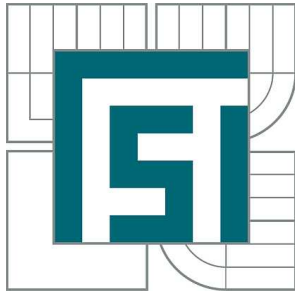


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

ENERGETICKÉ ZÁSOBOVÁNÍ HORSKÉ CHATY ENERGY SUPPLY OF MOUNTAIN COTTAGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ FLÖHSLER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ POSPÍŠIL, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Flöhslér

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Energetické inženýrství (2301T035)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Energetické zásobování horské chaty

v anglickém jazyce:

Energy supply of mountain cottage

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se zabývá problematikou energetického zásobování odlehlých objektů bez možnosti připojení k dálkovým rozvodům. Vlastní řešení je zaměřeno na návrh krytí energetických potřeb horské chaty s podporou využití fotovoltaické a větrné elektrárny.

Cíle diplomové práce:

1. Stručně uvést dostupné způsoby energetického zásobování odlehlých objektů včetně možností akumulace.
2. Popsat současný stav energetického zásobování vybraného objektu, kvantifikovat energetickou náročnost jednotlivých spotřebičů a uvést případnou možnost obměny.
3. Navrhnout systém energetického zásobování pro dodávku elektrické a tepelné energie.
4. Provést technicko-ekonomické srovnání navržených variant.

Seznam odborné literatury:

FCC PPUBLIC, Akumulátory – od principu k praxi, ISBN 80-86534-03-0, 2003

Volker Quaschnig, Obnovitelné zdroje energií, GRADA, 2008

Zbyněk Ibler a kol., Technický průvodce energetika, BEN, 2002

Lázňovský M. a kol., Vytápění rodinných domků, ISBN 80-901975-2-3, 1996

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 15.11.2010

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je navrhnout systém energetického zásobování pro dodávku elektrické a tepelné energie rekreačnímu objektu. Návrh systémů zásobování spočívá v tom, že se přechází z elektrické sítě na alternativní zásobování pomocí obnovitelných zdrojů. Důvodem této obměny je, že elektrické vedení je zastaralé a zasahuje do krajinného rázu. Renovace tohoto vedení nebyla povolena. Zachování funkčnosti této rekreační chaty je proto možné jen za předpokladu, že chata bude napájena z obnovitelných zdrojů. Horská chata se nachází v oblasti Hrubého Jeseníku, asi 15 km od Šumperka. Součástí této práce je i popis stávajícího způsobu energetického zásobování odlehlých objektů včetně možnosti akumulace a stručného popisu energetické náročnosti jednotlivých spotřebičů. V samotném návrhu byla určena potřebná plocha kolektorů a bylo vyhodnoceno co nejefektivnější natočení. U větrného systému se muselo najít co nejlepší umístění stožáru. Dále zde uvádím technicko-ekonomické srovnání navržených variant.

Abstrakt

The aim of this Graduation Thesis is to devise a system of energy supply intended to provide supply of electric and heat energy to a vacation property. The main feature of this energy supply project stands for a shift from mains power supply to alternative energy supply using renewable resources. The reason for this change is the fustiness of power lines and their negative effect on the surrounding landscape. Due to the fact that authorities did not permit renovation of these power lines, the only way to preserve the functionality of the vacation property is to secure its power supply by employing renewable resources. The vacation property (a mountain cottage) is located in Hrubý Jeseník Mountains, approximately 15 kilometers from the town of Šumperk. The thesis also contains a description of the way outlying settlements are currently supplied with energy, including the possibility of accumulation and a brief description of each electrical appliance's power consumption. In the design itself, I calculated the necessary collector surface and analyzed the most effective collector placement. As for the wind energy system, I had to found the best spot to place the turbine. Last but not least, the thesis contains the technical-economical comparison of the proposed alternatives.

Klíčová slova:

Energetické zásobování, alternativní zdroje, horská chata, akumulace energie, větrná energie, sluneční energie

Keywords:

Energy supply, alternative sources, mountain cottage, energy storage, wind energy, solar energy



Bibliografická citace

FLÖHSLER, T. Energetické zásobování horské chaty. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 58 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Energetické zásobování horské chaty vypracoval samostatně, za použití uvedené odborné literatury a dle pokynů vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 20. 5. 2012

.....

Podpis



Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, PhD. za spolupráci, jeho cenné rady a věnovaný čas k odborným konzultacím.

V Brně dne 20. 5. 2012

Obsah

| | |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Úvod..... | 8 |
| 1.1. Alternativní zdroje energie..... | 8 |
| 1.2. Sluneční energie..... | 9 |
| 1.2.1. Energie slunečního záření..... | 9 |
| 1.2.2. Globální záření..... | 10 |
| 1.2.3. Přeměna elektrické energie ze slunečního záření..... | 10 |
| 1.2.4. Historie sluneční energie..... | 12 |
| 1.3. Větrná energie..... | 13 |
| 1.3.1. Princip větrné elektrárny..... | 14 |
| 1.3.2. Větrné elektrárny a Evropská unie..... | 15 |
| 1.3.3. Vliv větrné energie na životní prostředí..... | 15 |
| 1.3.4. Historie větrné energie..... | 15 |
| 1.4. Vodní energie..... | 17 |
| 1.4.1. Princip vodní elektrárny..... | 18 |
| 1.4.2. Přecherpacovací vodní elektrárny..... | 18 |
| 1.4.3. Vliv vodní energie na životní prostředí..... | 19 |
| 1.4.4. Historie vodní energie..... | 20 |
| 1.5. Geotermální energie..... | 20 |
| 1.5.1. Možnost využití geotermální energie v ČR..... | 21 |
| 1.5.2. Historie geotermální energie..... | 21 |
| 1.6. Biomasa..... | 22 |
| 1.6.1. Spalování a zplyňování biomasy..... | 23 |
| 1.6.2. Výhřevnost biomasy..... | 23 |
| 1.6.3. Vliv biomasy na životní prostředí..... | 24 |
| 1.6.4. Historie biomasy..... | 24 |
| 2. Možnosti akumulace energie z obnovitelných zdrojů..... | 25 |
| 2.1. Přecherpacovací vodní elektrárny..... | 25 |
| 2.2. Olověné akumulátory..... | 26 |
| 2.3. Supravodivé indukční akumulátory..... | 27 |
| 2.4. Superkondenzátory..... | 28 |
| 2.5. CAES..... | 29 |
| 3. Současný energetický stav horské chaty..... | 31 |
| 3.1. Uspořádání místností horské chaty..... | 31 |
| 3.1.1. Nákres půdorysu horské chaty..... | 31 |
| 3.2. Energetické zatížení jednotlivých místností chaty..... | 32 |
| 3.2.1. Přízemí..... | 32 |
| 3.2.2. První patro..... | 34 |
| 3.3. Možnost obměny energetických spotřebičů..... | 34 |
| 4. Návrh systému pro energetické zásobování chaty..... | 35 |
| 4.1. Ohřev TUV pomocí solárního systému..... | 35 |
| 4.1.1. Základní informace..... | 35 |
| 4.1.2. Výpočet plochy kolektorů..... | 35 |
| 4.1.3. Celoroční tepelná bilance solárního zařízení..... | 39 |
| 4.1.4. Srovnání variant podle tepelné bilance..... | 40 |
| 4.1.5. Technické parametry solárního systému..... | 40 |
| 4.1.6. Zjednodušené schéma zapojení solárního systému..... | 41 |



| | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2. | Výroba elektrické energie pomocí větrné elektrárny..... | 42 |
| 4.2.1. | Technická specifikace..... | 42 |
| 4.2.2. | Využitelnost a výroba elektrické energie větrné elektrárny..... | 43 |
| 4.2.3. | Akumulace vyrobené energie..... | 46 |
| 4.2.4. | Zjednodušené schéma zapojení větrného systému..... | 46 |
| 4.2.5. | Návratnost investic do větrné elektrárny..... | 47 |
| 4.3. | Výroba tepelné energie za pomoci LPG..... | 48 |
| 4.3.1. | Rozložení topných těles po objektu..... | 49 |
| 4.3.2. | Schéma zapojení zásobníku LPG..... | 50 |
| 5. | Technicko-ekonomické srovnání navržených variant..... | 51 |
| 5.1. | Celkové ekonomické zhodnocení..... | 54 |
| 6. | Závěr..... | 56 |
| 7. | Seznam použitých zdrojů..... | 57 |
| 7.1. | Literatura..... | 57 |
| 7.2. | Internetové odkazy..... | 57 |
| 8. | Seznam použitých veličin a symbolů..... | 58 |

1. Úvod

1.1. Alternativní zdroje energie

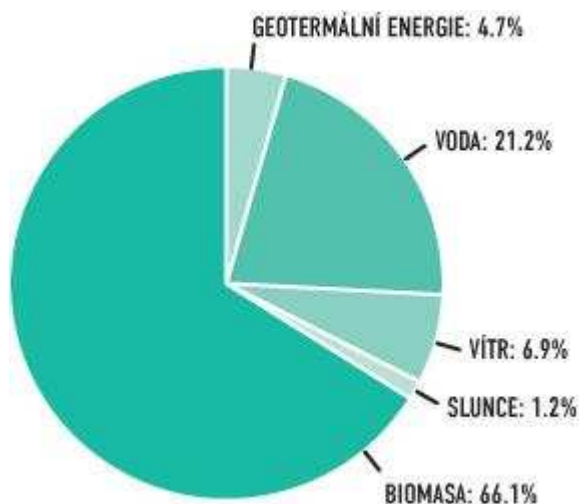
Zásobování energií se stalo klíčovou otázkou industriální společnosti na začátku třetího tisíciletí. Největší část našich problémů s životním prostředím vyplývá ze spalování fosilních paliv. Jen radikální změna kursu může hrozící „ekoinfarkty“ nejbližších desetiletí odvrátit.

Pokud nechceme nadále trvat na rozechřívání naší atmosféry miliardami tun oxidu uhličitého ročně, na rabování posledních nepokažených krajín a na ničení zásob pitné vody, budeme muset zavést zcela jiné systémy užití energie.

Obrat musí být založen na šetření s energií, jejím rozumnějším využívání snesitelném pro životní prostředí a přechodu na decentrální, přiměřené základy posíleným využitím obnovitelných zdrojů energie.¹

Současný trend v energetické politice prosazuje vyrovnaný "energetický mix" jednotlivých druhů zdrojů. Jejich role je přímo závislá jak na hodnocení z hlediska trvale udržitelného rozvoje, tak z hlediska ekonomických ukazatelů. Kromě primárních zdrojů (fosilní paliva, tj. klasické elektrárny, uran, tedy JE Temelín, JE Dukovany), to platí i pro tzv. alternativní zdroje, častěji nazývané jako zdroje obnovitelné. V měřítku existence lidstva a jeho potřeb jde o nevyčerpatelné formy energie Slunce a Země.

Požadavek na maximální využívání alternativních zdrojů je i jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Podle výsledků průzkumu provedeného statistickým úřadem EU Eurostat považuje zvyšování podílu alternativních zdrojů energie na bilanci spotřeby energie za jeden z prioritních úkolů svých vlád 90 % občanů členských zemí.



*Obr. 1.1: Podíl jednotlivých obnovitelných zdrojů na primární spotřebě energie v EU
(zdroj: www.energyunion.eu/cs/node/293)*

¹ THEMESSEL, Armin; WEISS, Werner. Solární systémy. Praha : Grada Publishing, a.s., 2005, s. 11. ISBN 80-247-0589-3

V přístupové dohodě z Atén z března 2003 se ČR zavázala, že podíl výroby elektrické energie z alternativních zdrojů bude v roce 2011 činit 9 % celkové výroby. Podíl alternativních zdrojů na spotřebě primárních zdrojů se pak k roku 2011 předpokládá 6%. Otázkou dosud zůstává jaké ekonomické podmínky bude třeba splnit, aby se tohoto podílu dosáhlo.

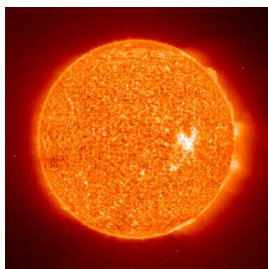
Největší producent elektrické energie v ČR, ČEZ, a s., zvýšil v roce 2004 meziročně výrobu v alternativních zdrojích (vodní elektrárny bez přečerpávání, biomasa, větrná a solární elektrárna) o 97 %.²

Pokud jde o použití obnovitelných zdrojů, nabízejí se pro Česko využití hlavně sluneční energie, větrné energie, vodní energie, geotermální energie a biomasy.

1.2. Sluneční energie

1.2.1. Energie slunečního záření

Slunce je naším ústředním dodavatelem energie. Je to koule z plynné hmoty, v jejímž středu neustále probíhají jaderné fúze. Část slunečního záření nám je k dispozici na Zemi. Toto záření umožňuje život na naší planetě. Určuje všechny přírodní pochody, které jsou pro náš život nepostradatelné, jako například déšť, vítr, fotosyntézu, mořské proudy a mnoho jiných.



Obr. 1.2.1: Slunce (zdroj: <http://astrollogie.net>)

Pokryvání světových energetických potřeb bylo odjakživa založeno na slunečním teple. Také fosilní zdroje energie (ropa, zemní plyn, uhlí) nejsou ničím jiným, než přetransformovaným slunečním zářením.

Intenzita záření na povrchu Slunce při teplotě přibližně 6000 K činí asi 63 000 kW/m². Z tohoto množství energie obdrží Země pouze malý, ale přesto velmi významný zlomek. Samotná energie záření dopadajícího na zemskou pevninu činí 219 000 000 miliard kWh ročně, což odpovídá 2 000 - násobku současných světových energetických potřeb.

Na vnějším okraji zemské atmosféry představuje průměrná intenzita záření 1 367 W/m² (sluneční konstanta). Při průchodu vzdušným obalem Země se část záření ztrácí, takže v létě je za jasného, pěkného slunečního dne k dispozici 800 W/m² až 1 000 W/m² (tzv. globální záření k dalšímu využití).³

Stejně jako jsou negativní dopady jaderné elektrárny na životní prostředí minimální, získávání elektrické energie přímo ze slunečního záření je z hlediska životního prostředí nejčistším a nejšetrnějším způsobem její výroby. Jaderná energetika i sluneční elektrárny

² Alternativni-zdroje.cz [online]. 2008 [cit. 2010-11-23]. Obnovitelné zdroje energie. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz>>.

³ THEMESSEL, Armin; WEISS, Werner. Solární systémy..., s. 15.

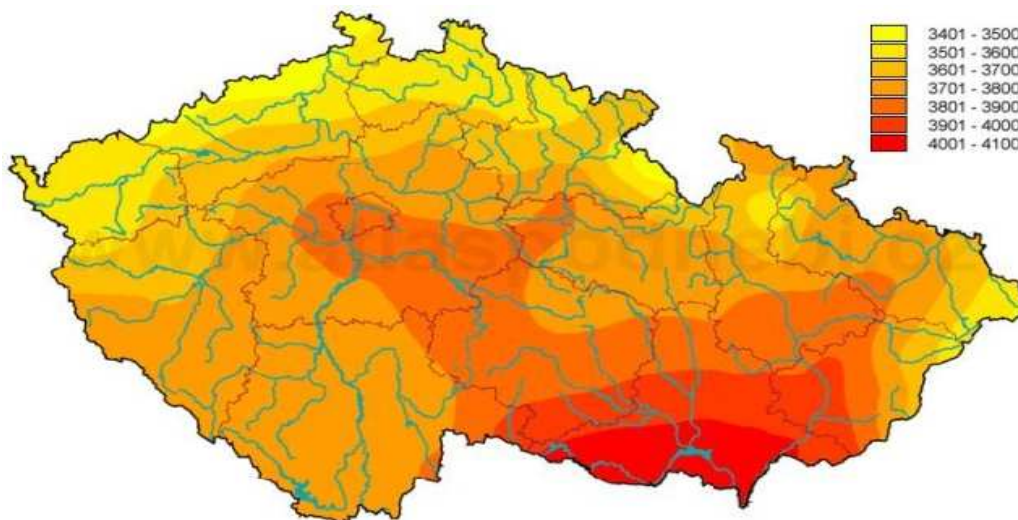
využívají zdroje energie, kterého je a ještě dlouho bude v přírodě dostatek. Účinnost přeměny slunečního záření na elektrinu umožňuje získat se současnými solárními systémy z jednoho metru aktivní plochy až 110 kWh elektrické energie za rok. V našich podmínkách je ve srovnání se současnými klasickými zdroji elektrická energie ze solárních systémů však stále ještě podstatně dražší.

1.2.2. Globální záření

Doba slunečního svitu a intenzita záření jsou závislé na zeměpisné poloze, povětrnostních podmínkách a zeměpisné poloze. Roční globální záření v nejslunečnějších oblastech Země dosahují hodnot přes 2200 kWh/m². V České Republice dosahují hodnot kolem 1100 kWh/m².

Globální záření se skládá z přímého a rozptýleného (difúzního) záření. Přímé sluneční záření je to, které rozptýleno nebylo a jeho sílu poznáme například podle hloubky stínu. Rozptýlené záření přichází z celé oblohy i od osvětleného terénu. Toto záření je tím větší, čím menší je cesta záření atmosférou (tedy čím je slunce níže), čím je ovzduší méně prašnější a také čím je na nebi méně oblačnosti. Průměrný podíl nepřímého záření je závislý na klimatických a geografických podmínkách, jakož i na nadmořské výšce.

Čím je podíl difúzního záření vyšší, tím nižší je využitelná energie globálního záření. V letním úhrnu představuje podíl rozptýleného záření přibližně 50 % z globálního záření v zimě je to ještě více. V měsících s nejvyšší spotřebou tepla, což je od listopadu do února, dopadne na zem pouze šestina ročního souhrnu záření. Na letní polovinu připadnou tři čtvrtiny slunečního záření.

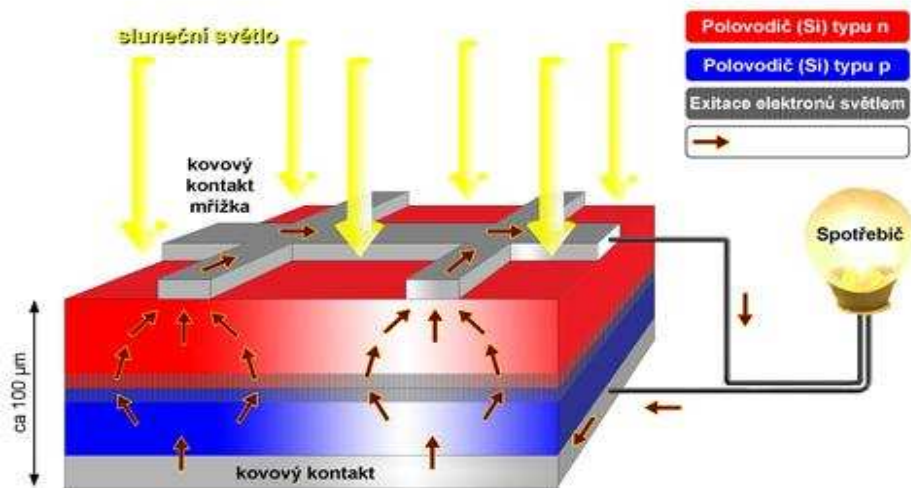


Obr. 1.2.2: Průměrný roční úhrn globálního záření v MJ/m²
(zdroj: www.energeticky.cz/62-solarni-systemy.html)

1.2.3. Přeměna elektrické energie ze slunečního záření

Přímá přeměna využívá fotovoltaického jevu, při kterém se v určité látce působením světla (fotonů) uvolňují elektrony. Tento jev může nastat v některých polovodičích (např. v křemíku, germaniu, selenu, kadmia aj.). Fotovoltaický článek je tvořen nejčastěji tenkou destičkou z monokrystalu křemíku, použít lze i polykrystalický materiál. Destička je z jedné strany obohacena atomy trojmocného prvku (např. bóru), z druhé strany atomy pětímocného prvku (např. arzenu). Když na destičku dopadnou fotony, záporné elektrony se uvolňují a

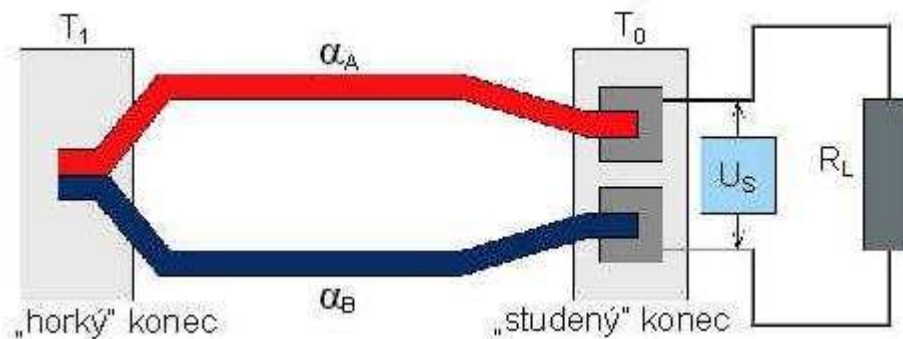
zbývají kladně nabitě "díry". Přiložíme-li na obě strany destičky elektrody a spojíme je drátem, začne protékat elektrický proud. Jeden cm² dává proud okolo 12 mW (miliwattů). Jeden metr čtvereční slunečních článků může dát v letní poledne až 150 W stejnosměrného proudu. Sluneční články se zapojují buď za sebou, abychom dosáhli potřebného napětí (na jednom článku je 0,5 V), nebo vedle sebe tak, abychom získali větší proud. Spojením mnoha článků vedle sebe a za sebou vzniká sluneční panel.



Obr. 1.2.3a: Princip činnosti fotovoltaického článku

(zdroj: www.nemakej.cz/fotovoltaiicky-clanek.php)

Nepřímá přeměna je založena na získání tepla pomocí slunečních sběračů. V ohnisku sběračů umístíte termočlánky, které mění teplo v elektřinu. Termoelektrická přeměna spočívá na tzv. Seebeckově jevu (v obvodu ze dvou různých drátů vzniká elektrický proud, pokud jejich spoje mají různou teplotu). Jednoduché zařízení ze dvou různých drátů spojených na koncích se nazývá termoelektrický článek. Jeho účinnost závisí na vlastnostech obou kovů, z nichž jsou dráty vyrobeny, a na rozdílu teplot mezi teplým a studeným spojem. Větší množství termoelektrických článků vhodně spojených se nazývá termoelektrický generátor.



Obr. 1.2.3b: Princip termočlánku

(zdroj: http://147.229.68.118/~adamek/uceb/DATA/s_8_2.htm)

1.2.4. Historie sluneční energie

Historie sluneční energie a její vývoj můžeme řadit do sedmdesátých let minulého století. Začalo se s vývojem toho, co tu doposud nebylo, tj. klasického (zaskleného) slunečního kolektoru a samostatného nezaskleného absorbéru (venkovní bazény u rodinných domů byly věcí téměř neznámou). U absorbérů se cesty ubíraly vývojem textilních absorbérů, umělohmotných hadic, gumových hadiček až po současné využívání umělohmotných tuhých průtočných desek.

U kolektorů se začínalo zasklíváním deskových radiátorů, druhá cesta, která trvá prakticky dodnes a nikdy neskončí, je vývoj nových typů kolektorů. Od obyčejných deskových a lineárních Fresnelových čoček se vývoj rozšířil na koncentrační, deskové vakuové, trubicové vakuové průtočné, trubicové vakuové s tepelnou trubicí atd.

V prvních začátcích se dokonce zkoušely místo skla polyetylenové fólie, které se však teplem absorbéru pronášely a ničily. Proto se vymyslela varianta, kdy se "králíčí" šestihranné pletivo zatavilo z obou stran do fólie a zajišťovalo rovinu fólie za každé situace. Dokonce je ještě v paměti název této fólie: Flexipane.

Rámy kolektorů byly nejčastěji kovové, dřevěné, i z desek tvrdého PVC. Zachoval se i kolektor, který tvoří dvě po obvodu spojená silná skla, kdy je povrch vnitřního spodního skla natřen černou barvou. Voda protékala plným profilem mezi skly.

Velmi brzy se zjistilo, že propagované heslo, kdo umí vyrobit sluneční kolektor, umí využívat sluneční energii, není pravdivé. K viditelnému kolektoru na střeše patří celá řada "neviditelných" prvků v objektu, v naprosté většině realizací v té době "ukončených" solárním ohřívacem TUV. Jiné využití sluneční energie se zatím nesledovalo. Zde se hledaly první vztahy, získávaly zkušenosti. Technicky dokonalý kolektor nemohl překonat chyby špatně navržené solární soustavy a špatnému kolektoru nepomohla ani sebelépe navržená soustava s automatickou regulací. Kolektor s vlastní soustavou tvoří neodlučitelný tandem, jejich vstupy nebo výstupy musí být vyvážené, jeden bez druhého nemohou existovat. Aby byl začátek ještě komplikovanější, neexistovala a nebyla vyvinuta nemrznoucí kapalina a soustavy pracovaly s vodou pouze v letním provozu od jara do podzimu. Kdo napustil v květnu vodu do kolektorů brzo nebo ji v říjnu. Zapomněl vypustit, toho nenadálý noční mráz připravil o veškeré iluze a leckdo od "sluníčka" natrvalo odešel. Jednou z vedlejších cest ve své době byl i vývoj soustav, které by se před mrazem samy vypustily a při slunečním svitu samy napustily.

Později vyvinuté nemrznoucí kapaliny byly částečně toxické a hygienici tento problém vyřešili velmi jednoduše: v ohříváči TUV musel být vždy tlak vody z venkovního vodovodu vyšší a v primárním (kolektorovém) okruhu nižší. Kdyby došlo k poruše topné vložky, voda z ohříváče by pronikla do primárního okruhu a přes pojišťovací ventil ven. Dnes se toto ustanovení už nedodrží.

Samostatnou kapitolu tvořil vývoj a výroba automatické regulace, první oběhová čerpadla primárního okruhu se při slunečním svitu zapínala ručně!

Dalším velkým zklamáním byl poznatek, že sluneční energie nám ohřeje vodu o pár desítek a nikoliv stovek stupňů. V té době byly totiž publikovány výsledky francouzského výzkumného solárního centra v Odeilo, kde velký koncentrační kolektor zajišťoval teploty několik tisíc stupňů Celsia. Bezbrhý optimismus s využíváním sluneční energie vzal za své, řada příznivců opět odešla.

Samostatnou etapou bylo období "energetického zkoumání" slunečního záření, velikost dopadajícího slunečního záření v čase a prostoru, optimalizace orientace a sklonu kolektorů, studium znečištění atmosféry, podílu oblačnosti, nadmořské výšky atd. Vznikly

první sluneční počítačové programy např. na velký sálový počítač EC 1010, kde se hodnoty zadávaly pomocí děrných štítků.⁴



Obr. 1.2.4: Jedna z nejstarších československých solárních soustav z roku 1976, závod VŽKG v Kojetíně na Přerovsku (zdroj: www.tzb-info.cz)

1.3. Větrná energie

Energie větru má svůj původ ve slunečním záření, jejíž energie zahřívá vzduch těsně u povrchu země. Vlivem rozdílného oslunění v různých oblastech dochází k významným teplotním rozdílům vzduchových oblastí. Důsledkem je potom horizontální proudění vzduchu, známé jako vítr. Také energie větru byla v minulosti dosti využívána pro celou řadu hospodářských činností. Dnes je energie větru využívána pomocí větrných turbín téměř výhradně pro energetické účely.

Vítr je obnovitelným zdrojem energie v jeho celkovém slova smyslu. Má velmi nízké externí náklady a obrovský potenciál pro další růst. V Evropské unii mohla výroba elektřiny z větrníků v roce 2002 převyšovat očekávanou spotřebu o 10 %. Přes svou přirozeně nestabilní podstatu má větrná energie své nevyhnutelné místo v konkurenčně-tržním prostředí.

Vývojové trendy směřují k redukci počtu dílů, značné úsilí je věnováno snížení hmotnosti listů rotorů a současně zajištění jejich dostatečné pružnosti. Pozornost je zaměřena také na zpřesnění předpovědi větrných podmínek. Přímořské státy instalují své další větrné farmy do šelfových pobřežních moří. Potenciál využití větrné energie v České republice je situován do vhodných lokalit s rychlostí větru vyšší než 5 m/s. Tyto lokality jsou zpravidla situovány v příhraničních horských oblastech, kde je případný další rozvoj omezen požadavky na ochranu přírody a svůj vliv mají i nepříznivé sezónní klimatické podmínky.

⁴ Tzb-info.cz [online]. 2001 [cit. 2010-11-18]. Solární historie v ČR. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/1940-solarni-historie-v-cr-a-sr>>. ISSN 1801-4399.

| STUPEŇ | SLOVNÍ OZNAČENÍ | RYCHLOST VĚTRU | | PŮSOBENÍ VĚTRU NA SOUŠI |
|---------|-------------------|----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | m/s | km/h | |
| 0 | BEZVĚTRÍ | < 0,5 | < 1 | Kouř stoupá kolmo vzhůru. |
| 1 | VÁNEK | ~ 1,25 | 1 – 5 | Směr větru poznatelný podle pohybu kouře. |
| 2 | SLABÝ VÍTR | ~ 3 | 6 – 11 | Listí stromů šelestí. |
| 3 | MÍRNÝ VÍTR | ~ 5 | 12 – 19 | Listy stromů a větvičky v trvalém pohybu. |
| 4 | DOSTIČERSTVÝ VÍTR | ~ 7 | 20 – 28 | Zdvihá prach a útržky papíru. |
| 5 | ČERSTVÝ VÍTR | ~ 9,5 | 29 – 39 | Listnaté keře se začínají hýbat. |
| 6 | SILNÝ VÍTR | ~ 12 | 40 – 49 | Telegrafní dráty sviští, používání deštníků je nesnadné. Vítr ztěžuje pochod s batohem na zádech. |
| 7 | PRUDKÝ VÍTR | ~ 14,5 | 50 – 61 | Chůze proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují. |
| 8 | BOUŘLIVÝ VÍTR | ~ 17,5 | 62 – 74 | Ulamují se větve, chůze proti větru je normálně nemožná, při chůzi musíme udržovat rovnováhu pomocí hůlek. |
| 9 | VICHŘICE | ~ 21 | 75 – 88 | Vítr strhává komíny, tašky a břidlice se střech. Poráží člověka na zem. |
| 10 | SILNÁ VICHŘICE | ~ 24,5 | 89 – 102 | Vyvrací stromy, působí škody na obydlích. Lze chodit jen se sníženým těžištěm. |
| 11 | MOHUTNÁ VICHŘICE | ~ 29 | 103 – 114 | Působí rozsáhlá pustošení. Postupovat lze jen přískoky. |
| 12 - 17 | ORKÁN | > 30 | > 117 | Ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými hmotami). Pohyb je možný jen plazením. |

Obr. 1.3: Beaufortova stupnice síly větru (zdroj: www.alpy4000.cz/rady-tipy-metodika-windchill.php)

1.3.1. Princip větrné elektrárny

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie (na podobném principu turbogenerátoru pracuje jak klasická, vodní či jaderná elektrárna). Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztlakové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu.⁵



Obr. 1.3.1: Řez větrné turbíny (zdroj: www.ppse.cz/vetrna_energie.php)

⁵ Alternativní zdroje energie [online]. 2009 [cit. 2010-11-20]. Větrné elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>>.

1.3.2. Větrné elektrárny a Evropská unie

Země Evropských společenství přijaly program rozvoje větrné energetiky v roce 1980. Na základě úspěšných projektů, zejména v Dánsku, Nizozemsku, Německu a Velké Británii, rozhodla Evropská unie v roce 2030 dosáhnout 100 000 MWe instalovaných ve větrných elektrárnách. To je výkon, který má pokrývat 20 % celkové západoevropské spotřeby elektrické energie. Pokud se naplní tyto optimistické výhledy, lví podíl na nich budou mít země s mořským pobřežím, tedy s nejpříhodnějšími podmínkami. Jinde se vítr zřejmě dočká využití maximálně v kombinaci s dalšími obnovitelnými zdroji.⁶

1.3.3. Vliv větrné energie na životní prostředí

Větrná energetika neprodukuje tuhé či plynné emise a odpadní teplo, nezatěžuje okolí odpady, ke svému provozu nepotřebuje vodu. Větrná elektrárna nepředstavuje významný zábor zemědělské půdy, minimální jsou i nároky na plochu staveniště. Pro získání většího výkonu je však třeba stavět větrné farmy o obrovských rozlohách (např. 1000 MW větrná farma zabere rozlohu 35 000 km², uhelná nebo jaderná elektrárna o stejném výkonu pouhých několik km²).

Námítky ve smyslu újmy na estetickém vzhledu krajiny mají vždy subjektivní charakter a vnímání symbiózy přírodních a umělých prvků v krajině je věcí zvyku.

V mnoha případech bývá ochránci přírody nadhodnocován negativní vliv akustických emisí na okolí. Jde přitom o hluk, jehož zdrojem je strojovna elektrárny, popř. interakce proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a uvolňováním vzduchových vírů za hranou listů. Tento hluk je snižován modernější konstrukcí listů vrtule, popř. variantností typů rotorů (za cenu snížení hlukové emise se snižuje i výkon generátoru). Hladina hluku na úrovni 500 m od stroje se pohybuje okolo 35–40 dB, což je zhruba hladina hluku v obývacím pokoji. Agentura ochrany přírody a krajiny uvádí, že les ve vzdálenosti 200 metrů vydává při rychlostech větru 6–7 m/s přibližně stejný hluk jako větrná elektrárna ve stejné vzdálenosti. Povolené hladiny hluku v místě nejbližší budovy jsou podle českých zákonů na úrovni 50 dB (den) a 40 dB (noc). Tyto limity dodrží větrné elektrárny zcela bez problémů.

Technici vymysleli i jak zamezit nepříznivému vlivu pohyblivých stínů v obydlených lokalitách. Řešením je využití jednoduchého počítačového programu, který v denní době a za podmínek, které vznik podobných stínů vyvolávají, jednoduše na nezbytnou dobu elektrárnu vypne.

1.3.4. Historie větrné energie

„Energie větru byla nejprve využívána k pohonu plachetnic, později k pohonu větrných mlýnů a dnes k pohonu větrných turbín.“

Lidé se snažili využívat nevyčerpatelnou sílu větru už od pradávna. Nejstarší zbytky větrných zařízení byly objeveny v Persii a jejich stáří je odhadováno na 4000 let. Z toho je patrné, že pokusy o využití větrné energie jsou ještě ze staršího data. Větrná zařízení pro výrobu elektřiny jsou stará téměř 120 let, jejichž vývoji předcházely větrné mlýny a větrná čerpadla.

⁶ <http://www.alternativni-zdroje.cz> [online]. 2009 [cit. 2011-02-10]. Větrné elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>>.

Klasické větrné mlýny nefungovaly k přímé přeměně elektrické energie, ale na principu přeměny síly větru v mechanickou práci. Zatímco větrné mlýny využívaly tlak větru na plochu křídel nebo lopatek, využívají větrné elektrárny aerodynamických vlastností přesně definovaných profilů křídel.

Na území ČR se větrná energie využívala po dlouho dobu pouze k pohonu větrných mlýnů, první doložený mlýn byl postaven v zahradě Strahovského kláštera v roce 1277. Rozkvět větrného mlynářství je zaznamenán ve 40. až 70. letech 19. století. Počátkem 20. století se využívalo větrných turbin k pohonu vodních čerpadel.

Počátek zájmu o využívání větrné energie pro výrobu elektřiny u nás tak jako v celé Evropě se datuje 70. léty minulého století v důsledku ropné krize.



Obr. 1.3.4: První doložený mlýn
(zdroj: www.enviweb.cz)

Z hlediska dnešního pojetí se podle výkonu větrné elektrárny (VTE) dělí na :

- malé VTE do výkonu 40 kW,
- střední VTE o výkonu od 40 do 500 kW,
- velké VTE o výkonu od 500 kW výše.

Výroba větrných elektráren u nás začala koncem 80. a začátkem 90. let minulého století. Ukázalo se však, že větrné elektrárny tuzemské výroby nebyly vyzrálým komerčním výrobkem, nebyly ověřeny zkušebním provozem, neprošly atestačním měřením a nebyly ověřeny deklarované výkonové křivky. Tyto elektrárny prodělaly pak trnitou cestu odstraňování řady technických závad. V důsledku toho některé VTE nebyly vůbec uvedeny do provozu a nebo byly demontovány.

Po roce 1990 se větrná energetika začala rozvíjet bez odborného zázemí, bez určení větrného potenciálu konkrétné lokality, bez znalosti správného umístění turbíny v terénu, hlukových emisí, klimatických vlivů na elektrárnu a bez znalostí z oblasti silnoproudu a automatického řízení. Tuto etapu lze označit jako poškozující rozvoj větrné energetiky u nás.

V letech 1993 až 1995 vstupují na náš trh velcí výrobci a dodavatelé větrných elektráren ze zahraničí a zároveň i některé typy VTE tuzemských výrobců již se daří udržet v provozu na potřebné úrovni.

Tím byla zahájena nová etapa rozvoje větrné energetiky v ČR a je zahajována nebo připravována výstavba větrných elektráren o jednotkových výkonech větrných soustrojí ve výši 600 až 2 000 kW. Připravuje se i výstavba větrných parků o celkovém el. výkonu

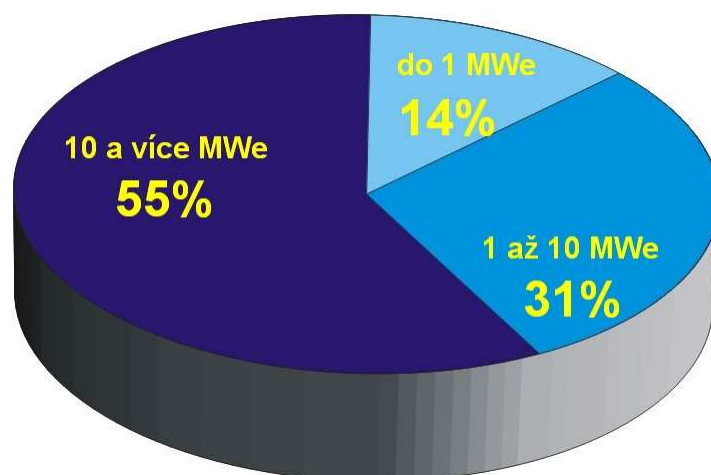
několika desítek MW. Instalovaný výkon větrných elektráren u nás ke konci roku 2008 dosáhl 150 MW.⁷

1.4. Vodní energie

Zatímco energie vodního kola byla využívána pro velmi pestrou paletu nejrůznějších lidských činností, moderní vodní turbíny nacházejí své uplatnění takřka výhradně při výrobě elektřiny. Hydroenergetika je perspektivní především v oblastech prudkých toků s velkými spády. V ČR nejsou přírodní poměry pro budování vodních energetických děl ideální. Naše toky nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody. Proto je podíl výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách na celkové výrobě v ČR poměrně nízký. V posledních letech k jeho dalšímu snížení přispělo i poškození vodních elektráren vltavské kaskády povodněmi v roce 2002.

Významným posláním vodních elektráren v ČR je pracovat jako doplňkové zdroje primárních zdrojů (klasické elektrárny, JE Dukovany, JE Temelín). Využívá se přitom jejich schopnost rychlého najetí při velkém výkonu a tedy operativního vyrovnání okamžité energetické bilance v elektrizační soustavě ČR.

Současný podíl obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektrické energie se pohybuje na úrovni 3 %, k čemuž hlavní měrou přispívá využití vodní energie. Na instalovaném výkonu se podílejí cca ze 17 %. Technicky využitelný potenciál vodních toků v České republice činí 3 380 GWh/rok. Z toho na malé vodní elektrárny – MVE připadá 1 570 GWh/rok. V současné době je v provozu okolo 1 400 MVE s instalovaným výkonem 275 MW a roční výrobou elektrické energie 700 GWh, což odpovídá 45 % využitelného potenciálu. Většina malých vodních elektráren slouží jako sezónní zdroje. Průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou kolísavé a silně závislé na počasí a na ročním období.⁸



Obr. 1.4.: Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách dle výkonu
(zdroj: www.czrea.org)

⁷ Www.spvez.cz [online]. 2008 [cit. 2011-02-10]. Větrné elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://www.spvez.cz/pages/vitr.htm>>.

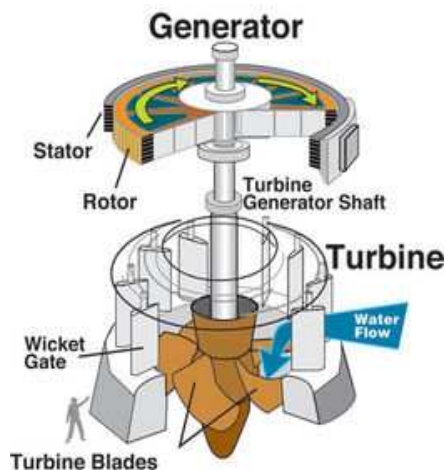
⁸ Www.alternativni-zdroje.cz [online]. 2008 [cit. 2011-02-10]. Vodní elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geothermalni-energie.htm>>.

1.4.1. Princip vodní elektrárny

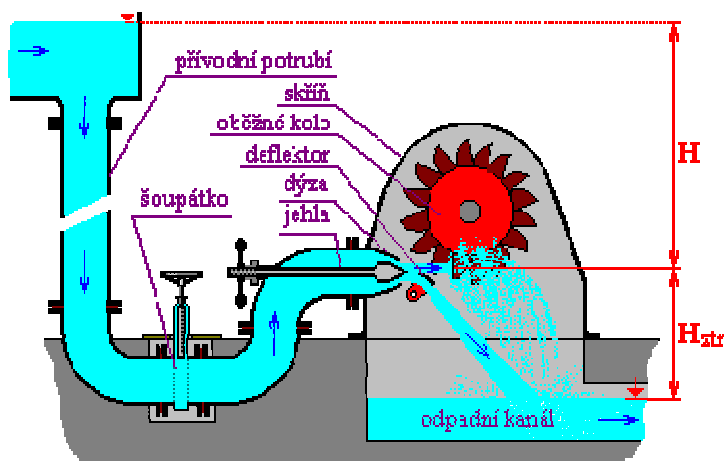
Ve vodní elektrárně voda roztáčí turbínu; ta je na společné hřídeli s elektrickým generátorem (dohromady tvoří tzv. turbogenerátor). Mechanická energie proudící vody se tak mění na energii elektrickou, která se transformuje a odvádí do míst spotřeby.

Výběr turbíny závisí na účelu a podmínkách celého vodního díla. Nejčastěji se osazují turbíny reakčního typu (Francisova nebo Kaplanova turbína), a to v nepřeberné paletě modifikací. Pro vysoké spády (někdy až 500 m) se používá akční Peltonova turbína. V přečerpávacích vodních elektrárnách se používá turbín s reverzním chodem a s přestavitelnými lopatkami. V malých vodních elektrárnách se převážně zabydla malá horizontální turbína Bánkiho spolu s upravenou jednoduchou turbínou Francisovou.

Vedle průtokových vodních elektráren patří mezi nejznámější typy vodních elektráren elektrárny akumulární. Jsou součástí vodních děl - nádrží. Tato vodní díla kromě akumulace vody pro výrobu elektrické energie stabilizují průtoky říčním korytem, chrání před povodněmi a podporují plavební možnosti toku. Břehy nádrží mají mnohdy i použití z hlediska rekreace, koupání atd. Mnohdy i slouží jako nádrže pitné vody, jsou zdrojem pro průmysl nebo i jako závlahové nádrže pro zemědělství.⁹



Obr. 1.4.1a: Kaplanova turbína
(zdroj: <http://vodni-turbina.navajo.cz/>)



Obr.1.4.1b : Peltonova turbína
(zdroj: <http://mve.energetika.cz/>)

1.4.2. Přečerpávací vodní elektrárny

Elektrizační soustava státu musí v každém okamžiku vyrobit přesně tolik elektrické energie, kolik jí je potřeba. Spotřeba elektrické energie přitom jak během dne, tak i v delších obdobích kolísá. Elektrickou energii sice nelze v čistém stavu skladovat, situaci však účinně pomáhají řešit přečerpávací vodní elektrárny.

Přečerpávací vodní elektrárna je v principu soustava dvou výškově rozdílně položených vodních nádrží spojených tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s elektrickým generátorem. Ta vyrábí elektřinu pro elektrizační soustavu v době energetické potřeby; v době útlumu se voda z dolní nádrže přečerpává "levnou elektřinou" do nádrže horní, kde její potenciální energie čeká na své optimální využití v "pravou chvíli".

⁹ <http://www.alternativni-zdroje.cz> : princip vodní elektrárny [online]. 2009 [cit. 2011-01-20]. Vodní energie. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>>.

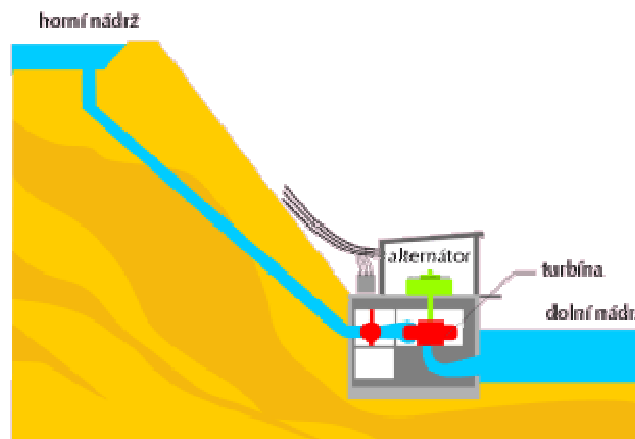
Přečerpávací vodní elektrárny v České Republice

V České Republice máme k dispozici 3 přečerpávací vodní elektrárny:

Vodní dílo Dalešice, které se skládá z horní nádrže Dalešice a dolní nádrže Mohelno, leží na řece Jihlavě asi 30 km od Třebíče. Hlavní funkce díla jsou zásobárna technologické vody pro provoz Jaderné elektrárny Dukovany, výroba elektrické energie, vyrovnávání minimálních a maximálních průtoků, zásoba vody pro zemědělství (závlahy) a v neposlední řadě k rekreaci. Přehradní hráz Dalešic je nejvyšší sypanou hrází v Česku a ve střední Evropě. Přečerpávací elektrárna Dalešice je nejrychleji najíždějící elektrárnou v Česku, proto plní nenahraditelnou funkci v době špiček a energetických krizí. Společně s elektrárnou Mohelno mohou najet i když budou odpojeny od vnější sítě, například v době výpadku nebo v době války. Svým výkonem 480 MW je druhou největší vodní elektrárnou v Česku co do instalovaného výkonu. Jsou zde 4 Francisovy turbíny, které jsou svými rozměry největší v Česku a podobné se nacházejí jen v Polsku a Argentíně.

Dlouhé Stráně má nejvyšší instalovaný výkon v Česku - 650 MW. Byla zprovozněna v roce 1996 a v roce 2007 prošla generální rekonstrukcí, protože v době stavby nebyla dodržena všechna hlediska kvality. Její umístění přímo doprostřed horského masivu Hrubého Jeseníku bylo z hlediska ochrany horské přírody a životního prostředí často kritizováno. Z technického hlediska se jedná o velice zajímavý objekt, kde se aktivně používají Francisovy turbíny.

Vodní elektrárna Štěchovice je třetí, nejmenší a nejstarší přečerpávací vodní elektrárnou v Česku. Dolní nádrž je součástí Vltavské vodní kaskády a horní nádrž je uměle vybudovaná na kopci Homole. Zajímavá je tím, že konstrukce hráze plně odpovídá požadavkům lodního provozu na řece Vltavě. Instalovaný výkon přečerpávací elektrárny je 45 MW.¹⁰



Obr. 1.4.2: Schéma přečerpávacích vodních elektráren
(zdroj: www.energyweb.cz)

1.4.3. Vliv vodní energie na životní prostředí

Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu a povrchové či podzemní vody těžbou a dopravou paliv a surovin, jsou bezodpadové, nezávislé na dovozu surovin a vysoce bezpečné. Pružným pokrýváním spotřeby a schopností akumulace energie zvyšují efektivnost elektrizační soustavy. Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci prostředí (prokysličování vodního

¹⁰ [Http://cs.wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org) [online]. 2010 [cit. 2011-02-10]. Přečerpávací vodní elektrárna. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Přečerpávací_vodní_elektrárna>.

toku). Shrnutím můžeme říci, že vodní energie patří k obnovitelným zdrojům s co nejmenším negativním dopadem na životní prostředí.

1.4.4. Historie vodní energie

Vývoj civilizace je neodmyslitelně spojen s historií využívání vodní energie, která umožnila vytvořit potřebnou technickou základnu pro rozvoj technologie. Po dobu více než 22 století lze sledovat vývoj vodních motorů.

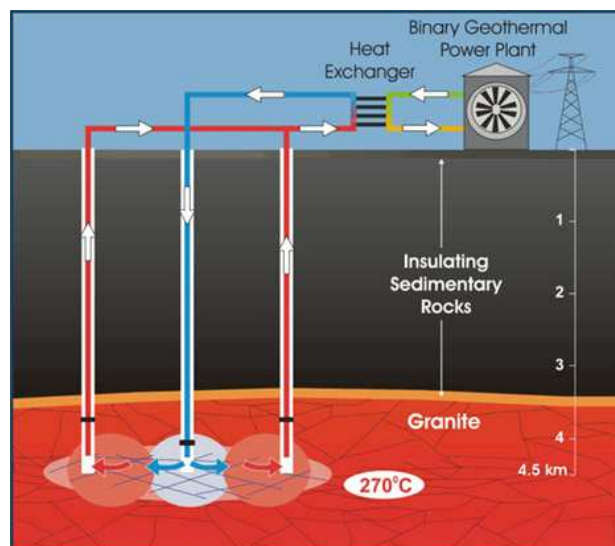
Ve 2. století př. n. l. se v Ilyrii (v západní části Balkánského poloostrova) snad poprvé konstruují vodní kola s vertikální hřídelí pro pohon mlýnských kamenů. Jde o první aplikaci neústrojně přírodní síly na zařízení vázané na pevné místo. Později (1. století př. n. l.) se začíná využívat zlepšený způsob vodního kola s horizontální osou a přenosem otáčení na vertikálně uspořádané mlýnské kameny spojované se jménem římského stavitele Vitruvia Pollia. Později dochází ke značnému rozšíření řešení plovoucího mlýna.

V 18. století je empirie při realizaci vodních kol podložena teoretickým a experimentálním zkoumáním proudění a modelovým výzkumem. Konec tohoto století tak představuje vyvrcholení vývoje vodního kola.

Období po r. 1840 je charakterizováno vynálezy dalších principů využití vodní energie, které směřují ke zlepšení účinnosti, zvětšení rozmezí provozních parametrů a zdokonalení regulace při současném zlepšování technologičnosti konstrukčního řešení a snížení měrné hmotnosti vyvíjených vodních motorů. První malé vodní elektrárny využívané k osvětlovacím účelům byly realizovány v r. 1881 v USA a Anglii. Teprve po vyřešení problémů dálkového přenosu elektrické energie a zejména po prosazení dálkového rozvodu vícefázových střídavých proudů se šíří výstavba vodních elektráren ve stále větší míře.¹¹

1.5. Geotermální energie

Geotermální energii řadíme mezi nejstarší formu obnovitelných energií naší planety.



Obr. 1.5: Princip geotermální elektrárny

(zdroj: <http://www.treehugger.com>)

¹¹ [Http://www.elektrarny.xf.cz](http://www.elektrarny.xf.cz) [online]. 2005 [cit. 2011-01-20]. Historie vodní energie. Dostupné z WWW: <<http://www.elektrarny.xf.cz/historie.php>>.

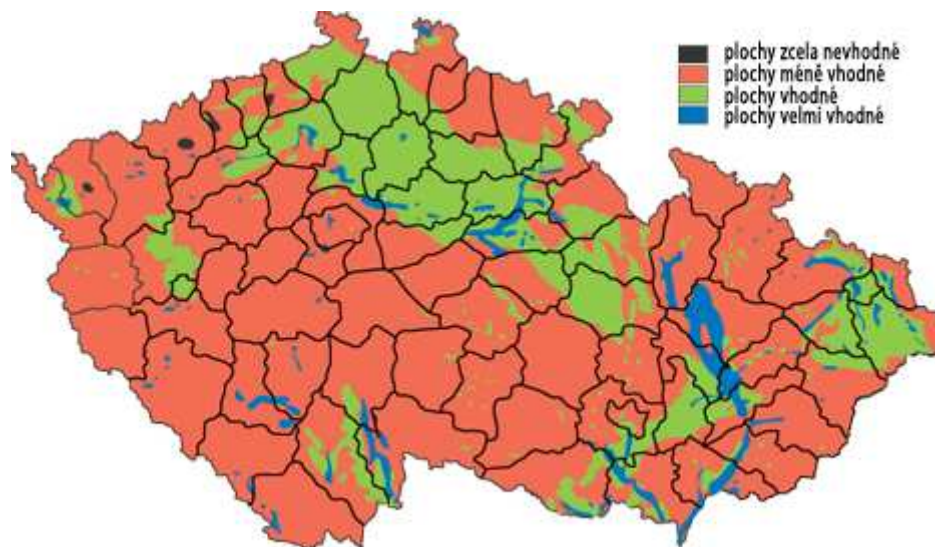
Tato energie vzniká rozpadem radioaktivních látek v zemském jádru. Jejím viditelným projevem jsou erupce sopek a gejzírů, horké plameny nebo výrony. Tuto energii využíváme k vytápění nebo k výrobě elektřiny v geotermálních elektrárnách. Výhodou této energie je to, že ji můžeme využívat nezávisle na počasí a po celý rok.

Obecně lze ze zemských vrtů využívat nízkopotenciální i vysokopotenciální teplou vodu. Celkový instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě se odhaduje na 8000 MW. Na rozdíl od většiny jiných typů elektráren, jako je jaderná elektrárna nebo elektrárna spalující fosilní paliva, nepotřebují geotermální elektrárny žádné palivo. Jejich nevýhodou je, že jsou dostupné pouze na některých místech zemského povrchu. Výstavba geotermální elektrárny je zhruba pětikrát dražší než stavba jaderné elektrárny.

Podíl těchto elektráren v rámci celé Evropy je minimální, v některých lokalitách je ale jeho význam značný. Mezi takové oblasti patří Island, kde z geotermálních zdrojů pochází většina elektrické energie a kde jsou tyto zdroje využívány i k vytápění domů, ohřevu vody atd. Dále je tento zdroj významně využíván v Itálii v oblastech s aktivní sopečnou činností (Vesuv, Liparské ostrovy, Sicílie). V mnohem menší míře je geotermální energie využívána i ve Francii, na Novém Zélandu, v Kalifornii, Japonsku, Mexiku a na Filipínách.

1.5.1. Možnost využití geotermální energie v ČR

Na území celé České republiky máme mnoho míst pro využití geotermální energetiky. Naneštěstí jen málo procent území se jeví jako místa velice vhodná pro výstavbu geotermální elektrárny. Kolem 80% veškerého území jsou místa s méně vhodným potenciálem pro výstavbu jakéhokoliv geotermálního zařízení. Nejde o to, že by z těchto míst nešlo čerpat tepelnou energii, ale problém je v ceně a náročnosti vybudování. Náklady na výstavbu geotermální elektrárny by byly větší, než zisky získané z tepelné energie země.



Obr. 1.5.1 : Potenciál pro využití geotermální energie v ČR.

(zdroj: <http://gnosis9.net/view.php?cisloclanku=2006110006>)

1.5.2. Historie geotermální energie

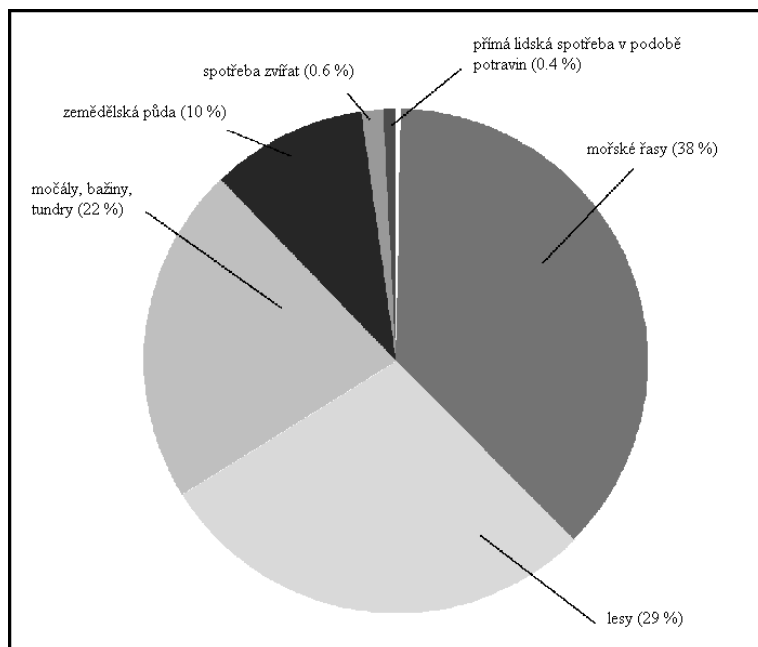
Tak, jak je nejasné datování prvních zpráv o starých měřeních teploty pod zemským povrchem, jsou i rozporuplné současné údaje o počátcích vědeckého výzkumu zemského tepla. Víme, že již starověcí přírodovědci a filozofové psali o podzemním ohni. Ze

středověkých kronik lze vyčíst, že např. v kutnohorských stříbrných dolech několik set metrů pod povrchem byly teploty mnohem vyšší než na povrchu. Další údaj z českého území napovídá, že v příbramském dole Vojtěch, kde se poprvé na světě v roce 1873 prorubali hlouběji než 1000 m pod povrch, byly teploty padesátistupňové. Často se uvádí, že první známou zmínkou o vědeckém měření teploty pod povrchem je pojednání J. J. D. Maurama, který se snažil přesně zaznamenat teploty v anglických dolech v roce 1733. Ojedinelá je zmínka W. Arnolda (1973) o tom, že první vědecká měření teplot v dolech pocházejí z Báňské Štiavnice.

Sledujeme-li využití geotermální energie, vracíme se až do starého Říma, kde vytápěli své termální lázně přírodní teplou vodou, a to nejen v Itálii, ale i v dnešním Německu, Francii, Španělsku, Řecku, Turecku a dokonce i Anglii. I některé civilizace na Blízkém východě (Jihozápadní Asii) využívaly termální prameny, zprávy jsou i z Dálného východu, jak z Číny, tak z Japonska. Od roku 1888 používali lidé na Islandu teplou vodu k vytápění skleníků, od roku 1928 bylo hlavní město Rejkjavík postupně zásobováno teplem z geotermálních zdrojů. V roce 1827 navrhl Ital Francesco Lardel el využití přehřáté páry z fumarol v Toskáně na výrobu kyseliny borité, což zřejmě bylo první průmyslové využití geotermální energie. V roce 1904 na stejném místě Ital Pierro Ginori Conti rozsvítil přírodní tepelnou energií 5 žárovek. O několik let později, v roce 1912 byl již v provozu generátor o kapacitě 250 kW elektrické energie.¹²

1.6. Biomasa

Biomasa je definována jako hmota organického původu. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat.



Obr. 1.6: Rozdělení energetického potenciálu biomasy (zdroj: <http://sf.zcu.cz/rocnik07>)

¹² [Http://www.geoterm.cz](http://www.geoterm.cz) [online]. 2008 [cit. 2011-01-20]. Historie výzkumu a využití geotermální energie. Dostupné z WWW: <<http://www.geoterm.cz/geotermalni-energie/historie-vyzkumu>>.

Rozlišujeme biomasu "suchou" (např. dřevo) a "mokrou" (např. tzv. kejda - tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou). Základní technologie zpracování se dělí na suché procesy (termochemická přeměna) jako je spalování, zplyňování a pyrolýza a procesy mokré (biochemická přeměna), které zahrnují anaerobní vyhnívání (metanové kvašení), lihové kvašení a výrobu biovodíku.

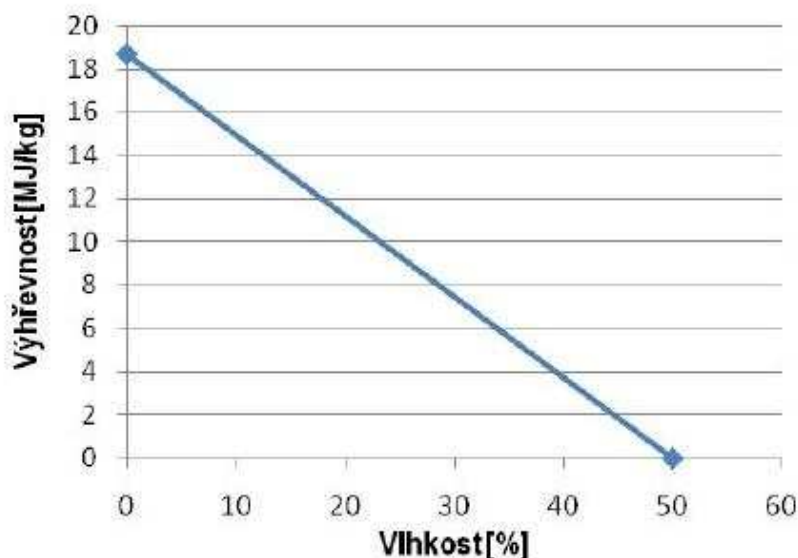
1.6.1. Spalování a zplyňování biomasy

Ze suché biomasy se působením vysokých teplot uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. dřevoplyn. Jestliže je přítomen vzduch, dojde k hoření, tj. jde o prosté spalování. Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Část vzniklého tepla je použita na zplyňování další biomasy. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise, vyšší účinnost. Zařízení se zplyňováním biomasy se používají stále více. Na první pohled se neliší od běžných spalovacích zařízení.

Biomasa je velmi složité palivo, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký (u dřeva je 70 %, u slámy 80 %). Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Proto se také stává, že ve skutečnosti hoří jenom část paliva. Podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby všechny plyny dobře shořely a nestávalo se, že budou hořet až v komíně.¹³

1.6.2. Výhřevnost biomasy

Výhřevnost dřeva je srovnatelná s hnědým uhlím. U rostlinných paliv však kolísá podle druhu a vlhkosti, na kterou jsou tato paliva citlivá. Čerstvě vytěžené dřevo má relativní vlhkost až 60 %, dobře proschlé dřevo na vzduchu má relativní vlhkost cca 20 %; pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za půl až jeden rok. Dřevěné brikety mohou mít relativní vlhkost od 3 do 10 %, podle kvality lisování.



Obr. 1.6.2 : Závislost výhřevnosti na obsahu vody (zdroj: <http://biom.cz>)

¹³ [Http://www.alternativni-zdroje.cz](http://www.alternativni-zdroje.cz) [online]. 2009 [cit. 2011-01-21]. Výroba energie z biomasy. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>>.

Pro spalování štěpek je optimální vlhkost 30–35 %. Při vlhkosti nižší má hoření explozivní charakter a mnoho energie uniká s kouřovými plyny. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé. Pro spalování dřeva lze doporučit vlhkost cca 20 %.¹⁴

1.6.3. Vliv biomasy na životní prostředí

Biomasu můžeme chápat jako zdroj energie chránící životní prostředí. Ale i přesto nechrání přírodu 100 %. Při každém spalování za přítomnosti atmosférického vzduchu vznikají NO_x, které přispívají ke znečišťování ovzduší. Jejich množství můžeme ovlivnit kvalitou spalování, zejména teplotou.

Při spalování organické hmoty se uvolňuje CO₂, které jsou znovu absorbovány při růstu rostlin, a proto nelze v tomto směru hovořit o problémech s emisemi. Ve dřevě není obsažena síra, malé stopy síry jsou ve slámě, přibližně 0.1 %, což je s porovnáním hnědého uhlí, které má kolem 2%, zanedbatelné.

1.6.4. Historie biomasy

Po slunečním záření byla biomasa jediným dostupným energetickým zdrojem na Zemi po miliardy let. Nepočítáme-li potraviny, využívá lidstvo biomasu jako zdroj energie od okamžiku, kdy se člověk naučil rozdělovat a udržovat oheň - minimálně desítky tisíc let. Účinnost využití dopadajícího slunečního záření rostlinami může teoreticky dosáhnout až 25 %. v zemědělské praxi se však pohybuje podle různých autorů v rozmezí 0,1 až 2,5 %, krátkodobě i přes 5 %. Pro energetické účely jsou vhodné rostliny na horní hranici uvedeného rozsahu, patří k nim zejména tzv. C4 rostliny (kukuřice, čirok, tropické trávy).

Historie ostatních obnovitelných zdrojů energie (OZE) je ve srovnání s biomasou relativně krátká, energii vody a větru využívá lidstvo pouze několik tisíc let. Zcela zanedbatelná je potom historie ostatních zdrojů, které jsou dnes označovány za konvenční - stovky let u uhlí a jen desítky let u jaderné energie. Ještě v 19. století byla přítom biomasa zdrojem dominantním, teprve ve 20. století začaly převažovat fosilní zdroje. I v současnosti je však podíl biomasy vyšší než podíl ostatních obnovitelných zdrojů a jaderné energie.¹⁵

¹⁴ [Http://www.mzp.cz](http://www.mzp.cz) [online]. 2010 [cit. 2011-01-21]. Využívání pevné biomasy. Dostupné z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/vyuzivani_pevne_biomasy>.

¹⁵ [Http://energie.tzb-info.cz](http://energie.tzb-info.cz) [online]. 2011 [cit. 2011-01-21]. Historie a perspektivy OZE - biomasa I. Dostupné z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/biomasa/5902-historie-a-perspektivy-oze-biomasa-i>>. ISSN 1801-4399.

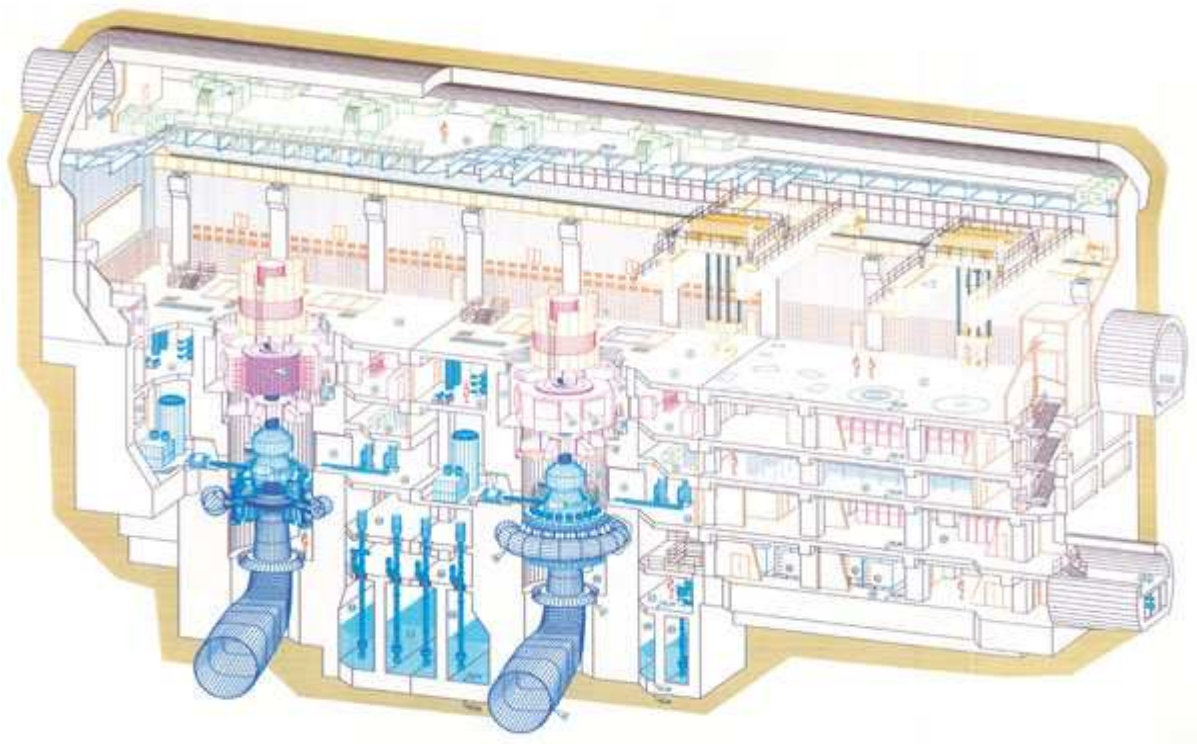
2. Možnosti akumulace energie z obnovitelných zdrojů

Elektrickou energii spotřebováváme celý den, ale můžeme říct, že během dne jsou hodiny, kdy se spotřebovává energie značně výrazněji. Kolem šesté hodiny ráno, kdy se začíná nový den a pracovní proces. Pak kolem šesté hodiny večerní, kdy se spouští veřejné osvětlení a je větší tlak na elektrickou dopravu. A poslední fáze, největší vyčerpání elektrické energie, je kolem desáté hodiny večerní, kdy se začíná ohřívat voda a v zimním období elektrické topení. Většina energie je pokryta jadernými elektrárnami, tepelnými a vodními. Pokud energie chybí, je potřeba ji nakupovat z jiných států. Tato energie nesamozřejmě dražší, proto se začíná přistupovat k akumulaci energie.

U odlehklých objektů, které mají být zásobovány obnovitelnými zdroji, kterými jsou větrná, vodní či solární energie, je akumulace velice důležitá. Veškeré obnovitelné zdroje jsou závislé na podmínkách, které my ovlivníme velice těžce. Například u větrných elektráren nemusí foukat vítr, když potřebujeme energii a naopak foukat může, když energie potřeba není.

2.1. Přečerpávací vodní elektrárny

O přečerpávací vodní elektrárně můžeme říci, že se také jedná o formu akumulátoru. Je založena na jednoduchém principu. Jde o dvě nádrže, které leží v různých výškách a jsou spojené vysokotlakým potrubím, v kterém je soustrojí. Soustrojí je tvořeno turbínou, která pohání alternátor, který dodává energii do sítě. V době potřeby energie je puštěna voda z horní nádrže do dolní, přičemž je voda hnaná přes soustrojí a je dodávána energie. Naopak, když energie není potřeba, tak se využívá k čerpání vody z dolní nádrže zpět do horní za pomoci čerpadla. Účinnost dnešních přečerpávacích vodních elektráren je kolem 70%.



Obr. 2.1 : Řez podzemní strojovnou přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé stráně
(zdroj: www.casopisstavbnictvi.cz)

Výhody:

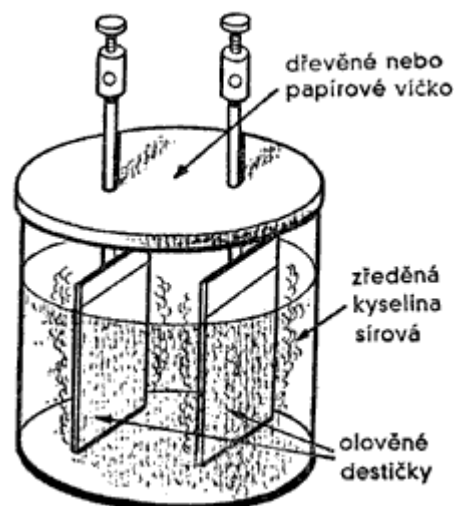
Velkou výhodou přečerpávací vodní elektrárny je, že je schopna uschovat největší množství energie s nejučinnějším skladováním. Díky jednoduchosti zařízení jsou provozní náklady na 1 kW velmi nízké.

Nevýhody:

Největší nevýhodou přečerpávacích elektráren je v najití vhodného místa pro samotnou výstavbu elektrárny. I přesto, že se najde vhodné místo, je to většinou na odlehlých prostranstvích, kde je špatný přístup pro stavební techniku atd. I když provozní náklady jsou minimální, samotná výstavba je velmi drahá, protože se jedná o výstavbu obrovských vodních potrubí a většinou i o výstavbu samotných přehrad.

2.2. Olověné akumulátory

Tento typ akumulátorů je znám přes 140 let. Byl vynalezen v roce 1859 Gastone Plantem a patří k nejstarším typům baterií. Akumulátory tvoří dvě spárované olověné desky (anoda a katoda). Obě desky jsou ponořeny do roztoku kyseliny sírové. Princip olověných akumulátorů spočívá v tom, že při nabíjení se dodává nabíjecí proud z jiného zdroje a mění se elektrická energie v chemickou. Při vybíjení se naopak akumulovaná energie mění na elektrickou, která je vedena zpět do elektrické sítě, kde je akumulátor zapojen. Záporná elektroda se chová jako katoda během vybíjení a jako anoda během nabíjení. Při vybíjení reaktant oxiduje a volné elektrony předává záporné elektrodě. Kladná elektroda se chová jako anoda během vybíjení a jako katoda během nabíjení. Při vybíjení zde dochází k redukci reaktantu, volné elektrony reaktant přijímá z kladné elektrody.



Obr. 2.2: Znárodnění olověného akumulátoru
(zdroj: <http://elektrika.cz>)

Výhody:

Deskové akumulátory se zaplavenou konstrukcí se vyznačují příznivou cenou, a díky tomu se hojně využívají hlavně v rozvojových zemích pro domácí solární systémy.

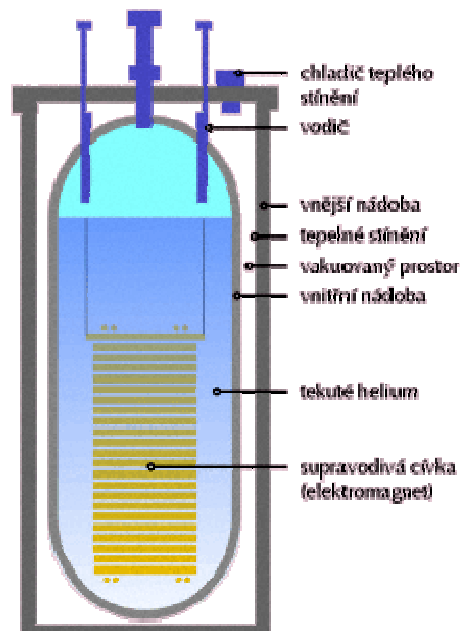
Nevýhody:

U těchto typů akumulátorů je malá hustota energie na jednotku provozu, kolem 50 Wh/dm³ a jejich životnost je poměrně malá, udává se maximálně do 3 let.

2.3. Supravodivé indukční akumulátory

Supravodivý indukční akumulátor je zařízení, které umožňuje uchovat elektrickou energii díky bezztrátovému přenosu elektrického proudu po supravodivých kabelech.

Supravodivost byla objevena v roce 1911 Heikem Kamrlinghem Onnesem a to tak, že při jeho měření tepelné závislosti na elektrickém odporu použil smyčku pevné rtuti, kterou ponořil do kabaného hélia. Zjistil, že při teplotě 4,2 K elektrický odpor náhle poklesne na tak malé hodnoty, že se stane neměřitelným. Z dobou se postupně přicházelo na nové kovy a slitiny, ale u všech nastal stejný problém, že při nízkých teplotách poklesl odpor na neměřitelné hodnoty. Byla tu i velká nevýhoda ve chlazení héliem. Jednalo se o velmi drahou metodu chlazení a samotné chladicí systémy byly velmi poruchové. Proto se do roku 1986 pracovalo se supravodivými indukčními akumulátory jen laboratorně. Toho roku byly objeveny vysokoteplotní supravodiče o kritické teplotě kolem 90 K, a proto se už nemusely chladit héliem, ale byla možnost hladit dusíkem, který má teplotu varu 77 K. Jedná se o levnější variantu, protože se dusík dobře vyrábí z venkovního vzduchu.



Obr. 2.3 : Schéma malého supravodivého akumulátoru UPS

(zdroj: www.energyweb.cz)

První malé supravodivé akumulátory UPS (Uninterruptible Power Supplies) z USA pracují se supravodivou cívkou ponořenou do kapalného helia, která je napájena přes usměrňovač. Proud v ní cirkuluje s minimální ztrátou 0,3 kWh za 24 hodin. Akumulátor je schopen reagovat během 0,2 mikrosekundy na hlubší pokles napětí sítě a je schopen na překlenovací dobu dodávat výkon kolem 1 MW. Větší supravodivý akumulátor SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage) o kapacitě 800 Wh stabilizuje spojovací vedení společnosti Bonneville Power v Oregonu (USA). Vydržel několik milionů cyklů nabití-vybití, přičemž doba nabíjení i vybití je extrémně krátká a účinnost lepší než 95%. Existují studie energetických supravodivých akumulátorů s kapacitou až 4000 MW. Tyto akumulátory mají mít podobu prstence, v němž je v kapalném heliu ponořena smyčka z tlustého měděného vodiče. Ztráty se započtením příkonu kryogenní stanice udržující helium na teplotě pod minus 269 °C nemají být menší než 1%.¹⁶

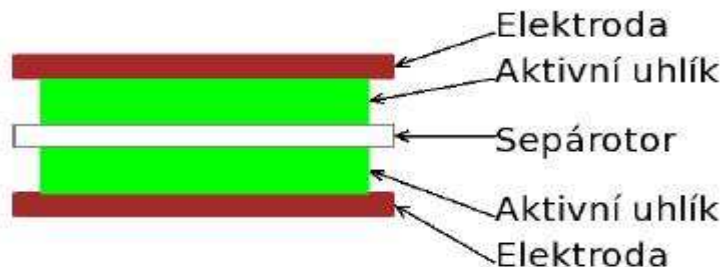
2.4. Superkondenzátory

Superkondenzátory se vyznačují hlavně schopností rychle akumulovat a následně odevzdat velké množství elektrické energie. Netrpí negativními vlastnostmi jakými je zahřívání nebo snižování životnosti při opakovaném nabíjení a vybití vysokými proudy. Dalšími dobrými vlastnostmi jsou ty, že superkondenzátor může pracovat za nízkých provozních teplot a nedochází u něj k paměťovému efektu.

Hlavní části superkondenzátoru:

- kladná a záporná elektroda z hliníkové fólie
- dvě vrstvi aktivního uhlí
- separátor

V nenabitém stavu jsou částice s nenulovým nábojem rovnoměrně rozloženy ve vodivé tekutině, tekutém nebo gelovém elektrolytu, který se nachází mezi elektrodami. Po přiložení napětí na elektrody se začnou kladné ionty pohybovat k záporné elektrodě a záporné ionty se pohybují ke kladné elektrodě. Tímto se na obou elektrodách vytvoří dvouvrstva se zrcadlovým rozložením elektrického náboje. Použitelné napětí je omezeno hodnotou disociačního napětí. Průrazné napětí elektrické dvouvrstvy je velmi nízké a tak typické provozní napětí superkondenzátorové buňky nepřesahuje 2,3 V.¹⁷



Obr. 2.4: Základní struktura superkondenzátoru (zdroj: www.dedalebeda.wz.cz)

¹⁶ [Http://www.energyweb.cz](http://www.energyweb.cz) [online]. 2002 [cit. 2011-01-24]. Encyklopedie Energie. Dostupné z WWW: <http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=supravod_ind_ak.html>.

¹⁷ [Http://www.dedalebeda.wz.cz](http://www.dedalebeda.wz.cz) [online]. 2007 [cit. 2011-01-25]. Superkondenzátor - princip, použití. Dostupné z WWW: <http://www.dedalebeda.wz.cz/skola/upload/02FM1/super_capacitor.pdf>.

Výhody:

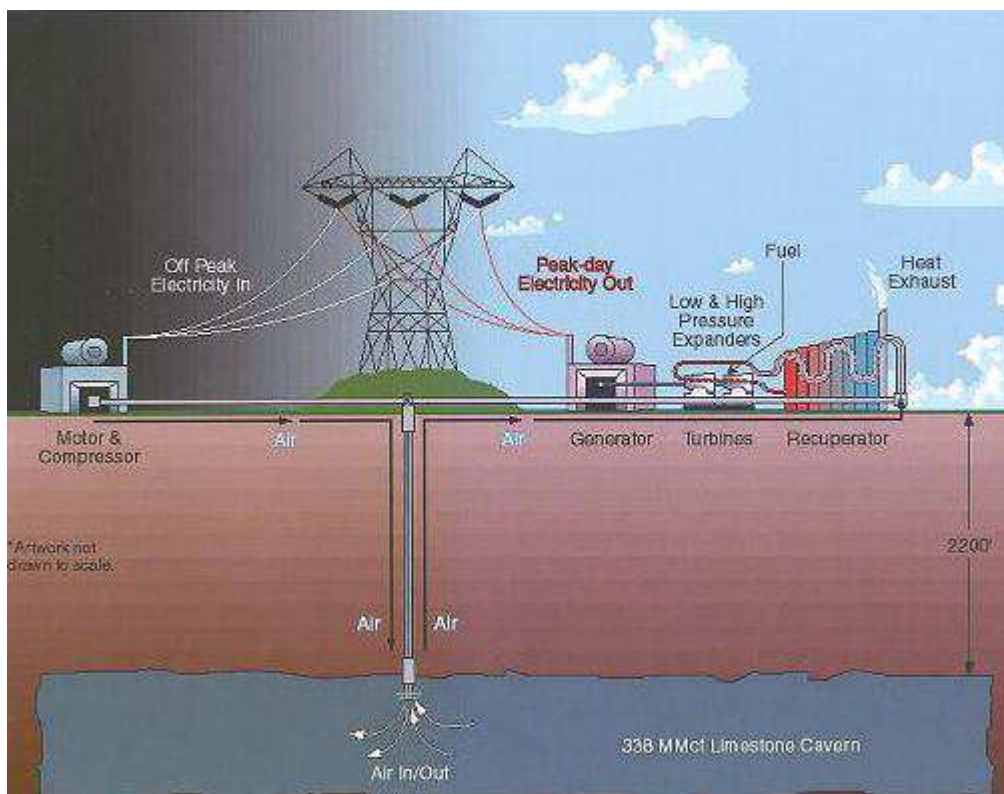
Mezi hlavní výhody superkondenzátoru patří jeho životnost a účinnost, je vyroben z netoxických materiálů. Velmi výhodné je možnost velmi častého nabíjení a vybíjení a má velmi nízký vnitřní odpor.

Nevýhody:

Superkondenzátor má i své nevýhody, například je zde nízký poměr uložené energie na váhu (10x horší než běžné baterie), jeho závislost napětí na množství uloženého náboje a má nejvyšší dielektrické absorpce ze všech typů kondenzátorů.

2.5. CAES

CAES (Compressed Air Energy Storage), jedná se o zařízení, které pracuje na principu stlačování vzduchu. S touto technologií se počítá do budoucna jako akumulace energie pro větrné elektrárny, protože z obnovitelných zdrojů největších výkonů dosahují větrné elektrárny.



Obr. 2.5 : Schéma zapojení CAES

(zdroj: <http://news.cnet.com>)

V době kdy je energie v síti nepotřebná, ba dokonce nadbytečná, tak se je využívána na stlačování plynu do podzemních prostorů pomocí kompresorů. Při pohonu alternátorů plynovou turbínou se přibližně 2/3 energie spotřebovává k pohonu kompresoru a jen 1/3 se mění v energii elektrickou. Proto bylo už před čtyřiceti lety navrženo oddělit mechanicky i časově provoz turbíny a kompresoru, aby se v případě potřeby mohl pro výrobu elektřiny

využít plný výkon turbíny bez zátěže kompresorem, jehož funkci může po dobu několika hodin nahrazovat stlačený vzduch odebíraný z podzemního zásobníku. Kompresor lze pohánět elektromotorem, odebírajícím levný noční přebytečný elektrický výkon. Takové zařízení, jež je obdobou přečerpávací vodní elektrárny, bylo poprvé uvedeno do provozu roku 1974 v německém Huntorfu. Plynová turbína tu v tříhodinové špičce dodává do sítě výkon 290 MW. Tlak vzduchu skladovaného ve dvou solných jeskyních s jímacím prostorem 150 000 m³ se pohybuje od 5 do 7,5 MPa.¹⁸

Výhody:

CAES se používá na akumulaci velkého množství energie, což je s přečerpávací vodní elektrárnou jediný způsob takového velkého uložení. Kapacita skladování je kolem 50 – 300 MW. Díky malým ztrátám tlaku z taven je doba skladování poměrně dlouhá. Doba skladování se udává něco přes jeden rok. Další velkou výhodou CEAS je, že může za normálních podmínek naběhnout za 12 minut a v nouzovém startování za 9 minut. Ve srovnání se spalovací turbínou, která nabíhá kolem 25 minut je startování CAES poměrně rychlý.

Nevýhody:

Hlavní nevýhodou je, že CAES musí mít velké prostory v podzemí na skladování stlačeného vzduchu a aby celá výstavba CEASu byla ekonomicky únosná.

¹⁸ [Http://www.energyweb.cz](http://www.energyweb.cz) [online]. 2008 [cit. 2011-01-25]. CESTY K AKUMULACI ELEKTRICKÉ ENERGIE. Dostupné z WWW: <<http://www.energyweb.cz/web>>.

3. Současný energetický stav horské chaty

Základní informace

Horská chata se nachází v Jeseníkách, 15 km od Šumperka, na odlehlém místě v horské vesnici Vernířovice, která leží v nadmořské výšce kolem 700 m. Jde o turistickou chatu, a to jak pro letní, tak i zimní sezónu. U chaty je přírodní hřiště pro míčové hry a tenis. Hřiště je bez osvětlení a okolo chaty již nejsou žádná zařízení, která by potřebovala elektrickou energii, proto se energetická vytíženost týká jen samotné chaty. Kapacita plně obsazené chaty je 22 osob. Chata má velké zahradní prostranství, kde může parkovat až šest aut, je zde ohniště a již zmíněné přírodní hřiště.

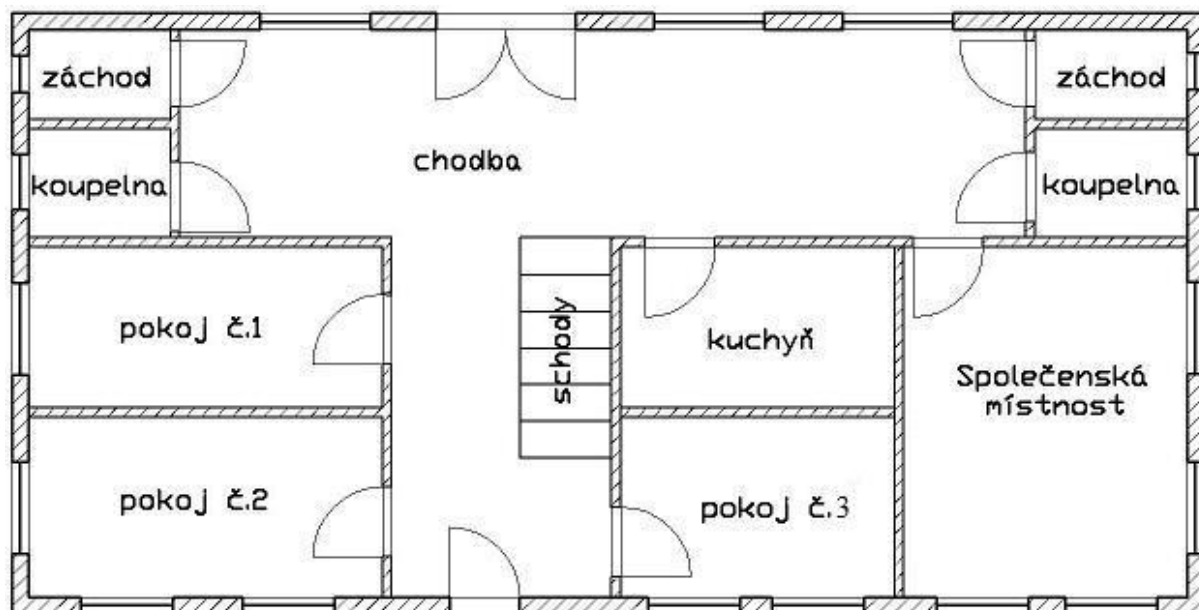
3.1. Uspořádání místností horské chaty

Detailní uspořádání místností chaty je znázorněno na jednotlivých nákresech přízemí a prvního patra (viz. 3.2.1.).

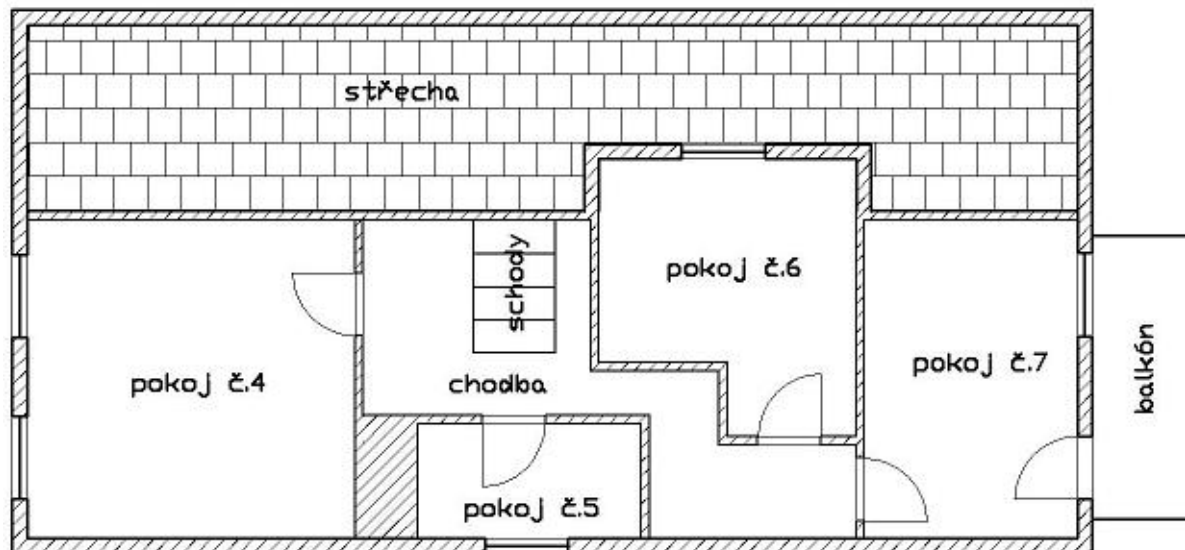
Přízemí chaty se skládá ze vstupní chodby, která má dva vstupy (do chaty lze vstoupit z ulice, nebo ze zahradního prostranství). V chodbě je také prostor využitelný pro sportovní účely, jako například upevnění lyží prostřednictvím držáků atd. V poslední části chodby jsou schody vedoucí do prvního patra. V přízemí jsou dvě toalety a dvě koupelny. Jedna koupelna a toaleta jsou umístěny na levé a druhá koupelna a toaleta na pravé polovině chodby. V přízemí jsou 3 pokoje. Každý pokoj je vybaven třemi lůžky. V přízemí chaty je také menší kuchyň a samozřejmě nesmí chybět společenská místnost, která je vybavena krbem.

První patro chaty se skládá ze 4 pokojů. Pokoj č. 4 je největším pokojem chaty a je pětilůžkový. Pokoj č. 5 je naopak nejmenší místností a má jen dvě lůžka. Pokoj č. 6 je standardním pokojem se třemi lůžky, nicméně je jediným pokojem podkrovního typu. Poslední pokoj s č. 7 má také tři lůžka a je navíc vybaven prostorným balkónkem.

3.1.1. Návrh půdorysu horské chaty



Obr. 3.1.1.a: Návrh půdorysu přízemí



Obr. 3.1.1.b: Náčrtek půdorysu prvního patra

3.2. Energetické zatížení jednotlivých místností chaty

3.2.1. Přízemí

Vstupní chodba

Vstupní chodba má jedno světlo u vstupu ze zahradního prostoru a jedno světlo při vstupu z ulice. V tmavém prostoru podlouhlé chodby jsou další dvě světla. Vstupní světlo, a to jak z ulice, tak i ze zahrady, má žárovku o příkonu 60 W. Jednotlivá osvětlení v prostoru chodby mají po dvou žárovkách, které mají příkon 60 W. Celkem je v chodbě šest žárovek o příkonu 360 W. Na chodbě je také umístěna lednice, která má příkon 90 W.

Společenská místnost

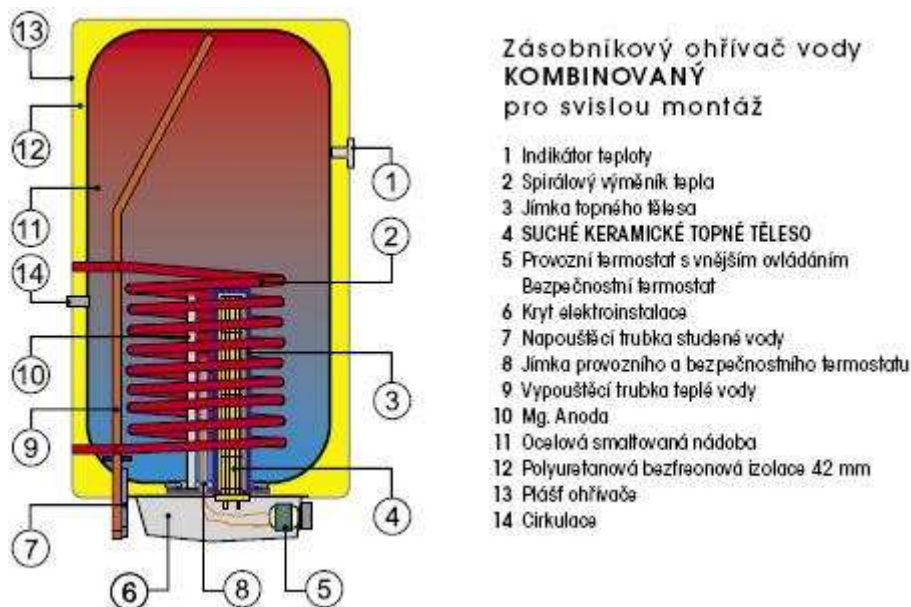
Společenská místnost má osvětlení ve formě čtyř zářivkových svítidel. Každé svítidlo má dvě zářivky, přičemž každá z žárovek má příkon 45 W. Celkový příkon osvětlení v místnosti je 360 W. Krb na pevná paliva spolehlivě vytápí nejen celou společenskou místnost, ale i vstupní chodbu. Sekundárním zdrojem vytápění je potom plynové topení, které je napojeno na zásobník s LPG. Topení pomocí LPG se používá jen ve velkých mrazech.



Obr. 3.2.1a: Zásobník LPG (www.vpsr.cz)

Koupelna

První i druhá koupelna je vybavena zásobníkem TUV o objemu 125 L. Každý zásobník má příkon 2000 W. Zásobníky TUV ohřívají vodu z 10°C na 60°C. Světlo u obou koupelen má jednu žárovku o příkonu 60 W. Koupelny jsou vytápěny přímotopem, jehož příkon je příkonu 1500 W. Celková energetická vytiženost obou koupelen činí 7120 W.



Obr. 3.2.1b: Schéma zásobníku na TUV
(zdroj: www.koupelny-sen.cz)

Toaleta

Toaleta vytápěna není, a to z důvodu pasivního vytápění okolními místnostmi. Světlo obou toalet má po jedné žárovce s příkonem 60 W. Celkový příkon je tedy 120 W.

Přízemní pokoje

Tři pokoje v přízemí nemají vestavěné topení. Pro vytápění jsou určeny přímotopy, každý o příkonu 1500 W. V každém pokoji je jedno osvětlení o dvou žárovkách, jehož příkon je 60 W. Celkový příkon jednoho pokoje je 1620 W, všech tří pokojů tedy 4860 W.

Kuchyně

Pro výtop kuchyně slouží kamna na pevná paliva, která mohou vytopit i chodbu. Kuchyně je vybavena plynovým sporákem, který odebírá plyn ze zásobníku LPG, o kterém jsem se zmínil již dříve. V kuchyni je též umístěna lednice o příkonu 90 W. Dalším elektrickým spotřebičem je mikrovlnná trouba, která má příkon 800 W. K osvětlení kuchyně je použito zářivkové svítidlo o příkonu 90 W.

3.2.2. První patro

Chodba

Chodba prvního patra není nijak energeticky zatížena.

Pokoje

Každý ze čtyř pokojů má jedno světlo, jehož dvě žárovky mají příkon 120 W. Celkový příkon osvětlení ve všech čtyřech místnostech je tedy 480 W. Vytápění pokojů zajišťují přímotopy, každý o příkonu 1500 W. Celkový příkon všech přímotopů v pokojích prvního patra je 6480 W.

Energetická náročnost celé chaty

Celková energetická náročnost je dána sečtením příkonu všech spotřebičů na chatě. Energetická vytíženost celé horské chaty je 20 370 W, čili 20,37 kW.

3.3. Možnost obměny energetických spotřebičů

Vytápění místností celé chaty je řešeno nevhodně. Chodby a záchod jsou pasivně vytápěny krbem ze společenské místnosti nebo kamny z kuchyně. Toto řešení je dostatečné během mírné zimy, nicméně když přijdou tuhé mrazy, chodba ani toaleta se nemohou dostatečně vytopit na dlouhou dobu. Proto bych navrhol umístít menší topné těleso i na chodbu, jež by bylo napájeno plynem ze zásobníku LPG. Obě toalety jsou malé, tudíž by teplo z tělesa chodby mělo být dostačující i na vyhřívání obou toalet. Zrušil bych přímotopy ve všech pokojích včetně koupelen. Vyhřívání pomocí přímotopů je velmi nákladné. Místo přímotopů bych navrhol také topná tělesa. Ohřev teplé užitkové vody (dále jen „TUV“) bych zvolil pomocí solární energie. Krb ve společenské místnosti bych ponechal. Naopak kamna v kuchyňce bych obměnil, a to za topné těleso., dle mého názoru jim chybí praktičnost.

4. Návrh systému pro energetické zásobování chaty

Návrh systému energetického zásobování horské rekreační chaty spočívá v zajištění tepelné a elektrické energie pro všechny spotřebiče, a to nepřetržitě po celý rok. Tepelná energie je potřebná pro ohřev TUV, kterou shromažďují zásobníky o objemu 125 L nacházející se v každé koupelně, a které budou ohřívány přes solární systém. Elektrická energie je třeba na osvětlení a hlavně na vytápění v zimních obdobích. Elektrická energie bude vyráběná pomocí solární a větrné energie.

4.1. Ohřev TUV pomocí solárního systému

Ohřev TUV je řešen pomocí solárního systému, který musí být navrhnout pro zásobník vody o objemu 125 L. Chata má dvě koupelny, v každé koupelně je jeden zásobník vody. Proto musí být solární systém počítán pro celkový objem, tj. 250 L. Voda se ohřívá z 10 °C na 60 °C. Ohřev vody musí být zajištěn po celý rok.

4.1.1. Základní informace

| | | |
|----------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|
| Doba využívání kolektorů pro ohřev TUV | - | Duben - Říjen |
| Objem zásobníků | - | $V_z = 250 \text{ l} = 0,25 \text{ m}^3$ |
| Teplota studené vody | - | $t_1 = 10^\circ\text{C}$ |
| Teplota ohřáté vody | - | $t_2 = 60^\circ\text{C}$ |
| Měrná tepelná kapacita vody | - | $c_p = 4180 \text{ [J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ |
| Hustota vody | - | $\rho_v = 995,6 \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ |
| Optimální úhel sklonu kolektorů | - | $\alpha = 45^\circ$, orientace na jih |
| Znečištění atmosféry | - | $Z = 2,5$ (pro horské oblasti) |

4.1.2. Výpočet plochy kolektorů

- denní spotřeba tepla pro ohřev TUV včetně započtených ztrát ($Q_{\text{spot} + p}$)

$$Q_{\text{spot}} = c_p \cdot \rho_v \cdot V_z \cdot \Delta t = c_p \cdot \rho_v \cdot V_z \cdot (t_2 - t_1) = 4180 \cdot 995,6 \cdot 0,25 \cdot (60 - 10) = 52,02 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$Q_{\text{spot}} = 52,02 \cdot 10^6 \div 3600 = 14\,450 \text{ W} \cdot \text{h} = 14,45 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Musí se vypočítat denní spotřeba tepla včetně tepelné ztráty 10%

$$Q_{\text{spot} + p} = (1 + 0,1) \cdot Q_{\text{spot}} = (1 + 0,1) \cdot 14,45 = \underline{15,9 \text{ kW} \cdot \text{h}}$$

- skutečná dopadající energie na plochu 1 m^2 za den ($Q_{s \text{ skut}}$)

Pro vypočtení skutečné dopadající energie za den musíme určit teoreticky možnou dopadající energii za den, tuto hodnotu určíme z příslušné tabulky (viz tabulka 1). Dále musíme pro výpočet určit poměrnou dobu slunečního svitu, která je pro nadmořskou výšku 800 m v říjnu přibližně $\bar{\tau} = 0,37$.

| Úhel sklonu oslněné plochy α | Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{S \text{ den teor}} \text{ (kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$ | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|------------|------|
| | XII. | I. XI. | II. X. | III. IX. | IV. VIII. | V. VII. | VI. |
| Azimutový úhel oslněné plochy $\alpha_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih) | | | | | | | |
| 0° | 1,09 | 1,55 | 2,74 | 4,93 | 6,73 | 8,38 | 9,16 |
| 15° | 1,78 | 2,30 | 3,75 | 5,82 | 7,50 | 9,12 | 9,76 |
| 30° | 2,35 | 2,96 | 4,48 | 6,44 | 7,98 | 9,56 | 9,98 |
| 45° | 2,70 | 3,40 | 4,96 | 6,70 | 8,06 | 9,42 | 9,64 |
| 60° | 3,00 | 3,71 | 5,26 | 6,54 | 7,41 | 8,09 | 8,48 |
| 75° | 3,08 | 3,90 | 5,32 | 6,24 | 6,44 | 6,44 | 6,44 |
| 90° | 3,11 | 3,96 | 5,00 | 5,56 | 5,19 | 4,49 | 4,31 |

Tabulka 4.1.2a: Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu

Ohřev TUV počítáme pro pokrytí letních měsíců s tím, že optimální nakloňení kolektorů je $\alpha = 45^\circ$. $Q_{S \text{ den teor}}$ musíme určit pro méně příznivý letní měsíc říjen, aby vypočtená plocha kolektorů pokryla v tomto měsíci ohřev TUV bez nutnosti jiného dohřevu.

$$Q_{S \text{ den teor}} = 4,96 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$Q_{S \text{ skut}} = \bar{\tau} \cdot Q_{S \text{ den teor}} = 0,37 \cdot 4,96 = \underline{1,84 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}}$$

- účinnost kolektorů (η_k)

Pro vypočtení účinnosti kolektorů je nutné určit střední intenzitu slunečního záření (viz tabulka 2.) a střední teplotu v době slunečního svitu (t_v), která je pro měsíc říjen $t_v = 13,8^\circ\text{C}$.

| Úhel sklonu oslněné plochy α | Střední intenzita slunečního záření $I_{st} \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$ v jednotlivých měsících | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|------------|-----|
| | XII. | I. XI. | II. X. | III. IX. | IV. VIII. | V. VII. | VI. |
| Azimutový úhel oslněné plochy $\alpha_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih) | | | | | | | |
| 0° | 139 | 188 | 271 | 411 | 484 | 534 | 561 |
| 15° | 227 | 278 | 371 | 485 | 540 | 581 | 597 |
| 30° | 299 | 358 | 443 | 537 | 574 | 609 | 611 |
| 45° | 344 | 412 | 490 | 558 | 580 | 600 | 590 |
| 60° | 382 | 449 | 520 | 545 | 533 | 515 | 519 |
| 75° | 392 | 472 | 526 | 520 | 463 | 410 | 394 |
| 90° | 396 | 479 | 494 | 463 | 373 | 286 | 264 |

Tabulka 4.1.2b: Střední intenzita slunečního záření

$$I_{\text{stř}} = 490 \text{ W} \cdot \text{m}^2$$

$$t_v = 13,8^\circ\text{C}$$

$$\eta_0 = 88\%$$

T_m – průměrná teplota ve výměníku

ztrátový koeficient $a_1 = 1,52 \text{ W}$

ztrátový koeficient $a_2 = 0,0085 \text{ W}$

$$\eta_k = \eta_0 - (a_1 \cdot X) - (a_2 \cdot I_{\text{stř}} \cdot X^2) \quad ^{19}$$

$$T_m = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{10 + 60}{2} = 35^\circ\text{C}$$

$$X = \frac{T_m - T_v}{I_{\text{stř}}} = \frac{35 - 13,8}{490} = 0,043$$

$$\eta_k = 0,88 - (1,52 \cdot 0,0433) - (0,0085 \cdot 490 \cdot 0,0433^2) = 0,81 = 81 \%$$

- potřebná plocha kolektorů

Pro výpočet plochy kolektorů musíme určit teoreticky možnou dopadající energii na kolektor za den. Tuto energii dostaneme vynásobením účinnosti kolektoru s teoreticky možnou energií dopadající za den na 1 m^2 . Denní spotřebu tepla musíme brát i s tepelnou ztrátou 10% vzniklou na potrubí, kolektoru atd. Přirážka na ztráty je $p = 0,1$.

$$Q_{k \text{ den t}} = \eta_k \cdot Q_{s \text{ skut}} = 0,81 \cdot 1,84 = 1,49 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$S_k = \frac{(1 + p) \cdot Q_{\text{spotr}}}{Q_{k \text{ den t}}} = \frac{(1 + 0,1) \cdot 14,45}{1,49} = 10,67 \text{ m}^2$$

S vypočtenou plochou $S = 10,67 \text{ m}^2$ se bude ohřívat voda od března do října. Na základě lepšího výpočtu cenové nabídky a pro lepší instalaci zařízení jsem zvolil optimální hodnotu 11 m^2 . Optimálně zvolená plocha bude na ohřev TUV pro zvolených osm měsíců. Pro zimní období se s ohřevem TUV pomocí solárních kolektorů nepočítá. Kolektory mohou být pod sněhem a dostačující tepelnou energii by nepoberaly. Množství tepelné energie, kterou kolektory poberou během zimních měsíců pro ohřev TUV, bude samozřejmě využito a ušetří se na nákladech za jiný způsob ohřívání.

Vzhledem k tomu, že s plochou kolektorů 11 m^2 bude v nejteplejších měsících vznikat velký přebytek tepla, vypočte se plocha kolektorů i pro měsíc září. Z obou možností se díky srovnání vybere co nejoptimálnější výpočet plochy kolektorů.

¹⁹ www.profisolar.com [online]. 2010 [cit. 2011-03-02]. Kolektory Apricus® AP :: Výkon a účinnost. Dostupné z WWW: <<http://www.profisolar.com/kolektory-apricus-vykon-a-ucinnost.html>>.

Výpočet plochy kolektorů pro měsíc září:

Poměrná doba slunečního svitu je pro nadmořskou výšku 800 m v měsíci září přibližně $\bar{\tau} = 0,50$.

$$Q_{s \text{ den teor}} = 6,70 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$Q_{s \text{ skut}} = \bar{\tau} \cdot Q_{s \text{ den teor}} = 0,50 \cdot 6,70 = \underline{3,35 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}}$$

Střední teplotu v době slunečního svitu (t_v) je pro měsíc září $t_v = 19,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vypočtení účinnosti kolektoru:

$$I_{\text{stř}} = 558 \text{ W} \cdot \text{m}^2$$

$$t_v = 19,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\eta_0 = 88\%$$

T_m – průměrná teplota ve výměníku

ztrátový koeficient $a_1 = 1,52 \text{ W}$

ztrátový koeficient $a_2 = 0,0085 \text{ W}$

$$\eta_k = \eta_0 - (a_1 \cdot X) - (a_2 \cdot I_{\text{stř}} \cdot X^2)$$

$$T_m = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{10 + 60}{2} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$X = \frac{T_m - T_v}{I_{\text{stř}}} = \frac{35 - 19,4}{558} = 0,028$$

$$\eta_k = 0,88 - (1,52 \cdot 0,028) - (0,0085 \cdot 558 \cdot 0,028^2) = 0,83 = 83 \%$$

Plocha kolektorů:

$$Q_{k \text{ den t}} = \eta_k \cdot Q_{s \text{ skut}} = 0,83 \cdot 3,35 = 2,78 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$S_k = \frac{(1 + p) \cdot Q_{\text{spotr}}}{Q_{k \text{ den t}}} = \frac{(1 + 0,1) \cdot 14,45}{2,78} = \underline{5,72 \text{ m}^2}$$

Vypočítaná plocha pro měsíc září je $5,72 \text{ m}^2$. Pro lepší výpočet cenové nabídky a pro lepší instalaci zařízení jsem zvolil optimální hodnotu 6 m^2 . Celková plocha kolektorů bude dostatečně ohřívat TUV po dobu pěti měsíců.

4.1.3. Celoroční tepelná bilance solárního zařízení

| měsíc | počet dnů (n) | η_k | $Q_{k \text{ den } t}$ [kW·h·m ⁻²] | Energie [kW·h] | | |
|-------|---------------|----------|---------------------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| | | | | vyrobená slun. kolektor. | celková spotřeba | tepelná bilance |
| I | 31 | 0,74 | 0,45 | 153,5 | 492,9 | -339,4 |
| II | 28 | 0,77 | 1,18 | 363,44 | 445,2 | -81,76 |
| III | 31 | 0,79 | 2,01 | 685,41 | 492,9 | 192,51 |
| IV | 30 | 0,81 | 2,55 | 841,5 | 477 | 364,5 |
| V | 31 | 0,83 | 3,75 | 1278,75 | 492,9 | 785,85 |
| VI | 30 | 0,84 | 4,29 | 1415,7 | 477 | 938,7 |
| VII | 31 | 0,85 | 4,48 | 1527,68 | 492,9 | 1034,78 |
| VIII | 31 | 0,85 | 3,63 | 1237,83 | 492,9 | 744,93 |
| IX | 30 | 0,83 | 2,78 | 917,4 | 477 | 440,4 |
| X | 31 | 0,81 | 1,49 | 508,09 | 492,9 | 15,19 |
| XI | 30 | 0,76 | 0,59 | 194,7 | 477 | -282,3 |
| XII | 31 | 0,72 | 0,23 | 78,43 | 492,9 | -414,47 |

Tabulka 4.1.3a: Tepelná bilance podle vypočtené plochy kolektorů pro měsíc říjen

| měsíc | počet dnů (n) | η_k | $Q_{k \text{ den } t}$ [kW·h·m ⁻²] | Energie [kW·h] | | |
|-------|---------------|----------|---------------------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| | | | | vyrobená slun. kolektor. | celková spotřeba | tepelná bilance |
| I | 31 | 0,74 | 0,45 | 83,7 | 492,9 | -409,2 |
| II | 28 | 0,77 | 1,18 | 198,24 | 445,2 | -246,96 |
| III | 31 | 0,79 | 2,01 | 373,86 | 492,9 | -119,04 |
| IV | 30 | 0,81 | 2,55 | 459 | 477 | -18 |
| V | 31 | 0,83 | 3,75 | 697,5 | 492,9 | 204,6 |
| VI | 30 | 0,84 | 4,29 | 772,2 | 477 | 295,2 |
| VII | 31 | 0,85 | 4,48 | 833,28 | 492,9 | 340,38 |
| VIII | 31 | 0,85 | 3,63 | 675,18 | 492,9 | 182,28 |
| IX | 30 | 0,83 | 2,78 | 517,08 | 477 | 40,08 |
| X | 31 | 0,81 | 1,49 | 277,14 | 492,9 | -215,76 |
| XI | 30 | 0,76 | 0,59 | 106,2 | 477 | -370,8 |
| XII | 31 | 0,72 | 0,23 | 42,78 | 492,9 | -450,12 |

Tabulka 4.1.3b: Tepelná bilance podle vypočtené plochy kolektorů pro měsíc září

4.1.4. Srovnání variant podle tepelné bilance

Vypočítaná plocha kolektorů pro měsíc říjen je 11 m². Podle tepelné bilance je to dostatečná plocha k ohřevu TUV pro všechny letní měsíce, dále i března a října. Z hlediska ušetření sekundárních zdrojů pro přehřívání, kterých by v tomto případě bylo nutné použít jen ve čtyřech zimních měsících, je toto výhodné. Nicméně z tepelného hlediska vznikají obrovské přebytky tepla, a to od května do srpna, které se musí nějak eliminovat.

Při ploše 6 m² by ohřev TUV pomocí solárního systému stačil pouze na pět nejteplejších měsíců, ale na rozdíl od první varianty by investiční náklady byly skoro o polovinu nižší. Dokonce i přebytek tepla by nebyl ani v jednom měsíci nijak velký.

Vzhledem k menším investičním nákladům, menší ploše kolektorů a malého přebytku tepla jsem zvolil druhou variantu, tj. solární systém o ploše 6 m², který nám bude ohřívat TUV po dobu šesti měsíců. V měsících, pro které nebude dostatek tepelné energie, se TUV bude ohřívat pomocí LPG zásobníku.

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Celková spotřeba energie za celý rok: | 5 803,5 [kW·h] |
| Energie vyrobená kolektory: | 5 036,16 [kW·h] |
| Nedostatek energie: | 767,34 [kW·h] |

Sluneční kolektory vyrobí 86,8 % tepelné energie. Celkový roční nedostatek energie činí 13,2 %. Účinnost ročního ohřevu TUV pomocí solárního systému o ploše 6 m² je velmi dobrá a dohřev pomocí LPG bude minimální.

4.1.5. Technické parametry solárního systému

Komponenty a ceník celého solárního systému je čerpán od firmy Quantum a.s.²⁰

Sluneční kolektor Q7-3000-EKS/V

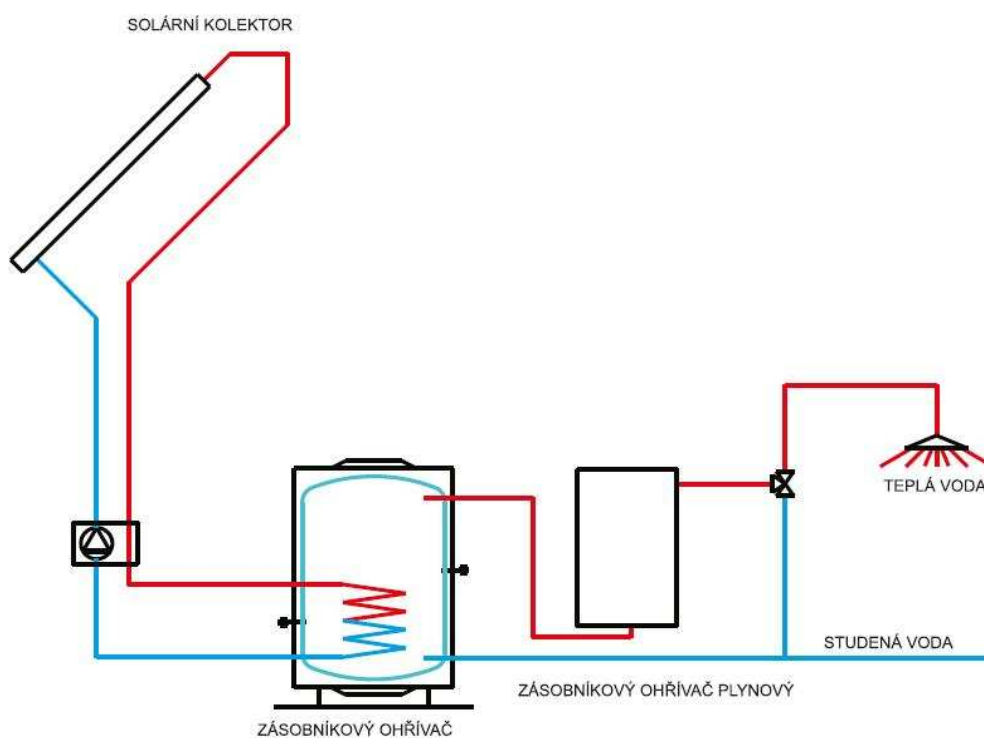
| | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Rozměry | 2329 x 1053 x 110 mm | Průtok | 40 - 60 l/h |
| Plocha kolektoru | 2,46 m ² | Max. provozní tlak | 1 Mpa |
| Plocha absorberu | 2,13 m ² | Pracovní médium | Kolekton P |
| Hmotnost kolektoru | 55 kg | Účinnost kolektoru (η_0) | 88% |
| Objem kolektoru | 1,4 l | Absorpční materiál | Alu - výtlačně lisovaný hliník |
| Tlaková ztráta | 1,5 l při 120 l/h | Potah absorberu | vysokoselektivní absorbní vrstva |
| Izolace | 100 mm | Opláštění | kalené solární bezpečnostní sklo |
| Koeficient tepelné ztráty | 3,58 W/m ² K | Plášť | hluboce tažená hliníková vana |
| Světelná absorbce (α) | 0,95 - 0,97 | Tepelné vyzařování (ϵ) | 0,05 - 0,15 |

²⁰ www.quantumas.cz [online]. 2010 [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.quantumas.cz/solarni-systemy/>>.

Jednotlivé komponenty systému

| Název | Množství | Cena jednotková | Cena celková |
|----------------------------------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Kolektor rámový vertikální | 3 | 13 175,- | 39 525,- |
| Montážní sada pro 3 ks kolektoru | 1 | 7 482,- | 7 482,- |
| Spojovací soubor (sada) | 2 | 870,- | 1 740,- |
| Solární regulace Helios Pro - standard | 1 | 4 674,- | 4 674,- |
| Solární čer. jednotka Tacosol 4.0 ZR (1,5 - 6 l/min.) s krytem | 1 | 9 474,- | 9 474,- |
| Teplosonná, nemrzoucí kapalina Kolekton P 10 l | 4 | 858,- | 3 432,- |
| Připojovací sada pro kolektory EKS | 1 | 563,- | 563,- |
| Propojovací mosazné spojky pro kolektory EKS (sada 3 ks) | 1 | 350,- | 350,- |
| Solární ruční plnicí pumpa | 1 | 2 466,- | 2 466,- |
| Automatický odvzdušňovací ventil 3/8 – 180°C/10 bar | 1 | 594,- | 594,- |
| Měděné potrubí D 22x1 - 1 m | 50 m | 250,- | 12 500,- |
| Tepelná izolace Aeroflex SSH - DN 22/19 | 50 m | 215,- | 10 750,- |
| Páska izolační aerotape 50 mm x 10 m | 1 | 422,- | 422,- |
| Lepidlo pro aeroflex 200 g - se štětečkem | 1 | 328,- | 328,- |
| Expanzní nádoba ACS CE 12 | 1 | 1 110,- | 1 110,- |
| Termostatický směšovač ESBE | 1 | 1 187,- | 1 187,- |
| Montáž, tlakování, spuštění, elektroinstalace | 1 | 21 500,- | 21 500,- |
| Elektroinstalační materiál | 1 | 1 850,- | 1 850,- |
| Armatury a pomocný materiál | 1 | 2 550,- | 2 550,- |

4.1.6. Zjednodušené schéma zapojení solárního systému



Celkové náklady

Instalace celého solárního systému bude stát 122 497,- Kč vč. DPH. Životnost kolektorů se udává minimálně 20 let, avšak dosahuje více než 30 let a montážní záruka je 2 roky. Dále je možnost získat dotaci od programu Zelená úsporám v max. hodnotě 55 000,- Kč. Celkové investiční náklady i s dotací by dosahovaly výše 67 497,- Kč.

4.2. Výroba elektrické energie pomocí větrné elektrárny

Výrobu elektrické energie jsem navrhnul pomocí malé větrné elektrárny. Příkon všech spotřebičů, které se v chatě nachází, je kolem 3 000 W. Samozřejmě je nutné počítat s tím, že do elektrické sítě mohou být napojeny různé spotřebiče (notebook, veškeré nabíječky, přístroje na holení, atd.). Pro veškerou spotřebu bude stačit typ AP-2500 W od společnosti AERPLAST s.r.o.²¹ s tím, že při menší spotřebě se bude energie akumulovat a při vyšší spotřebě se bude z akumulátorů využívat.

4.2.1. Technická specifikace

Rotor

- průměr: 3,3 m
- pracovní plocha: 8,5 m²
- maximální otáčky: 400 ot/ min
- počet listů: 3
- regulace výkonu: stupeň natočení/Optispeed
- aerodynamické brzdy: postavení do praporu

Stožár

- výška: 24 m

Provozní údaje

- zapínací rychlost větru: 3 m/s
- jmenovitá rychlost větru: 11 m/s
- vypínací rychlost větru: 50 m/s

Generátor

- typ: asynchronní s rotorovým vinutím vyvedeným na kroužky a OptiSpeed
- jmenovitý výkon: 2500 W
- výstupní napětí 230 V

Převodovka

- typ: jednostupňová planetová

²¹ www.vetrne-elektrarny.eu [online]. 2011 [cit. 2011-04-13]. Vetrne-elektrarny.eu/ap2500. Dostupné z WWW: <<http://www.vetrne-elektrarny.eu>>.

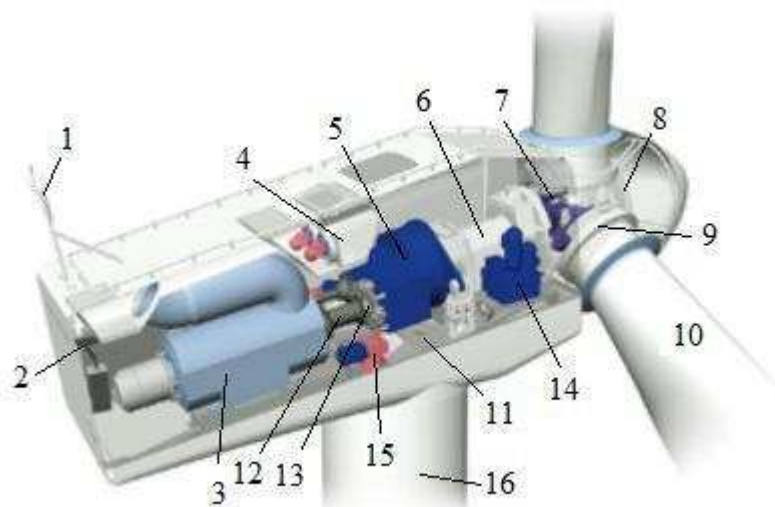
Řídící systém

- mikroprocesor pro sledování všech funkcí turbíny s možností dálkového monitorování. Regulace výkonu a optimalizace prostřednictvím funkcí OptiSpeed a OptiTip – regulace úhlu natočení listu.

Hmotnost

- strojovna: 49 kg
- lopatky: 15 kg
- stožár: 480 kg

Hlavní části strojovny:

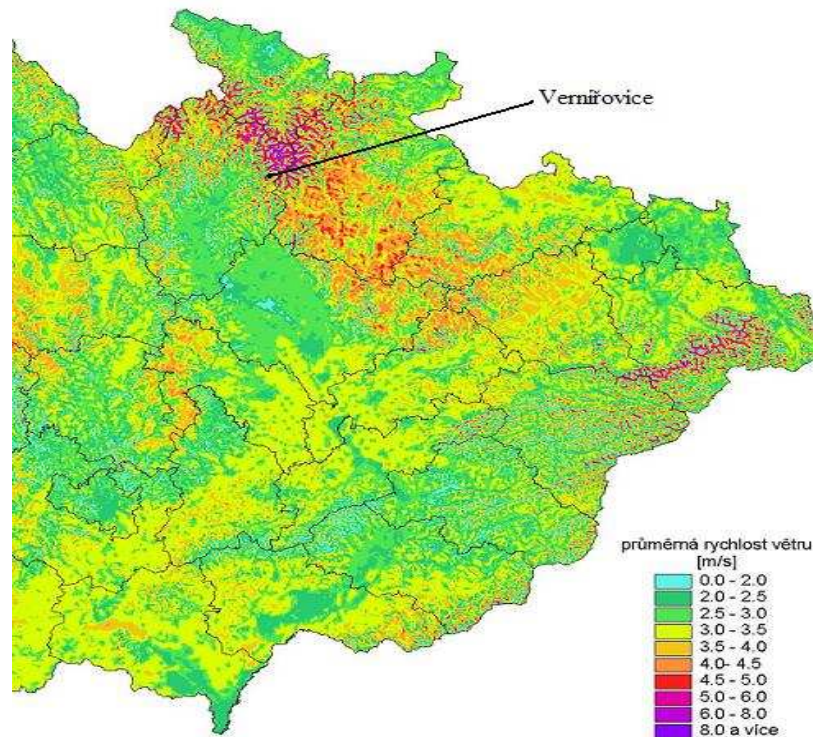


- 1 – ultrazvukový větrný senzor
- 2 – údržbový jeřáb
- 3 – generátor
- 4 – olejové a vodní chlazení
- 5 – převodovka
- 6 – hlavní hřídel
- 7 – pitch systém
- 8 – listová příruba

- 9 – ložisko listu
- 10 – list
- 11 – základ strojovny
- 12 – mechanická brzda
- 13 – spojka
- 14 – hydraulická jednotka
- 15 – otáčení strojovny
- 16 – stožár

4.2.2. Využitelnost a výroba elektrické energie větrné elektrárny

Podle studie ústavu fyziky atmosféry ČR vyplývá, že na základě naměřených a modelovaných průměrných rychlostí metodu VAS / WAsP je průměrná rychlost větru v 10 m v oblasti, kde leží obec Vernířovice, v rozmezí 4,5 – 5 m/s. Pro výpočet průměrné rychlosti větru ve výšce 24 m, což je výška stožáru elektrárny, použijeme průměrnou rychlost větru $c_1 = 4,5$ m/s (rychlost větru v 10 m).



Obr. 4.2.2a.: Průměrná rychlost větru v 10 m, model WAS / WAsP
(zdroj: www.ufa.cas.cz)

Výpočet průměrné rychlosti větru ve 24 m:

$$c_2 = c_1 \cdot \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^a = 4,5 \cdot \left(\frac{24}{10} \right)^{0,18} = 5,26 \text{ m/s}$$

Průměrná rychlost větru ve výšce 24 metrů je 5,26 m/s.

C_1 – rychlost větru ve výšce h_1

h_1 – výška 10 m

C_2 – rychlost větru ve výšce h_2

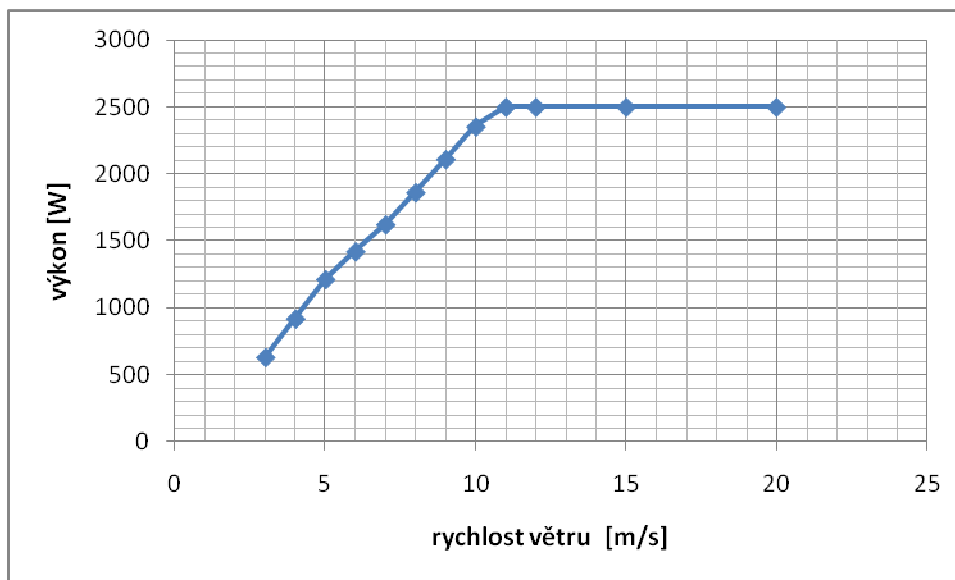
h_2 – výška 24 m

a – třída drsnosti povrchu Země

| třída drsnosti | charakter krajiny | exponent a [-] |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 0 | otevřené pobřeží bez jakýkoliv překážek s větrem směřujícím k pobřeží | 0,12 |
| 1 | otevřená krajina s ojedinělými volně stojícími keři a stromy (pobřeží, prémie) | 0,15 |
| 2 | zemědělská krajina s rozptýlenými budovami a křovinami | 0,18 |
| 3 | uzavřená krajina s porostem stromů, mnoha křovinami a sousedícími budovami | 0,24 |

Obr. 4.2.2b.: Třída drsnosti jednotlivých povrchů Země (zdroj: <http://oei.fme.vutbr.cz>)

Výkon větrné elektrárny AP 2500 je znázorněn za pomoci diagramu, který je závislý na rychlosti větru. V tabulce uvedené níže jsou znázorněné výkony podle grafu 1. Výkon je počítán od rychlosti větru 3 m/s, která je zapínací rychlost elektrárny.



Graf 1: Průběh výkonu elektrárny AP – 2500

Tabulka 1: Výkon AP – 2500 podle grafu 1:

| rychlost větru [m/s] | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 20 |
|----------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| výkon [W] | 632 | 920 | 1214 | 1421 | 1623 | 1862 | 2110 | 2354 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |

Výpočet ročního výnosu energie

Roční výnos elektrické energie se určí z roční průměrné rychlosti větru a okamžitého výkonu větrné elektrárny. Průměrná rychlost větru ve 24 m je 5,26 m/s, při takové průměrné rychlosti má elektrárna okamžitý výkon 1 311 W. Přehled vyrobené elektrické energie je znázorněn v tabulce 2.

| období | počet hodin | okamžitý výkon [kW] | vyrobená elektrická energie [MWh] |
|--------|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| den | 24 | 1,311 | 0,0315 |
| měsíc | 732 | 1,311 | 0,960 |
| rok | 8760 | 1,311 | 11,484 |

Tabulka 2: Vyrobená elektrická energie

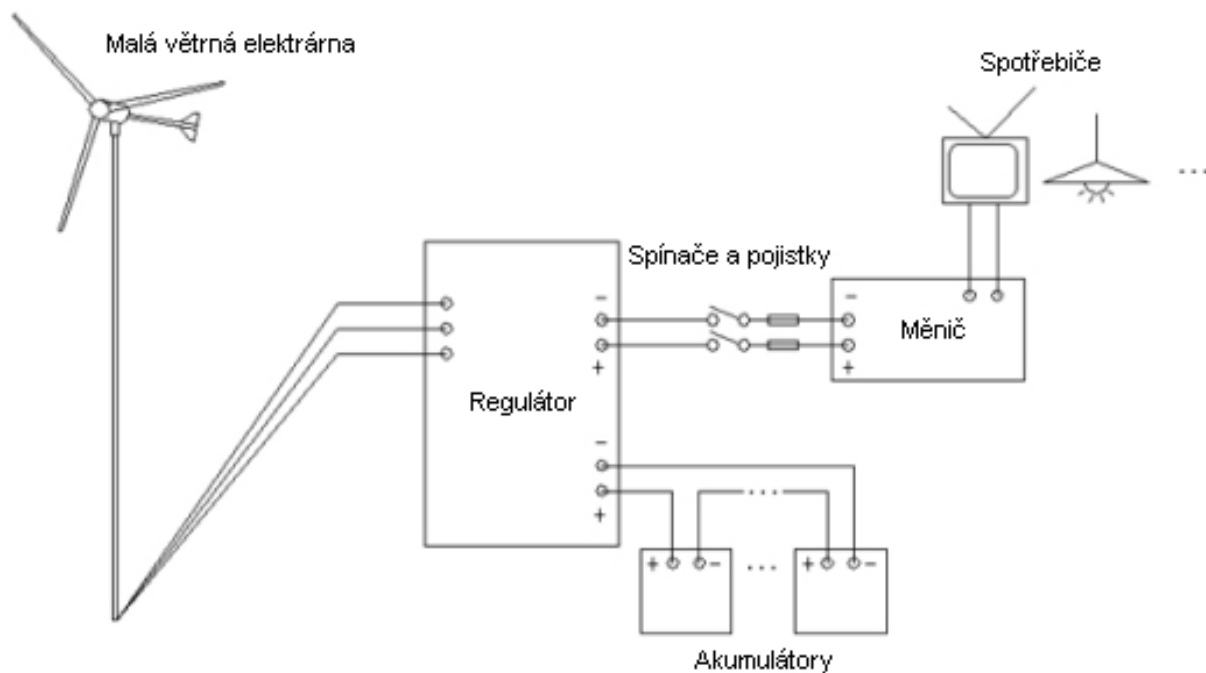
4.2.3. Akumulace vyrobené energie

Větrná elektrárna vyrobí při menších spotřebách více energie, než je potřeba pro zásobování celé horské chaty. Bude proto vhodné použít akumulátor pro uschování energie, díky kterému se můžeme elektrickou energií předzásobit pro období s velkou spotřebou.

Nejvhodnějšími akumulátory budou akumulátorové baterie olověné. V dnešní době patří k nejrozšířenějším typům akumulátorů. Vyznačují se dobrou cyklickou životností, spolehlivostí a velkou energetickou účinností. Úroveň samovybití je přijatelná, od 0,1 % za den. Životnost se pohybuje kolem tří let a cenově jsou taktéž přijatelné.

Jako optimální typ baterie pro zálohu elektrické energie jsem zvolil Akumulátor OPzS 2V 1500Ah. Pro krátkodobou zálohu elektrické energie budou stačit dvě baterie již zmíněného typu. Také se musí počítat s extrémním obdobím bez větru, kdy akumulace nebude stačit. Pro tyto případy bych doporučil počítat i se záložní elektrocentrálou (není počítaná do celkových nákladů, cena elektrocentrály se pohybuje kolem 25 000,- Kč)

4.2.4. Zjednodušené schéma zapojení větrného systému



Cena větrného systému:

| Název | počet | jednotková cena | Celková cena s DPH |
|---------------------------------------|-------|-----------------|--------------------|
| AP 2500 | 1 | 64 600,- | 76 874,- |
| Stožár CL-318 | 1 | 46 600,- | 55 454,- |
| montáž | 1 | 18 000,- | 21 420,- |
| zapojení a konečné provozní nastavení | 1 | 10 000,- | 11 900,- |
| Akumulátor OPzS 2V 1500Ah | 2 | 23 000,- | 55 200,- |
| Měnič, spínače, pojistky | 1 | 7 449,- | 8 939,- |

Instalace celého větrného systému bude stát 229 787,- Kč s DPH. Životnost větrné elektrárny se udává 20 let od zapojení do provozu, ale dosahuje nejméně 30 let. Záruka veškerých komponentů větrné elektrárny je 2 roky.

4.2.5. Návratnost investice do větrné elektrárny

Do návratnosti investičních nákladů můžeme také započítat „Zelený bonus“. Zelený bonus je příplatek k tržní ceně elektřiny. Prodá-li výrobce elektřinu z obnovitelných zdrojů energií (dále jen „OZE“) za smlouvenou tržní cenu účastníkovi trhu s elektřinou nebo vyrobenou elektřinu sám spotřebuje, má právo navíc inkasovat od provozovatele přenosové nebo regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu zelené bonusu. Výše zeleného bonusu je pro každý druh OZE každoročně upravována a zveřejněna v cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu. V současné době je platné cenové rozhodnutí č. 7/2011.²²

Výpočet prosté návratnosti investice:

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Celkové investiční náklady: | 229 787 Kč |
| Roční výroba el. energie: | 11 484 kW·h |
| Cena za kW·h dle ČEZ: | 5,362 Kč |

Roční úspora:

Roční úsporu elektrické energie vypočítáme násobkem roční výroby elektrické energie naší malou větrnou elektrárnou a cenou energií podle společnosti ČEZ.

$$11\,484 \cdot 5,362 = 61\,577 \text{ Kč}$$

Nárok na zelený bonus pro rok 2012 je 1,79 Kč/kW·h. Roční výroba větrnou elektrárnou je 11 484 kW·h. Výše zeleného bonusu proto je 20 556,- Kč.

$$\text{Celková roční úspora: } 61\,577 + 20\,556 = 82\,133,- \text{ Kč}$$

Návratnost (x) veškerých investičních nákladů malé větrné elektrárny:

$$x = \left(\frac{229787}{82133} \right) = 2,8$$

Celková návratnost investic do malé větrné elektrárny je 2,8 roku.

²² [Http://www.eru.cz](http://www.eru.cz). ERU. Energetický regulační úřad [online]. 2009. vyd. 29.2.2012 [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=683&highlight=Zelen%C3%BD%20bonus

4.3. Výroba tepelné energie pomocí LPG

Celá horská chata bude vytápěna za pomoci plynového kotle se zásobníkem LPG. Vytápění pomocí zkapalněného plynu propan-butanu je v současné době jedním z nejekologičtějších a nejpohodlnějších způsobů vytápění rodinných domků, bytových a rekreačních objektů.

V porovnání s jinými zdroji energie, jako jsou např. hnědé a černé uhlí, dřevo, vychází vytápění zkapalněným plynem jako jedno z nejméně náročných na obsluhu a má téměř nulové znečištění životního prostředí.

Použití propan-butanu se neomezuje jen na samotné vytápění objektu. Lze ho rovněž bez problému použít na ohřev vody pro případy, kdy solární systém nebude v chladnějších měsících dostatečný.

Vytápění za pomoci LPG se od klasických teplovodních topných systémů liší pouze tím, že je nutné mít tlakový zásobník na plyn. Zásobníky jsou nadzemní nebo podzemní a jsou umístěny mimo budovu.

Díky jednoduché technologii, která umožňuje použít směs propan-butanu v poměru 20/80, se náklady na vytváření vyrovnají s cenami zemního plynu. To znamená, že vytápění propan-butanem je mnohem levnější než vytápění topnými oleji, elektřinou nebo centrálním vytápěním.²³

*u ELTO je potřeba přičíst spotřební daň 9,95 Kč/litr

| Médium | Výhřevnost | Účinnost kotle | Cena za kg /Kč | GJ (Kč) | kWh (Kč) |
|-----------------------------|------------|----------------|----------------|---------|-----------|
| Propan-butan (20/80) | 47,5 MJ/kg | 95% | 17,- | 386 | 1,39 |
| Propan | 46,4 MJ/kg | 95% | 20,- | 454 | 1,63 |
| Zemní plyn | 33,3 MJ/kg | 95% | | 383 | 1,38 |
| ELTO* | 42 MJ/kg | 89% | 18 / litr | 575 | 2,07 |
| Elektřina - akumulace | | 93% | | 549 | 1,98 |
| Elektřina - přímotop | | 95% | | 678 | 2,44 |
| Centrální zásobování teplem | | Å 98% | | 450-650 | 1,65-2,39 |

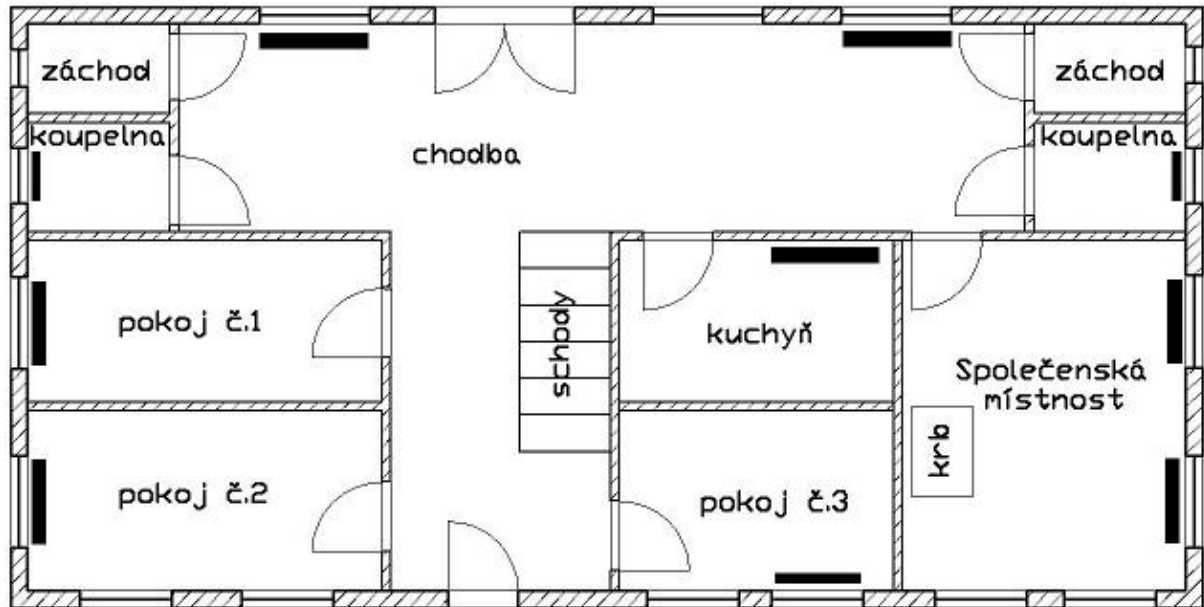
Obr.4.3.: Porovnání nákladů za vytápění (zdroj:tomegas.sk)

²³ Wwww.tomegas.sk [online]. 2010 [cit. 2011-05-21]. Vytápění objektů PROPAN-BUTANEM. Dostupné z WWW: <<http://www.tomegas.sk/cz/c19c23/zasobniky/vytopeni-butanem.html>>.

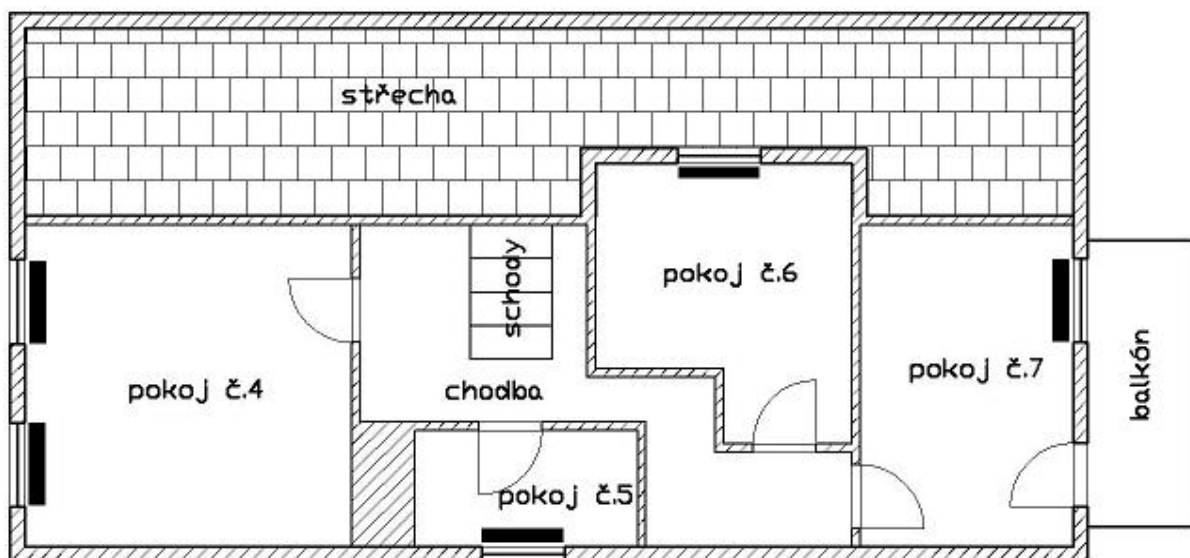
4.3.1. Rozložení topných těles po objektu

V nákresu půdorysu přízemí a prvního patra jsou značena veškerá topná tělesa, která budou stačit pro vytopení celé horské chaty.

■ — schematické značení topných těles



Obr. 4.3.1a: schematické znázornění topných těles v přízemí



Obr.4.3.1b: Schematické znázornění topných těles v 1. patře

Přízemí

V chodbě jsou dva radiátory, ve třech přízemních pokojích a v kuchyni je radiátor jeden a ve společenské místnosti jsou dva. Celkem je to 6 radiátorů typu KERMI KOMPAKT 10 5050. V obou koupelnách je koupelnový radiátor typu ISAN TONGIA 500/695.

1. patro

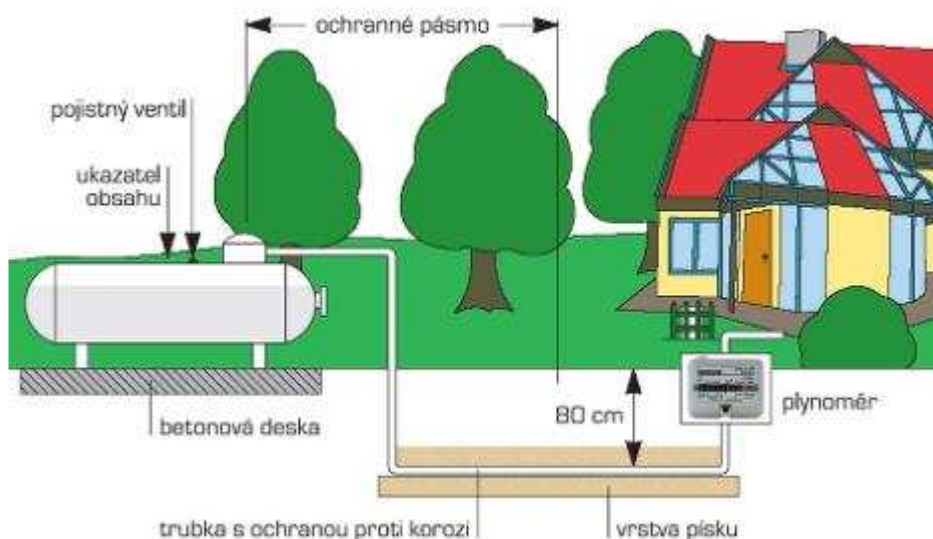
Ve všech pokojích v prvním patře bude 5 radiátorů typu KERMI KOMPAKT 10 5050.

Jednotlivé komponenty systému:

| Název | množství | jednotková cena | celková cena s DPH |
|-----------------------------------|----------|-----------------|--------------------|
| Kotel DAKON KZ 14 R | 1 | 26 879 ,- | 26 879 ,- |
| radiátor ISAN TONGIA 500/695 | 2 | 827 ,- | 1 654 ,- |
| radiátor KERMI KOMPAKT 10 5050 | 13 | 706 ,- | 9 178 ,- |
| měděná trubka cu 12x1 | 40 | 80 ,- / metr | 3 200 ,- |
| kombi šroub M8 x 60 | 200 | 3 ,- | 600 ,- |
| Přichytka na měděné trubky 12x1 | 300 | 3 ,- | 900 ,- |
| montáž a celkové zapojení | 1 | 16 000,- | 19 040 ,- |
| Nadzemní zásobník LPG objem 4850L | 1 | 46 200 ,- | 46 200 ,- |

Zásobník na LPG bude nadzemní, horizontální s objemem 4850 L, což je objem, který zajistí vytápění celé chaty v zimních měsících. Celková cena topného systému bude 107 651.- Kč vč. DPH.

4.3.2. Schéma zapojení zásobníku LPG



Obr. 4.3.2.: Schéma připojení zásobníku LPG (zdroj: primagas.cz)

5. Technicko-ekonomické srovnání navržených variant

Energetické zásobování horské chaty se skládá ze tří navržených variant. Pro ohřev TUV je použita solární energie s tím, že při nedostatku tepla ze solárních kolektorů bude použito pro ohřev TUV zásobníku s LPG. Za pomoci LPG je zajištěno také vytápění chaty. Zásobník LPG o objemu 4 850 L určený pro RD a rekreační chaty bude dostačující. Výroba elektrické energie je zabezpečena pomocí malé větrné elektrárny o výkonu 2 500 W.

Ohřev TUV

1. Varianta - solární ohřev TUV

Solární ohřev vody jsem vybral hned z několika důvodů. Tento způsob ohřevu TUV je výhodný nejen z ekonomického hlediska, ale také se jedná o využití energií z obnovitelných zdrojů. Proto, že se jedná o rekreační zařízení v horském prostředí, je využití obnovitelných zdrojů na místě. Takto navržený solární systém plně postačí v měsících od dubna do září. V zimních obdobích od října do března bude nutno užitkovou vodu dohřívat pomocí zásobníku LPG.

Dohřev pomocí LPG:

| | |
|-------------------------------------------|-------------|
| celková spotřeba energie za celý rok..... | 5 803,5 kWh |
| energie vyrobená kolektory..... | 5036,16 kWh |
| dohřev plynem ze zásobníku LPG..... | 767,35 kWh |
| cena 1 kWh plynu..... | 1,39 Kč/kWh |

Cena pro celoroční dohřev TUV:

$$\text{Dohřev plynem} \cdot \text{cena 1 kWh} = 767,35 \cdot 1,39 = 1\,066,6,- \text{ Kč}$$

Do ceny se nepočítají pořizovací náklady zásobníku LPG, protože primárně slouží k vytápění objektu, k dohřevu TUV je využíván jen sekundárně, tj. ne příliš často. Celková cena dohřevu TUV po celý rok bude 1 066,6,- Kč.

Cena celého solárního systému činí 67 497,- Kč vč. DPH i se státní dotací. Plocha kolektorů, jak jsem již uvedl v kapitole 4.1.4., je 6 m². Větší plocha by vedla v letních měsících k nadměrnému přehřívání systému, které by se muselo nějakým způsobem ochlazovat. Chlazení by muselo být realizováno ventilátorem. Solární systém s chlazením by byl mnohem dražší, a proto varianta s menší plochou kolektorů je optimální v poměru cena/výkon.

2. Varianta – elektrická energie

Ohřev TUV pomocí elektrické energie je nejdražší variantou, se kterou by se v tomto projektu mohlo počítat. Elektrickou energii tu proto uvádím spíše kvůli ekonomickému porovnání, jelikož chata není k síti elektrické energie ani napojená. Byla by tu možnost využívat elektrickou energii z navržené elektrárny, ale v takovém případě by varianta s jedním stožárem o výkonu 2500 W nebyla dostačující. Musela by se navrhnout daleko výkonnější elektrárna, z čehož vyplývá, že investiční náklady by byly několikanásobně vyšší.

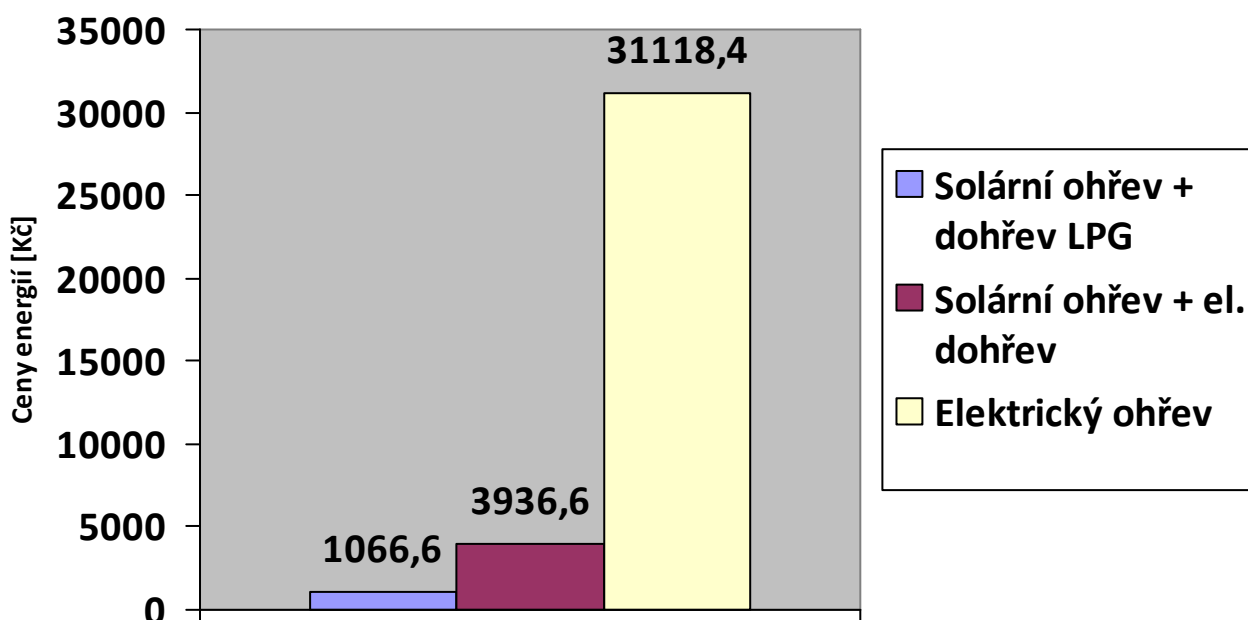
Cenu ohřevu vody pomocí elektrické energie vypočteme tak, že celkovou spotřebu energie za celý rok vynásobíme cenou 1 kWh podle ČEZ.

$$5\,803,5 \cdot 5,362 = 31\,118,4 \text{ Kč}$$

3. Varianta – dohřev elektrickou energií

Způsob dohřevu pomocí elektrické energie ze sítě zde též uvádím pouze pro srovnání. Tato varianta ohřevu veškeré vody by byla levnější, ale i přesto není výhodná. Odebírat elektrickou energii pro ohřev z větrné elektrárny by bylo možné, ale na řadě by byla opět volba výkonnějšího systému. Cenu dohřevu vody pomocí elektrické energie získáme násobkem potřebné energie, kterou nevyrobí kolektory, a cenou 1 kWh podle společnosti ČEZ.

$$767,35 \cdot 5,13 = 3\,936,5 \text{ Kč}$$



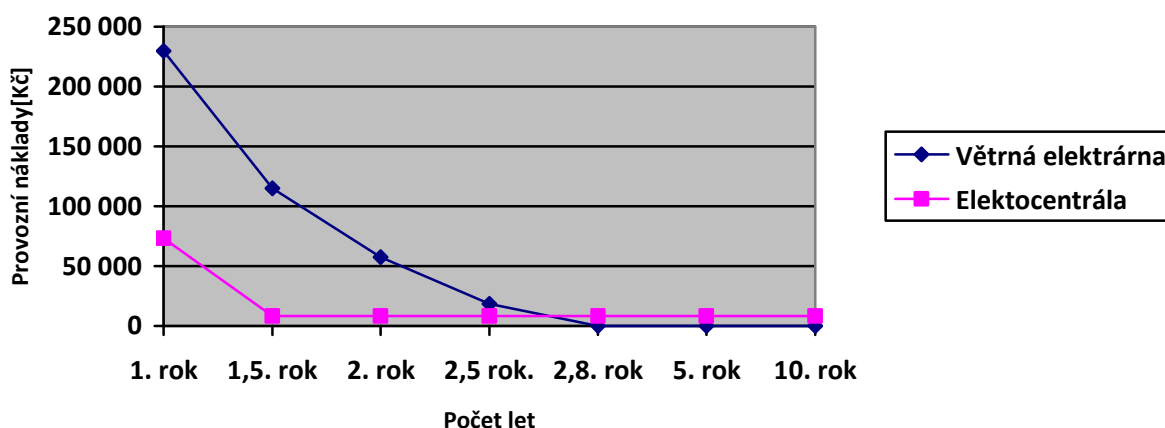
Graf 2.: Grafické znázornění ceny ročního ohřevu teplé užitkové vody

Výroba elektrické energie

Výroba elektrické energie je nejvýhodnější pomocí obnovitelných zdrojů. Vzhledem k faktu, že elektrická síť k horské chatě připojena není, jsem jako nejvhodnější způsob pro výrobu elektrické energie zvolil malou větrnou elektrárnu.

Jiný zdroj, který by byl použitelný pro výrobu elektrické energie, je elektrocentrála. Pro celoroční energetické zabezpečení by se muselo použít velmi výkonné zařízení. Investiční náklady výkonnější elektrocentrály vychází kolem 65 000,- Kč. Vzhledem k tomu, že se cena pohonných hmot neustále zvyšuje, pohybovaly by se roční provozní náklady kolem 8 500,- Kč. Větrná elektrárna má velké investiční náklady, ale návratnost je kolem 2,8 let. Za méně než 3 roky budou náklady za elektrickou energii nulové.

V grafu jsou znázorněny 10-ti leté náklady na provoz větrné elektrárny a elektrocentrály. První rok se počítá s investičními náklady s tím, že k pořizovací ceně elektrocentrály se přičítá i částka 8500,- Kč za spotřebovanou naftu. Z grafu vidíme, že po 2,8 letech nám bude větrná elektrárna dávat elektrickou energii zcela zdarma a investiční náklady se vrátí. Oproti tomu elektrocentrála bude ročně stát kolem 8 500,- Kč a investiční náklady se nevrátí.



Graf 3.: Porovnání ročních nákladů na výrobu elektrické energie v průběhu 10-ti let

Výroba tepelné energie

1. Varianta – LPG

Vytápění horské chaty je realizováno pomocí LPG. Tento způsob výroby tepelné energie je vhodný nejen z ekonomického hlediska, ale je také šetrný k životnímu prostředí a je nenáročný na čas a práci. Jedinou roční starostí bude doplnění zásobníku LPG.

Celkové investiční náklady pro zhotovení LPG systému budou 107 651,- Kč vč. DPH. Ročně se protopí cca 9 720 kWh. Cena 1 kWh při vytápění propan-butanem je 1,39,- Kč. Z toho vyplývá, že celkové roční náklady na vytápění budou činit 13 510,- Kč. Cena ročních nákladů na vytápění bude kolísat v závislosti na průběhu zimy.

2. Varianta – Kotel na tuhá paliva

Další způsob vytápění horské chaty je za pomoci kotle na tuhá paliva, v mém případě bych použil jako palivo dřevo. Tato varianta se jeví z ekonomického hlediska jako velmi vhodná, nicméně po delším srovnání vyjde finančně podobně jako vytápění pomocí LPG. Jeden z problémů, proč jsem se nerozhodl pro vytápění dřevem je fakt, že rekreační chata nemá vlastní palivo. Palivo by se muselo kupovat a vzhledem k rostoucí ceně dřeva, by tak vytápění bylo cenově nevýhodné. Dalším faktorem, proč jsem ne zvolil tuto variantu, je obsluha kotle. Horská chata nemá žádný personál, jen správce, který zabezpečuje chod a údržbu chaty.

Celkové investiční náklady pro vytápění kotlem na dřevo by byly 54 172,- Kč.
Přehled investičních nákladů na kotel:

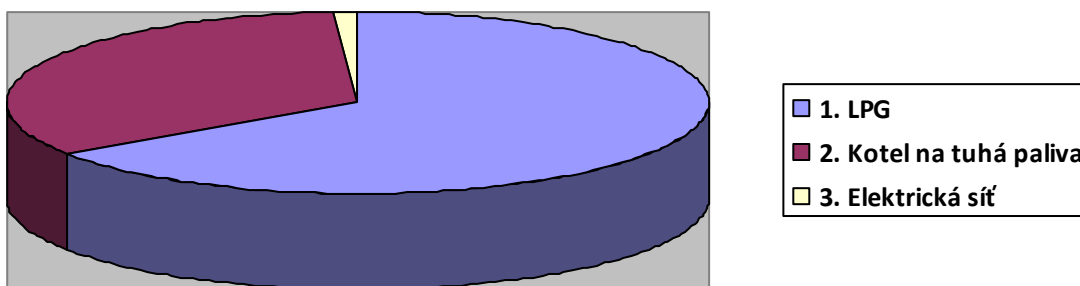
- kotel typu DAKON VKP103 – ocelový..... 42 372 Kč
- čerpadlo Wilo 25/40..... 2 190 Kč
- spojovací a jiný materiál..... 6 210 Kč
- doprava + montáž..... 3 400 Kč

Ročně se protopí kolem 9 m³ dřeva. Aktuální cena dřeva je cca 1 100,- Kč/ m³. Roční cena na vytápění chaty vychází 9 900,- Kč. Pro dobrou cirkulaci teploty je použito čerpadlo, které chatu energeticky zatíží, i přes to, však roční provoz čerpadla vyjde na 1000,- Kč. Součtem všech hodnot vychází roční výroba tepelné energie na 10 900,- Kč.

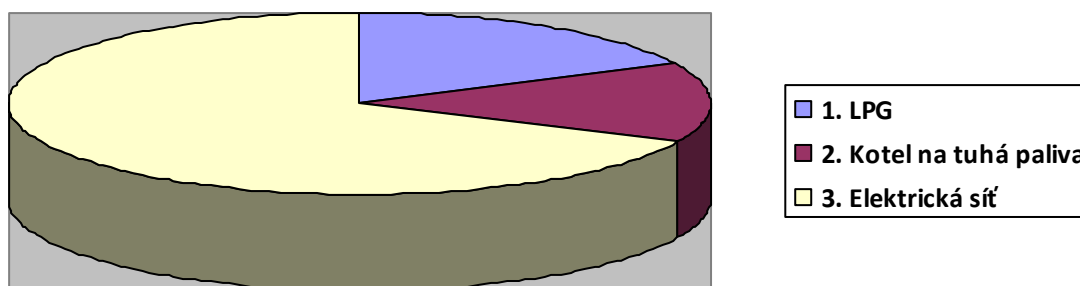
3. Varianta – elektrická energie

Výrobu tepelné energie pomocí elektrické energie uvádím opět jen pro srovnání. Tato varianta je jistě nejdražší a také, jak jsem uváděl, elektrická síť na chatu napojená není.

Celková roční finanční náročnost na tepelnou energii je 52 000,- Kč.



Graf 4.: Grafické znázornění investičních nákladů tří variant v Kč



Graf 4.: Grafické znázornění ročních nákladů na výrobu tepelné energie v Kč

5.1. Celkové ekonomické zhodnocení

Dříve byla horská chata zásobována pouze elektrickou energií, jak na vytápění, tak i pro ohřev TUV. Tento způsob energetického zásobování byl velmi nákladný. Rok od roku cena elektrické energie roste a s tím rostou i náklady. Kvůli odstranění elektrického vedení přešla horská chata na alternativní zásobování. Alternativní zásobování horské chaty mělo vcelku vysoké investiční náklady, ale návratnost investic bude poměrně krátká.

Jak se můžeme dočíst v kapitole 5., uvažoval jsem o několika variantách zásobování. Pro ohřev TUV je nejvýhodnější variantou solární ohřev, jedná se o nejlevnější alternativní zdroj pro ohřev vody. Výroba elektrické energie nemůže být podle mého kvalitně a efektivně zabezpečena ničím jiným, než větrnou elektrárnou. I přes to, že horská chata nespotřebuje ročně zvlášť velké množství elektrické energie, je elektricky natolik závislá, že jiný zdroj by byl každý rok velmi nákladný. Větrná elektrárna má určitou návratnost, v našem případě je to 2,8 let. Poté budou náklady na elektrickou energii prakticky nulové. Na zvážení jsou varianty pro výrobu tepelné energie. Rozhodoval jsem se mezi LPG a kotlem na dřevo. Investiční náklady LPG jsou dvojnásobně vyšší, ale po delší úvaze byla vybrána varianta s LPG (viz. Kapitola 5.)

Přehled investičních nákladů alternativního zásobování horské chaty:

| Navržené energetické zásobování | Cena |
|---------------------------------|---------|
| Solární systém pro ohřev TUV | 67 497 |
| Malá větrná elektrárna | 229 787 |
| Topný systém se zásobníkem LPG | 107 651 |
| Celková cena | 404 935 |

Předešlé roční náklady energetického zásobování pomocí elektrické energie byly ve výši 68 342,- Kč. Tuto částku můžeme počítat jako uspořenou za celý rok. Celkové investiční náklady činí 404 935,- Kč. Návratnost vypočítáme podílem celkové pořizovací hodnoty a uspořených ročních financí. Od uspořených ročních financí odečteme roční výdaje za LPG.

$$\text{Návratnost} = \frac{404935}{68342 - 13500} = 7,4 \text{ let}$$

Životnost solárního a větrného systému dosahuje 30 let. Díky krátké době návratnosti investic bude horská chata po uplynutí 7,4 soběstačnou. Jediné výdaje budou za LPG, tj. ročně kolem 14 000,- Kč.

6. Závěr

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout systém energetického zásobování pro dodávku elektrické a tepelné energie rekreačnímu objektu. Jde o horskou chatu ležící v Hrubém Jeseníku, asi 20 km od Šumperka. Návrh zásobování rekreační horské chaty je realizován z důvodu přejítí z elektrické sítě na alternativní zásobování, především pomocí obnovitelných zdrojů. Důvodem této odměny bylo zastaralé elektrické vedení a hlavně fakt, že vedení zasahovalo do krajinného rázu. Proto nebyla renovace elektrického vedení povolena. Proto, aby funkčnost této chaty byla zachována, byly navrženy systémy napájení z obnovitelných zdrojů a LPG. Mezi další úkoly této práce patřilo také shrnutí veškerých způsobů energetického zásobování odlehklých objektů, jako jsou např. sluneční, větrná, vodní energie, biomasa aj. včetně jejich možností akumulace.

Celkové energetické zásobování horské chaty se skládá ze tří částí. Nejprve jde o získávání tepelné energie pro ohřev TUV. Chata má dva zásobníky vody o objemu 125 L. Byl navrhnut systém o ploše kolektorů 6 m^2 . Solární systém bude plně ohřívat vodu v měsících od dubna do září. V chladnějších měsících od října do března bude voda dle potřeb sekundárně dohřívána pomocí LPG. Cena 1 kWh je 1,39,- Kč, proto je dohřev pomocí LPG ekonomicky výhodným. Aby byl ohřev solárními kolektory co nejefektivnější po celý rok, bude sklon kolektorů $\alpha = 45^\circ$. Celkové pořizovací náklady solárního systému jsou ve výši 67 497,- Kč vč. DPH a státní dotace Zelená úsporám. Dohřev TUV by měl ročně dosahovat výše 1 066,- Kč. Zásoba elektrické energie je realizovaná pomocí malé větrné elektrárny od firmy AERPLAST s.r.o. Jde o model elektrárny AP-2500 W. Výšku stožáru jsem určil na 24 metrů, což je dostačující výška pro průměrnou rychlost větru 5,26 m/s v daném okolí a tudíž i pro potřebný okamžitý výkon. Elektrická náročnost chaty není příliš velká, proto model AP-2500 bude plně dostačující pro pokrytí veškeré energie. K větrné elektrárně je připojen i akumulátor pro akumulaci nadbytečné energie. Tato uchovaná energie se využije v období větší energetické vytíženosti. Celková cena malé větrné elektrárny je 229 787,- Kč vč. DPH. U obou systémů, jak solárního, tak větrného, se počítá s životností 30 let a záruka na veškeré komponenty 2 roky. Proto, že životnost je poměrně velká, můžeme mluvit o krátkodobé návratnosti investice.

Vytápění chaty není realizováno z elektrické energie. Spotřebu elektrické energie bylo nutné minimalizovat, aby bylo cenově a technicky reálné větrnou elektrárnu postavit. Proto jsem jako nejvhodnější možnost zvolil vytápění pomocí LPG. Po celém objektu bylo rozmístěno 15 radiátorů. Obě toalety jsou součástí chodby, kde je vytápění zajištěno topnými tělesy. A tato tepelná energie z těles pokryje i vytápění toalet. Z tohoto důvodu by byla instalace radiátorů na toalety zbytečná. Vytápění nám bude zajišťovat plynový kondenzační kotel a plyn bude skladován v nadzemním zásobníku LPG o objemu 4 580 L. Vytápění pomocí LPG je levné a velmi ekologické. Zásobník LPG je dobré řešení i z důvodu jeho sekundárního využití k dohřevu TUV v chladných měsících, jak jsem se zmínil výše. Celkové pořizovací náklady činí 107 651,- Kč vč. DPH. Dále se bude jen cena za 1 kWh, která je 1,39,- Kč.

Vybudování alternativního zásobování horské chaty je ve výši 404 935,- Kč. Vzhledem k tomu, že dřívější celkové roční náklady za použití elektrické energie byly ve výši 68 342,- Kč, návratnost investic bude jen 7,4 let. Rekreační chata bude mít ročně jen náklady za plyn propan-butan. Přechodem z elektrické sítě jsme dosáhli nejen zachování funkčnosti rekreačního objektu, ale také též celkového snížení provozních nákladů. Myslím, že tento projekt nám ukazuje, v jakém rozsahu jdou obnovitelné zdroje použít pro energetické zásobování a také, jak jsou šetrné k přírodě a doufám v to, že se má práce stát impulzem k novému zdokonalování alternativních zdrojů pro využívání energetického zásobování.

7. Seznam použitých zdrojů

7.1. Literatura

- [1] FCC PPUBLIC, Akumulátory – od principu k praxi, 2003
- [2] Volker Quaschnig, Obnovitelné zdroje energií, GRADA, 2008
- [3] Zbyněk Ibler a kol., Technický průvodce energetika, BEN, 2002
- [4] W. Weiss, A. Themessl: Solární systémy, Grada Publishing, a.s., 2005
- [5] Hallenga, U., Malá větrná elektrárna, nakladatelství HEL
- [6] Crome, H., Technika využití energie vetru, HEL
- [7] Dušan Petráš a kolektiv, Vytápění rodinných a bytových domů

7.2. Internetové odkazy

- [1] <http://www.eru.cz>
- [2] <http://www.alternativni-zdroje.cz>
- [3] <http://www.breto-lpg.cz>
- [4] <http://www.solartop.cz>
- [5] <http://www.vetrne-elektrarny.eu>
- [6] <http://www.vitogaz.cz>
- [7] <http://www.profisolar.com>
- [8] <http://tzb.fsv.cvut.cz>
- [9] <http://www.akoupelnyatopeni.cz>
- [10] <http://energie.tzb-info.cz>
- [11] <http://www.tomegas.sk>
- [12] <http://www.ekodum.cz>
- [13] <http://www.quantumas.cz>
- [14] <http://www.cez.cz>
- [15] <http://www.ufa.cas.cz>
- [16] <http://www.topeni-korinek.cz>

8. Seznam použitých veličin a symbolů

| Značka | Význam | Jednotky |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| α | Úhel sklonu kolektoru | $^{\circ}$ |
| V_z | Objem zásobníku | m^3 |
| η | Účinnost kolektoru | - |
| ρ_v | Hustota vody při střední teplotě | $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ |
| τ_{skut}/τ_{teor} | Poměrná doba svitu | - |
| c_p | Měrná tepelná kapacita vody | $kW \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ |
| I_0 | Sluneční konstanta | - |
| $I_{stř}$ | Střední intenzita slunečního záření | $W \cdot m^{-2}$ |
| p | Přirážka na ztráty | - |
| S_k | Celková plocha kolektorů | m^2 |
| t_1 | Teplota studené vody | $^{\circ}C$ |
| t_2 | Teplota ohřáté vody | $^{\circ}C$ |
| t_v | Střední teplota vzduchu v době slunečního svitu | $^{\circ}C$ |
| Q_{kden} | Množství energie zachycené plochou $1 m^2$ | $kW \cdot h \cdot m^{-2}$ |
| Q_{spot} | Denní spotřeba tepla pro ohřev TUV | $kW \cdot h$ |
| Q_{Sden} | Skutečné množství dopadající energie | $kW \cdot h \cdot m^{-2}$ |
| Q_{kdent} | Teoreticky možné množství dopadající energie | $kW \cdot h \cdot m^{-2}$ |
| $Q_{s skut}$ | Skutečná dopadající energie | $kW \cdot h \cdot m^{-2}$ |
| Z | Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci užitkové vody | - |
| c_1, c_2 | Rychlost větru | $m \cdot s^{-1}$ |
| h_1, h_2 | Výška stožáru větrné elektrárny | m |
| a | Třída drsnosti povrchu Země | - |