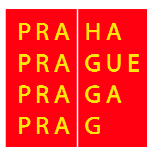
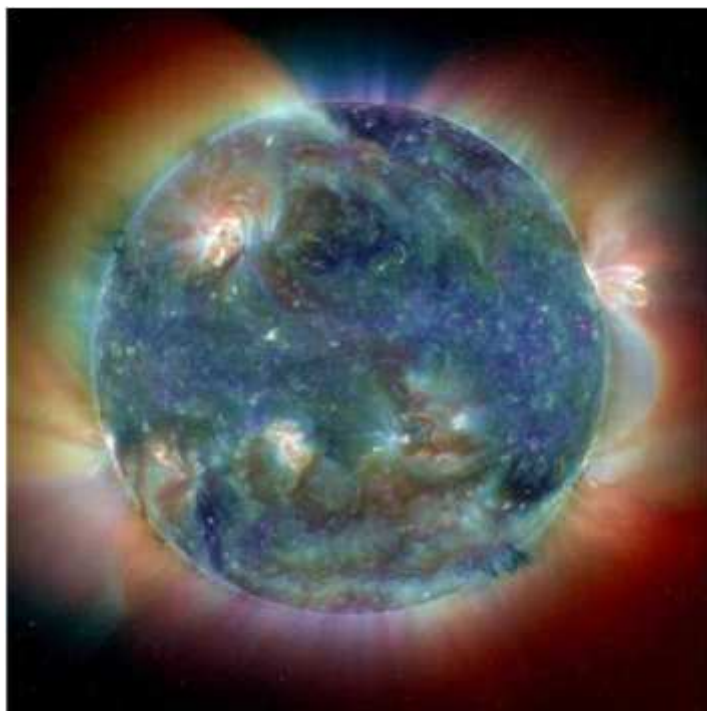




ENERSOL 2017



VZDĚLÁVACÍ PROJEKT NA TÉMATA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE,
ÚSPORY ENERGÍÍ A SNIŽOVÁNÍ EMISÍ V DOPRAVĚ



Hlavní město Praha



Kategorie projektu: Enersol a inovace

Jméno, příjmení žáka (gestora projektu): Michal Zatloukal

Obor a ročník studia: Informační technologie, 3. ročník

ANOTACE PROJEKTU

Autor (jméno, kontakt):	Michal Zatloukal, michuny25@gmail.com Tereza Kačerová, Gymnázium Nad Štolou, kacerovatereza@gmail.com
Název projektu:	Gravitační úložiště elektrické energie
Kategorie projektu:	Enersol a inovace
Škola (název, adresa):	Střední průmyslová škola na Proseku, Novoborská 2, Praha 9
Obor a ročník studia:	Informační Technologie, 3. Ročník
Vedoucí práce, koordinátor:	Ing. Vladimír Křivka, SPŠ na Proseku, Praha 9, tel.: 603 172 516, vladimir.krivka@sps-prosek.cz
Spolupracující firma:	-
Poradce:	-
Počet stran:	13
Školní rok:	2016/17

Anotace:

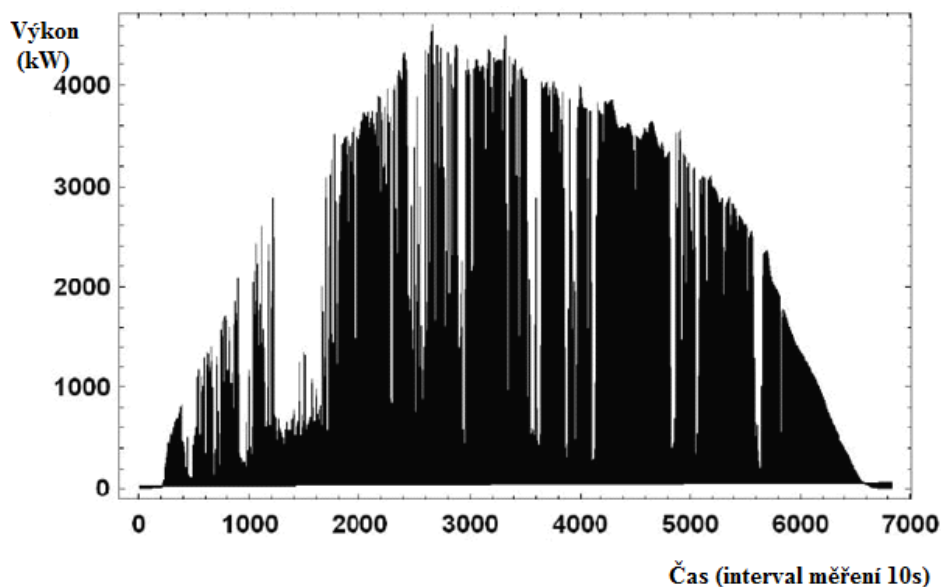
V dnešní době se podíl obnovitelných zdrojů zvětšuje, avšak tento trend může zbrzdit jejich nestabilita a stále rostoucí rozdíly mezi výrobou a spotřebou elektrické energie. Ideálně by ruku v ruce s rozšiřováním obnovitelných zdrojů mělo probíhat také navyšování akumulacních kapacit elektrické energie, které by umožnilo její efektivnější využívání a také by ušetřilo emise, které často vznikají při dorovnávání nestabilních zdrojů tepelnými elektrárnami. Tato inovace představuje novou možnost pro akumulaci energie, která by mohla vést k rozšíření akumulacních elektráren a tím kromě výše zmíněných úspor také šetřit životní prostředí a krajinu.

OBSAH

ANOTACE PROJEKTU	2
OBSAH	3
ÚVOD	4
CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE	6
O INOVACI	8
ZÁVĚR.....	12
POUŽITÁ LITERATURA.....	13

ÚVOD

Jsme na dobré cestě. Jednoho dne snad bude lidstvo využívat převážně obnovitelné zdroje. V dnešní době se podíl obnovitelných zdrojů v energetice zatím neustále zvyšuje, avšak pořád se při vyšší poptávce po elektrické energii musí dorovnávat výroba s poptávkou převážně neobnovitelnými zdroji. Obnovitelné zdroje totiž těžko ovládáme. Pro příklad uvádím graf závislosti produkovaného výkonu solární elektrárny ve Springerville na čas. Nejčastěji se pro tyto účely používají elektrárny, které spalují plyn nebo uhlí, jelikož je možné zvýšit výrobu dle potřeby poptávky v relativně malém čase.



Obrázek 1 - Produkce elektrické energie během jednoho dne v solární elektrárně ve Springerville (USA) [11]

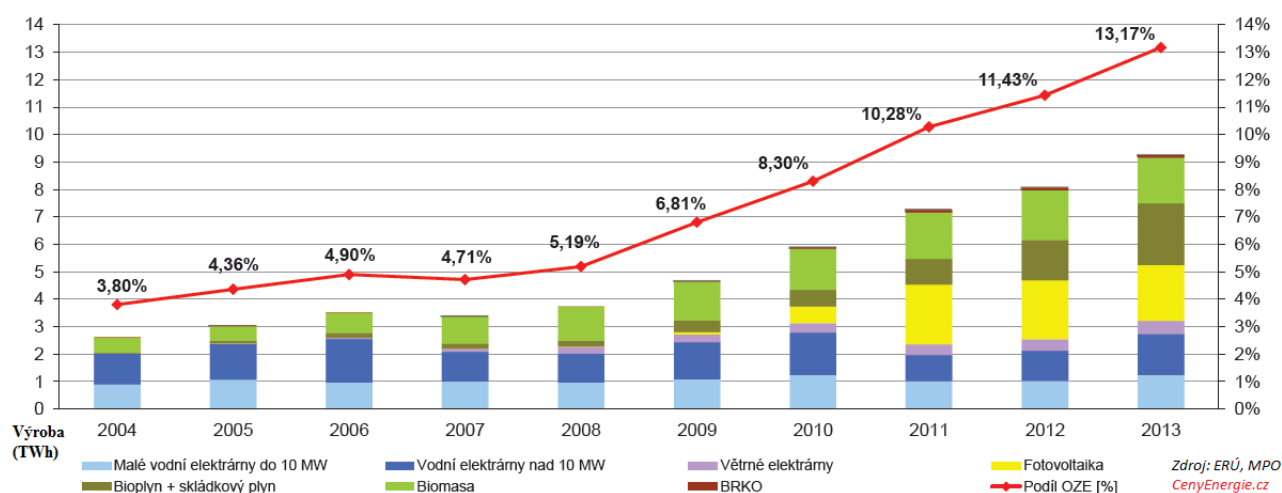
Jedním z řešení efektivnějšího využívání obnovitelných zdrojů by podle mě mohlo být obnovitelné zdroje předimenzovat a diverzifikovat natolik, aby v průměru jejich nestabilní výroby, pokrývali potřebnou poptávku. Tak by se sice do značné míry eliminoval stav nedostatečné výroby při velké poptávce, avšak toto řešení je kromě neúspornosti také neuvěřitelně nákladné a myslím si, že k takovému stavu by se nedošlo v dohledné době.

Nabízí se zdánlivě snadné řešení, které však lidstvu působí obtíže již řadu desetiletí. A tím je skladování již vyrobené elektrické energie. V malém měřítku jsme skladování sice zvládli, avšak ve velkém měřítku lidstvo si dnes moc neví rady. V České republice sice existuje několik akumulčních elektráren, z nichž stojí za zmínku největší přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně, avšak množství energie, které dokáže akumulovat se ani zdaleka

neblíží tomu, kolik je v dnešní době potřeba. Navíc se zvyšující se závislostí na obnovitelných zdrojích budou tyto výkyvy mezi výrobou a poptávkou větší a větší.

Abychom zabránili přebytku anebo naopak nedostatku elektrické energie během nestabilní výroby obnovitelných zdrojů, je podle mého názoru třeba současně hledat nové technologické řešení, které by umožňovalo v případě přebytku elektrické energie tuto energii akumulovat a v případě nedostatku naopak vyrábět.

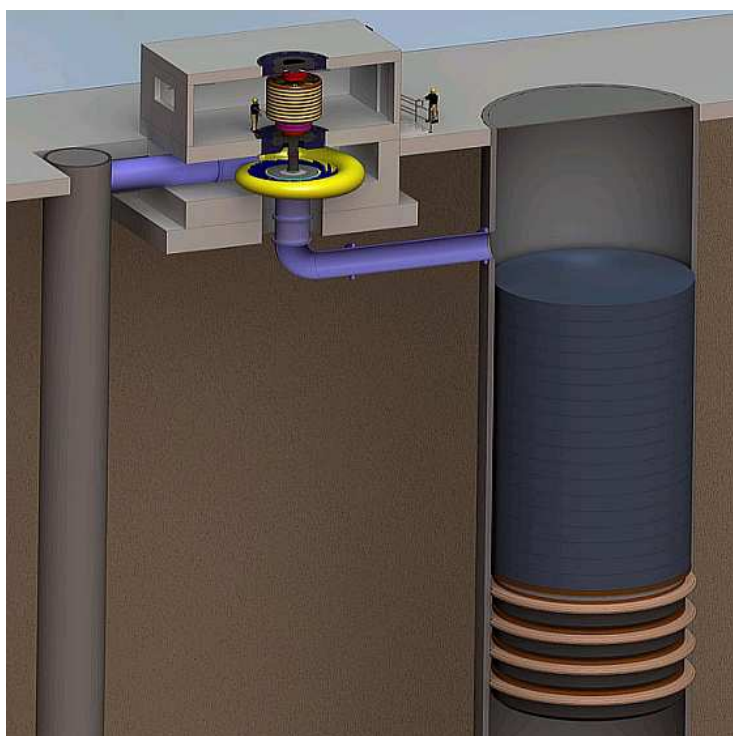
Proto mě zaujalo nové kompaktní řešení přečerpávající elektrárny s gravitačním úložištěm v podzemí, které kromě vysoké účinnosti ani nevyžaduje rozsáhlé plochy nebo devastaci krajiny, a naopak by mohlo být využito k instalaci kdekoliv – i poblíž míst (velkých měst) s velkou poptávkou po elektrické energii, čímž by se taktéž i ušetřily ztráty elektrické energie při přenosu, jako tomu je například při přenosu energie z přečerpávacích elektráren v horách.



Obrázek 2 – Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí spotřebě

CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE

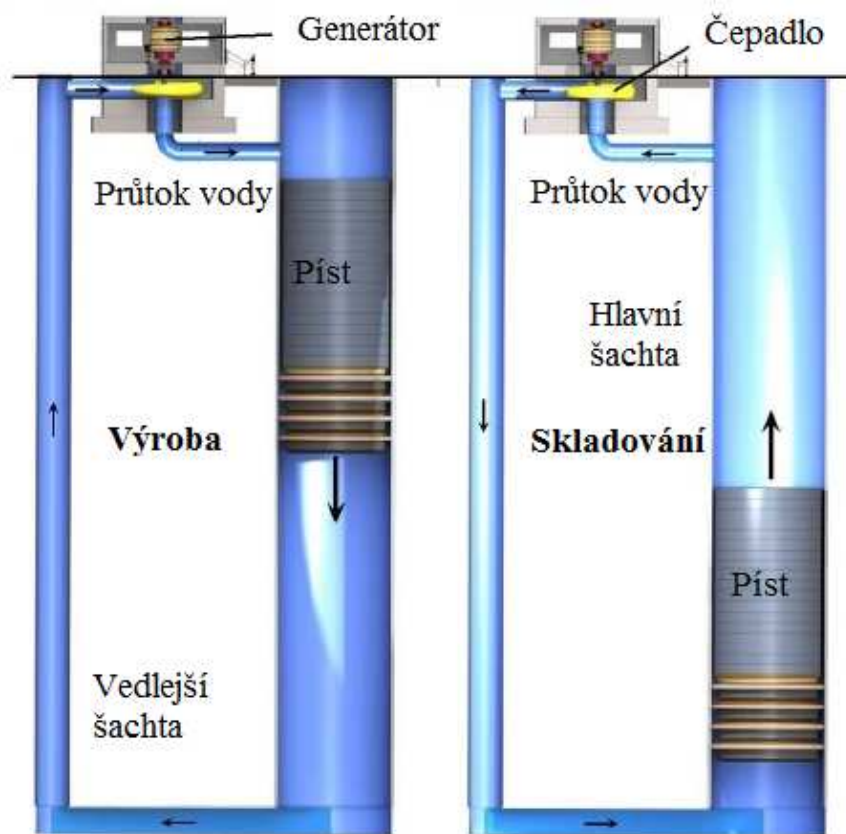
Na rozdíl od běžných přečerpávajících elektráren je tato inovace provozována kompletně pod zemí. Tato nová technologie je koncipována tak, že využívá k akumulování energie velký píst umístěný v hluboké, vodou vyplněné šachtě. Svisle vedle hlavní šachty, která slouží k přečerpávání vody pro akumulaci, se nachází spojovací trubka, která je napojena na hlavní šachtu na jejím dně a ve vrchní části, kde je mezi hlavní šachtou a vedlejší trubkou reverzní Francisova turbína s generátorem/motorem.



Obrázek 3 - Koncepce technologie, napravo hlavní šachta s pístem a nalevo s ní spojená vedlejší trubka pomocí turbíny [6]

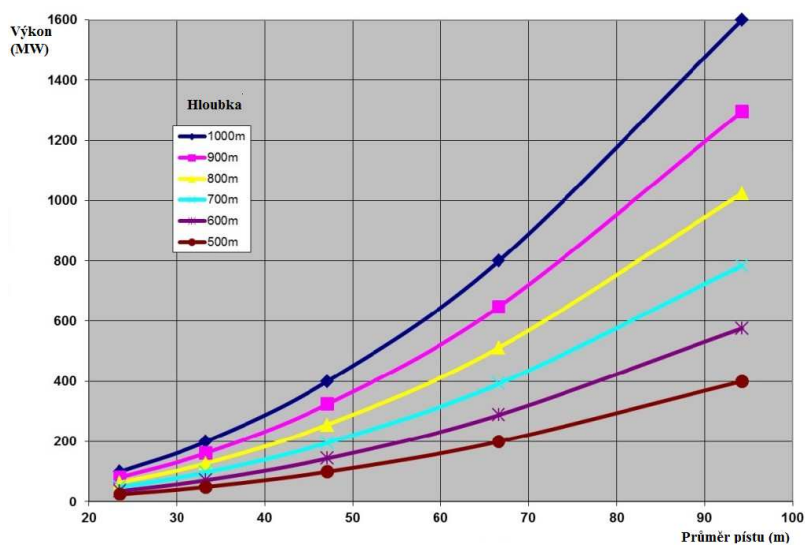
Princip fungování inovace je poměrně jednoduchý, využívá totiž zákony gravitace a mechaniky. energii, kterou v danou chvíli potřebujeme uskladnit, přeměníme z elektrické na potenciální. Poslouží k tomu elektrické čerpadlo, které přečerpá pomocí vedlejší trubky vodu z horní části hlavní šachty do spodní a tím i vytlačí posuvný píst v hlavní šachtě.

Pro získání uložené energie necháme gravitací působit píst na vodu v hlavní šachtě a tím se začne vytlačet voda do vedlejší trubky. Přes tuto trubku je voda vháněna do turbíny, která je spojená s elektrickým generátorem, jež vyrábí elektrickou energii. Voda se opět vrací do horní části hlavní šachty, takže cyklus vody je naprosto uzavřený. Žádné vodní ztráty zde nejsou, takže není nutné vodu po prvotním naplnění doplňovat.



Obrázek 4 - Princip fungování (výroba a skladování energie) [7]

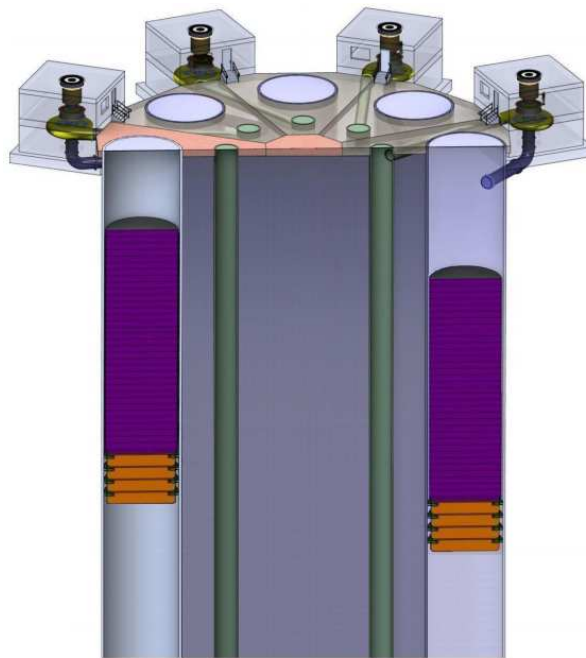
Skladovací kapacita a výkon této technologie závisí především na hloubce a průměru hlavní šachty a na hmotnosti pístu. Čím větší je hloubka a průměr šachty, tím většího výkonu a kapacity lze dosáhnout. Účinnost přeměny energie z elektrické na potenciální a zpět na elektrickou se pohybuje okolo 80% [1].



Obrázek 5 - Graf zobrazující závislost výkonu (dodávaného 4h) na průměru pístu pro různé hloubky šachet [7]

O INOVACI

Skladování energie díky této inovaci už nemusí být pouze doménou přečerpávacích elektráren na povrchu, za které se platí vysoká cena nejen v podobě složité a dlouhé výstavby, ale obvykle i zásahů do krajiny. Mohla by vést k většímu rozšíření akumulčních elektráren. Tato technologie by mohla být aplikována vlastně kdekoliv, jelikož se nachází pod zemským povrchem. Tím pádem při řešení akumulace energie bychom nebyli omezeni jen na pár lokalit s vhodným terénem, nýbrž bychom mohli akumulovat energii kdekoliv, kde je to potřeba. Navíc je možné spojit více systémů do jedné velké elektrárny.



Obrázek 6 - Kombinace elektrárny s více šachtami

Díky této technologii se ušetří tak nejen krajina přírody, ale i povrch s potenciálně využitelnou plochou. Myslím si, že by bylo velice výhodné využívat tuto technologii co nejbližší míst s velkou spotřebou, například u velkých měst. Tím se také ušetří ztráty při přenosu k místům spotřeby, protože vhodné lokality pro stavbu běžných přečerpávacích elektráren často bývají daleko od měst. Ztráty při přenosu elektrické energie se běžně pohybují okolo 10% [2]. Tato inovace tedy ušetří zbytečné ztráty, které by vznikaly přenosem na větší vzdálenosti.

Dalším podstatným rozdílem této technologie oproti klasickým přečerpávacím elektrárnám je fakt, že tato inovace není závislá na vodních tocích. Pouze se jednou naplní vodou, a protože voda zde v cyklech neopouští elektrárnu a ani se nemůže vypařovat, jelikož se nachází v podzemní šachtě, doplňování vody zde řešit nemusíme. Vypařování vody u klasických vodních elektráren se může zdát jako zanedbatelný jev, avšak při velkých plochách, které přečerpávací elektrárny na povrchu zabírají, například v kombinaci s letními teplotami, suchem nebo silným větrem, se takto může přijít nejen o část vody, ale i část uskladněné potenciální energie, jejíž nositelem voda byla.



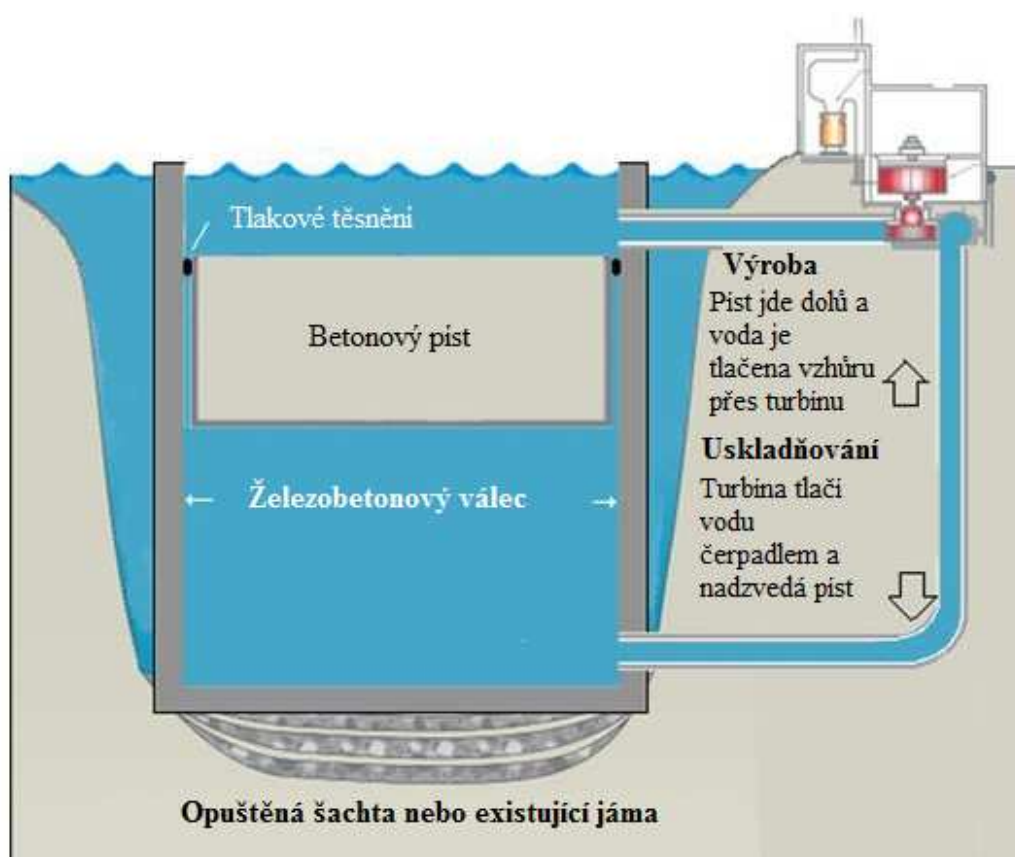
Obrázek 7 - Horní nádrž přečerpávací elektrárny Dlouhé Stráně [8]

*Pro příklad jevu můžeme použít horní nádrž přečerpávací elektrárny Dlouhé Stráně. Podle odhadu z příkladu z knihy Feymannovy přednášky z fyziky 1 [3] se z 1 cm^2 se odpařuje asi 10^{17} molekul vody za sekundu. Z 1 m^2 to je tedy 10^{21} molekul za sekundu, které váží $0,02992 \text{ g}$. Přibližný výpar vody z 1 m^2 za 1 den činí zhruba $2,5847 \text{ kg}$, to znamená, že se při rozloze $15,4 \text{ ha}$ ($154\,000 \text{ m}^2$) [4] vypaří cca **398 044 kg vody za den**. Rozdíl výšky mezi horní a dolní nádrží elektrárny činí $510,7 \text{ m}$ [5]. Takže jen vypařením vody každý den přijde elektrárna rovněž o uskladněnou **potencionální energii přibližně 1994,2 MJ (553,9 kWh)**. Inovace tedy ušetří každý den nejen velké množství vody, ale předejde i ztrátám uskladněné energie.*

Inovace nevyžaduje náročnou údržbu, její koloběh vody a provoz je uzavřený a bez vlivů na životní prostředí, ať už je postavena kdekoliv. Avšak tím, že tato technologie je umístěna plně v podzemí, je zde otázka náročnosti výstavby. Potřebnými technologiemi lidstvo disponuje a v dnešní době už cena vyhloubení šachty řízenou explozí či vrtáním je dostupnější než kdy jindy a výroba Francisových turbín lidstvo provází již déle než 100 let.

V České republice, ani ve světě se tato inovace přesto doposud nevyzkoušela. V Bavorsku je naplánována výstavba první zkušební elektrárny, využívající tuto inovaci [10]. Jejím hlavním účelem bude demonstrovat možnosti, které nabízí technologie a zjistit, zda to může být lepší, dostupnější, a i ekologicky šetrnější alternativa ke klasickým přečerpávacím elektrárnám. Hloubka šachty první elektrárny tohoto typu je plánována na 100 m a šířka 10 m. Instalovaný výkon 1 MW by měla být schopna dodávat po dobu 30 minut [10]. Odhadované náklady jsou mezi 13 až 18 milióny eur [12].

Náklady na výstavbu by se ale značně mohly snížit, kdyby se technologie instalovala do starých šachet nebo jam již opuštěných dolů, kterých je v České republice mnoho. Tím by se ušetřila pravděpodobně nejdražší část výstavby – vytváření hluboké šachty. Namísto toho by se jen šachta nebo jáma zpevnila a upravila, aby se v ní mohl pohybovat píst. Avšak u otevřených jam bychom taktéž přišli o výhodu plně uzavřeného systému, proto by bylo mnohem výhodnější využít staré hlubinné šachty.



Obrázek 8 – Ukázka příkladu instalace inovace do již existující jámy [9]

V České republice však výrobci elektrické energie zatím tuto inovaci neplánují zkoušet. Oslovil jsem hlavní distribuční firmy elektrické energie ČEZ, a. s., E.ON a PRE s tím, že jsem se jich tázal, zda ví o této technologii, jaký na ni mají názor a zda v budoucnu plánují její výstavbu. Zjistil jsem, že sice se společnosti problematikou akumulace elektrické energie zabývají, avšak nezvažují aplikaci technologie, převážně proto, že zatím nefunguje plně funkční prototyp. A co se této technologie týče, tak čekají, co ukáže první elektrárna využívající tuto inovaci, která se staví v Bavorsku.

ZÁVĚR

Tato inovace by mohla umožňovat zásadní posun v oblasti efektivnějšího využívání energie tím, že budeme skladovat energii vyrobenou v nestabilních zdrojích elektřiny v době, kdy po ní není poptávka, a vyrábět ji tehdy, kdy ji potřebujeme. Tím nejen, že ušetříme emise, které vznikají v převážně tepelných elektrárnách, jež musí startovat v době denních špiček a dorovnávat nestabilní obnovitelné zdroje, ale i ušetříme energii v době nadprodukce, která by mohla být nevyužita.

Dosud se v České republice, ani ve světě akumulace energie nerozmohla ve velkém měřítku. Hlavní brzdou v dalším rozšiřování klasických přečerpávacích vodních elektráren je jejich mohutnost, zásah do krajiny a také omezený výběr lokalit pro jejich výstavbu. Troufám si tvrdit, že by udržitelný rozvoj a výstavba obnovitelných zdrojů měla jít ruku v ruce s rozšiřováním akumulčních elektráren, aby v síti nevznikali velké rozdíly mezi výrobou a poptávkou elektrické energie.

Myslím si, že tato inovace by mohla být vhodná alternativa, která by umožňovala rozšíření akumulčních elektráren ve větším měřítku, a tak vhodně dorovnávat nestabilní zdroje elektrické energie, jejichž podíl se nejen v České republice stále zvětšuje. Velkým omezením klasických přečerpávacích elektráren do budoucna je dle mého názoru i praktická nemožnost výstavby poblíž měst, tedy míst, které mají velkou spotřebu elektrické energie.

Ačkoliv potenciál této inovace je opravdu velký, cena této technologie však podle odhadů při plánování první elektrárny tohoto typu ukazuje, že výstavba nebude levná. Mým názorem však je, že kdybychom v České republice mohli využít množství starých opuštěných šachet a aplikovat tuto inovaci například i v těchto místech, náklady na výstavbu bychom výrazně snížili.

Mým názorem je, že bychom tuto inovaci měli brát jako skvělou příležitost, protože je pravděpodobně jedinou novou možností v oblasti skladování energie ve velkém měřítku, která by mohla vést k odstranění překážek tohoto odvětví a k renesanci a masivnímu rozšíření akumulací energií, a tím i k efektivnějšímu využívání obnovitelných zdrojů. A díky této inovaci by mohla zapojit i města a využívat výhod akumulace elektrické energie.

POUŽITÁ LITERATURA

1. Gravity Power. *Gravity Power*. [online]. 2014 [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: <http://www.gravitypower.net>
2. Ing. Václav Kolář. Výroba a rozvod elektrické energie. [online]. 2000 [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/vyroba_a_rozvod_sylab.pdf
3. Feynman, Leighton, Sands. Feynmanovy přednášky z fyziky 1. Fragment. 2013. Strana 713. ISBN 978-80-253-1642-9
4. František Novotný. Mrožoviny: Technický šperk v srdci Jeseníků. [online]. 2004 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z http://archiv.neviditelnypes.zpravy.cz/clanky/2004/07/38339_21_0_0.html
5. ČEZ, a. s.. Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně. [online]. 2017 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elekriny/obnovitelne-zdroje/voda/dlouhe-strane.html#!&zoom=13>
6. LaunchPoint. Gravity Power Grid-Scale Electricity Storage System. [online]. 2010 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z <http://www.launchpnt.com/portfolio/energy/grid-scale-electricity-storage>
7. OEnergetice. Gravity Power Module. Budoucnost akumulace energie? [online]. 2015 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/gravity-power-module>
8. Kouty.cz. Exkurze Dlouhé Stráně. [online] 2017 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z <http://www.kouty.cz/leto/letni-aktivity/exkurze>
9. PennEnergy. Hydraulic Energy Storage - Another Way to Use Gravity. [online]. 2013 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z <http://www.pennenergy.com/articles/blogs/the-black-swan-blog/2013/11/hydraulic-energy-storage--another-way-to-use-gravity.html>
10. Gravity Power. *Gravity Power*. [online]. 2014 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <http://www.gravitypower.net/gravity-power-enters-license-agreement>
11. MegaWatt Storage Farms. The Need for Electricity Storage. [online] 2016 [cit. 2017-01-20]. Dostupné z <http://www.megawattsf.com/gridstorage/gridstorage.htm>
12. Kreisbote. Probebohrungen in Weilheim stehen an. [online] 2016 [cit. 2017-01-20]. Dostupné z <http://www.kreisbote.de/lokales/weilheim-schongau/gravity-power-probebohrungen-weilheim-6109011.html>