

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zhodnocení využití hydroenergetického potenciálu na
horním toku Úhlavy**

2015

Martina Velleková

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na využití hydroenergetického potenciálu horního toku Úhlavy. Zabývá se vodohospodářskou historií i současným stavem této oblasti. Součástí je také návrh vodního kola a mapa zakreslených historických i současných objektů.

Klíčová slova

Vodní kolo, malé vodní elektrárny, turbína

Abstract

The submitted bachelor's thesis is focused on exploiting the hydropower potential of the upper flow of the river Úhlava. It is also focused on water management condition in the present and the past. The last part of this bachelor's thesis contains the design of water wheel and the map of the past and the present objects.

Key words

Waterwheel, small hydro power plant, turbine

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 2.6.2015

Martina Velleková

Poděkování

Děkuji Ing. Petru Jindrovi za pomoc při vedení bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Pavle Vellekové za cenné rady k hledání materiálů o Brčálníku.

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
1 ÚVOD	9
2 HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ VODY NA HORNÍM TOKU ÚHLAVY	10
2.1 FRISCHŮV MLÝN.....	11
2.2 KARLŮV MLÝN.....	14
2.3 GUSTAVSTHAL.....	14
2.4 MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA A PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNA ČERNÉ JEZERO.....	19
2.5 MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA PETRA WASTLA NA USEDLOSTI MODLHOF.....	21
3 SOUČASNÉ VYUŽITÍ VODNÍCH ZDROJŮ NA PŮVODNÍCH MÍSTECH	21
3.1 MVE ČERNÉ JEZERO.....	21
3.2 MVE HOJSOVA STRÁŽ.....	22
3.3 MVE GUSTAVSTHAL.....	23
3.4 MVE BÍLÝ POTOK.....	25
3.5 MVE HAMRY.....	25
4 ZHODNOCENÍ MVE	26
4.1 HISTORIE A SOUČASNOST.....	26
4.2 EKOLOGICKÉ HLEDISKO.....	26
4.2.1 Rybí přechody.....	27
4.3 EKONOMICKÉ HLEDISKO.....	27
4.4 ENERGETICKÉ HLEDISKO.....	28
5 VYUŽITÍ OBLASTI V BUDOUCNOSTI	28
5.1 VÝBĚR VHODNÉ LOKALITY.....	28
6 REKONSTRUKCE VODNÍHO DÍLA NA BÝVALÉM FRISHWINKLU	28
6.1 VODNÍ KOLO NA HORNÍ VODU.....	29
6.2 REKONSTRUKCE PŘIVADĚČE.....	30
6.3 NÁVRH VODNÍHO KOLA.....	31
6.3.1 Výpočty.....	31
6.3.2 Rozměry navrhovaného kola.....	31
7 ZÁVĚR	33
8 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	34
9 PŘÍLOHY	36

Seznam symbolů a zkratek

B [m]	Šířka kola
P_G [W]	Výkon generátoru
HP	Koňská síla (historické označení výkonu)

1 Úvod

Páteří západní Šumavy v oblasti mezi Špičákem a Nýrskem je řeka Úhlava. Protéká hustě zalesněnou horskou pohraniční oblastí, nazývanou Královský hvozď. Tato bakalářská práce se bude týkat katastru obcí Hamry a území osady Brčálník, která je částí Hojsovy Stráže. Krajina je typická hlubokými údolími, obklopenými horskými hřebeny. Pohraniční hřeben tvoří vrcholy Špičák, Jezerní hora, Svaroh, Ostrý a vnitrozemský hřeben vrcholy Pancíř, Můstek a Prenet. Výška těchto vrcholů je od 1200 – 1343 m nad mořem, údolí Úhlavy má výšku mezi 800 m (Brčálník) a 600 m (Hamry). [13] Krajina je osídlená řídcem, převážně s objekty rekreačního účelu.

Místo se nachází ve Chráněné krajinné oblasti Šumava a v okolí je několik dalších maloplošných chráněných území jako např. Národní přírodní památka Černé a Čertovo jezero (208,46 ha), Brčálnícké mokřady (49,79 ha), Královský hvozď (2127,8 ha), Bílá strž (75,67 ha) a další. [19]

Ze svahů hor stékají bystřiny s velkým spádem a poměrně stabilním průtokem, které od nepaměti byly využívány obyvateli tohoto drsného kraje, kterými byli Králováci – svobodní královští sedláci. [7]



Obrázek 1-1: Horní tok řeky Úhlavy [32]

2 Historie využívání vody na horním toku Úhlavy

Králováci si zakládali dvorce na horských svazích už před třicetiletou válkou. Pro výběr místa stavby byl nejdůležitější zdroj vody – potok, který byl důležitější, než přístupová cesta. Ta se později vyšlapala nebo postupně dotvořila. Ve stráni nad pramenem byly většinou lesy, nejnižší u řeky vlhké louky a mezi tím ležela usedlost a rozkládala se pole. K majetku usedlosti tehdy náleželo celé území v povodí nejbližšího potoka, který byl často i po usedlosti pojmenován. K vlastnictví brčálnického sedláka tedy patřila oblast od řečiště Úhlavy až pod Pancíř či Můstek. [2]

Zpočátku dvorec tvořily jednotlivé domy a později, v závislosti na prosperitě sedláka, vznikaly kolem další budovy tak, že usedlost vypadala jako malá vesnička. Areál sestával z domu sedláka, domků pro čeledíny, stodol, kůlny na vozy a stelivo, přístřešků, kapličky, venkovní pece a mnohdy tam byla hospoda, mlýn, pila, a hamr. [4]

V horských podmínkách, kde se příliš nedařilo rostlinné výrobě, se lidé zaměřovali na vodní zdroj, který byl proto využíván nejen jako zdroj vody pro domácnost a zemědělské hospodářství, ale velice hojně také jako vodní síla pohánějící mlýny, pily a hamry.

V 17. a 18. století byla voda využívána rovněž v četných sklářských provozech a to jak pro vlastní výrobu, tak pro přípravu surovin (drcení křemene ve stoupách – bucharech - Puchmühle). [3]



Obrázek 2-1: Práce sklářů na česko-bavorském pomezí v 15.stol. [20]

Nejstarší sklárna na Brčálníku byla již před třicetiletou válkou v místě pozdějšího Frischova mlýna a vyráběla páteříky (skleněné korálky do růženců). Byla ve vlastnictví legendárního prastarého místního rodu Frischů, který tu sídlil prokazatelně od začátku 15. století do odsunu po druhé světové válce. [8] Na území Brčálníku se nalézalo později několik dalších skláren, využívajících vodní sílu. Stronské sklárny pod dnešními apartmány Sruby, Firstenhütte, která ležela pod dnešní silnicí Špičák. Další sklárny byly v místě Jezerních domků (na Černém potoce pod Černým jezerem). [23] Velká sklářská lokalita byla na svahu pod horou Ostrý na katastru obce Hamry. [6]

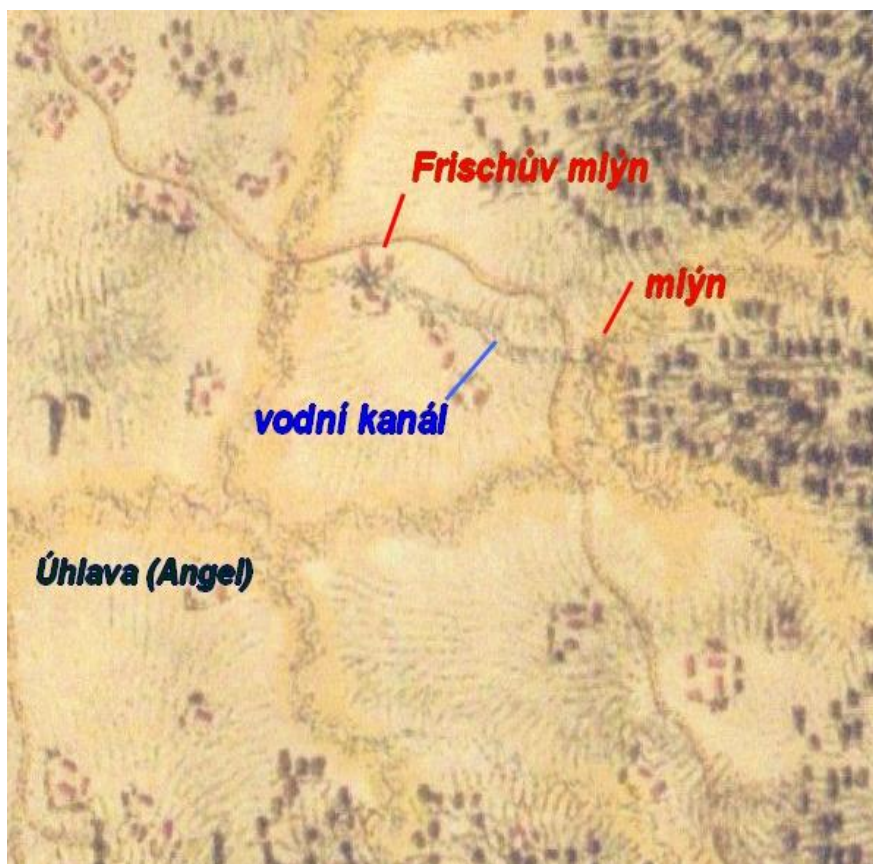
Sklářské provozy byly uzavřeny na počátku 19. století a místní obyvatelé začali využívat vodu jiným způsobem, převážně na pohon mlýnů, pil a hamrů. Na území Brčálníku byl významný Frischův mlýn (Frischmühle), Karlův mlýn (Karlsmühle), dále jezerní mlýn (Seemühle) pod dnešní elektrárnou Černé jezero. Na těchto místech byly kromě mlýnů rovněž provozy pil a hamrů. [7][8]

O vodní zdroje byl nebývalý zájem, neboť se jednalo o vítaný zdroj obživy, kterých bylo málo. V lesích Brčálníku i Hamrů jsou nebývale hustě k vidění staré kanály a náhony, mnohde ještě funkční.

Je patrné, že si sedláci pomocí kanálů běžně přiváděli vodu z cizích sousedních potoků pro své potřeby. Z důvodu častých sporů, které se řešily až ve Vídni, bylo nutno regulovat využívání vodních zdrojů udělováním vodních práv. Využití vodní síly tu bylo podstatně intenzivnější, než v podhůří.[8][28]

2.1 Frischův mlýn

Nejstarší zaznamenaný umělý kanál je na mapě prvního vojenského mapování (z let cca 1770), kde je zaznamenaný umělý kanál z koryta Úhlavy k Frischovu mlýnu. [17] Úhlava pramení několik set metrů nad tímto místem na svahu Pancíře a zde je to také pouze potok. Přesto jsou na mapě zaznamenaný postupně dokonce mlýny dva (jeden na místě Frischmühle, druhý neznámý přímo na Úhlavě před začátkem náhonu. Dnes jsou ještě v lese patrné zbytky zdíva.



Obrázek 2-2: Mapa prvního vojenského mapování pro oblast Frischwinklu se zaznamenaným umělým vodním kanálem [17]

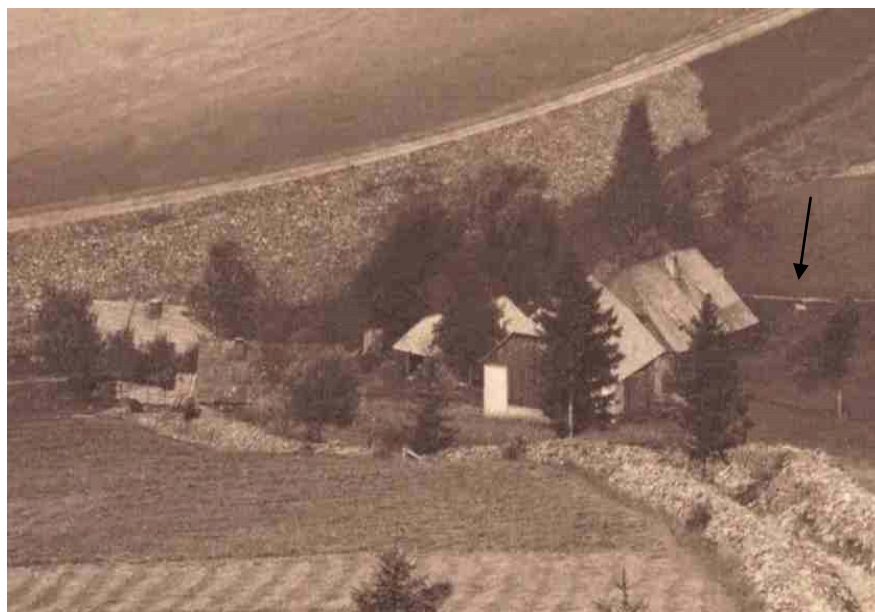


Obrázek 2-3: Zbytky tohoto prastarého kanálu v terénu



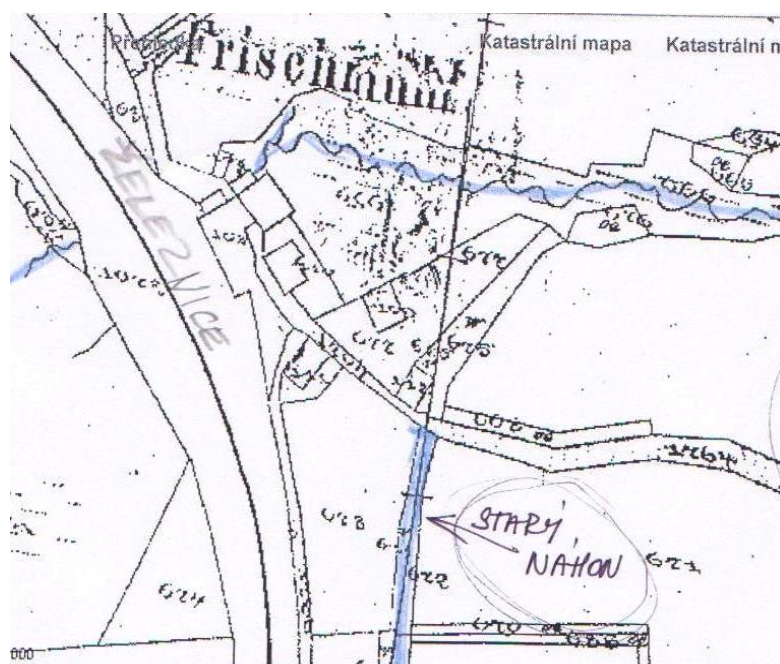
Obrázek 2-4: Nedaleký funkční starý kanál (vlevo) a potok (vpravo) k Frischhofu (dnes Zoofarma Václava Fialy)

V místě Frischmühle bylo v 19. a v první polovině 20. století více provozů - nejen mlýn, ale i pila a kovárna. [7][18] Zajímavé je, že tyto provozy stojící na jednom místě, byly poháněny vodou ze dvou různých potoků. Jeden provoz poháněli z potoku Frischbach, na kterém leží a kde byl krátký dřevěný náhon, využívající přirozeného terénního zlomu a druhý provoz pomocí výše uvedeného kanálu z Úhlavy, která se až do konce první světové války nazývala Angel. Osada se jmenovala Frischwinkl. [17]



Obrázek 2-5: Původní vzhled Frischova mlýna 1881, vpravo patrné dřevěné přiváděcí koryto [25]

V roce 1877 byla dokončena železnice včetně nedalekého propustku, který je jasně nasměrován na původní koryto potoka vytékající pod tímto mlýnem. [19] V dnešní době potok teče o několik metrů níže a zatáčí k propustku.



Obrázek 2-6: Mapa pozemkového katastru se zaznamenanými původními zdroji vodní síly [26]

2.2 Karlův mlýn

Karlův mlýn byl dalším důležitým provozem na území osady Frischwinkl. Byl součástí usedlosti Karlhanzlhof a jejích majitelů Brandlů a Linzmeyerů – potomků starých místních králováckých rodů. Pila a mlýn ležely těsně nad koncem dnešní nádrže elektrárny Černé Jezero. Využívaly vodu z Úhlavy, která má v tomto místě podstatně větší průtok, než u Frishova mlýna a kromě toho měly i kanál pro přívod vody z Lučního potoka, který v těch místech stéká z velké výšky. Budova mlýnu stála ještě po druhé světové válce, ale vlastní provoz skončil práci už na začátku 20. století, kdy přišel o vodní práva vlivem mnohem silnějšího a bohatého podnikatelského společenství – továrny Gustavsthal. [7][8]



Obrázek 2-7: Karlův mlýn i s náhonem [10]

2.3 Gustavsthal

Další rozmach využívání vodní síly na horním toku Úhlavy byl na konci 19. století, kdy v roce 1884 Julius Otto Petzold postavil na katastru obce Hamry továrnu Gustavsthal. Byla to původně papírna - brusírna bílé dřevoviny. [12] Podle některých zdrojů to původně měla být výroba umělých diamantů. Uvnitř byly tři brusy a dva odvodňovací lepenkové stroje poháněné Francisovou turbínou. Voda byla k továrně přivedena 1,5 km dlouhým otevřeným betonovým kanálem z Úhlavy a tlakovým potrubím s dosaženým spádem 46m. Později poháněla generátor 140 HP (104,4 kW), napětí 3000 V. [1]



Obrázek 2-8: Stará továrna Gustavsthal [5]

V roce 1901 továrnu koupil Hugo Fischer z Tarnowitz, který ji pronajal synu zakladatele Juliu Rudolfu Petzoldovi, který přistoupil k celkové rekonstrukci a zavedl chemickou výrobu (výroba vodíku a baterií). Byla nainstalována druhá Francisova turbína o výkonu 190 HP (141,7 kW) a postavena kotelna s 26 m vysokým komínem. V roce 1911 byla založena firma „Továrna na dřevovinu a elektrochemická továrna Gustavsthal“.

V roce 1919 byla postavena podzemní lanová dráha, která tunelem spojovala továrnu s nádražím. Lanová dráha byla poháněna rovněž vodou. Měla dva vozíky, které současně pojížděly s celulózovým materiálem nahoru a dolů.

V té době byla přidána další turbína - dvoudýzová Peltonova turbína. Zajímavostí bylo, že každá dýza byla napájena jiným potokem. Jedna byla napájena z Bílého potoka (na kterém jsou vodopády Bílá strž) otevřeným náhonem zakončeným vodním zámekem a pak tlakovým potrubím (délka 2,5 km, spád 138 m, průtok 175 l/s). [1]



Obrázek 2-9: Začátek vodního kanálu u mostu nad elektrárenskou nádrží (pod Karlsmühlem)

V roce 1930 byl dokončen „horní úhlavský přivaděč“ dlouhý 3,6 km. Voda z Úhlavy byla odebírána od Karlova mlýna (Karlsmühle) na Brčálníku (Frischwinklu). Voda byla vedena otevřeným kanálem po skále nad nádrží elektrárny Černé jezero v dřevěných (později ocelových) vantrokách, upevněných na železobetonových trámčích, podepřených kamennými pilíři. Původně měla být v této skále štola, která by vedla vodu přímým směrem, ne okolo skály ve vantrokách. Dál voda šla kopaným otevřeným kanálem zpevněným kamenem. Rokle u železničního viaduktu byla překlenuta akvaduktem, který sloužil při povodních jako přepad. Voda šla otevřeným kanálem až k vodnímu zámku a odtud do tlakového potrubí. To bylo kotveno do betonových bloků, mělo průměr 500 mm a délku 450 m. Rokli u továrny potrubí překonávalo po železobetonovém mostě. Tímto přivaděčem byla napájena druhá dýza Peltonovy turbíny (spád 105 m, průtok 350 l/s). [1][21]

Kanál odvádějící vodu od Karlova mlýna je zřetelně patrný u mostu nad elektrárenskou nádrží. Rovněž ho najdeme na skále nad nádrží a dále vede lesem. Továrna měla tedy tři turbíny, dvě Francisovy a jednu Peltonovu.

Součástí horního úhlavského přivaděče mělo být posílení vody ze Strážského a Černého potoka. Malá shybka ze Strážského potoka byla realizována v 40. letech, velká shybka od jezu na Černém potoce napříč údolím byla dokončena v roce 1953 (velká shybka byla dlouhá 355 m, ze dvou třetin vedená pod zemí v ocelovém potrubí a mělo převýšení 29 m).

V továrně byla centrála, která byla propojena s dalšími elektrárnami ve vlastnictví této společnosti u Semelmühle a Eisenstrass.[21]



Obrázek 2-10: Ocelové koryto horního Úhlavského přivaděče

Před druhou světovou válkou byly vodní přivaděče posíleny o potrubí z Černého potoka. Pod mostem, přes který vede silnice na Špičák, bylo postaveno stavidlo a osazeno ocelové, později azbestové povrchové potrubí směrem k továrně. Další vodní přivaděče byly vedeny od Bílé Strže s převýšením 106 a 136 m.

Turbína Eisenstrass byla podle dostupných dobových podkladů, poháněna vodou odebíranou pod hrází nádrže elektrárny Černé jezero 300 m dlouhým otevřeným náhonem k vodnímu zámku a pak 50 m tlakovým potrubím se spádem 17 m (výkon 45 HP). Turbína Semelmühle byla poháněna vodou z Úhlavy od jezu níže pod továrnou Gustavsthal (pod dnešním penzionem U Císaře). Voda nemohla být odebírána přímo pod továrnou, ale kousek dále po vodě, protože hned pod továrnou bylo zabrané vodní právo usedlostí v místě dnešního

penzionu Horník (nátlaku odolal mlýn Winkalmühle, rodina Börner). Voda byla vedena ocelovým převážně povrchovým potrubím se spádem 42,5 m (Francisova turbína o výkonu 250 HP).

Na místě obou výše jmenovaných turbín pracují v současnosti malé vodní elektrárny, využívající původní trasy náhonů. [1][9]



Obrázek 2-11: Pohled do ruiny staré továrny Gustavsthal [1]

Na podnikovou síť byla napojena technologie, obytné domy, pila a další objekty ve vlastnictví společnosti.

Díky tomu, že v první polovině dvacátého století byla velkými podniky velice výrazným způsobem narušována vodní práva starousedlíků, převážně sedláků, mlynářů a dalších drobných podnikatelů, tak jim továrna Gustavsthal na oplátku nabízela výhodnou dodávku el. proudu. Přesto ale pro mnohé byla ztráta vody a vodních práv likvidační – např. musela být zrušena pila a Karlův mlýn. [7][8]

Podnikání za První republiky a v době hospodářské krize nebylo výnosné. V roce 1930 Petzold prodává své majetkové podíly a majetek získává JUDr. Stanislav Koutek, ředitel kartelu výrobců dřevoviny a lepenky Kartonia v Praze. Dr. Koutek odkoupil od Státních lesů roku 1936 i pilu s obytným domem (č.p. 58 - Horník), jejímž správcem ustanovil zaměstnance továrny Josefa Leracha. Odkoupením podílů od ostatních společníků se stal jediným majitelem této společnosti. Zrušil výrobu chemikálií a zavedl výrobu kartonů a lepenky.

V červnu roku 1939 byla zadlužená továrna prodána německým majitelům papírny v Bukovci u Plzně „C.aW.Weiss“. Ředitelem firmy byl Karel Weiss, prokuristou Josef Lerach. Po smrti Karla Weisse roku 1942 zůstaly jedinými společníky firmy C a W Weiss jeho manželka Eugenie Weissová a dcera Marie Wolfová. V majetku firmy Weiss byla továrna po celou dobu okupace.

V roce 1946 byla továrna zkonfiskována jako bývalý německý majetek a správcem se stal Bedřich Chalupa. O navrácení majetku se přihlásil rovněž JUDr. Koutek, který předválečný prodej považoval za vynucený. Stal se pak dočasným národním správcem. Název se změnil na Úhlavský mlýn, továrna na dřevovinu a lepenky. [21]



Obrázek 2-12: Zbytek staré turbíny [1]

Později však došlo ke sporům firmy Weiss a JUDr. Koutka o tento majetek, které skončily znárodněním továren po roce 1948, kdy byl provoz přiřčen Národnímu podniku Západočeské papírny (zmocněnc Bedřich Chalupa). Provoz papírny probíhal až do roku 1967, kdy začala devastace areálu, který byl po válce předán v perfektním stavu. Byla zrušena výroba el. energie a prakticky zlikvidována vodní díla. Po zrušení papírny byl areál převeden Západočeským státním lesům, které tam zřídily pilu - dva katry. [21] Pila mimochodem dodávala materiál na stavbu mnoha chat v brčálském údolí.

Dalším majitelem bylo JZD Janovice, ale žádné opravy neprovádělo, ani areál příliš nevyužívalo, tedy vše velmi chátralo.

V osmdesátých letech byla továrna opuštěna a dnes je na tomto místě jen ruina objektu s komínem a snad je uvnitř ještě rezavá Peltonova turbína. [27] Areál je dnes v zuboženém stavu a je neprodejný, nikdo o něj nemá zájem. Prakticky se patrně čeká, až padne a pak se rozebere.



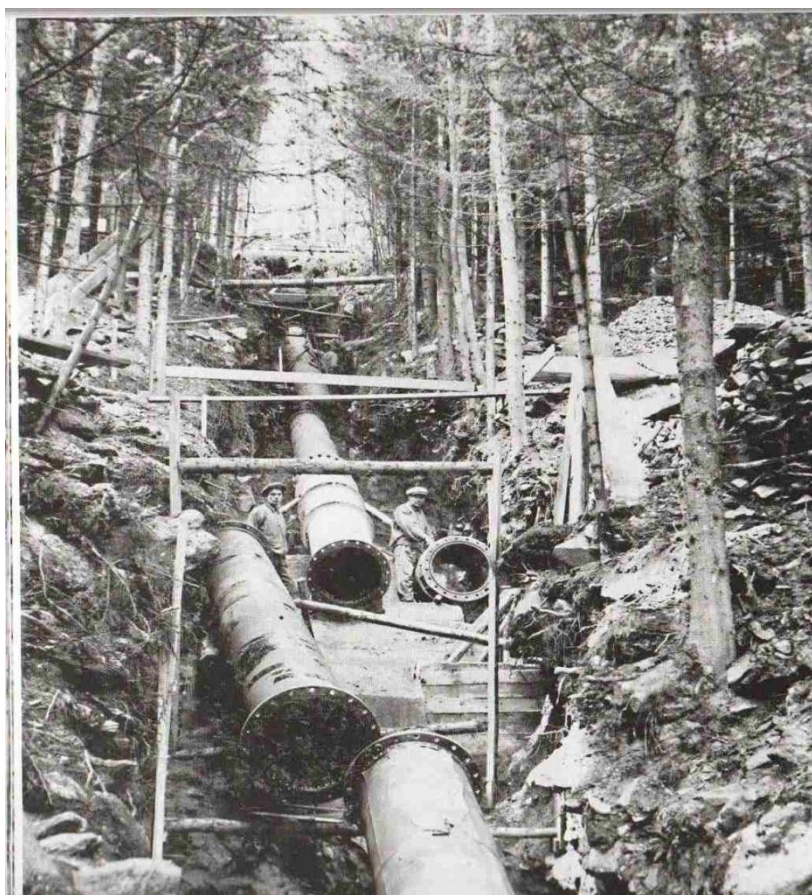
Obrázek 2-13: Současný stav továrny Gustavsthal

2.4 Malá vodní elektrárna a přečerpávací elektrárna Černé jezero

Elektrárna Černé jezero je významnou technickou památkou. Původní historická elektrárna byla postavena jako přečerpávací. [11] Využívala Černé jezero jako akumulaciční nádrž a vyrovnávala potřebu elektrické energie v energetických špičkách.

Projekt na elektrárnu byl odsouhlasen v roce 1928 a o rok později začala stavbu provádět firma „Nejedlý a Řehák, podnikatelství staveb v Praze“.

Přečerpávací elektrárna byla dokončena v roce 1930 jako zdroj o (na svou dobu) vysokém, ale krátkodobém výkonu pro krytí energetických špiček (1500 kW). Byla první stavbou svého druhu v tehdejší Československu. Černé jezero bylo využito jako akumulaciční nádrž pro pohon v té době technicky unikátní vodní elektrárny, kterou dodaly Škodovy závody. Tlakové potrubí dodaly Státní železárny v Podbrezové. U elektrárny byla na Úhlavě vybudována spodní vyrovnávací vodní nádrž. Ruční ukládání potrubí do svahu plného balvanů a kořenů byla v té době nadlidská práce. V zájmu rychlé výstavby se stavělo současně na celém staveništi a v jeden okamžik mohlo být zaměstnáno až 300 dělníků. [22]



Obrázek 2-14: Ruční pokládání tlakového potrubí [5]

Od doby vzniku elektrárny se v době špičkových odběrů pouští voda dolu na turbíny a v době malé spotřeby energie se voda čerpá tlakovým ocelovým potrubím ze spodní akumulaciční nádrže zpátky do Černého jezera. Potrubí a technická zařízení jsou uložena v zemi. Kolísání hladiny Černého jezera bylo od počátku předpisy omezeno. Aby nebyl narušen vzhled jezera, bylo na něm zachováno staré dřevěné stavidlo. [15] [22]

Jímací potrubí vede z jezera k vyrovnávací komoře. Voda z Černého jezera je

odebírána pomocí jímacího objektu, který byl postaven pod úrovní terénu. Před objektem jsou pod hladinou vody a pod úrovní zámruzu instalována česla bránící vniknutí plovoucích předmětů do technologie elektrárny.

Na tento objekt navazuje litinové potrubí délky 1266 m. Je vedeno prakticky po vrstevnici do železobetonové válcové vyrovnávací komory, která je vidět nad silnicí k Černému jezeru. Komora má průměr 4 m a výšku 12 m a vyrovnává rázy v tlakové části potrubí.

Ocelové trubky mají průměr 800 mm a jsou uloženy 1,5 m pod úroveň balvanovitého terénu, aby nedošlo k zamrznutí. Po trase jsou umístěny vstupy pro čištění a kontrolu. Výtlačné potrubí od elektrárny k vyrovnávací komoře má délku 1007 m a je z ocelových nýtovaných trub průměru 600 mm. Je kotveno do betonových bloků a spádováno mimo budovu do nádrže tak, aby v případě havárie nebyla zničena budova. [22]

V objektu přečerpávací elektrárny se nachází historická Peltonova turbína s jedním oběžným kolem o průměru 850 mm, navržená na čistý spád 247,7 m, průtok 800 l/s, 750 otáček/min. [22]



Obrázek 2-15: Elektrárna pod Černým jezerem

2.5 Malá vodní elektrárna Petra Wastla na usedlosti Modlhof

Vzhledem k odlehlosti místa byly za první republiky hojně používány malé vodní elektrárny pro výrobu elektrické energie u jednotlivých usedlostí, kde byly využívány jednak na svícení a pro domácí elektrické spotřebiče, ale i pro provoz zemědělských zařízení a pro drobnou řemeslnou činnost. [8]

Modlhóf byla významná usedlost, ze které pocházelo několik hojsovských rychtářů. Ležela pod dnešním hotelem Pohádka na Brčálníku a za první republiky patřila Peteru Wastlovi. [8] V té době to byla jedna z největších usedlostí v údolí. V soupisu hospodářských zvířat roku 1939 měli 3 koně, 28 ks hovězího dobytka, 4 ovce, 2 svině, 30 slepic a husy. [29]

Generátor s vodním kolem na Lučním potoce vyráběl elektrickou energii pro pohon mlátičky, čerpadel a dalších spotřebičů. Používal se také na osvětlení. [8]

3 Současné využití vodních zdrojů na původních místech

3.1 MVE Černé jezero

V současné době se na tomto místě využívají dvě malé vodní elektrárny. Historická elektrárna, která dříve byla přečerpávací, ale nyní se využívá jako průtočná. Nová malá elektrárna využívá spodní akumulaci nádrží vodní elektrárny. Tato nádrž elektrárny je napájena vodou z řeky Úhlavy, která pramení o několik kilometrů výše – pod vrcholem hory Pancíř. Nová malá vodní elektrárna využívá tohoto vodního zdroje, který zvláště v jarních měsících je nezanedbatelný.

Původní hráz vysoká 7 m byla v roce 2003 opravena a nádrž o objemu 25 tis. m³ byla poté vyčištěna od nánosů bahna, splaveného písku a zeminy. Nánosy zmenšovaly objem zadržované vody a zanášely výpusti.

Nádrž je v současné době nejen technickým dílem, ale důležitým krajinným prvkem v maloplošné chráněné oblasti Brčálnické mokřady. Žijí v ní pstruzi a je domovem vodního ptactva např. volavek.

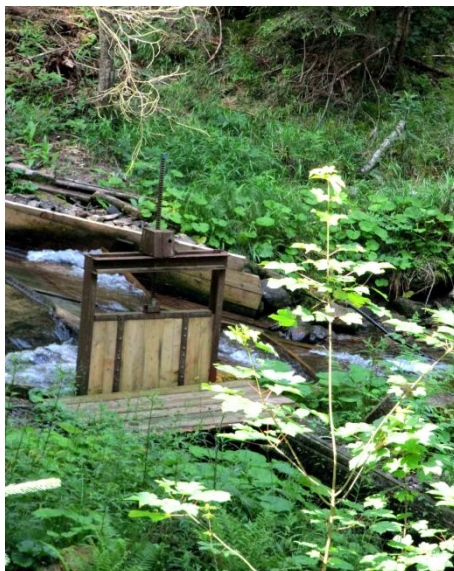
Nová průtočná elektrárna o výkonu 40 kW využívá vodu, která dosud bezúčelně přetékala přes hráz. Sestává z jedné přímoproudé Kaplanovy turbíny s asynchronním generátorem. [22]



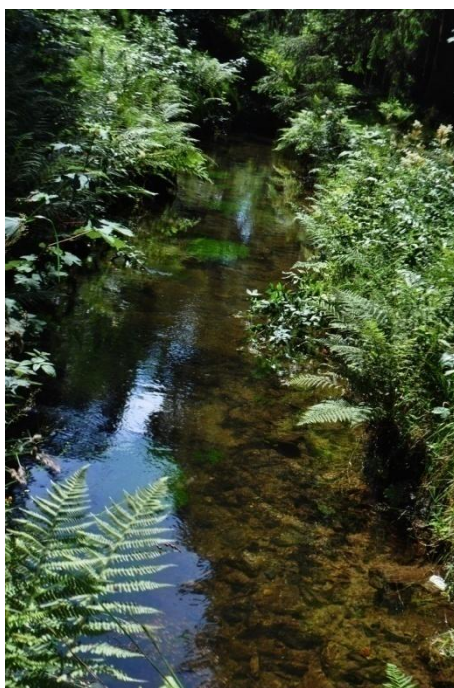
Obrázek 3-1: Pstruh v nádrži u elektrárny [32]

3.2 MVE Hojsova Stráž

Leží v rekreační oblasti pod Hojsovou Stráží a využívá původní obnovený Petzoldův otevřený náhon (430 m) a tlakový ocelový přivaděč (60 m), původně tu byla turbína Eisenstrass, která patřila k Petzoldově továrně. Spád 16 m, Bánkiho turbína 45 kW. [21]



Obrázek 3-2: Stavidlo na Úhlavě kousek pod elektrárnou Černé jezero na odbočce – začátku náhonu



Obrázek 3-3: Stále využívané historické koryto

Na začátku náhonu bylo obnoveno stavidlo a vytvořen mimo jiné rybí přechod. Malá vodní elektrárna má nový objekt „vodní zámek“ na konci náhonu a začátku tlakového potrubí a rovněž nový objekt s turbínou a nové zařízení. Vlastníkem je firma HHS s.r.o. [30]



Obrázek 3-4: Vodní zámek



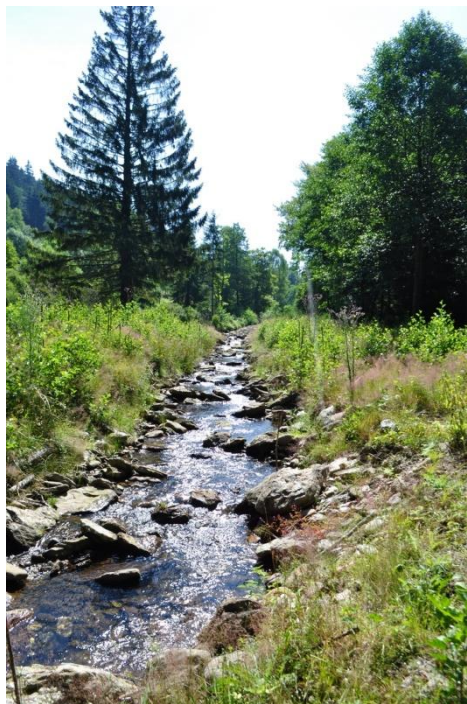
Obrázek 3-5: MVE Hojsova Stráž

3.3 MVE Gustavsthal

Malá vodní elektrárna má nový objekt s novým zařízením nad původním zchátralým objektem továrny a využívá původních tras dolního úhlavského přivaděče. Původní jímací zařízení na Úhlavě bylo obnoveno a modernizováno včetně ekologických opatření jako rybí přechody apod.



Obrázek 3-6: Jímací objekt na Úhlav



Obrázek 3-7: Nová úprava koryta vedle jímacího objektu - rybí přechod

Ke Gustavsthalu směřoval ještě horní úhlavský přivaděč, který je ale v dnešní době zchátralý a nefunkční. Z historického a stavebního hlediska je horní úhlavský přivaděč nesmírně zajímavé několik km dlouhé dílo, které začínalo u Karlova mlýna a končilo u Gustavsthalu. Byl to povrchový kanál kopírující spádem terén pod železniční trať a překonávající mělká údolí akvadukty.

Jeho obnovení by zajistilo velký energetický zdroj pro další elektrárnu, ale bylo by to vzhledem k jeho stavu neekonomické. Dalším faktorem, který zamezuje jeho obnovení je nedávné zprovoznění průtočné elektrárny Černé jezero, které využívá vodu, kterou by o něco výše odváděl tento horní úhlavský přivaděč a tím by omezoval výkon MVE Černé jezero. Vlastníkem je firma Benoco s.r.o. [1]

Typ zařízení	Jmenovitý výkon	Celkový spád	Délka přivaděče	Maximální průtok
Bánkiho turbína	170 kW	43 m	1350 m	500 l/s

Tabulka 1: Technologie MVE Gustavsthal [30]



Obrázek 3-8: MVE Gustavsthal

3.4 MVE Bílý potok

MVE na Bílém potoce je další elektrárna využívající původní vodní díla továrny Gustavsthal. Využívá vodu Bílého potoka z hraničního horského hřebene (pramenící pod horou Ostrý). Tato oblast byla z historického hlediska další významně hospodářsky využívanou s mnoha menšími provozy využívajícími vodní sílu. U této MVE jsou na ukázkou umístěny historické součásti turbín z továrny Gustavsthal. Vlastníkem je firma Benoco s.r.o. [21]

Typ zařízení	Jmenovitý výkon	Celkový spád	Délka přivaděče	Maximální průtok
Peltonova turbína	275 kW	190 m	2500 m	180 l/s

Tabulka 2: Technologie MVE Bílý potok [30]



Obrázek 3-9: Historická Peltonova turbína u MVE Bílý potok

3.5 MVE Hamry

Využívá obnoveného Petzoldova přivaděče (1500 m), který začíná u jezu pod penzionem U Císaře - velká nápadná na povrchu rezavá roura, která je vidět v lese nad silnicí. MVE je téměř na místě původního mlýna a elektrárny Semmelühle. Původní mlýn byl přímo pod kopcem. Z majetkových důvodů byla nová MVE umístěna o něco dál v lukách.

Spád 43 m, Bánkiho turbína o výkonu 160 kW. Vlastníkem je firma HHS s.r.o.. [21]



Obrázek 3-10: Začátek tlakového potrubí z Úhlavy pod penzionem U Císaře



Obrázek 3-11: MVE Hamry

4 Zhodnocení MVE

4.1 Historie a současnost

Brčálnická oblast byla vždy vzhledem ke svému hornatému povrchu nevhodná pro rostlinné zemědělství. Vytvořila se tak síť řemeslné výroby, která hojně využívala vodní energii. Hydroenergetický potenciál horního toku Úhlavy byl tak plně využit v hamrech, sklárnách i pilách. Byly zde k vidění jak velké provozy jako například jedna z největších výroben v oblasti – továrna Gustavsthal, tak i malé dílny na usedlostech. Před 1. sv. válkou nebyly jiné zdroje energie, proto byl tento zdroj obživy velice důležitý.

V současnosti je jednodušší mít továrny v blízkosti velkých aglomerací než v odlehlých oblastech jako je vylidněné pohraničí, kde je málo pracovních sil a není ani ochota využívat vodu k řemeslné výrobě na chalupách. Téměř na všech místech původních turbín jsou malé vodní elektrárny, které dodávají energii do sítě. Tato energie tedy není k využití přímo v oblasti, tak jako dříve.

4.2 Ekologické hledisko

Kromě šetrného návrhu umístění a vlastní stavby elektrárny je potřeba dbát v návrhu elektrárny na zachování minimálního požadovaného zbytkového průtoku v řečišti, aby nedocházelo k vážným změnám průtokového režimu, které jsou v praxi častou příčinou střetů mezi provozovateli elektráren, rybáři a ochranou přírody. Situace, kdy zůstávají celé úseky toků suché, všechna voda jde turbínou a neexistuje žádný rybí přechod umožňující migraci ryb, nesmí nastávat a je proto vyžadován vodoprávním úřadem minimální zůstatkový (asanační) průtok mimo turbínu malé vodní elektrárny a rybí přechody.

V naší oblasti zatím mnoho rybích přechodů není. Jsou vystavěny u méně než poloviny, což není mnoho a do budoucna bych navrhovala vybudování dalších rybích přechodů v lokalitách, kde je to technicky možné.

4.2.1 Rybí přechody

Rybí přechody zajišťují zprůchodnění vodních toků pro vodní organismy, kde by jim bránila vodní díla. Existují v různých typech i uspořádání. Přírodní typy přechodů však bývají ve většině případů mnohem vhodnější. Na našem sledovaném území je vytvořen rybí přechod pouze na nových MVE Hojsova Stráž, Bílý potok a Gustavsthal. Na MVE Hamry a Černé jezero bohužel není.

4.2.1.1 Technický typ

- štěrbinový rybí přechod – nakloněný žlab se sklonem minimálně 1:10 opatřený vestavěnými příčkami. Rozdíl hladin mezi po sobě jdoucími bazénky cca 20cm, průtok v závislosti na cílových druzích ryb 140 až 350 l/s. Jde o prakticky nejlepší z technických typů.
- kartáčový rybí přechod – specifické opatření pro řešení stávajících, zejména sportovních propustí vodácký využívaných řek (Sázava, Berounka,...). Podobný jako štěrbinový, jen pevné příčky jsou nahrazeny ohebnými kartáči.
- komůrkový rybí přechod – koryto, rozdělené přepážkami na mnoho nízkých stupňů. Upouští se od něj, protože se komůrky snadno zanáší splaveninami.

4.2.1.2 Přírodní typ

- obtokové kanály (bypassy)
- balvanité skluzy a rampy
- tůňové přechody
- kombinace výše uvedených tvořící uměle vytvořený biokoridor

Obecně platné zásady pro rybí přechody

- vstup do rybiho přechodu by měl být navázán na hladinu vody v podjezí, vytvořit pro ryby lákavý proud a umístěn ještě níže po toku, než je výtok z malé vodní elektrárny, aby jej ryby neminuly.
- výstup z rybiho přechodu by měl vést do klidné vody a měl by být umístěn mimo vtokový objekt do malé vodní elektrárny. [21]

4.3 Ekonomické hledisko

Bez zhodnocení ekonomické stránky stavby není možné projekt začínat, protože i s využitím stálých vodních přivaděčů jde o velmi nákladnou záležitost. Na stavbu MVE se využívají příspěvky z nejrůznějších dotačních programů, což je jeden z nejdůležitějších zdrojů financování. Málokdo by si mohl dovolit financovat tyto elektrárny s relativně dlouhou dobou návratnosti.

Návratnost finančních prostředků na obnovu MVE Bílý potok:

Náklady na elektrárnu	17 400 000 Kč. [31]
Předpokládaná celková výroba	800 MWh/rok [30]

Pokud bychom brali výkupní cenu pro nové elektrárny – 3 Kč za 1 kWh, předpokládaná návratnost finančních prostředků z MVE Bílý potok by bylo 7,25 let.

Návratnost finančních prostředků na obnovu MVE Hamry v lokalitě Gustavsthal:

Náklady na elektrárnu	16 798 080 Kč. [31]
Předpokládaná celková výroba	600 MWh/rok [30]

Pokud bychom brali výkupní cenu pro nové elektrárny – 3 Kč za 1 kWh, předpokládaná návratnost finančních prostředků z MVE Bílý potok by bylo 9,3 let.

4.4 Energetické hledisko

Horská oblast umožňuje elektrárnám poměrně velký spád a můžeme tedy tvrdit, že jsou tyto elektrárny velice účinné. Například u malé vodní elektrárny na Bílém potoce s použitou Peltonovou turbínou je předpokládaná celková výroba činí asi 800 MWh/rok, což představuje průměrnou roční spotřebu přibližně 270 domácností. [34] Energii z malých vodních elektráren firmy Benoco s.r.o. a HHS s.r.o. prodávají do sítě. Jedná se o nepřetržitý zdroj energie s dodávkou během celého dne i noci, tedy nejen v době svitu slunce jako je to u solárních zdrojů, které pak přetěžují rozvodnou síť.

5 Využití oblasti v budoucnosti

Jelikož se v této oblasti v dřívějších dobách energie z vody hojně využívala, přišla jsem s nápadem, že by se v této lokalitě dal udělat návrh vodního díla nebo rekonstrukce již stávajícího objektu. Pro mnohé chataře by využívání této energie bylo vysoce prospěšné nejen díky tomu, že takto získaná energie je „čistá“ a ekologicky nezávadná, pokud se dbá na všechna opatření.

5.1 Výběr vhodné lokality

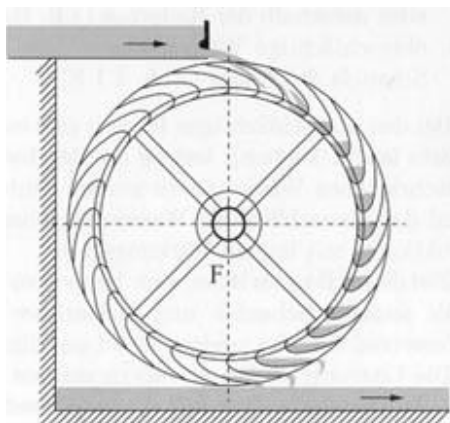
Horní tok Úhlavy je již zastavěn několika malými vodními elektrárnami, proto při výběru lokality je nutné dbát na to, aby se navzájem neovlivňovaly. Pro návrh vodního díla jsem tedy vybrala oblast, ve které se již dříve využívalo vodní energie – místo bývalého mlýnu s názvem Frishwinkl.

6 Rekonstrukce vodního díla na bývalém Frishwinklu

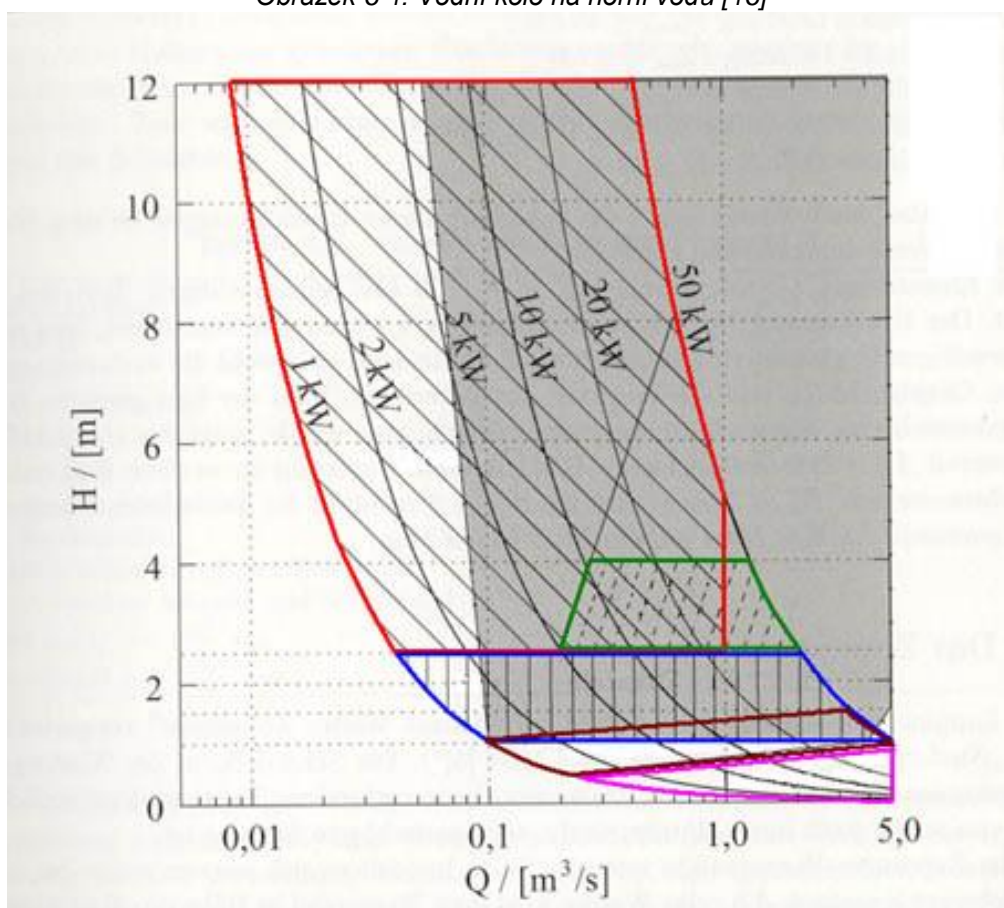
V oblasti osady Frishwinkl býval mlýn. V současné době je v této oblasti několik chat a potok je odkloněn o několik metrů dál než v minulosti. Pokud bychom obnovili koryto, které zde bývalo, dalo by se zde vytvořit nové vodní dílo. Díky velkému spádu 4,8 m a malému dlouhodobému průměrnému průtoku 49 l/s je pro tento potok nejvhodnější vodní kolo na horní vodu. Průtok není dostačující ani na Kaplanovu turbínu, vodní kolo je tedy ideální. Jelikož se v blízkosti nachází několik chat, dalo by se využít i pro tyto sezónní účely. Dalším kladem je, že v minulosti zde tento objekt býval a krajina tedy nebude narušena.

6.1 Vodní kolo na horní vodu

Toto kolo má jednu z největších účinností a to více než 75 %. Kvůli malé hltnosti se hodí i na potoky. Jedná se o nejpoužívanější kolo v minulosti. Voda je přiváděna žlabem na horní část kola, kde stéká do komůrek. Díky gravitaci voda roztáčí kolo a následně se vylévá z komůrek ven. Kolo by mělo být několik centimetrů nad vodou, aby neklesala účinnost. [16]



Obrázek 6-1: Vodní kolo na horní vodu [16]

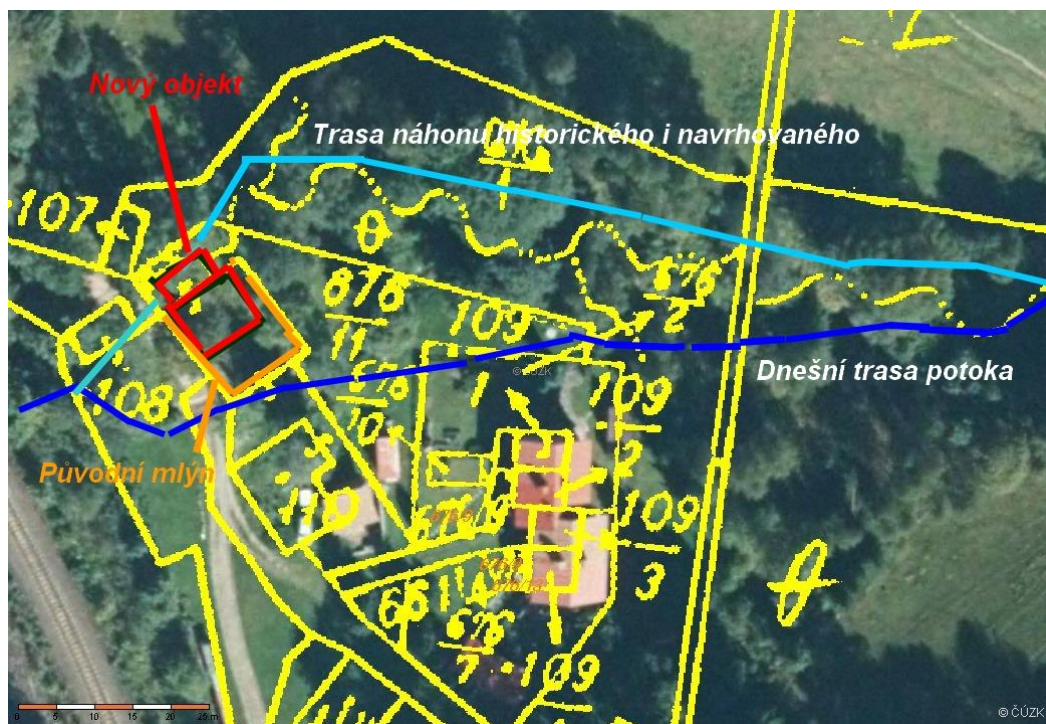


Obrázek 6-5: Legenda k barvám:

Kola na horní vodu, Bachovo kolo, Zuppinger s přepadem, Zuppinger s voletm, Poncelet
Tmavě vybarvená oblast je použitelná pro turbíny.[16]

6.2 Rekonstrukce přivaděče

Pokud bychom potok odvedli do původní polohy, vznikl by nám tak větší spád a mohli bychom zde postavit vodní kolo. Tento zásah by jen minimálně narušil okolní přírodu. Ze stavebního hlediska by výstavba objektu také nebyla problém, protože se nacházíme na místě stavební parcely.



Obrázek 6-2: Mapa nového přivaděče [14]



Obrázek 6-3: Současný stav

6.3 Návrh vodního kola

6.3.1 Výpočty

Hydrologické údaje:

Dlouhodobý průměrný průtok: $Q_a = 49 \text{ l/s}$
Velikost povodí: $1,59 \text{ km}^2$

Výkon:

$$P = H \cdot Q \cdot \rho \cdot g \cdot \mu$$

H – spád 4,8 m [16]

ρ – hustota vody 1000 kg/m^3

g – gravitační konstanta $9,81 \text{ m/s}^2$

μ - účinnost vodního kola 71 % [35][33]

Průtoky:

Nutný asanační průtok: $Q_s = Q_{330} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}$
Využitelný průtok: $Q_v = Q - Q_s$
Průtok vodním kolem: Q_T (rozmezí $Q_{\text{MAX}} - Q_{\text{MIN}}$)
Regulační rozsah: $Q_{\text{MAX}} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ [33]
 $Q_{\text{MIN}} = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ [33]

n (dní)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m^3/s]	0,099	0,074	0,06	0,049	0,042	0,037	0,033	0,03	0,026	0,023	0,018	0,014	0,01
Q_v [m^3/s]	0,081	0,056	0,042	0,031	0,024	0,019	0,015	0,012	0,008	0,005	0	0	0
Q_T [m^3/s]	0,040	0,040	0,040	0,031	0,024	0,019	0,015	0,012	0	0	0	0	0
P_G [kW]	1,337	1,337	1,337	1,036	0,802	0,635	0,501	0,401	0	0	0	0	0
t [hod]	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
A [kWh]	963	963	963	746	578	457	361	289	0	0	0	0	0
A_c [kWh]	5320												

Tabulka 3: Naměřené a vypočítané údaje

Produkce elektrické energie je tedy 5,32 MWh ročně.

6.3.2 Rozměry navrhovaného kola

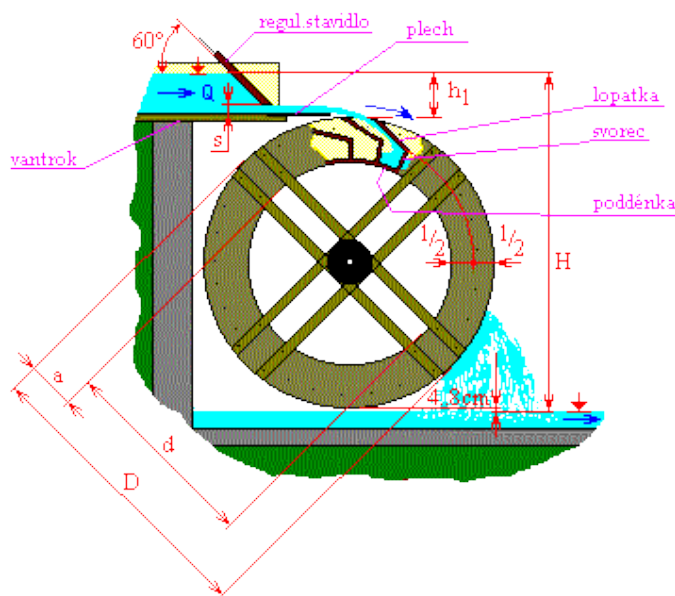
Rozměry vodních kol, jako jsou průměry a tvary lopatek, závisí jen na spádu. Stejně tak šířka vodního kola je závislá jen na průtoku.[35]

Podle spádu 4,8 m vychází:

Vnější průměr kola	$D = 4,21 \text{ m}$
Vnitřní průměr kola	$d = 3,61 \text{ m}$
Vrchol kola pod hladinou	$h_1 = 0,54 \text{ m}$
Jmenovité zdvižení stavidla	$s = 0,055 \text{ m}$
Minimální počet lopatek	lop. = 48 ks
Otáčky za minutu	$n = 6,8 \text{ ot./min}$
Průtok na metr	$Q_1 = 135 \text{ l/s}$
Výkon na metr	$P_1 = 4666 \text{ W}$

Šířka kola s dlouhodobým průměrným průtokem 49 l/s:

$$B = \frac{Q}{Q_1} = \frac{49}{135} = 0,363 \text{ m} \quad [36]$$



Obrázek 6-4: Vodní kolo na horní vodu [35]

Abychom mohli dodávat elektřinu do rozvodné sítě, musíme převést malé otáčky kola pomocí převodovky na asynchronní generátor, který se nejčastěji používá u vodních kol díky tomu, že neklade velké nároky na údržbu. Výkupní cena energie by pro tento návrh byla jako u nových lokalit 3 Kč za 1 kWh. [16] Ročně bychom tedy utržili 15 960 Kč. Když srovnáme s odhadovanými celkovými náklady, návratnost by tedy byla 47 let. Je tedy jasné, že se projekt nevyplatí. Dokazuje ale také proč v minulosti byly různé spory o vodní toky a na náš potok byla dříve přiváděna voda z dalších potoků. Na Frishwinklu se vodní kolo vyplatilo hlavně proto, že zastávalo spíše mechanickou práci, než aby bylo pro elektrické využití. Návratnost se dříve také lišila, protože se tato stavba využívala po několik generací i více než tři sta let a vynaložené náklady nebyly tak značné.

Elektrická část	100 000 Kč
Strojní část	300 000 Kč
Stavební část a úprava terénu	350 000 Kč
Celkem	750 000 Kč

Tabulka 4: Odhadované náklady na výstavbu [32][33]

7 Závěr

Z návratnosti vodního kola je patrné, že by se projekt v dnešní době nevyplatil. Můj přínos je tedy v ověření, že tato oblast má již svůj hydroenergetický potenciál vyčerpaný. Projekt by byl vhodný tehdy, pokud by do oblasti nebyla zavedena elektřina nebo pokud by se do potoku přiváděla voda z ostatních toků jako v minulosti.

Zmapovala jsem celou oblast horního toku Úhlavy a seskupila tak poznatky, které by jinak byly ztracené. Zjistila jsem také, jak moc bylo, z historického hlediska, získávání vodní energie důležité.

V současné době se Brčálnická oblast turisticky rozvíjí a vzniká zde velké horské středisko s turistickou stezkou, na jejíž trase přímo leží místo navrhovaného objektu. Odlehlé Brčálnické území je tímto propojeno s největšími šumavskými středisky jako je Špičák a Železná ruda. Z tohoto důvodu by bylo zajímavé v místě navrhovaného projektu udělat informační centrum, které by poukazovalo na historii a současnost vodních zdrojů na horním toku Úhlavy i s praktickou ukázkou navrhovaného vodního kola, což by mohlo finančně přispět a doba návratnosti by se zkrátila.

8 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] RASL, Průvodce po technických památkách v Čechách, na Moravě a ve Slezku. Praha, Národní technické muzeum, 1993. 161 s.
- [2] VONDRUŠKA, Život staré Šumavy. 1. vyd. Praha, nakladatelství Vyšehrad, 1989. 256 s.
- [3] HOLÝ, Královský hvozd na Šumavě před třicetiletou válkou. Domažlice, nakladatelství Českého lesa, 2007. 303 s.
- [4] STEINER, Královský hvozd svobodné Královácké rychty. Klatovy, 2005.
- [5] ROUČKA, Tenkrát na Šumavě, 2. rozšířené vydání, nakladatelství ZR & T Plzeň, 2004.
- [6] KUDRLIČKA, Umění šumavských sklářů, Jihočeské nakladatelství, České Budějovice, 1987, 299 s.
- [7] ŠMÍD, Kronika Hojsovy Stráže, 1945
- [8] ERNST, Eisenstrass im Böhmerwald, chronik der künischen Freibauerngemeinde, původně z roku 1926 přepis od Hartmuta Zelzera a Lotte Guggeis, překlad Jaromír Kulhánek, 2005.
- [9] Zelená lhota a okolí. . [online]. [cit. 2014-11-02].
Dostupné z: <http://www.kolohlota.estranky.cz/>
- [10] Kontaminovaná místa. . [online]. [cit. 2014-11-25].
Dostupné z: <http://kontaminace.cenia.cz/>
- [11] Foto historie. . [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.fotohistorie.cz/>
- [12] Obec Hamry. . [online]. [cit. 2015-01-08].
Dostupné z: <http://www.obec-hamry.estranky.cz/>
- [13] NP Šumava. . [online]. [cit. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://www.npsumava.cz/>
- [14] Ústřední archiv zeměměřictví a katastru. . [online]. [cit. 2015-01-20].
Dostupné z: <http://archivnimapy.cuzk.cz/>
- [15] Hojsova stráž a Brčálník. . [online]. [cit. 2015-02-15].
Dostupné z: <http://www.brcalnik.estranky.cz/>
- [16] Vodní kola. . [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.vodnikola.cz>
- [17] Laboratoř geoinformatiky. . [online]. [cit. 2015-03-12].
Dostupné z: <http://oldmaps.geolab.cz/>
- [18] Vodní mlýny. . [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/>
- [19] Šumava. . [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: www.sumavainfo.cz/
- [20] Kohoutí kříž. . [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: www.kohoutikriz.org
- [21] Calla. . [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/>
- [22] Pavel Domanický (národní památkový ústav Plzeň) - přečerpávací elektrárna Černé jezero, článek v časopise ČKAIT Stavební listy
- [23] Jiří Fröhlich - Sklárny na statku Železná Ruda a v rychtách Hojsova Stráž a Hamry, 1995.
- [24] Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (mapa se zakreslenými objekty)
- [25] Pavel Scheufler. . [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.scheufler.cz/>
- [26] Státní správa zeměměřictví a katastru. . [online]. [cit. 2015-03-15].
Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- [27] MUDr. Oldřicha Rychtera, Zelená Lhota (důchodce - pamětník a průvodce po Šumavě)
- [28] p. Lotte Guggeis (předsedkyně sdružení původních obyvatel Hojsovy Stráže a Hamry)
- [29] soupis hospodářského zvířectva obce Hojsova Stráž, Okresní archiv Klatovy, 1939.
- [30] informační tabule na elektrárně
- [31] Regionální informační servis. . [online]. [cit. 2015-03-15].

- Dostupné z: <http://www.risy.cz/cs>
- [32] Pavla Velleková
- [33] Přemysl Socha
- [34] Informační tabule na elektrárně
- [35] Abeceda malých vodních pohonů. . [online]. [cit. 2015-03-15].
Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/>
- [36] Program Photo Filtre 7 – tvorba mapy

9 Přílohy

Mapa vodních děl na horním toku řeky Úhlavy (pro lepší rozlišení přiložena ve formátu A3)
Hydrometeorologické údaje z ČHMÚ