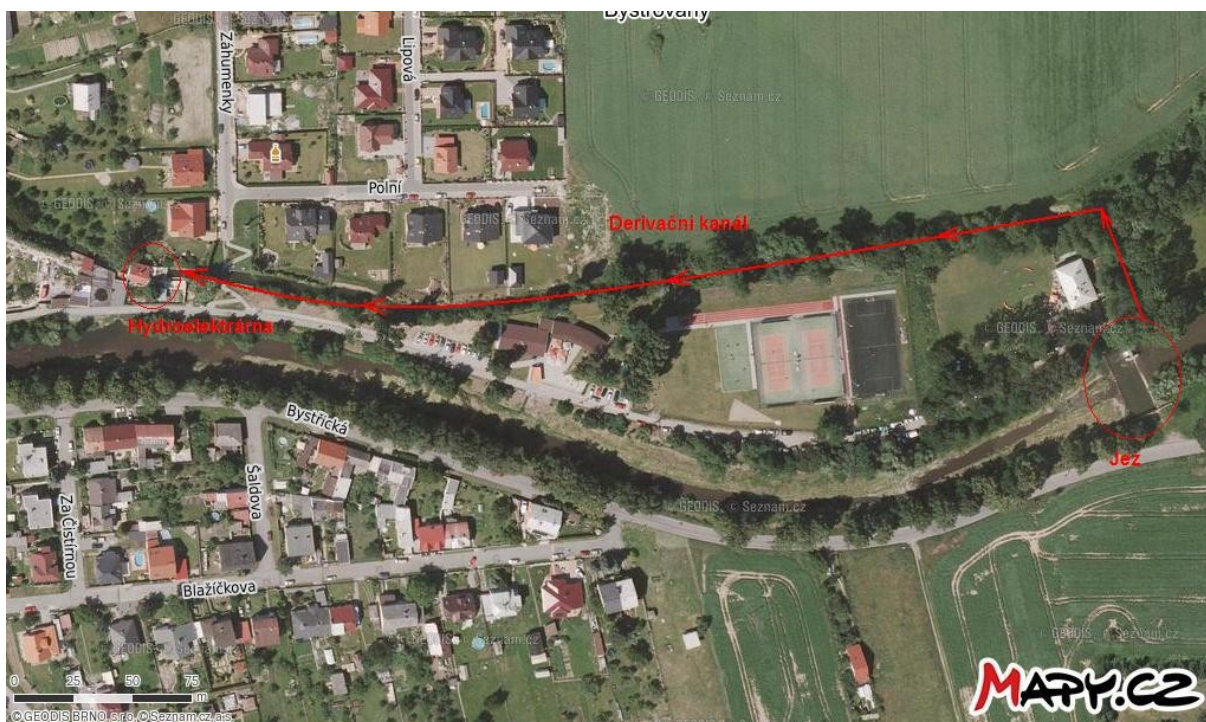
7.2. Charakteristika zájmového území

Malá vodní elektrárna Bystrovany se nachází v severovýchodní části obce na řece Bystřici (Obr. 11). Řeka Bystřice náleží do povodí řeky Moravy a úmoří Černého moře a protéká Přírodním parkem Údolí Bystřice. Pramení v nadmořské výšce 660 m v pohoří Nízkého Jeseníku a na svém konci po 54 km ústí v Olomouci v nadmořské výšce 212 m do řeky Moravy (Janoška, 2001). Šířka koryta se pohybuje od 2 m na horním toku, až po 20 m na dolním toku. Na středním toku při průměrné hloubce 0,5 m, má řeka největší energii (Pytlíček, 1974).



Graf 3: Průtok na řece Bystřici 1.01.2014 – 31.12.2014, měřeno ve stanici Velká Bystřice (ČHMÚ 2015)

Pro řeku je typické střídání nízkých stavů s krátkými povodňovými přívaly, převážně z dešťových a sněhových přeháněk. Průměrný roční průtok (Graf 3) v roce 2014 činil 1,09 m³/s s maximem 7,31 m³/s 21. ledna a minimem 0,134 m³/s 9. června (ČHMÚ, 2015). Měření průtoku probíhá na vodočetné stanici ve Velké Bystřici, která je provozována Českým hydrometeorologickým ústavem. Na svém horním toku dosahuje řeka spádu 10,9 ‰ a dále po proudu klesá spád o 3 ‰ až na průměrných 5 ‰ na svém dolním toku (Pytlíček, 1974).



Obr. 11: Mapa Obce Bystrovany s vyznačením jezu, derivačního kanálu a vodní elektrárny na řece Bystřici
(Zdroj: upraveno z Mapy.cz).

V řece a jejím okolí žije mnoho druhů živočichů. Z těch nejčastějších např. pstruh obecný potoční (*Salmo trutta morpha fario*), ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), hrouzek obecný (*Gobio Gobi*) a další. Žije zde také rak říční (*Astacus astacus*), který je velmi citlivý na znečištění vody a je proto indikátorem čistoty vody v řece (CULEK a kol., 1996). Z dalších živočichů žijících v údolí řeky můžeme zahlédnout, např. strakapouda malého (*Dendrocopos minor*), konipase horského (*Motacilla cinerea*), ondatru pižmovou (*Ondatra zibethicus*), netopýra velkého (*Myotis myotis*), nebo populaci kriticky ohroženého vrápence malého (*Rhinolophus hipposideros*), který patří mezi celosvětově ohrožený druh (CULEK a kol., 1996).

Na jižních svazích kolem řeky rostou některé teplomilné rostliny, např. zvonek broskvolistý (*Campanula persicifolia*) a mochna stříbrná (*Potentilla argentea*). Na zastíněných svazích např. kosatec sibiřský (*Iris sibirica*) a udatna lesní (*Aruncus vulgarit*), kterou nalezneme zvláště ve vyšších polohách (CULEK a kol., 1996).

Na řece jsou četné jezy, vybudované k různým účelům. Jeden z nich, na začátku obce Bystrovany, slouží k napájení náhonu k místní malé vodní elektrárně, která je zde v provozu již téměř sto let.

7.3. Princip činnosti a technická data elektrárny

Malé vodní elektrárny využívají k výrobě elektrické energie potenciální energii vody. Pro MVE jsou důležité dva základní parametry. První je využitelný spád, což znamená výškový rozdíl hladiny nad elektrárnou a pod ní. V případě této elektrárny je spád 4 metry. Druhým důležitým faktorem je průtok, který udává, jaké množství vody je možné elektrárně dodat.



Obr. 12: Derivační kanál k MVE a koryto řeky pod jezem (Zdroj: fotografie autora).

Do elektrárny přivádí vodu derivační kanál (Obr. 12) dlouhý 451 metrů, který je napájen jezem vybudovaném na řece a opatřeném stavidly, kterými se reguluje výška hladiny v náhonu a také minimální zůstatkový průtok, o kterém je blíže zmíněno v kapitole 6.4. Voda protéká přes mříže tzv. česle, které jsou hrubé a jemné. Jejich úkolem je zabránit turbíně nasátí větších nečistot přitékajících náhonem, které by ji mohly poškodit.



Obr. 13: Instalovaná Francisova turbína s detailem lopatek, jejichž naklápěním je možné regulovat výkon turbíny (Zdroj: fotografie autora).

Elektrárna je osazena Francisovou turbínou (Obr.13) o průměru savky 850 mm s proměnlivým naklápěním rozváděcích lopatek, kterými se reguluje výkon elektrárny. Maximální průtok u této turbíny je $2,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Protékající voda roztáčí turbínu, která je spojena hřídelí s převodovým kolem, které pomocí klínových řemenů přenáší točivý moment na generátor o výkonu 50 kW. Díky pravidelné údržbě a vypuštěnému náhonu, jsem měl možnost si prostor turbíny tzv. kašnu prohlédnout a důkladně se seznámit s technickým řešením jak turbíny, tak i jemných česlí těsně před turbínou, které se v pravidelných intervalech automaticky čistí od naplavenin, které připlují náhonem a projdou přes hrubé česle. Jedná se převážně o listí a drobné větvičky napadané do řeky tzv. shrabky. Jemné česle může mít otvory maximálně 2 cm, aby turbína nemohla nasát ryby (Bednář, 2013). Vyrobená elektřina je přes rozvodnu dodávána do sítě, kde ji odebírá společnost EON, která ji prodává koncovým zákazníkům.

7.4. Analýza vlivu MVE na životní prostředí

Jako každé vodní dílo, má i tato elektrárna pozitivní i negativní vlivy na své okolí. Hlavní problém je v jezu zásobujícím vodou derivační kanál. Ten je ve špatném technickém stavu a hlavně zde není vybudován rybí přechod, eliminující migrační bariéru. Ten je důležitý u všech vodních děl, která nějakým způsobem tok přehradí a znemožňují pohyb vodních živočichů za účelem množení a potažmo zachování co největší možné diverzity. Mezi takové překážky patří například jezy a česle. V případě MVE Bystrovany je problém s nevyjasněnými vlastnickými vztahy kolem jezu. Povodí Moravy se k jeho vlastnictví nehlásí a provozovatel elektrárny, ačkoli by měl zájem tento problém řešit, nemůže nakládat s cizím majetkem.

Dalším důležitým faktorem provozu elektrárny je minimální zůstatkový průtok v řece. Řeka Bystřice nedisponuje velkým množstvím vody a její objem je hodně ovlivněn srážkovými poměry během roku. Provozovatel elektrárny má za povinnost dodržovat pod jezem průtok minimálně $1\text{m}^3\text{s}^{-1}$, ale v jeho zájmu je samozřejmě co největší průtok turbínou z důvodu maximalizace zisku, což ovšem není v zájmu ochrany přírody. V období sucha se někdy stane, že tento průtok nedodrží, za což mu hrozí pokuta od České inspekce životního prostředí v řádu desítek tisíc korun. Jelikož se voda protékající elektrárnou po 400 metrech vrací odtokovým kanálem zpět do řeky, mohlo by se zdát, že tento úsek s menším množstvím zůstatkové vody není důležitý, ale pro migrující živočichy představuje nepřekonatelný problém. Při nedodržení minimálního zůstatkového průtoku v řece dochází k vysychání koryta, což má za následek vymírání vodních živočichů, převážně ryb a v tomto případě i raka říčního (*Astacus astacus*), jehož populaci se podařilo v řece Bystřici úspěšně reintrodukovat (Sagittaria, 2015). Dle informace provozovatele bylo při čištění derivačního kanálu v roce 1994 ve vytěžených sedimentech objeveno několik desítek jedinců raka říčního, kteří byli následně vráceni do koryta řeky.

Dalším zdrojem možného znečištění řeky mohou být ropné produkty nutné k mazání ložisek turbíny. V dnešní době se již používají maziva šetrná k životnímu prostředí vyrobená na bázi rostlinných olejů a především samomazná ložiska, u kterých může dojít k úniku maziv do vody pouze v případě poruch, které se eliminují pravidelnou kontrolou a údržbou (Mastný, 2011). Kontroly jsou prováděny v pravidelných intervalech, takže únik do vody je možný pouze při neodborné manipulaci, nebo nevhodným skladováním, což nebylo u této elektrárny zjištěno. K zachycení případného úniku jsou zde instalovány záchytné vany.

Jedním z negativních vlivů zdejší elektrárny na okolí jsou akustické projevy při provozu, které vznikají při přenosu otáček z oběžného kola na generátor. Také samotný chod generátoru provází nepříjemné pískání, patrně od opotřebovaných ložisek, na který si obyvatelé v okolí stěžují. Toto se projevuje především v letních měsících, kdy jsou okna strojovny otevřená z důvodu větrání a ochlazování strojovny. Provozovateli bylo doporučeno, aby tato okna neotevíral a větrání zajistil jiným způsobem, což bylo zajištěno vhodnou ventilací. Tímto byly akustické projevy turbosoustrojí eliminovány na minimální možnou mez, která již nemá negativní dopad na obyvatele v blízkém okolí.

Malá vodní elektrárna má ovšem i pozitivní vliv na ekosystém. Zbavuje řeku nečistot zadržovaných na česlích před elektrárnou. Dle *Zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon) §8*, je provozovatel elektrárny povinen tyto nečistoty ekologicky zlikvidovat. Nejedná se pouze o větve, listí a jiný biologický odpad, ale i o PET lahve, papíry a domovní odpad. Podle informací provozovatele elektrárny se jedná o několik tun shrabků ročně i u takto malé elektrárny. Část odpadu se recykluje a zbytek je likvidován na nedaleké skládce. Důležitá je také schopnost vodního díla zvyšovat koncentraci kyslíku ve vodě, což podporuje samočisticí schopnost řeky. K výraznému okysličování vody dochází hlavně u přímotlakých turbín typu Bánkiho a Peltonovy (Bednář, 2013), což není tento případ. Francisova přetlaková turbína instalovaná v této elektrárně vodu neokysličuje, ale tuto funkci dostatečně zastoupí jez, přes který voda přepadává z výšky dvou metrů a tím se dostatečně provzdušňuje.

Obyvatele obce nejsou provozem MVE nijak ovlivněni, až na výše zmiňované nepříjemné akustické projevy v minulosti. Provoz zdejší vodní elektrárny je natolik bezproblémový, že spousta obyvatel obce ani neví, že je zde hydroelektrárna provozována.

Malé vodní elektrárny jsou obecně velmi ekologickým zdrojem energie a jsou-li dodrženy všechny zákony a bezpečnostní předpisy týkající se údržby, jedná se o nejčistější zdroj energie vůbec. V případě MVE Bystrovany je potřeba, aby provozovatel důsledně dodržoval limity minimálního zůstatkového průtoku a nedocházelo tak v sušším období k vysychání koryta řeky v místě pod odběrem vody pro energetické využití. Jestliže dojde v budoucnu k vybudování rybního přechodu a s tím spojené opravě jezu, zařadí se tato MVE mezi ostatní šetrné zdroje energie a bezesporu se tak stane přínosem pro životní prostředí v dané lokalitě.

8. Přečerpávací vodní elektrárna (PVE) Dlouhé stráně

8.1. Výběr lokality pro výstavbu PVE

Přečerpávací vodní elektrárny se staví po celém světě jako významný regulační prvek energetické soustavy. Problematika umístění PVE Dlouhé Stráně v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky, vyhlášené v roce 1969, je mnohokrát diskutované téma, které má své zastánce i odpůrce. Někteří tuto stavbu obdivují, jiní ji vnímají jako negativní zásah do krajiny.

V letech 1963 – 1966 probíhal výběr vhodné lokality a základní geologický průzkum. Podmínkou výběru vhodné lokality pro PVE bylo nalézt vhodné geologické podloží a možnost vybudovat dvě dostatečně velké nádrže, s co největším rozdílem nadmořské výšky, pro dosažení dostatečného spádu. Na Moravě bylo vybráno několik lokalit v oblasti Jeseníků a Beskyd. Lokality v Beskydech se z ekonomického hlediska jeví jako nerentabilní, jelikož nebylo možno docílit denní akumulace 500 MW, a proto se s nimi v další fázi plánování nadále nepočítalo. Po zhodnocení ekonomické výhodnosti navrhovaných lokalit (Tabulka 4), byla jako nejvhodnější lokalita pro výstavbu následně vybrána oblast Hrubého Jeseníku na toku Divoké Desné.

Tabulka 4: Výhodnost porovnávaných lokalit podle nákladů na vyrobenou kWh (Zdroj: Höll, 1998).

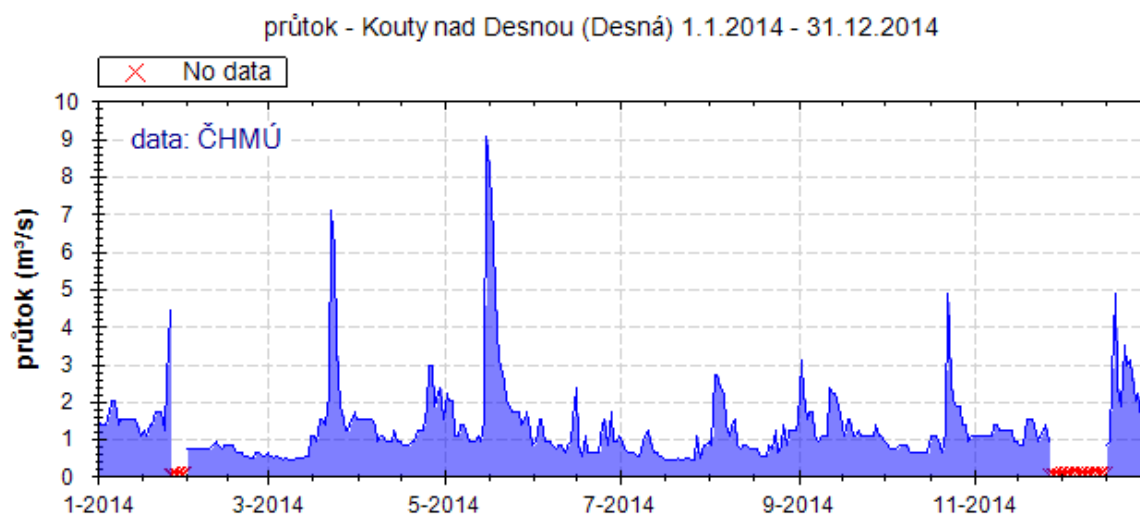
Hodnocená lokalita	Výkon v MW	Náklady na instalovaný kW v %	Náklady na vyrobenou kWh v %
Dlouhé Stráně	525	100	100
Medvědí hřbet	523	122	118
Bradlo	539	142	133
Velký Děd	590	119	125
Vysoká Hole	1141	135	122
Břidličná	675	144	136
Černé Stráně	504	120	116

Situování stavby do CHKO přineslo specifickou problematiku technického i legislativního rázu. Původní termín zahájení stavby v roce 1972 nebyl dodržen a zahájení se odsunulo až na

rok 1978. Během výstavby byla stavba z politických důvodů několikrát pozastavena, neboť tehdejší politické vedení uvažovalo o změně strategie státu na dovoz elektrické energie ze zahraničí. Po mnoha odkladech technického rázu, nedostatku financí a změnách projektu byla stavba PVE Dlouhé Stráně 31.12.1996 dokončena (Höll, 1998).

8.2. Charakteristika zájmového území

PVE Dlouhé Stráně se nachází v katastru obce Loučná nad Desnou uvnitř Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Obr. 14) na řece Divoká Desná. Řeka Desná pramení na západním svahu Pradědu v nadmořské výšce 1180 m. Do Moravy se vlévá jako levostranný přítok u obce Postřelmov po 41,5 km (Höll, 1998). Podle údajů ČHMÚ (Graf 4) byl v roce 2014 naměřen v řece Desné maximální průtok 16. května 9,04 (m³/s), minimální 13. března 0,383 (m³/s) a průměr za celý rok činil 1,10 (m³/s).



Graf 4: Průtok na řece Desná 1.01.2014 – 31.12.2014, měřeno ve stanici Kouty nad Desnou (ČHMÚ 2015).

Složení zvířeny je dle Stalmacha (1976), výsledkem dlouhodobého vývoje a četných migrací. V řece žije mnoho druhu ryb z nichž nejčastější jsou dle Šubrtové (2005) Pstruh obecný f. potoční (*Salmo trutta m. fario*), Pstruh americký duhový (*Salmo gairdnerii irideus*), Siven americký (*Salvelius fontinalis*), Lipan podhorní (*Thymallus thymallus*) a Vranka pruhoploutvá (*Cottus poecilopus*). Žije zde také mnoho ptáků například Budníček menší (*Phylloscopus collybita*), Drozd zpěvný (*Turdus philomelos*), a Červenka obecná (*Erithacus rubecula*). Ze savců například Rejsek obecný (*Sorex araneus*), Jelen evropský (*Cervus elaphus*), Liška obecná (*Vulpes vulpes*) a Zajíc polní (*Lepus europaeus*) a spousta jiných (Stalmach, 1976).



Obr. 14: Mapa znázorňující zájmové území v CHKO Jeseníky (Zdroj: Mapy.cz).

Celé území leží na horském vegetačním stupni. Podle studie Balhara (1976) je zde vyvinuta vegetace klimaxových smrčín, bučin a klenových bučin. Vyskytují se zde především Smrk ztepilý (*Picea abies*), Buk lesní (*Fagus sylvatica*), Jedle bělokorá (*Abies alba*) a Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). V nejvyšších polohách je patrný rozvoj alpské vegetace, například Borovice kleč (*Pinus mugo*). Květena zkoumaného území je poměrně chudá, ale přesto se zde nachází spousta chráněných rostlin. Z těch nejznámějších jmenujme alespoň několik zástupců, například Oměj šalamounek (*Aconitum plicatum*), Žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*), Zvonek vousatý (*Campanula barbata*) a Lilie zlatohlavá (*Lilium martagon*) (Balhar, 1976).

Geomorfologicky můžeme podle Demka (2006) převážnou část zkoumaného území označit jako typickou horskou krajinu s příslušně velkou členitostí a ještě větší energií reliéfu. Geologický podklad je tvořen desenskou rulou, řídkými žilami pegmatitu a amfibolickými břidlicemi. Podle klimatického dělení patří zkoumané území do chladného pásu, s průměrnou teplotou 12 – 15 °C a průměrnými ročními srážkami 1200 – 1400 mm. Celé zkoumané území patří do povodí řeky Moravy. Převážná část území je odvodňována řekou Divokou Desnou.

Ta má výrazně horský bystřinný charakter (Šubrtová, 2005). Vyskytují se zde oligotrofní půdy, které přecházejí s klesající nadmořskou výškou do mezotrofních hnědozemí. V nižších oblastech se vyskytují humusové podzoly.

8.3. Princip činnosti a technická data

Přečerpávací vodní elektrárna pracuje na odlišném principu, než známější akumulární a malé vodní elektrárny. PVE Dlouhé Stráně plní pro elektrorozvodnou soustavu několik důležitých funkcí. Funkci *statickou* (Höll, 1998), kterou se rozumí zušlechťování nadbytečné energie v soustavě na energii špičkovou, což znamená, že elektrárna v době přebytku elektrické energie, kdy není ekonomické snižovat výkon například parních elektráren, čerpá vodu z dolní nádrže do horní v čerpadlovém provozu. V době nedostatku elektrické energie je elektrárna přepnuta do turbínového provozu a voda vypouštěná z horní nádrže do dolní roztáčí turbogenerátor, který vyrábí elektrický proud. Dále plní funkci *dynamickou*, kam řadíme fc. Pohotovostní rezervy, kdy energie uskladněná v horní nádrži ve formě vody slouží jako výkonová rezerva systému (Höll, 1998). Poslední funkcí je *kompensační* provoz, při kterém se elektrárna podílí na regulaci napětí v soustavě, kdy dochází k prudkým změnám zatížení (Höll, 1998). Takovéto náhlé výkyvy způsobují především větrné a solární elektrárny, které jsou závislé na momentálních přírodních podmínkách, a samozřejmě také rozhoduje aktuální poptávka na trhu s elektrickou energií. Dle vyjádření ing. Vykydala, byla dříve PVE uváděna do čerpadlového provozu pouze v noci, z důvodu menší poptávky po elektrické energii a z toho plynoucí levnější elektřiny. V současnosti přechází elektrárna z čerpadlového do turbínového režimu a naopak i během dne. PVE nabývají na významu také díky zvyšování výkonu parních a jaderných elektráren tím, že pokrývají zatížení elektrizační soustavy.

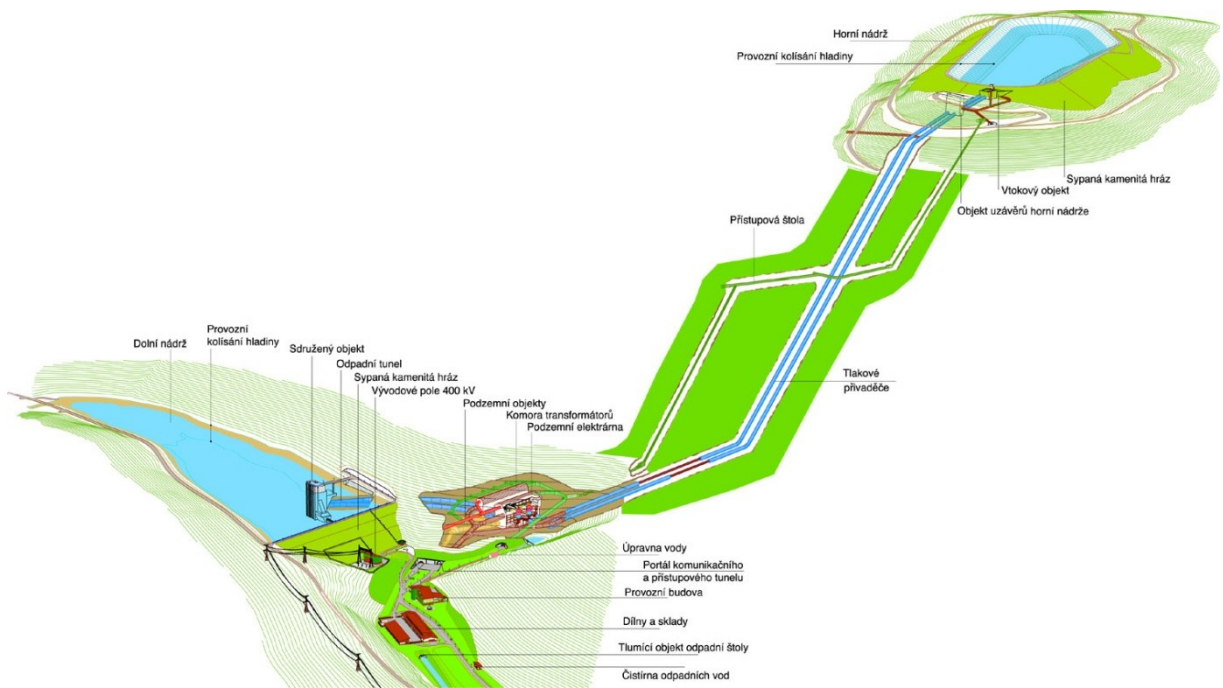
Elektrárna je schopná pracovat v turbínovém provozu na plný výkon 6,5 hodiny (Höll, 1998). Výkon elektrárny lze regulovat naklápěním lopatek turbíny, což umožňuje pracovat i na částečný výkon dle aktuální potřeby. Spuštění elektrárny na plný výkon trvá přibližně 100 sekund, čehož tepelné elektrárny nejsou schopny docílit, jelikož jejich spuštění trvá několik hodin (Höll, 1998). Možnost okamžitého spuštění PVE zvyšuje její schopnost aktuálně reagovat na potřeby rozvodné sítě. Elektrárna je dálkově řízena centrálním dispečinkem sídlícím ve Štěchovicích u Prahy, který ovládá chod všech vodních elektráren společnosti ČEZ, podle aktuální poptávky po elektrické energii. Podle ing. Vykydala, pracuje v areálu

elektrárny pouze personál (přibližně 28 osob) zajišťující údržbu a bezpečný chod elektrárny. Případné větší opravy jsou zabezpečovány pomocí externích odborných firem.

Již od počátku plánování stavby PVE v Jeseníkách (Obr. 15) bylo počítáno s horní nádrží na temeni vrcholu Dlouhé Stráně, v nadmořské výšce 1350 m n.m. (Kopřiva, 2009), který byl následně pro tyto účely odstřelen. Veškerá zemina odstraněná při seříznutí temene hory byla použita k vybudování náspu hráze, čímž se odstranila zbytečná zátěž pro životní prostředí při převozu ohromného množství zeminy na místo jejího uskladnění (Kopřiva, 2009). Dno i svahy nádrže jsou těsněny asfaltobetonovým pláštěm. Umístění dolní nádrže se studovalo na dvou říčních profilech. Pro umístění dolní nádrže byla rozhodující celková délka tlakových přivaděčů, zejména poměr jejich délky ke spádu. Pro pokrytí vodních ztrát vzniklých evaporací

a průsakem, byla také důležitá potřeba jejího zásobování vodou z přirozeného toku Divoké Desné. Na sypanou hráz dolní nádrže vybudovanou v nadmořské výšce 824,7 m byl použit materiál vytěžený při ražení prostor kaverny. Obě nádrže jsou spojeny tlakovými přivaděči o délkách 1547 a 1499 metrů a průměru 3,6 m (Höll, 1998). Vlivem přečerpávání vody mezi nádržemi dochází ke kolísání hladiny v dolní nádrži o 22,2 m a horní nádrži o 21,8 m (Höll, 1998).

Řešení povrchového vedení tlakových přivaděčů bylo finančně výhodnější, avšak varianta dvou ražených tunelů ve skále měla několik výhod. Důvodem zvolení této varianty bylo především co nejméně narušit ráz krajiny nejen potrubím samotným, ale také případnými přístupovými cestami (Kopřiva, 2009). Tato varianta omezuje množství potřebné oceli na vybudování tlakového potrubí a vylučuje zamrzání vody v potrubí při zimních odstávkách (Kopřiva, 2009). Umístění turbogenerátorů bylo předmětem mnoha studií. Výsledkem bylo rozhodnutí o umístění elektrárny do podzemí (Höll, 1998). Toto rozhodnutí se setkalo s pozitivním ohlasem ze strany ekologů (více v kapitole 8.4.). Přečerpávací jednotky a ostatní technologická zařízení byla umístěna do jedné podzemní kaverny (Obr. 16) o rozměrech 24,5 x 50 x 114 metrů, která byla pro tyto účely vyražena ve skalním masivu. Podzemí elektrárny je protkáno komunikačními, větracími, servisními a odvodňovacími tunely o délce 12 kilometrů (Höll, 1998).



Obr. 15: Znáznornění objektů PVE Dlouhé Stráně (Zdroj: ČEZ).

Projektový úkol byl vypracován pro šest strojových jednotek s Francisovou turbínou o jednotkovém výkonu 85,8 MW a čerpadlem o příkonu 70 MW ve přístrojovém uspořádání (Höll, 1998). Tato varianta byla v průběhu stavby několikrát modernizována, až bylo nakonec rozhodnuto o instalaci dvou Francisových reverzních turbín o výkonu 2 x 325 MW. To přineslo zjednodušení realizace a provozu se snížením investičních a provozních nákladů (Kopřiva, 2009).



Obr. 16: Část kaverny vyražené ve skalním masivu a zapouzdřená rozvodna 400 kV (Zdroj: fotografie autora).

Pro vyvedení výkonu elektrárny slouží zapouzdřená rozvodna (Obr. 16) 400 kV, která byla navržena tak, aby co nejvíce respektovala krajinný ráz horského typu (Höll, 1998). V tomto duchu byly navrženy i všechny ostatní venkovní objekty elektrárny. Napojení na rozvodnou síť je zabezpečeno 58 km dlouhým jednoduchým venkovním vedením do uzlu v Krasíkově (Kopřiva, 2009).

Tabulka 5: Základní technické údaje PVE Dlouhé Stráně (Zdroj ČEZ, a.s.).

Výkon elektrárny	2 x 325 MW
Typ turbíny	2 x Francisova reverzní
Turbínový spád	534,3 m
Objem horní nádrže	2,7208 mil. m ³
Objem dolní nádrže	3,405 mil. m ³
Kóta koruny hráze horní nádrže	1350 m n.m.
Kóta koruny hráze dolní nádrže	824 m n.m.
Roční výroba energie cca.	997,8 GWh

Součástí PVE Dlouhé Stráně je i MVE (Dlouhé Stráně II.) osazená Francisovou turbínou o výkonu 163 kW, která je určena k pokrytí vlastních energetických potřeb PVE (Höll, 1998). Ta využívá energii vody přirozeného odtoku z dolní nádrže. Elektrárna je soběstačná i v zásobování vodou, jelikož se v jejím areálu nachází úpravna vody a čistírna odpadních vod.

PVE Dlouhé Stráně je s 650 MW instalovaného výkonu největší vodní elektrárnou v České republice a její parametry jsou ohromující i v evropském měřítku (Tabulka 5). Náklady na výstavbu elektrárny dosáhly 6,5 mld. korun, které se vrátily za 7 let provozu (ČEZ, 2014). Ročně ji navštíví na 80.000 turistů, což přináší nemalé problémy v oblasti ochrany CHKO Jeseníky (blíže kapitola 8.4.).

8.4. Analýza environmentálních aspektů PVE Dlouhé Stráně

Při analýze environmentálních aspektů PVE je potřeba se nejdříve vrátit do období plánování výstavby. V místě plánované stavby proběhlo v letech 1973 – 1976 mnoho výzkumů, za účelem zmapování stavu tohoto unikátního biotopu před započítím výstavby. Zda byl

proveden následný výzkum po spuštění elektrárny, nebylo zjištěno. Od počátku plánování stavby byl záměr stavby takového rozsahu trnem v oku ekologickým aktivistům a ochráncům přírody. Je nutné podotknout, že jejich obavy z trvalého poškození CHKO Jeseníky byly oprávněné. Obavy z narušení krajinného rázu chráněného území se záhy naplnily odstřelem vrcholu Dlouhých Strání, který byl nutný pro potřeby vybudování horní nádrže elektrárny. Pojem „**krajinný ráz**“ je definován Zákonem č.114/1992 Sb., jako: „*přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti*“ (MŽP, 2015). K takovému narušení bezpochyby došlo a je chápáno jako zničení horní hranice lesa a narušení již zmiňovaného krajinného rázu v centrální části Jeseníků. K částečné ochraně krajinného rázu došlo alespoň dodatečně z podnětu ekologů, nepravidelným navýšením koruny břehu horní nádrže. Pro maximální omezení narušení krajinného rázu jsou všechny venkovní objekty architektonicky řešeny v horském stylu (Höll, 1998). Z tohoto důvodu jsou převážné části technologie elektrárny, mimo zapouzdřenou rozvodnu, umístěny uvnitř skalního masivu. To sebou přináší velmi důležité pozitivum pro okolní přírodu, kterým je absence hluku a omezení vibrací, vznikající pohybem velkého množství vody a obrovskou hmotou rotujících částí turbosoustrojí.

Došlo k trvalému záboru lesní půdy v rozsahu 100 ha, oproti plánovaným 111 ha. Tento zábor činí 1,3 promile rozlohy CHKO Jeseníky (Höll, 1998).



Obr. 17: Horní nádrž (Zdroj: ČEZ)

Vlivem výstavby obslužných komunikací došlo k rozpadu mnoha hektarů lesa. Tyto silnice jsou také zdrojem nežádoucího výskytu synantropních druhů rostlin a jejich sekundárního šíření. Hráže obou nádrží jsou sypané (Obr. 17), což umožňuje jejich ozelenění. Na březích horní nádrže se vyskytují především traviny a náznaky alpské vegetace, převážně klečových porostů. Břehy dolní nádrže jsou nad hladinou maximálního vzduť zarostlé náletovými dřevinami. Vyskytuje se zde převážně bříza, smrk a borovice. Vlivem pravidelného uměle regulovaného kolísání vodní hladiny při přečerpávání mezi nádržemi, dochází k degradaci, potažmo úplné absenci pobřežního vegetačního pokryvu a pobřežní ekosystém působí dojmem mrtvého pásu (Obr. 18).

Největším problémem při výstavbě, bylo dodržení limitů znečištění vody v řece Desné. Tento limit byl stanoven na 9 kg ropných látek v řece ročně (Kopřiva, 2009). Ke znečišťování vody docházelo nejen přítomností těžké stavební a lesní techniky, u které občas docházelo k únikům oleje vlivem technických závad, ale také díky práci stovek motorových pil, podílejících se na odlesňování pozemků a nejednalo se pouze o pozemky odlesňované z důvodu výstavby elektrárny (Kopřiva, 2009). Kontrola byla prováděna odběrem vzorků vody v 11 říčních profilech.



Obr. 18: Dolní nádrž se znatelným pásem absence života (Zdroj: fotografie autora).

Dnešní situace je již stabilizovaná. Čistota a průtok vody pod elektrárnou je kontrolována v pravidelných intervalech (Obr. 19) a zatím nebyly v této oblasti zjištěny žádné negativní dopady. Dle ing. Vykydala je čistota vody kontrolována nejen zaměstnanci elektrárny, ČIŽP, ale i firmou TBD Brno zabývající se bezpečností provozu vodních děl, která provádí také kontrolu biologické spotřeby kyslíku, která je indikátorem čistoty vypouštěných odpadních vod. Elektrárna disponuje důmyslným systémem odolejování chladících okruhů a konstrukcí pouzder ložisek, což zamezuje úniku ropných látek do řeky. Je vybavena vlastní monitorovací stanicí kvality vody SIGRIST a zařízením na odolejování vod z technologického zařízení (Höll, 1998). Tento gravitačně sorpční odlučovač se nachází v nejnižší části strojovny a ve spolupráci s odolejovacím zařízením typu GOOL-760 vrací vyčištěnou vodu dále do toku pod PVE (Höll, 1998). Jediný problém s nečistotou odpadních vod byl zjištěn na odtoku z čistírny odpadních vod (ČOV), která je součástí elektrárny. Vlivem zvýšeného pohybu turistů v areálu elektrárny došlo k navýšení odpadních vod na míru, kdy už její kapacita nestačila. Jak řekl ing. Vykydal, po intervenci ČIŽP musela být kapacita čistírny navýšena a dnes již odtékající voda splňuje platné normy.



Obr. 19: Vodoměrná stanice pod PVE (Zdroj: fotografie autora).

Vodní tok řeky Desné není přítomností elektrárny výrazně ovlivněn. Původní tok (Obr. 20) protéká dolní nádrží a bez přerušení se vrací do koryta pod elektrárnou. To je zajištěno umělým kanálem pod hrází nádrže. Stav přítoku do dolní nádrže je monitorován nad horním vzduťm a naměřené množství přitékající vody je automaticky vraceno již zmiňovaným kanálem pod dolní nádrž mimo elektrárnu, díky čemuž nemá elektrárna problém s dodržením minimálního zůstatkového průtoku. Pro potřeby doplnění úrovně hladiny vody, využívá pouze část toku přitékajícího do dolní nádrže, a to převážně v období dešťů. Součástí tohoto umělého kanálu je MVE Dlouhé Stráně II. (Höll, 1998), která však nepředstavuje z hlediska ekologie problém, jelikož využívá pouze část vody vracující se do koryta pod dolní nádrž. Případný pohyb živočichů mezi dolní nádrží a korytem řeky pod nádrží je možný. Otázkou zůstává, do jaké míry je tento umělý, světlu nepřístupný kanál vhodný pro migraci vodních živočichů. Zkoumáním je zjištěna absence ryb v horní i dolní nádrží, pravděpodobně vlivem oscilace vodní hladiny obou nádrží a vlivem servisních odstávek, při kterých dochází k jejímu úplnému vypuštění.

K sedimentaci v nádržích nedochází, ať už z důvodu kamenitého dna Divoké Desné nad nádrží, občasného vypouštění nádrže, nebo průběžným přemísťováním sedimentů dále po proudu odtokovým kanálem umístěným na dně nádrže. Vlivem absence sedimentů v nádržích, nedochází k tvorbě skleníkových plynů z rozkládajících se organických nečistot.



Obr. 20: Přítok Divoké Desné do dolní nádrže v místě horního vzduťm a koryto řeky pod elektrárnou
(Zdroj: fotografie autora).

Ryby jsou zaznamenány pouze v dolní nádrží, v místě horního vzduťm a dále proti proudu toku Divoké Desné. Jedná se především o zástupce pstruha obecného (*Salmo trutta fario*) a wranky

pruhoploutvé (*Cottus poecilopus*). Pod elektrárnou byl také zaznamenán výskyt vranky pruhoploutvé, která je indikátorem čistoty a okysličenosti vody a dále sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) a pstruha amerického (*Oncorhynchus mykiss*).

Jelikož elektrárna neodpouští větší množství vody, jako klasické akumulční nádrže, nedochází k výkyvům vodní hladiny pod elektrárnou. Ta je ovlivněna pouze aktuální hydrologickou situací dané oblasti. K výkyvům hladiny může dojít pouze při vypouštění vody z nádrží za účelem jejich oprav, ale jak mne informoval ing. Vykydal, takovéto případy se dějí pouze vyjíměčně a vypouštění probíhá pozvolným odpouštěním vody z dolní nádrže do Divoké Desné. Akumulční potenciál obou nádrží je využíván k omezení negativního vlivu povodní a supluje deficit vláhy v důsledku úbytku lesních porostů (Höll, 1998).

Jedním z negativních dopadů při výstavbě elektrárny je odlesnění ploch pro potřebu dodržení ochranného pásma vedení vysokého napětí 400 kV z elektrárny do rozvodny v Krasíkově v délce 58 km (Obr. 21), které esteticky narušuje zdejší krajinu.



Obr.21: Vedení vysokého napětí od PVE k rozvodně v Krasíkově (Zdroj: fotografie autora).

Jak už bylo zmíněno výše, ročně navštíví PVE Dlouhé stráně kolem 80.000 turistů (ČEZ, 2014), což paradoxně přináší největší současné problémy zdejší chráněné krajiny. Organizaci těchto exkurzí přenechal provozovatel elektrárny fa. ČEZ soukromé firmě, v rámci propagace využívání obnovitelných zdrojů. Před výstavbou elektrárny zde nevedly turistické stezky, mimo jedné, vedoucí údolím koryta řeky Divoké Desné, takže zde panovala čistě panenská příroda. Turisté se dostanou do elektrárny pouze díky exkurzím organizovaným firmou K3 Sport, které je v pravidelných časech odváží autobusy z nástupiště v Koutech nad Desnou do správní budovy elektrárny pod dolní nádrží, kde jsou seznámeni s technickým zázemím elektrárny a jejími výhodami. V oblasti CHKO se mohou pohybovat pouze moderní autobusy splňující emisní normu EURO 5 (CHKO Jeseníky, 2015). Přesto se podle zaměstnanců elektrárny stává, že dojde k jejich poruše s případným možným únikem ropných produktů. Velké množství turistů znamená také mnoho odpadků, které někteří vyhazují na místech, která nejsou k tomuto účelu určena a zaměstnanci elektrárny musí posléze zajistit jejich odstranění. Turisté způsobují také hluk, který nesvědčí zdejší fauně. Flóru v okolí elektrárny ovlivňují již výše zmiňované antropochorní vlivy, způsobující šíření nepůvodních druhů rostlin.

Uvedení PVE Dlouhé Stráně přináší také významné snížení výroby elektřiny v tepelných elektrárnách a tím k odlehčení životnímu prostředí o 15.000 tun kysličníku siřičitého a 155.000 tun popela, které by vznikly spálením 613.000 tun hnědého uhlí (Höll, 1998).

Lze konstatovat, že problémy s poškozením krajinného rázu, odlesněním a zaplavením lesní půdy a výstavbou objektů v centrální části CHKO, byly postupem času zapomenuty a elektrárna se tak stala součástí zdejší krajiny. Došlo ke stabilizaci všech faktorů ovlivněných výstavbou a opětovnému zalesnění půdy. V průběhu analýzy environmentálních dopadů PVE Dlouhé Stráně, nebyly zjištěny závažnější dopady na životní prostředí a to především díky typu elektrárny a snaze projektantů a investora tyto dopady v maximální míře eliminovat již v průběhu projektové přípravy. Provoz přečerpávací vodní elektrárny nemá tak zásadní dopady na životní prostředí, jako velké přehradní elektrárny, které ovlivňují ekosystém ve svém okolí mnohem více.

Místní obyvatelé vnímají PVE jako nedílnou součást jejich okolí a v současné době nemají vůči ní žádné výhrady. Zvýšený turistický ruch naopak přináší více peněz do obecní pokladny a také pracovních příležitostí. PVE Dlouhé Stráně se tak stala předmětem zájmu mnoha odborníků i laické veřejnosti, což dokládá počet turistů, kteří tuto elektrárnu ročně navštíví.

9. Závěr

Česká republika je ve výrobě elektrické energie soběstačná a navíc je schopná své přebytky prodávat do zahraničí. Podíl na tomto stavu mají především jaderné, uhelné a vodní elektrárny.

Předpokladem pro trvale udržitelný rozvoj společnosti je důležité přednostní využívání obnovitelných zdrojů energie. Cílem udržitelného rozvoje je ochrana životního prostředí a zajištění schopnosti Země udržet život v celé jeho rozmanitosti, což předpokládá zachování nebo i rozmnožení biodiverzity a uchování přírodních zdrojů pro příští generaci. Přesto ve využívání energií z obnovitelných zdrojů zůstáváme stále ještě pozadu za evropským průměrem. Obnovitelné zdroje energie nemohou plně nahradit zdroje neobnovitelné, ale je potřeba jejich podíl neustále navyšovat.

Využití energie vody za účelem získání mechanické práce patří mezi první pokusy našich předků o ovládnutí přírodních zdrojů ve svůj prospěch. Cesta od vodního kola k moderním turbínám trvala několik stovek let. Turbína je základní součástí vodní elektrárny, které jsou považovány za čistý a levný zdroj energie. Význam vodních elektráren nespočívá v množství jimi vyrobené energie, ale především ve specifických vlastnostech jejich provozu, jelikož dokážou okamžitě reagovat na aktuální potřebu elektrické energie v síti. Vodní elektrárny patří mezi nejvyužívanější obnovitelné zdroje v České republice, a to i přesto, že u nás nemáme pro jejich využití ideální podmínky. Velké vodní elektrárny jsou soustředěny na našich největších řekách, převážně na Vltavě, Labi a Dyji. K jejich dalšímu rozvoji nejsou v podmínkách ČR prakticky žádné vhodné lokality. Největší potenciál, vzhledem ke geografickým podmínkám ČR, se nabízí v rozvoji malých vodních elektráren, převážně na horních tocích řek. Jistý potenciál nabízí i modernizace starších zařízení, disponujících technologiemi s malou účinností. Při výstavbě a modernizacích vodních elektráren je však potřeba dodržovat platné zákony a vyhlášky, týkající se hydroenergetického využívání toků.

Analýzou environmentálních aspektů MVE v obci Bystrovany bylo zjištěno, že tato malá vodní elektrárna nemá závažné dopady na životní prostředí ve svém okolí, za předpokladu dodržování minimálního zůstatkového průtoku v řece Bystřici. Jestliže dojde v budoucnu k výstavbě rybního přechodu, pro odstranění migrační bariéry tvořené jezem, zajišťujícího pro MVE potřebné vzduší vodní hladiny, bude možno tuto malou vodní elektrárnu považovat za

ekologicky čistý zdroj elektrické energie. Bylo by však vhodné, zaměřit se v dalším výzkumu na pobřežní faunu a floru, a to nejlépe v letních měsících.

PVE Dlouhé Stráně nepochybně představuje pro CHKO Jeseníky určitou ekologickou zátěž. Z pohledu dnešní legislativy by pravděpodobně ke stavbě tak rozsáhlého díla v chráněné oblasti vůbec nedošlo, jelikož některé procesy, jako například EIA (Vyhodnocení vlivů na životní prostředí) a SEA (Posuzování vlivů koncepcí na životní prostředí), nebyly ještě součástí platné legislativy. Přestože má PVE Dlouhé Stráně spoustu negativních dopadů na zdejší ekosystém, vlivem studia těchto dopadů bylo zjištěno, že jejich převážná část byla časově omezená na období výstavby elektrárny. Po uvedení do provozu došlo ke stabilizaci všech faktorů ovlivněných výstavbou a díky opětovnému zalesnění, také k postupnému začlenění do okolní přírody. Šetřením v terénu nebyly zjištěny žádné přetrvávající dopady, které by zásadním způsobem ovlivňovaly dotčenou oblast. Zůstává pouze nevábny pohled na uříznutý vrchol Dlouhých strání, který snad postupem času zaroste vysokohorskými dřevinami a tak alespoň z části obnoví původní ráz krajiny. Jestliže budou při dalším provozu PVE dodržovány všechny zákony a nařízení spojené s provozováním hydroenergetického díla, nemělo by již v budoucnu dojít ve zkoumané lokalitě ke zhoršení stavu životního prostředí.

Vodní elektrárny sebou přináší spoustu pozitivních i negativních aspektů. Je však potřeba tyto aspekty zvážit u každé vodní elektrárny zvlášť s ohledem na jejich velikost a zásah do krajiny. Nelze tedy říci, že vodní energetika má pouze pozitivní dopady na životní prostředí a je potřeba se na tuto problematiku dívat komplexním pohledem.

Seznam použitých zdrojů:

- AUGUSTA, Pavel a kol. *Velká kniha o energii*. 2001 Praha: L.A. Consulting Agency. 383 s. ISBN 80-238-6578-1
- BALABÁN, Miloš a Antonín RAŠEK. *Evropa a Česko odvrací energetický kolaps*. 2009 [online]. Fakulta sociálních věd UK Praha,[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://ceses.cuni.cz/CESES-1-version1-9_Balaban.pdf
- BALHAR, Rudolf. *Dokumentace území PVE Dlouhé Stráně: Závěrečné hodnocení průzkumu*. Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody v Ostravě, 1976, 42 str.
- BEDNÁŘ, Josef. *Turbíny: (malé vodní elektrárny)*. Češkovice: Marcela Bednářová, 2013, 357 s. ISBN 978-80-905437-0-6.
- BENCKO, Vladimír, et al. *Hygiena : Učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha : Karolinum, 2002. 205 s. ISBN 80-7184-551-5.
- BERGKAMP, Ger, Matthew MCCARTNEY a Pat DUGAN. *Dams, Ecosystem Functions and Environmental Restoration*. [online]. 2000 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://acad.carleton.edu/curricular/BIOL/classes/bio252/DamsReport.pdf>
- BRANIŠ, Martin a kol. *Environmentální politika a udržitelný rozvoj*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2005, 207 s. ISBN 80-736-7003-8.
- CNE. *Czech nature energy: Státní energetická koncepce* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/energeticke-sluzby-1/statni-energeticka-koncepce-cr/>
- CULEK, M., GRULICH, V., POVOLNÝ, D., BÍNOVÁ, L., BUCHAR, J., FALTYS, V., GAISLER, J., HROUDA, L., HUDEC, K., JEHLÍK, V., KIRCHNER, K., KRÁL, M., LACINA, J., LOŤEK, V., MACKŮ, J., MLADÝ, F., PETŘÍČEK, V., SEDLÁČKOVÁ, M., SKUHRAVÁ, M., SOFRON, J., ŠTECH, M., TRÁVNÍČEK, B., VAŠÁTKO, J., VLAŠÍN, M., WOHLGEMUTH, E. (1996): *Biogeografické členění České republiky*. Enigma, Praha, 348 s.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Databáze Eurostatu* [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://apl.czso.cz/pll/eutab/html.h>

- ČEZ [online]. 2007. [cit. 2015-01-11]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>
- ČEZ. *Obnovitelné zdroje*. [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda.html>
- DEMEK, Jaromír, MACKOVČIN, Peter, a kol. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. 2. Vyd. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006. 582 s. ISBN 80-86064-99-9
- ĎURICA, Dušan, Miloš SUK a Vladimír CIPRYS. *Energetické zdroje včera, dnes a zítra*. Vyd.1. Brno: Moravské zemské muzeum, 2010, 165 s. ISBN 978-80-7028-374-5.
- DUŠIČKA, Peter, aj. *Malé vodní elektrárny*. 1. vyd. Bratislava : Jaga group, 2003. 175 s.
- ERU. *Energetický regulační úřad* [online]. 2014 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/>
- ESHA. *The European Small Hydropower Association* [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.esha.be/>
- GABRIEL, P., Čihák, F., Kalandra, P. *Malé vodní elektrárny*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998, ISBN 80-01-01812-1
- HASÍK, Otakar. *Vodohospodářská výstavba a životní prostředí člověka*. 1. vyd. Praha: Academia, 1974, 381 s.
- HOLATA, Miroslav. *Malé vodní elektrárny*. Praha: Akademie věd ČR, 2002. 5499. ISBN 80-200-0828-4.
- HÖLL, Jan, Miroslav KOPŘIVA, Miloš URBÁŠEK, Petr SKLENÁŘ, Vladimír OCHOTNÝ a Petr MICHÁLEK. *Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně v Jeseníkách: Historie a výstavba*. Třetí vydání. Šumperk: Energotis, 1998, 100 s.
- CHKO Jeseníky: *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky*. Resort životního prostředí [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://jeseniky.ochranaprirody.cz/>
- JANOŠKA M. (2001): *Nízký Jeseník očima geologa*. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc, 68 s.
- KOPŘIVA, Miroslav. *Generace Dlouhé Stráně*. Šumperk: Pro společnost Energotis, s.r.o. vydal Jiří Mareček, 2009, 248 s. ISBN 978-80-86930-17-6.

- KOS, Michal. *Vodní energie*. [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.energeticky.cz/64-vodni-energie.html>
- LELLÁK, Jan a František KUBÍČEK. *Hydrobiologie*. Praha: Karolínium, 1992.
- MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2.
- MMR. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. *Základní dokumenty* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.mmr.cz/cs/Microsites/PSUR/Uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/Zakladni-dokumenty>
- MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta*. Praha: Karolínium, 2009, 419 s. ISBN 978-80-246-1580-6.
- MOTLÍK, J, a kol.: *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha : ČEZ, 2007.
- MPO. *Energetická legislativa*. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. 2006 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument6697.html>
- MUSIL, Petr. *Globální energetický problém a hospodářská politika*. Praha: Vydavatelství: C. H. Beck, 2009. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN ISBN: 9788074001123.
- MVE. *Malé vodní elektrárny*. [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/>
- MZe: *Právní předpisy: Vodní zákon*. Eagri. [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100053579.html>
- MŽP[online]. 2015 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/>
- MŽP: Platná legislativa. MŽP. [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/_C1256E7000424AC6.nsf/Categories?OpenView
- PMO. Průvodní list: *Charakteristika vodního útvaru*. [online]. [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/inf_listy/prilohy/054.pdf
- PYTLÍČEK M. (1974): Nárys hydrologie řeky Bystřice. - Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci č. 171., Olomouc, s. 1-11.
- QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.

- SAGITTARIA: *Publikace*. [online]. [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.sagittaria.cz/upload/publikace/letaknsbystrice.pdf>
- SKŽPR. *Naše společná budoucnost. Světová komise pro životní prostředí a rozvoj*. 1. vyd. Praha: Academia, 1991, 297 s. ISBN 80-853-6807-2.
- STALMACH, Jan. *Dokumentace území PVE Dlouhé Stráně: Souhrnná studie*. Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody v Ostravě, 1976. Souhrnná studie, 68 str.
- ŠKORPIL, Jan a Milan KASÁRNÍK. *Obnovitelné zdroje energie I.: vodní elektrárny*. 2. vyd., přeprac. V Plzni: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2000, 126 s. ISBN 80-708-2675-4.
- ŠUBRTOVÁ, Renata a Ivan TUŠA. *To the limnology of a mountain river with regard to the summer flood in 1997 and a new pumped storage plant (Divoká and Hučivá Desná Rivers, teh Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic*. Čas. Slez. Muz. Opava, 2005. Studie, 40 str.
- VLASTIMIL, Josef. *Vodní turbíny*. [online]. [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=00>
- *Vodní a tepelné elektrárny: Význam vodních elektráren*. [online]. [cit. 2015-01-11]. Dostupné z: <http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/vyznam-vodnich-elektraren.htm>

Seznam zkratek:

- ČIŽP - Česká inspekce životního prostředí
- ČOV- Čistírna odpadních vod
- ČR – Česká republika
- ERÚ – Energetický regulační úřad
- EU – Evropská unie
- CHKO – Chráněná krajinná oblast
- MMR – Ministerstvo pro místní rozvoj
- MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu
- MVE – Malá vodní elektrárna
- MŽP – Ministerstvo životního prostředí
- OZE – Obnovitelné zdroje
- PMO – Povodí Moravy
- PVE – Přečerpávací vodní elektrárna
- VE – Vodní elektrárna
- ŽP – Životní prostředí

Seznam obrázků:

Obr. 1: Vodní kolo (Zdroj: <http://vodnimlyny.cz/data/uploaded/images/mills/222/9769.JPG>)

Obr. 2: Roční srážkový úhrn, ČR, 2013, v měřítku 1:2 000 000 (Zdroj: ČHMÚ 2014).

Obr. 3: Přehled největších vodních elektráren v ČR, v měřítku 1:2 000 000, stav k 31.12.2009 (Zdroj: upraveno z ERU).

Obr. 4: Průřez vodní elektrárnou (Zdroj: upraveno z <http://commons.wikimedia.org>)

Obr. 5: Francisova turbína (Zdroj: <http://mve.energeika.cz>)

Obr. 6: Kaplanova turbína (Zdroj: <http://mve.energeika.cz>)

Obr. 7: Peltonova turbína (Zdroj: <http://mve.energetika.cz>)

Obr. 8: Bánkiho turbína (Zdroj: <http://mve.energetika.cz>)

Obr. 9: Rybí přechod (Zdroj www.envisystem.cz).

Obr. 10: Budova elektrárny včetně hrubých česlí a jez zásobující vodou derivační kanál (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 11: Mapa obce Bystrovany s vyznačením jezu, derivačního kanálu a vodní elektrárny na řece Bystřici (Zdroj: upraveno z Mapy.cz).

Obr. 12: Derivační kanál k MVE a koryto řeky pod jezem (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 13: Instalovaná Francisova turbína s detailem lopatek, jejichž naklápěním je možné regulovat výkon turbíny (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 14: Mapa znázorňující zájmové území v CHKO Jeseníky (Zdroj: Mapy.cz).

Obr. 15: Znázornění objektů PVE Dlouhé Stráně (Zdroj: ČEZ).

Obr. 16: Část kaverny vyražené ve skalním masivu a zapouzdřená rozvodna 400 kW (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 17: Horní nádrž (Zdroj: ČEZ)

Obr. 18: Dolní nádrž se znatelným pásem absence života (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 19: Vodoměrná stanice pod PVE (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 20: Přítok Divoké Desné do dolní nádrže v místě horního vzduť a koryto řeky pod elektrárnou (Zdroj: fotografie autora).

Obr. 21: Vedení vysokého napětí od PVE k rozvodně v Krasíkově (Zdroj: fotografie autora).

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Technicky využitelný hydroenergetický potenciál toků v ČR do 10 MW dělený podle dílčích povodí (Zdroj: ČEZ)

Tabulka 2: Přehled přečerpávacích elektráren (Zdroj: ČEZ)

Tabulka 3: Přehled nejvýznamnějších VE v ČR (Zdroj: ČEZ)

Tabulka 4: Výhodnost porovnávaných lokalit podle nákladů na vyrobenou kWh (Zdroj: Höll, 1998).

Tabulka 5: Základní technické údaje PVE Dlouhé Stráně (Zdroj: ČEZ, a.s.).

Seznam grafů:

Graf 1: Výroba elektrické energie podle typu paliv, ČR, 2013, % (Zdroj: Upraveno z ERÚ 2014).

Graf 2: Významné dopady vodních elektráren (Zdroj: upraveno z www.esha.be).

Graf 3: Průtok na řece Bystřici 1.01.2014 – 31.12.2014, měřeno ve stanici Velká Bystřice (ČHMÚ 2015).

Graf 4: Průtok na řece Desná 1.01.2014 – 31.12.2014, měřeno ve stanici Kouty nad Desnou (ČHMÚ 2015).

ANOTACE

Jméno a příjmení:	Petr Sláčala
Katedra:	Biologie
Vedoucí práce:	Mgr. Monika Morris, Ph.D
Rok obhajoby:	2015

Název práce:	Environmentální aspekty vodních elektráren v České republice
Název v angličtině:	Environmental aspects of hydroelectric power plants in the Czech Republic
Anotace práce:	Bakalářská práce je zaměřena na objasnění problematiky vodních elektráren v České republice. Seznamuje s legislativou spojenou s provozem vodních elektráren a hodnotí jejich význam pro trvale udržitelný rozvoj. Popisuje hydroenergetický potenciál vodních elektráren, jejich konstrukční řešení a nejvýznamnější environmentální aspekty. V praktické části analyzuje environmentální dopady malé vodní elektrárny v obci Bystrovany a přečerpávací vodní elektrárny v Dlouhých Stráních.
Klíčová slova:	Bystrovany, Dlouhé Stráně, environmentální aspekty, vodní elektrárny, udržitelný rozvoj
Anotace v angličtině:	Bachelor thesis is focused on clarifying the isme of hydroelectric power plants in the Czech Republic. Introduces legislation related to the operation of hydroelectric power plants and assesses their importance for sustainable development. Describes the hydropower potential of hydroelectric power plant, their design and the most important environmental aspects. The practical part analyzes the environmental impacts of small hydroelectric power plant in the village Bystrovany and hydroelectric power plant in Dlouhé stráně.
Klíčová slova v angličtině:	Bystrovany, Dlouhé Stráně, environmental aspects, hydroelectric power plant, sustainable development
Rozsah práce:	65 stran
Jazyk práce:	čeština