

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGY INSTITUTE

## OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR

RENEWABLE RESOURCES OF ENERGY IN CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**MAREK TRUHLÁŘ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. LIBOR CHROBOCZEK**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student: Marek Truhlář

který studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

### **Obnovitelné zdroje energie v ČR**

v anglickém jazyce:

#### **Renewable resources of energy in Czech republic**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem bakalářské práce bude odborná rešerše zabývající se využitím obnovitelných zdrojů energie v podmínkách ČR se zaměřením na solární energii.

Cíle bakalářské práce:

- 1, Využití obnovitelných zdrojů energie k výrobě elektřiny a tepla.
- 2, Načrtnout současný stav, potenciál a podmínky využití solární energie v ČR, uvést používané typy solárních kolektorů a fotovoltaických článků.
- 3, Popsat vybranou fotovoltaickou elektrárnu realizovanou v ČR.

Seznam odborné literatury:

Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR, Motlík,J., ČEZ a.s 2003

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Libor Chroboczek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 25.10.2010

L.S.



---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu



---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

## **Abstrakt**

Obsahem bakalářské práce je odborná rešerše zabývající se využitím obnovitelných zdrojů energie v České republice. V první části práce jsou popsány jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů energie. Ke každému druhu je uveden princip, využití, potenciál v ČR a výhody a nevýhody jednotlivých. Ve druhé části je práce zaměřena hlavně na využití sluneční energie v podmínkách ČR. Je popsán současný stav fotovoltaiky u nás, používané typy solárních kolektorů a fotovoltaických článků. V závěru práce je popsána fotovoltaická elektrárna v Otrokovicích.

## **Abstract**

The content of this bachelor study is a technical recherche of the renewable resources of energy in the Czech republic. In the first part of the study there are described individual kinds of renewable resources of energy. The principle, the usage potential in Czech republic, some advantages and disadvantages about every topic are mentioned. In the second part the study is focused on usage of solar energy in the Czech Republic. The present state of used barrier-layer photocells and solar collectors is described in this part. In the last section there is a description of a photovoltaic power station in Otrokovice.

## **Klíčová slova**

obnovitelné zdroje energie, sluneční energie, vodní energie, větrná energie, geotermální energie, biomasa, fotovoltaická elektrárna, fotovoltaický jev, fotovoltaický článek

## **Key words**

renewable resources, solar energy, water power, wind power, geothermal energy, biomass, photovoltaic power station, photovoltaic effect, barrier-layer photocell

## **Bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690**

TRUHLÁŘ, M. *Obnovitelné zdroje energie v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. Vedoucí bakalářské práce Ing. Libor Chroboczek.

## Čestné prohlášení

Já, Marek Truhlář, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně, dne 20.5. 2011

.....

**Marek Truhlář**

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Liboru Chroboczkovi za jeho podporu a odborné vedení a důležité rady při zpracování mé bakalářské práce.

## Obsah

Úvod.....	9
1. Základní druhy zdrojů obnovitelné energie .....	10
1.1 Sluneční energie.....	11
1.1.1 Využití a transformace sluneční energie.....	11
1.1.2 Fotovoltaika, solární článek, solární panel .....	12
1.1.2.1 Historie a vývoj.....	12
1.1.2.2 Funkční princip a novodobý vývoj .....	13
1.1.2.3 Fotovoltaické systémy a aplikace .....	14
1.1.3 Rozdělení slunečních elektráren .....	15
1.1.4 Energetická návratnost.....	15
1.1.5 Porovnání .....	15
1.2 Vodní energie.....	16
1.2.1 Historie a vývoj hydroenergetiky.....	16
1.2.2 Využití a transformace vodní energie .....	16
1.2.2.1 Základní typy vodních turbín.....	17
1.2.3 Rozdělení vodních elektráren .....	19
1.2.4 Nakládání s vyrobenou energií .....	20
1.2.5 Výhody a nevýhody vodních elektráren .....	20
1.2.6 Hydroenergetika ČR .....	21
1.2.6.1 Vodní toky – jejich hydroenergetický potenciál.....	21
1.3 Větrná energie .....	22
1.3.1 Historie a vývoj.....	22
1.3.2 Využití a transformace větrné energie .....	22
1.3.3 Větrné elektrárny.....	22
1.3.1 Malé větrné elektrárny .....	22
1.3.2 Velké větrné elektrárny.....	23
1.3.4 Výhody a nevýhody větrných elektráren .....	24
1.3.5 Větrná energetika ČR.....	24
1.3.6 Porovnání .....	25
1.4 Biomasa.....	26
1.4.1 Zdroje biomasy .....	26
1.4.2 Využití a transformace energie z biomasy .....	27

1.4.3 Biopaliva .....	27
1.4.4 Výroba tepla z biomasy.....	28
1.4.5 Kombinované spalování biomasy a uhlí .....	29
1.4.6 Výhody a nevýhody bioenergie .....	29
1.4.7 Porovnání .....	29
1.5 Geotermální energie .....	30
1.5.1 Využití a transformace geotermální energie .....	30
1.5.2 Výhody a nevýhody .....	32
1.5.3 Využití geotermální energie ve světě.....	32
1.5.4 Využití geotermální energie v ČR .....	33
1.5.5 Porovnání .....	33
1.6 Tepelná čerpadla .....	34
1.6.1 Základní princip a charakteristika.....	34
1.6.2 Typy tepelných čerpadel .....	34
1.6.3 Ekonomické zhodnocení .....	35
2. Současný stav, potenciál a podmínky využití solární energie v ČR .....	36
2.1 Vývoj a stav fotovoltaiky v ČR .....	36
2.2 Potenciál a podmínky využití solární energie .....	37
2.3 Využití solární energie z ekonomického hlediska .....	38
2.3.1 Dotace a podpora výroby energie z obnovitelných zdrojů .....	38
2.3.2 Spotřebovat či prodávat vyrobenou energii .....	38
2.4 Používané typy solárních kolektorů a fotovoltaických článků .....	40
2.4.1 Fotovoltaické články .....	40
2.4.2 Solární kolektory.....	42
3. Popis vybrané fotovoltaické elektrárny realizované v ČR .....	45
3.1 Fotovoltaická elektrárna ČOV Otrokovice .....	45
3.1.1 Základní technické a funkční parametry .....	45
3.3.2 Produkce elektrické energie .....	47
3.3.3 Vyrobená energie a její cena.....	48
3.3.4 Ekonomické vyhodnocení.....	49
3.3.5 Environmentální vyhodnocení .....	49
4. Závěr.....	50
Seznam použitých zdrojů .....	52

---



## Úvod

Energii, ať už je v různých formách, lidstvo využívá k usnadňování práce, k běžným potřebám života tedy obecně k uspokojování svých potřeb. S narůstajícími požadavky na množství energie vyplývajících z vývoje civilizace, je potřeba řešit způsoby získávání energie a také její efektivní využívání.

Energie je získávána technologiemi na principu transformace určitého zdroje energie na užitečnější formu energie. V současné době je nepostradatelnou a nejužívanější energií elektřina a po ní následuje výroba tepla. S ohledem na vyčerpávání nejdostupnějších zdrojů energie plyne potřeba hledat zdroje alternativní respektive nové. Nové možnosti, mohou být hledány v principech i původně jiných zdrojích energie, jako jsou energie větru nebo vodní síly, či spalování dřeva, které mají dalekosáhlou historii.

Energie vytvořená v přírodě během milionů let, je převážně původem ze slunečního záření a z tepla zemského nitra. Tuto celkovou energii nyní lidstvo čerpá a spotřebovává různými způsoby, zohledňujícími různé ekonomické, sociální a environmentální problémy a požadavky. Všeobecně se zatím za nevyčerpatelný zdroj považuje energie ze Slunce a Země. Obecně se zatím více využívá dostupnějších ale vyčerpatelných zdrojů, což jsou především fosilní paliva.

Vývoj obnovitelných zdrojů energie je podporován více faktory a zkušenostmi jak z minulosti, tak i ze současné doby. K prvním podmínkám ke snaze zavést úsporné energetické programy v měřítku světové energetické politiky docházelo po prvních energetických šocích a krizích, jako byla například první ropná krize v 70. letech. Obnovitelné zdroje energie hrají také důležitou roli v problematice zmenšování emise kysličníku uhličitého (CO<sub>2</sub>) do atmosféry, čímž se také zabývá politika EU. Dále se také očekává, že se obnovitelné zdroje energie stanou ekonomicky konkurenčním konvenčním zdrojům energie v středním až dlouhém období. [1]

Definice obnovitelného zdroje podle českého zákona o životním prostředí je: „Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

Definice podle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů): „*Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ [2]

## 1. Základní druhy obnovitelných zdrojů energie

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní energetické zdroje, které mají schopnost částečné nebo úplné obnovy. Obnovitelnými zdroji energie mohou být obecně označovány některé, na Zemi přístupné formy energie, získané hlavně z jaderných přeměn, které probíhají v nitru Slunce. Dalšími případy jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země - Měsíc.

Obr.1: Obnovitelné zdroje energie [21]



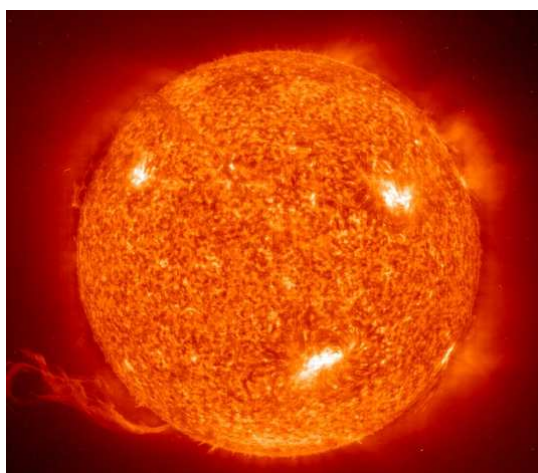
Z těchto základních přírodních podmínek lidstvo čerpá energii ve formě slunečního záření, větrné energie, vodní energie, geotermální energie, energie přílivu, biomasy a další. Původ většiny obnovitelných zdrojů je ze slunečního záření, proto je největší potenciál v přímém využívání právě tohoto záření k výrobě tepla a elektřiny. Z této energie pak na Zemi vznikají další druhy obnovitelných zdrojů energie, jako jsou sluneční energie, větrná energie, vodní energie a další.

Principem a podstatou sluneční energie jsou termojaderné reakce probíhající na Slunci již několik miliard let. Přeměňuje se sluneční vodík na helium, přičemž se uvolňuje velké množství energie. Vzhledem ke skutečnosti, že vyčerpání zásob vodíku na Slunci se předpokládá až v řádu miliard let, je tento zdroj energie označován jako obnovitelný. Ze Slunce je pak uvolněná energie předávána na Zemi ve formě záření. Energetický příkon ze Slunce je ve vzdálenosti, v níž se nachází Země, přibližně  $1367 \text{ W/m}^2$ . Tento výkon se označuje jako solární konstanta. [3]

## 1.1 Sluneční energie

Sluneční energie je energií elektromagnetického záření, jehož spektrum se dělí na záření ultrafialové (vlnová délka do 400 nm), záření viditelné (vlnová délka v rozmezí od 400 až do 750 nm) a záření infračervené (vlnová délka nad 750 nm). Záření je pak transformováno technickým zařízením (fotovoltaický článek, solární kolektor). Sluneční energie je jediný obnovitelný zdroj, který má dostatečný potenciál na dlouhodobé pokrytí energetických potřeb lidstva bez negativních vedlejších následků. [4]

Obr. 2: Slunce [22]



### 1.1.1 Využití a transformace sluneční energie

Solární energie je čistá, ekologicky nezávadná a nevyčerpatelná a mezi všemi ostatními obnovitelnými zdroji energie zaujímá zvláštní pozici tzv. „přímé“ využití, tj. například ohřev vody, přitápění pomocí solárních kolektorů nebo výroba elektřiny fotovoltaickými panely. Její hlavní nevýhodou je, že sluneční záření má jen malou plošnou hustotu a proto zařízení pro její zachycení jsou poměrně velká, a tudíž také finančně nákladná. Na tuto problematiku navazuje účinnost, jenž je u solárních kolektorů pro ohřev vody zhruba 30-40%, fotovoltaické články mají průměrnou účinnost jen kolem 15 %. Solární energie je čerpána a transformována slunečními elektrárnami. Obecně se sluneční elektrárny dělí na dva základní druhy podle typu přeměny energie. [5]

Problematika vedoucí k zajištění dostatečných zdrojů energie se odehrává na více úrovních. Na úrovni občanů jde o podobu úspor energie a využití některých lokálně dostupných obnovitelných energetických zdrojů (v současnosti je solární energie nejlépe využitelná v systémech na ohřev vody, což pokryje přibližně 10% energetické spotřeby celého domu). Na úrovni státu nebo EU se řeší dlouhodobá energetická politika, tj. jaderná nebo termojaderná energie, odstraňování uhlíku ze spalin (CSS) apod. [5]

## 1.1.2 Fotovoltaika, solární článek, solární panel

### 1.1.2.1 Historie a vývoj

Fotovoltaický jev objevil v roce 1839 francouzský fyzik Alexander Edmond Becquerel. V roce 1883 pak Charles Fritts sestrojil první fotovoltaický článek. Základním principem bylo potažení polovodivého selenu velmi tenkou vrstvou zlata. Tento článek však měl pouze jednaprocentní účinnost. Až v roce 1946 si první patent konstrukce solárního článku nechal udělat Russel Ohl. Dnešní podoba solárních článků vznikla roku 1954 v Bell Laboratories. Při experimentech s dopovaným křemíkem byla objevena jeho vysoká citlivost na osvětlení. Výsledkem experimentů byla nakonec realizace fotovoltaického článku, který měl již účinnost zhruba šest procent. [6]

Význam fotovoltaiky se nejprve projevoval hlavně v oblastech kosmického výzkumu, kde fotovoltaika tvoří prakticky jediný zdroj elektrické energie pro umělé družice země. První družice využívající fotovoltaiku byla sovětská družice Sputnik 3, vypuštěná na oběžnou dráhu 15. května 1958. [6]

Obr. 3: Vesmírná družice s fotovoltaickými panely [23]

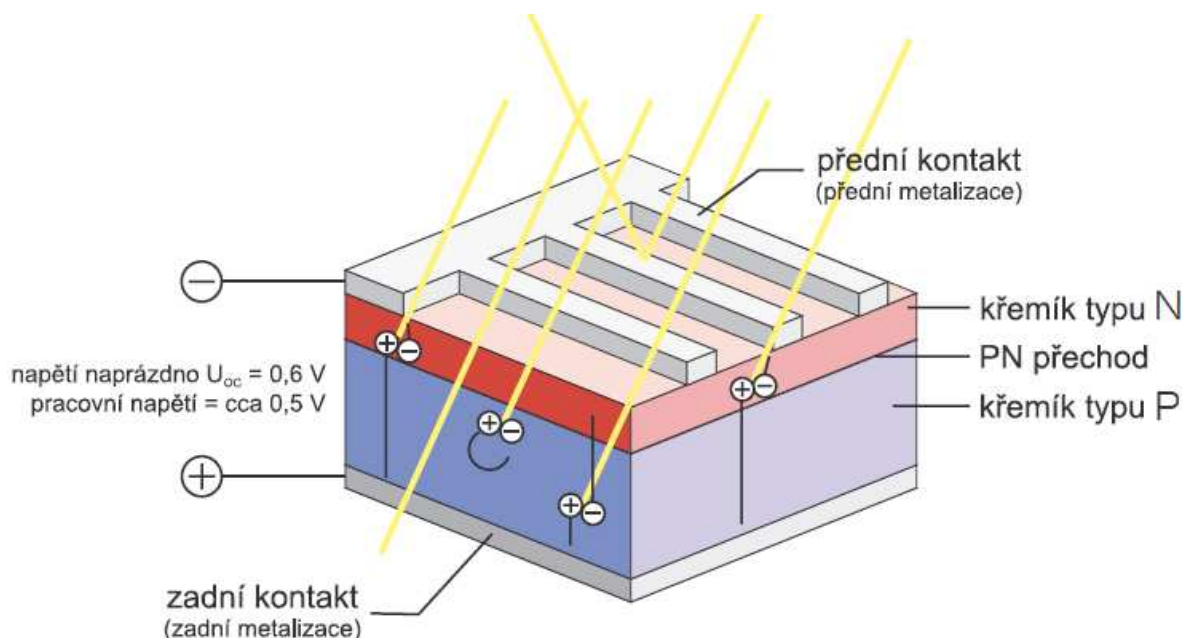


V sedmdesátých letech byly fotovoltaické články využívány ropnými společnostmi těžícími v Mexickém zálivu. Na automatických ropných plošinách se elektrická energie využívá pro osvětlení (maják) a pro ochranu proti korozi. Fotovoltaické články pak zcela vytlačily tehdy používané primární články elektrické energie. [6]

### 1.1.2.2 Funkční princip, novodobý vývoj

Fotovoltaika využívá přímé přeměny světelné energie na elektrickou energii v polovodičovém prvku, kterým je fotovoltaický nebo také solární článek. Solární článek je velkoplošná dioda alespoň s jedním PN přechodem. Ozáření solárního článku jsou generovány elektricky nabitě částice (pár elektron – díra). Elektrony a díry jsou separovány vnitřním elektrickým polem přechodu PN. Rozdělením náboje vzniká napěťový rozdíl mezi „předním“ (-) a „zadním“ (+) kontaktem solárního článku. Vnější obvodem, který je zapojen mezi oba kontakty pak protéká stejnosměrný elektrický proud, který je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření. Napětí jednoho článku má hodnotu přibližně 0,5 V. To je příliš nízké pro další běžné využití, proto se sériovým propojením více článků získá napětí, které je již lze využít v různých typech fotovoltaických systémů. Standardně se používají sestavy pro jmenovité provozní napětí 12 nebo 24 V. Tyto vytvořené soustavy článků v sériovém nebo i sériovo-paralelním řazení jsou hermeticky uzavřeny ve struktuře krycích materiálů výsledného solárního panelu. [1]

Obr. 4: Princip funkce solárního článku [1]



Solární panely jsou opatřeny předním krycím sklem a solární články jsou zalaminovány do struktury plastových folií. Solární panely mohou být v podobě fasádních skel, střešní krytiny nebo fasádních obkladů. Na panely jsou kladeny vysoké nároky ohledně mechanické a klimatické odolnosti tak, aby byla zajištěna dlouhá životnost. Krycí materiály však musí mít vysokou optickou a izolační stálost. Předpokládaná životnost panelů je pak většinou garantována na 20 let, ale předpokládá se i delší než 30 let. [1]

Vývoj solárních článků dospěl k řadě rozdílných technologií. Zatím nejvíce propracovaná a stabilizovaná je **technologie založená na krystalickém křemíku**, jejímž základem je plátek o tloušťce 0,20–0,35 mm z křemíku s monokrystalickou nebo multikrystalickou strukturou. Jedná o plátky čtvercového tvaru s rozměry až 150×150 mm. Energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii je u této technologie 14 až 17 %. U laboratorních vzorků dosahuje účinnost až 28 %.

### 1.1.2.3 Fotovoltaické systémy a aplikace

Pro transformaci elektrické energie je potřeba připojit k solárnímu panelu nejen elektrické spotřebiče, ale i další technické prvky. Těmi mohou být akumulátorová baterie, regulátor dobíjení, napěťový střídač, indikační a měřicí přístroje, apod. Celá sestava fotovoltaických panelů, podpůrných zařízení, spotřebiče a případných dalších prvků se označuje názvem fotovoltaický systém, kde množství a skladba prvků tohoto systému závisí na druhu aplikace.

**Systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off)**, tzv. ostrovní systémy se instalují na místech, kde není účelné budovat elektrickou přípojku. Výkony těchto systémů se pohybují v rozmezí 1W –10 kW špičkového výkonu. U těchto systémů je kladen důraz na minimální ztráty energie a na používání energeticky úsporných spotřebičů. Systémy grid-off můžeme rozdělit do skupin na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy. [1]

**Systémy s přímým napájením** jsou využívány tam, kde není kladen důraz na nepřetržitý chod připojeného elektrického zařízení, protože jsou limitovány dobou dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se o jednoduché propojení solárního panelu a spotřebiče. Příklady aplikace: čerpání vody pro závlahu, napájení ventilátorů a nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů – svítidla, mobilní telefon, atd. [1]

**Systémy s akumulací elektrické energie** se využívají tam, kde je potřeba elektřiny i v době bez přímého slunečního záření. Proto mají tyto ostrovní systémy akumulátorové baterie. Ty se optimálně dobíjí a vybíjí, což je zajišťuje elektronický regulátor. K ostrovnímu systému můžeme připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí systému bývá zpravidla 12 nebo 24 V) a běžné síťové spotřebiče 230V/~50Hz napájené přes střídač. Příklady aplikace: napájení dopravní signalizace, veřejného osvětlení, telekomunikačních zařízení, zahradní svítidla, světelné reklamy. [1]

**Hybridní ostrovní systémy** se používají k celoročnímu provozu se značným vytížením. Protože v zimních měsících se získává z fotovoltaiky mnohem méně elektrické energie než v letních měsících, je nutné tyto systémy navrhovat i na zimní provoz. To má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a tím i znatelné zvýšení pořizovacích nákladů. Příklad aplikace: rozsáhlé systémy pro napájení budov s celoročním provozem v lokalitách bez připojení k elektrické síti. [1]

**Síťové fotovoltaické systémy (grid-on)** se jsou nejvíce využívány v oblastech s hustou elektrorozvodnou sítí, do níž je elektrická energie ze solárních panelů dodávána přes síťový střídač. Systémy jsou řízeny mikroprocesorem a jsou plně automatické. Špičkový výkon těchto systémů se pohybuje v intervalu kW až MW. Příklady aplikací: střechy rodinných domů, fasády a střechy větších budov, fotovoltaické elektrárny, posilovače koncových větví rozvodné sítě. [1]



### 1.1.3 Rozdělení slunečních elektráren

#### Elektrárny s termickou přeměnou

Dopadající sluneční paprsky se za pomoci soustavy zrcadel soustřeďuje do jednoho bodu na tzv. ohniskový absorbér. Absorbérem protéká teplonosná kapalina, ta se zahřívá na vysokou teplotu dokud se nezačne měnit na přehřátou páru. Tato pára pak uvádí do chodu turbínu, která je spojena s generátorem a ten následně produkuje elektrickou energii. Tento typ elektráren se u nás, ale nevyužívá, protože pro významnou funkci tohoto typu elektrárny jsou potřebné mnohem příhodnější klimatické podmínky a to především velký počet slunečných dnů v roce.

#### Elektrárny s fotovoltaickou přeměnou

Jedná se o daleko rozšířenější typ elektráren. Princip transformace energie je založen na fotovoltaické jevu. Je tedy tvořena fotovoltaickými panely, které produkují stejnosměrný elektrický proud. Stejnosměrný proud je následně měničem přeměněn na střídavý proud a ten již pak může být dodáván do elektrorozvodné sítě.

### 1.1.4 Energetická návratnost

Energetická návratnost je důležitý ukazatel, který určuje dobu, za kterou solární panel vyrobí tolik energie, kolik bylo vynaloženo na jeho zhotovení. Byl posuzován solární panel s krystalickými křemíkovými články a tenkovrstvý solární modul se strukturou CIS. Na energii náročnější technologie výroby solárních panelů s krystalickým křemíkem má dobu energetické návratnosti kolem 3 let a u panelu s tenkovrstvou strukturou CIS získáme zpět spotřebovanou energii za méně než dva roky. [1]

### 1.1.5 Porovnání

Jelikož využívání obnovitelných zdrojů se zatím stále vyvíjí, je zatím potřeba respektovat a uvažovat i stávající zdroje energie, byť vyčerpatelné. Mezi perspektivní patří jaderné elektrárny. Pro porovnání tedy zkusme použít stávající roční produkci (údaje za rok 2010) obou bloků jaderné elektrárny Temelín, což je 13,7 milionů MWh elektřiny. Jako referenční uvažujme sluneční elektrárnu v Bučanovicích u Prachatic s výrobou 600 MWh za rok a plochou kolektorů 0,62 ha. Po přepočtu se do dostaneme se na plochu 14 157 ha. To je plocha, kterou by musela elektrárna v Bučanovicích mít, aby se při využívání její stávající technologie, vyrovnala roční výrobě energie jaderné elektrárny Temelín. [5]

## 1.2 Vodní energie

Vodní energie vzniká při koloběhu vody na Zemi působením sluneční energie a gravitační síly Země. Vodní energií se míní technicky využitelná potenciální, kinetická, nebo tepelná energie veškerého vodstva na Zemi. Vodní energie má dalekosáhlou historii. Využívala se k dopravě, k pohonu mechanismů (mlýnů, hamrů, apod). V současné době je její největší potenciál ve výrobě elektrické energie. [8]

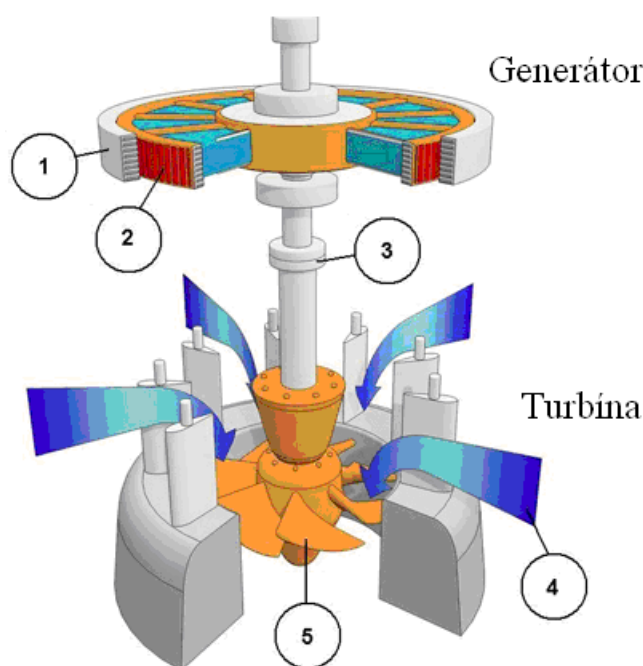
### 1.2.1 Historie a vývoj hydroenergetiky

Vodní energie patří k nejdéle využívaným energetickým zdrojům. Rozvoj techniky v této oblasti se však na delší dobu pozastavil a efektivnost využití se zvyšovala pouze zvětšováním velikostí vodních kol. Až v roce 1827 byla sestrojena první přetlaková turbína. Následovala Francisova turbína v roce 1847, Peltonova turbína v roce 1880 a Kaplanova turbína v roce 1918. Další důležitou částí rozvoje hydroenergetiky byl přenos elektrické energie na větší vzdálenosti, což přiblížilo zdroje vodní síly k místům spotřeby. V roce 1896 v USA byla uvedena do provozu první vodní elektrárna (Niagara) vyrábějící střídavý elektrický proud v USA. [1]

### 1.2.2 Využití a transformace vodní energie

Nejběžnější způsob využívání vodní energie je její přeměna v energii elektrickou. Vodní energie je transformována na elektřinu pomocí vodních elektráren. V těchto zařízeních se využívá proudění vody (kinetická energie – rychlost a spád toku) a tlaku (výškový rozdíl hladin), případně spolupůsobení těchto veličin. Voda roztáčí turbínu, která je na společné hřídeli s elektrickým generátorem (tento celek tvoří tzv. turbogenerátor). Generátorem je pak mechanická energie proudící vody přeměněna na energii elektrickou.

Obr. 5: Turbogenerátor [24]



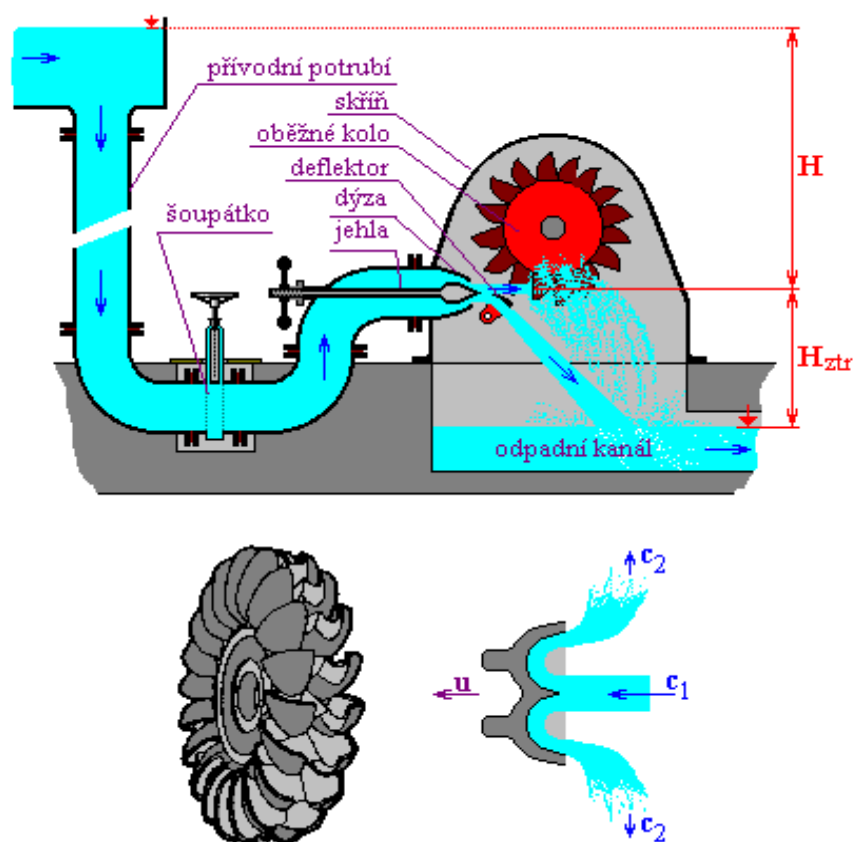
Legenda: 1 - stator, 2 - rotor, 3 - hřídel, 4 - proud vody, 5 - lopatky turbíny



### 1.2.2.1 Základní typy vodních turbín

**Peltonova turbína** se používá pro větší výkony, velký spád a menší průtok vody. Voda je přiváděna k turbíně potrubím kruhového průřezu, které vede k jedné nebo více dýzám. V dýze, která má kruhový průřez se celý spád vody transformuje na kineickou energii. Voda vstupuje tangenciálně do oběžného kola osazeného lžícovitými lopatkami. Břit uprostřed lopatek dělí paprsek na dvě poloviny a lžícovitý tvar lopatky otáčí směr tekoucí vody zpět. Změna směru tak předá energii oběžnému kolu. Vzájemným souběhem rychlosti vody tekoucí po lopatce při současném otáčení oběžného kola dochází k tomu, že voda opouští lopatky na vnější straně s minimální zbytkovou rychlostí. Plně je využitý spád  $H$ , výškový rozdíl  $H_{ztr}$  je ztracený a energeticky nevyužitý viz obr č. 6. [7]

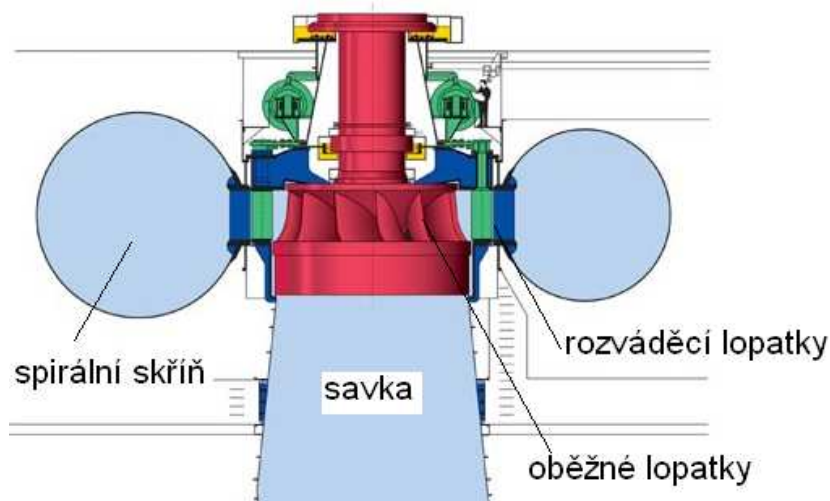
Obr. č. 6: Schematické znázornění Peltonovy turbíny [7]



$c_1$ ...vstupní rychlost vody do lopatek [m/sec.],  $c_2$ ...výstupní rychlost vody z lopatek [m/sec.]

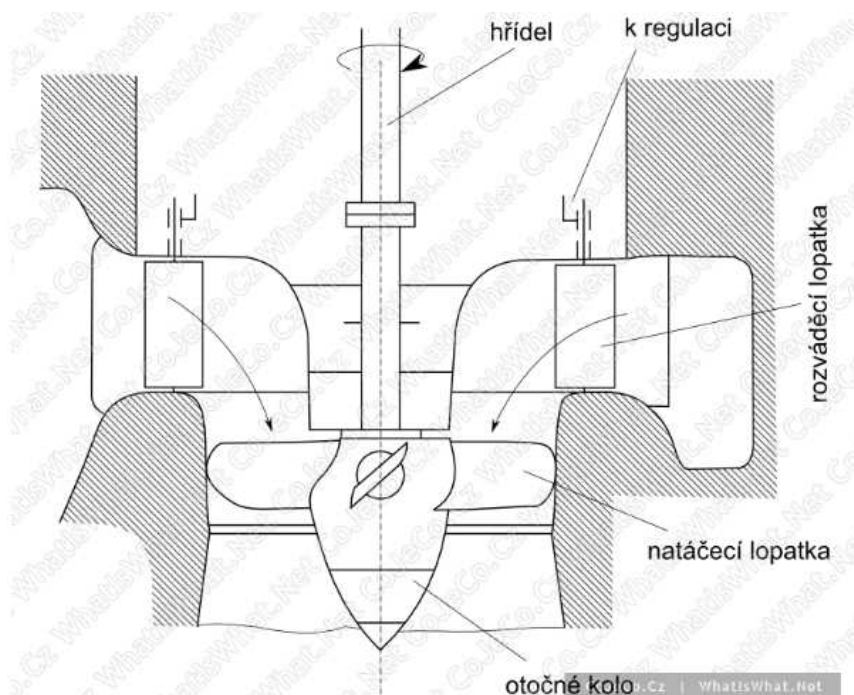
**Francisova turbína** je využívána pro velký rozsah spádů i průtoků a je zatím nejrozšířenější přetlakovou turbínou. Voda proudí do spirální skříň turbíny, protéká rozváděcím kolem, naráží na lopatky oběžného kola a odtéká sací troubou. Výkon se reguluje natáčením lopatek rozváděcího kola.

Obr. 7: Schématické znázornění Francoisovy turbíny [25]



**Kaplanova turbína** je tzv. vrtulová turbína. Má natáčivé lopatky rozváděcího i oběžného kola. Je vhodná pro vodní elektrárny s kolísavým průtokem a spádem. Její výhodou jsou vysoké otáčky, což umožňuje používat generátory jednodušší konstrukce.

Obr. 8: Schématické znázornění Kaplanovy turbíny [26]

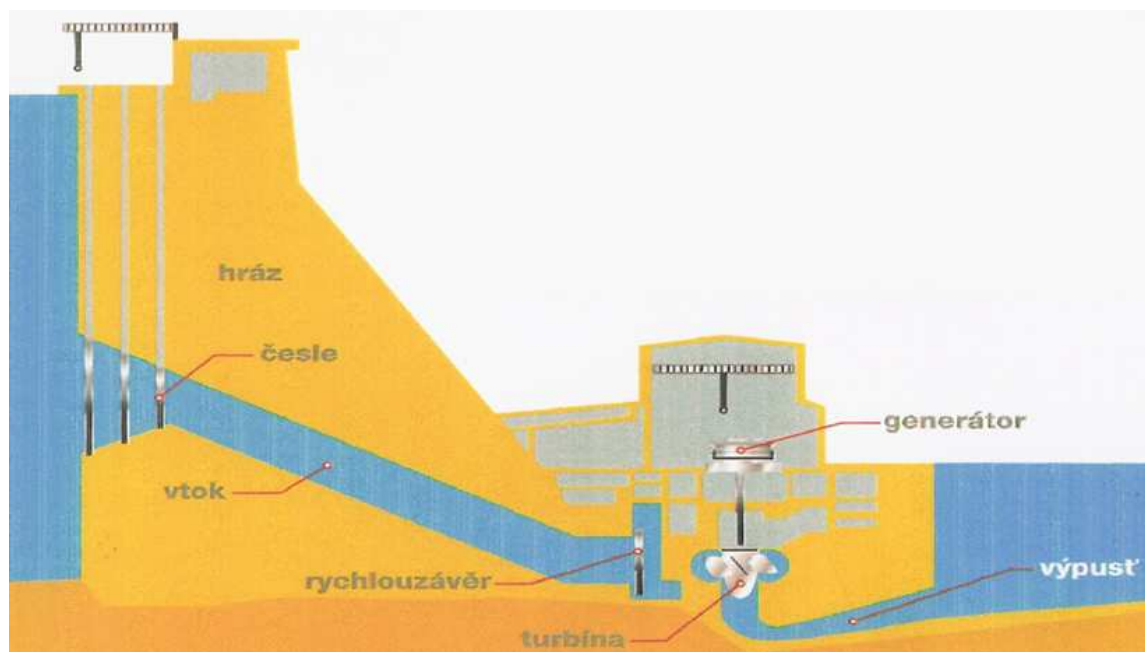


### 1.2.3 Rozdělení vodních elektráren

Vodní elektrárny dělíme z několika hledisek [19]

- **podle způsobu provozu:**
  - *akumulační* – pracují s řízeným odběrem vody z akumulační nádrže
  - *průtočné elektrárny* – pracují s přirozeným vodním průtokem
- **podle využití měrné energie:**
  - *přetlaková* – pracuje se sníženým tlakem (Kaplanova turbína, Francisova turbína)
  - *rovnotlaká turbína* – pracuje s turbínou s volným odpadem vody (Peltonova turbína)
- **podle přívodu vody k turbíně a systému soustředění měrné energie:**
  - *derivační* – přivádí vodu přivaděčem (potrubí, kanál) z vodního zdroje do turbíny
  - *přehradní a jezové elektrárny* – využívají energii pomocí vzdouvacího zařízení (přehrada, jez)
  - *přečerpávací (akumulační)* – přečerpávají vodu v době přebytku elektrické energie a využívají pak levný provoz v energetické špičce

Obr. 9: Schématický řez hrází a vodní elektrárnou [27]



V ČR se obecně hydroenergetika dělí na malé vodní elektrárny a velké vodní elektrárny. Jedná se tedy o rozdělení dle výkonu:

- malé – s instalovaným výkonem do 10 MW
- velké – s instalovaným výkonem nad 10 MW

**Malé vodní elektrárny** se většinou budují v místě bývalých mlýnů a jezů a vyrobí ročně v průměru 680 GWh elektřiny. Malé vodní elektrárny se zaručeným výkonem a vyráběnou energií, představují v souhrnu velký energetický zdroj a mohou tak ušetřit mnoho tuhých, plynných a kapalných paliv, která navíc škodí životnímu prostředí. [1]

**Velké vodní elektrárny** včetně přečerpávacích vyrobí ročně 1 580 GWh. Největší instalovaný výkon má elektrárna na přehradě Tři soutěsky v Číně - 22 500 MW po dokončení v roce 2009. [10]

#### 1.2.4 Nakládání s vyrobenou elektrickou energií

Protože elektrickou energii nelze skladovat, využívá se potenciální energie vody k její přeměně na energii elektrickou a naopak. To znamená, že pokud je spotřeba elektrické energie minimální (tj. je jí v napájecí soustavě přebytek), pracují soustrojí v opačné roli, turbíny v roli čerpadel a alternátory v roli synchronních elektromotorů. Toto soustrojí pak plní horní nádrž přečerpávací elektrárny vodou z dolní nádrže, systém spotřebovává elektrickou energii z elektrorozvodné sítě. Spotřebovává tak obvykle elektřinu vyrobenou z jiných zdrojů. V opačném případě, pokud je tzv. energetická špička nebo je požadavek na maximální odběr (tj. elektrické energie je v napájecí soustavě nedostatek), pak pracují turbíny a alternátory v normálním režimu. Voda z horní nádrže je řízeně vypouštěna do dolní nádrže přes turbíny. Tím je akumulovaná potenciální energie vody přeměňována zpět na energii elektrickou a vrací se tak zpět do elektrorozvodné sítě. [8]

#### 1.2.5 Výhody a nevýhody vodních elektráren

##### Výhody:

- energie vodních toků se počítá k obnovitelným zdrojům - nelze ji vyčerpat
- jejich provoz minimálně znečišťuje okolí, vyžadují minimální obsluhu i údržbu a lze je ovládat na dálku
- mohou startovat během několika sekund a dispečink je tak může používat jako špičkový zdroj k pokrytí okamžitých nároků na výrobu elektrické energie
- přehradní jezera mohou sloužit pro další účely, zejména pro rekreační účely nebo jako zdroje pitné či užitkové vody tzn. pro vodohospodářské účely

##### Nevýhody:

- značná cena a čas výstavby a nutnost zatopení velkého území
- závislost na stabilním průtoku vody
- přehradní hráz dokáže zabránit i menším povodním, velké katastrofální povodně ovlivňuje velmi málo
- přehradní hráze a jezy brání běžnému lodnímu provozu na řece, je nutno vybudovat systém plavebních komor resp. zdymadel

## 1.2.6 Hydroenergetika ČR

V tuzemsku jsou v současnosti vodní elektrárny mezi obnovitelnými zdroji hlavním zdrojem elektřiny. Největší podíl na tom má především tzv. vltavská kaskáda, kam spadají tři největší elektrárny - Orlik, Slapy a Lipno. Potenciál takových velkých vodních elektráren je v ČR již vyčerpán. Malých vodních elektráren je v současnosti na našem území přes 500. Ve stádiu úvah a studií ještě zbývá výstavba přečerpacích vodních elektráren, ale jejich realizace zatím také nemá konkrétní podobu.

Nejvýkonnější vodní elektrárnou v ČR je přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně. Elektrárna patří společnosti ČEZ a nachází se v Hrubém Jeseníku, uvnitř CHKO Jeseníky. Jedná se o nejvýkonnější vodní elektrárnu v Česku – její instalovaný výkon je  $2 \times 325$  MW (využívá Francisovy turbíny). [8]

### 1.2.6.1 Vodní toky – jejich hydroenergetický potenciál

Vodní toky na našem území jsou řízeny pěti správami - Povodí Labe, Povodí Vltavy, Povodí Ohře, Povodí Moravy a Povodí Odry. Do roku 2001 měly tyto instituce charakter akciových společností a od roku 2001 jsou státními podniky. Mají na starost veškerou legislativu provozu, užívání a využívání toků v rozvodí těchto řek. [1]

Tab. 1: Technicky využitelný hydroenergetický potenciál toků v ČR do 10 MW dělený podle dílčích povodí [1]

Povodí	Výkon [MW]	Výroba [GWh/rok]
Labe	114	420
Vltava	164	430
Ohře	78	300
Odra	56	100
Morava	100	250
<b>Celkem</b>	<b>512</b>	<b>1500</b>

Obr. 10: Mapa rozmístění jednotlivých typů elektráren v ČR [28]



## 1.3 Větrná energie

Větrná energie je další typem formy sluneční energie. Vzniká při nerovnoměrném ohřívání Země, což způsobuje tlakové rozdíly v atmosféře, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Větrná energie se využívá především k výrobě elektřiny pomocí větrných elektráren, které dělíme na dva základní druhy: systémy dodávající elektřinu do rozvodné sítě (grid-on) a systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off). [5]

### 1.3.1 Historie a vývoj

V minulosti se energie větru využívala ve větrných mlýnech, kdy její největší rozkvět přišel ve 40. letech 19. století v době větrného mlynářství v Čechách. Dále byla využívána ve větrných turbínách pro pohon vodních čerpadel. Dnešní využití větrných elektráren na výrobu elektrické energie je v ČR zatím mladá technická oblast. V rámci Evropy se mezi průkopníky vývoje a konstrukce větrných elektráren patřily Dánsko a SRN. [1]

### 1.3.2 Využití a transformace větrné energie

Větrná energie je transformována pomocí turbín, které jsou základním prvkem větrných elektráren. Aerodynamické síly, které vznikají podél rotorových listů, převádí větrná turbína na rotační mechanickou energii. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu roste vztlaková síla s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem pak roste s třetí mocninou. To si vynucuje účinnou regulaci výkonu rotoru, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny.

Pro využívání větrné energie je tedy nejdůležitější veličinou rychlost větru. Lokality vhodné pro výstavbu větrných elektráren by měly mít průměrnou rychlost větru minimálně 5 m/s.

Závislost výkonu větru na hustotě vzduchu je v reálné atmosféře vyjádřena funkcí nadmořské výšky a dále je funkcí neperiodického střídání teplých a studených vzduchových hmot. Orientačně lze říci, vezme-li se za základní výkon větrné elektrárny v úrovni hladiny moře, že ve výšce 500 m bude výkon nižší o 5 %, ve výšce 800 m o 7 % a ve výšce 1200 m o 11 %. [1]

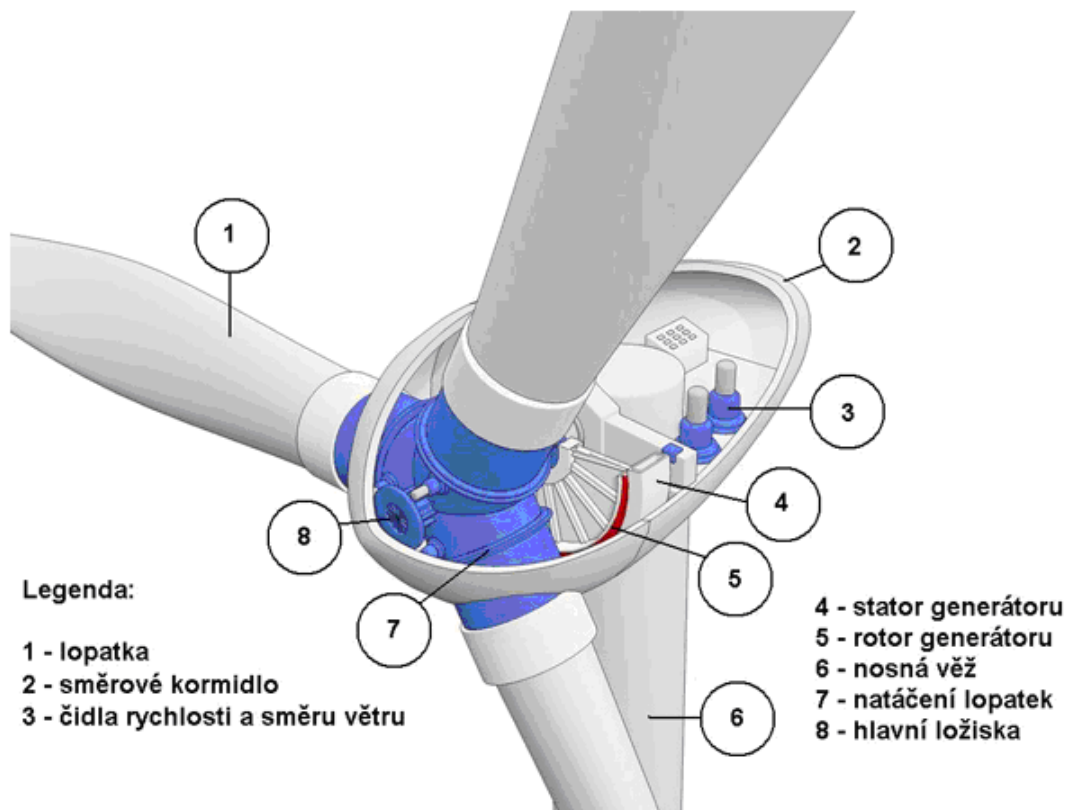
Obecně jsou nejpříhodnějšími lokalitami pro výstavbu větrných elektráren pobřeží moří. V České republice jsou pro výstavbu větrných elektráren vhodné horské hřebeny.

### 1.3.3 Větrné elektrárny

#### 1.3.3.1 Malé větrné elektrárny

K malým větrným elektrárnám řadíme turbíny s výkonem nižším než 40 kW. Tato mez se však může měnit s vývojem technologie. Při nižších rychlostech větru je stavba malé větrné elektrárny vhodná v případech, kde není k dispozici jiný zdroj energie. Malé větrné elektrárny mohou sloužit pro vytápění chalup a chat, případně jinak energeticky přispívat. [1]

Obr. 11: Schéma větrné elektrárny [29]



### 1.3.3.2 Velké větrné elektrárny

Jsou to elektrárny s výkonem nad 40 kW. Využívají dva různé aerodynamické regulační principy přizpůsobení výkonu na nominální výkon generátoru. Prvními jsou rotory s pevně nastavenými listy s autoregulací výkonu (**stall control**), druhou skupinou jsou rotory s nastavitelnými listy (**pitch control**). Dříve se většinou využívala jednoduchá „stall“ regulace, ale s rostoucí velikostí větrných elektráren je dáována přednost „pitch“ systému. Ten umožňuje větší měrou ovlivnit provoz větrných elektráren.

**Pitch regulace** je aktivní systém pracující se vstupním signálem o výkonu generátoru. Při překročení nominálního výkonu generátoru, změní listy rotoru úhel nastavení vůči proudění vzduchu. Tím se zmenší hnací aerodynamické síly a zmenší se využití výkonu turbíny. Úhel náběhu proudu vzduchu se vždy nastaví tak, aby turbína dávala právě nominální výkon.

Ke větší efektivitě provozu a snížení nákladů na projektování a výstavbu se velké elektrárny sdružují do skupin (obvykle 5 až 30 elektráren), tzv. větrných farem. [1]

Největší produkci větrné energie mají Spojené státy americké, v Evropě nejrychleji přibývají větrné elektrárny na území Německa a Španělska. Doposud největší větrná farma byla spuštěna v americkém Texasu. [5]



Obr. 12: Větrná farma v Texasu [30]



### 1.3.4 Výhody a nevýhody větrných elektráren

#### Výhody:

- větrné elektrárny užívají pro výrobu elektřiny čistý přírodní zdroj, jenž nevyžaduje další úpravy
- neprodukují odpad a skleníkové plyny.
- po jejich instalaci lze i nadále využívat okolní půdu (např. pro zemědělské účely).

#### Nevýhody:

- narušují vzhled krajiny
- způsobují hluk
- za jasných dnů odráží vrtule elektráren sluneční záření (způsobuje tzv. diskoeffekt)
- časová nestabilita, kterou je nutné řešit záložními energetickými zdroji

### 1.3.5 Větrná energetika ČR

V České republice se první větrné elektrárny začaly stavět v 80. letech 20. století. Zájem o větrnou energetiku vzrostl mezi lety 1990–1995. Od druhé poloviny 90. let 20. století se však tento trend zastavil. Ke změně dochází až od roku 2001, kdy jsou výkupní ceny elektřiny vyrobené z větrné energie určovány centrálně Energetickým regulačním úřadem (ERÚ). Následný nárůst cen, včetně jistoty garance jejich výše, přispěly k zatraktivnění větrné energie pro mnoho investorů.

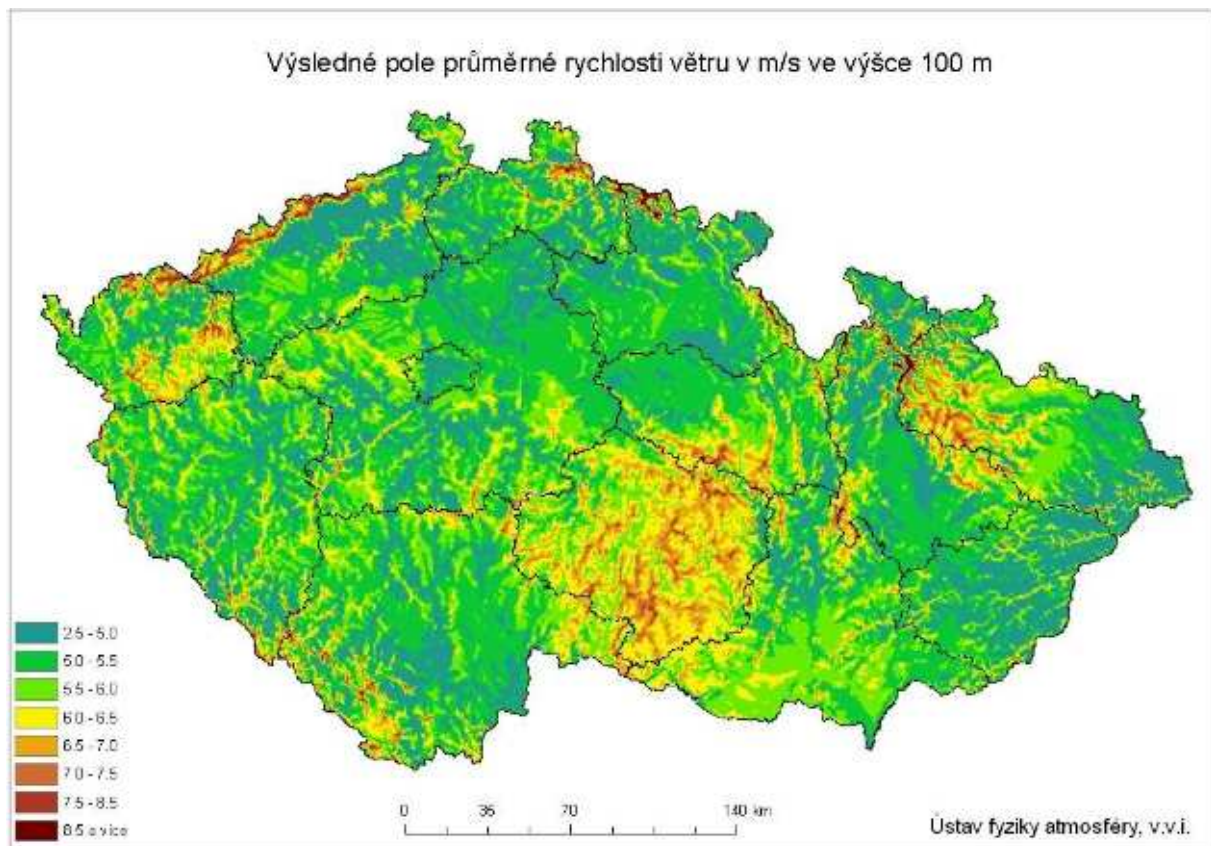
V České republice jsou nejvhodnějšími místy pro stavbu větrných elektráren Krušnohorská, Jesenická a Českomoravská vrchovina. Některá z těchto míst ale nelze využít, protože se jedná o chráněné oblasti. [5]



Největší větrnou farmu v České republice provozuje německá firma Ecoenerg Windkraft. Farma se nazývá Kryštofovy Hamry a nachází se v Krušných horách. Její instalovaný výkon je 42 MW, na jednu elektrárnu připadá výkon 2 MW. [5]

V celé ČR bylo podle údajů České společnosti pro větrnou energetiku (ČSVE) ke konci roku 2010 přes 120 větrných elektráren s instalovaným výkonem 215 MW. [11]

Obr. č:10: Větrná mapa ČR [31]



### 1.3.6 Porovnání

Pro porovnání zkusme opět provést výpočet, kolikrát by se výkon větrných elektráren v ČR musel zvýšit, aby bylo dosaženo loňské roční produkce Temelína, která činí 13,7 milionů MWh elektrické energie. Pokud větrné elektrárny v ČR pracují 1 000 hodin ročně a pokud by instalovaný výkon 215 MW byl využit na 100 %, pak by vyrobily 215 GWh elektrické energie. Z toho vyplývá, že dosavadní instalovaný výkon bychom museli zvýšit 64 krát, aby byla dosaženo vyrobeného stejného množství energie jako z jaderné elektrárny Temelín. To ale není prakticky možné, neboť lokality vhodné pro stavbu větrných elektráren u nás, jsou již prakticky vyčerpané.

## 1.4 Biomasa

Biomasa je energie ze Slunce vázána v živých organismech nejčastěji ve formě sloučenin uhlíku (dřevo, olejnaté rostliny). Z biomasy jsou pak vytvářena biopaliva, která dělíme na plynná, kapalná a tuhá. Potenciál veškeré biomasy přesahuje v České republice 22 mil. tun ročně.

### 1.4.1 Zdroje biomasy

**1. Odpadní a vedlejší produkty** – jsou to nejčastěji dřevní či lesní odpady ve formě dřevní štěrky obvykle vzniklé drcením při těžbě dřeva. Štěpka se pak používá k výrobě topných pelet. Z vedlejších produktů, zejména ze zemědělství, je nejčastěji jako biomasa pro energii využívána sláma, která se ve velkých kotelnách spaluje zpravidla v celých slisovaných balících. V současnosti se také začaly lisovat pelety ze slámy a dokonce i brikety a to hlavně ze slámy řepkové. [12]

Obr. 11: Dřevní štěrka připravená ke spalování [32]



**2. Cíleně pěstované „energetické“ rostliny** – Dělíme do dvou skupin a to na dřeviny a polní plodiny. Z rostlin má zatím největší perspektivu krmný šťovík (nazývaný podle šlechtitele prof. Uteuši z Ukrajiny) šťovík energetický – Uteuša. Šťovík po víceletém zahuštění porostu umožňuje výtěžek 15 t suché hmoty z 1 ha s energetickým obsahem 17,5–18 MJ/kg sušiny. Plantáž tohoto šťovíku může dosáhnout energetického výnosu 250 GJ z 1 ha, což zajistí pokrytí spotřeby tepla pro dva až tři rodinné domky. [1]

Obr. 12: Šťovík Uteuša [33]



### 1.4.2 Využití a transformace energie z biomasy

Energii z biomasy získáváme chemickými, popř. bio-chemickými procesy. Jednoznačně je základní technologií spalování. Doplnují ho další technologie - zplyňování, pyrolýza, zkapalňování, esterifikace, fermentace, lisování, kvašení aj.

Spalováním biomasy také vzniká oxid uhličitý. Ten však skleníkový efekt nenavýšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší  $\text{CO}_2$  a při spalování ho tedy opět do ovzduší vracejí.

### 1.4.3 Biopaliva

Biopaliva rozdělujeme na pevná, kapalná a plynná:

- pevná biopaliva na bázi dřevní fytohmoty (dřevní štěpka, piliny, polínkové dřevo, brikety, pelety, granule, dřevěné uhlí)
- pevná paliva na bázi energetických bylin a stébelnin (řezanka, brikety, pelety a granule)
- kapalná biopaliva (extrahované rostlinné oleje, bionafta, bioetanol, produkty rychlé pyrolýzy)
- plynná paliva (bioplyn, skládkový plyn, kalový plyn, biovodík, generátorový plyn (např. dřevoplyn) [1])

#### Biopaliva etanol a biodiesel

Etanol se používá jako přídavek do benzinových motorů, a biodiesel jako přídavek pro dieselové motory. Některé motory dokonce dovolují použití čistého etanolu nebo biodieselu, ale to je omezeno státními regulativy. [1]



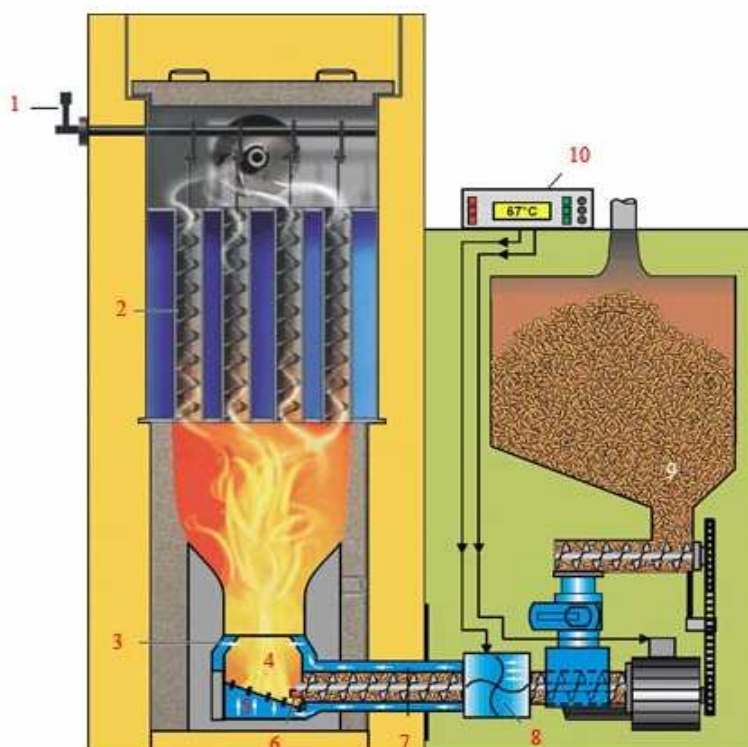
### 1.4.4 Výroba tepla z biomasy

Zatím nejrozšířenějším způsobem energetického využití biomasy je její spalování v kotlích vyrábějících horkou vodu nebo páru. Biomasa je především uplatňována při teplofikaci venkovských obcí a to hlavně tam, kde není provedena plynofikace. Centrální zásobování teplem z biomasy může být realizováno ale i ve větších městech u nás, jako např. bioteplárna v Pelhřimově. Při teplofikaci obce biomasou lze využít systému centrálního zásobování teplem, systém lokálního vytápění jednotlivých objektů a nebo kombinaci těchto systémů. Centrální kotelna má vyšší účinnost a může lépe využívat levnější biopaliva. Nákladnou záležitostí je však rozvod tepla, což někdy představuje až 50 % celkových investičních nákladů. [1]

Kotle na spalování peletek jsou nenáročné na obsluhu podobně jako plynové kotle. Jsou řízeny mikroprocesorem. Mikroprocesor reguluje výkon podle aktuální potřeby, zatápění může být ovládáno také spínacími hodinami, pokojovým termostatem a nebo čidlem u zásobníku teplé vody. Zapalování se provádí horkým vzduchem. Palivo se automaticky dávkuje ze zásobníku. Zásobník má kapacitu umožňující běžný provoz na dobu jednoho týdne. Zásobník je automaticky plněn ze sila.

V současnosti se kotle na peletky v ČR vyrábějí o výkonu 10–90 kW. Při lokálním vytápění rodinných domků lze využít i zplyňovacích kotlů na polenové dřevo nebo brikety z biomasy. Na topnou sezónu pro běžný rodinný dům se uvažuje spotřeba cca 7 t briket [1]

Obr. 13: Schéma kotle na peletky [34]



Legenda: 1. regulační klapka, 2. trubkový výměník, 3. sekundární vzduch, 4. hořák, 5. primární vzduch, 6. zapalovací tryska, 7. přívod sek. vzduchu, 8. ventilátor, 9. zásobník pelet, 10. řídicí panel

## 1.4.5 Kombinované spalování biomasy a uhlí

Směsné palivo uhlí a biomasy má některé parametry lepší než jednotlivé složky. Biomasa obsahuje málo síry a sodíku a při spalování s uhlím se snižují emise plyných i pevných škodlivin. Biomasa také přispívá k celkovému zvýšení účinnosti spalovacího procesu. Jednu z možností společného spalování biomasy a uhlí představují komprimovaná směsná paliva (brikety a pelety). Uhlí v těchto směsných palivech podstatně zvyšuje energetickou hustotu biopaliva. Problematikou směsných paliv se zabývá řada výzkumných pracovišť a stále probíhá zkušební výroba briket a pelet z různých receptur (určitý procentuální podíl uhlí vůči biomase – např.: 50% uhlí – 50% sláma). Do těchto směsných paliv lze také aplikovat dřevo ve formě pilin nebo po extruzním mletí. Komprimovaná směsná paliva se dají spalovat i v neupravených kotlích na spalování hnědého uhlí. [1]

## 1.4.6 Výhody a nevýhody biomasy [1]

### Výhody:

- růst prosperity obcí a růst pracovních příležitostí
- palivo na bázi biomasy obsahuje jen velmi málo síry
- podroštový popel lze použít jako hnojivo

### Nevýhody:

- ve srovnání s fosilními palivy má biomasa nízkou energetickou hustotu
- obsahuje velký podíl prchavé hořlaviny
- fytopaliva často mají vyšší obsah vody, zejména u surové materiálu, to ovlivňuje výkonnost a kinetiku spalování (mokré palivo má nižší výhřevnost)
- pěstování energetických rostlin zahrnuje řadu nákladných operací

## 1.4.7 Porovnání

Pro porovnání je spočítána plocha orné půdy, na které by musely být pěstovány speciální energetické plodiny (š'ovík energetický – Uteuša), aby jimi bylo možné ve stávajících parních turbínách vyrobit stejné množství elektřiny jako v Temelíně (13,7 milionů MWh = 49 320 000 GJ). Při ideálních podmínkách uvažujeme energetický zisk 250 GJ z 1 ha z této plodiny. Celkovou plochu tak dostaneme podílem vyrobeného množství energie v Temelíně a energetickým ziskem z plodiny z 1 ha. Výsledkem pak je plocha 197 280 ha. Pro představivost – rozloha města Brna je 23 022 ha, což odpovídá pouze 12 % celkové vypočtené plochy orné půdy pro pěstování plodiny.

## 1.5 Geotermální energie

Slovo geotermální pochází složením dvou slov z řečtiny: geo (země) a therme (teplo), jedná se tedy o teplo země pro něž se používá název geotermální energie. Je to tepelná energie jádra Země, která vznikla při formování planety z prachu a plynů a radioaktivním rozkládáním prvků v horninách.

Hlavním médiem přenášejícím teplo z nitra Země na povrch je voda nebo pára, která pochází z vodstva na povrchu Země a dešťů. Proniká rozpučinami hluboko do země, tam se ohřívá a vrací se zpět na povrch ve formě vroucích pramenů, gejzírů a par. Geotermální energie se také projevuje erupcemi sopek. [9]

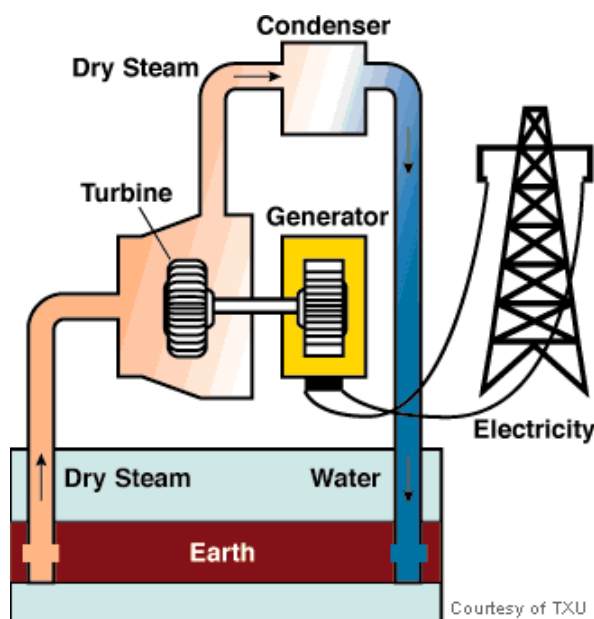
### 1.5.1 Využití a transformace geotermální energie

Řada států využívá geotermální energii k různým účelům, v České republice se geotermální energie používá na vytápění a projekty geotermálních elektráren jsou ve fázi příprav. [5]

Geotermální energie se využívá ve své základní formě pro vytápění nebo je v geotermálních elektrárnách transformována na energii elektrickou. **Geotermální elektrárny** fungují na třech základních principech – princip suché páry, flash princip a binární princip.

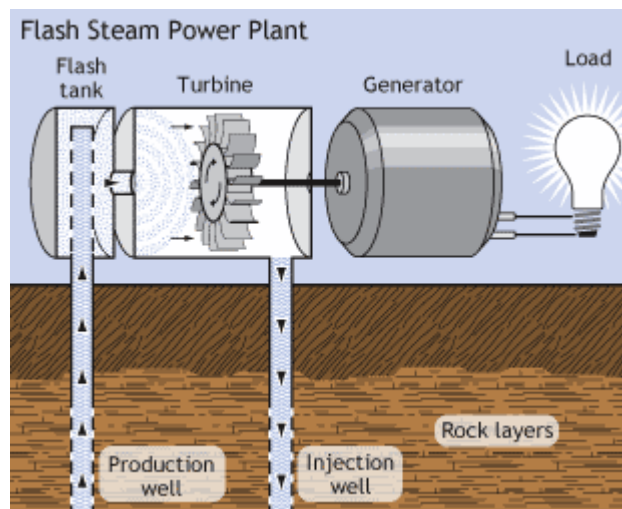
**Princip suché páry (Dry steam)** – využívá se vřelá pára zpravidla o teplotách nad 235 °C (445 °F). Ta se používá pro přímé pohybování turbín generátoru, což je nejjednodušší a nejstarší princip, který je doposud používán, zejména z důvodu nižších finančních nákladů oproti ostatním metodám. Tento princip využívá i první světová geotermální elektrárna v italském městě Larderello. Současná největší elektrárna využívající metodu „Dry steam“ je elektrárna The Geysers a nachází se v severní Kalifornii. Je funkční od roku 1960 a množství vyrobené elektrické energie poskytuje dostatečné zásoby pro San Francisco. [9]

Obr. 14: Schéma využití principu suché páry [35]



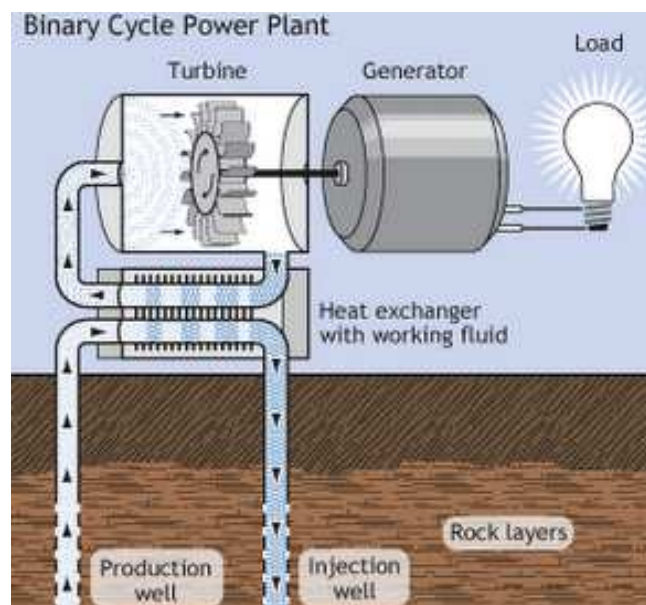
**Flash princip (Flash steam)** – využívá se vřelá voda z geotermálních rezervoárů o teplotách větších než 182 °C (360 °F), která je pod velkým tlakem. Čerpáním vody z těchto rezervoárů do elektrárny na povrchu klesá tlak a vřelá voda se mění na páru a ta uvádí do pohybu turbíny. Nepřeměněná voda na páru se vrací zpět do rezervoáru. Tato metoda je využívána u většiny moderních elektráren. [9]

Obr. 15: Schéma využití Flash principu [36]



**Horkovodní (binární) princip (Binary cycle)** – využívá se vody chladnější než u ostatních způsobů, která předá ve výměníku teplo organické kapalině (např. propan, isobutan a freon) s nižším bodem varu, a teprve její pára pak pohání turbínu. Výhoda tohoto systému je větší účinnost a dostupnost geotermálních rezervoárů. Další výhodou jsou menší tepelné ztráty. Nově plánované elektrárny předpokládají využití tohoto principu. [9]

Obr. 16: Schéma využití Horkovodního principu [37]



## 1.5.2 Výhody a nevýhody geotermální energie

### Výhody:

- levný obnovitelný a ekologický přijatelný zdroj energie
- velké předpokládané množství geotermální energie ( podle odhadů je mnohem větší než celkové množství energetických zdrojů, jako jsou ropa, uhlí a zemní plyn)

### Nevýhody:

- technologická náročnost (horká voda z vrtů je obvykle silně mineralizovaná a zanáší technologická zařízení)
- dostatečný tepelný spád je většinou spojen s geologickou nestabilitou oblasti ( jsou kladeny zvýšené nároky na kvalitní stavbu odolnou vůči zemětřesením)
- náročná dostupnost energetického zdroje

## 1.5.3 Využití geotermální energie ve světě

Ve velkém rozsahu se tato energie využívá na Islandu, kde nachází bohaté využití (vyhřívání obytných domů, veřejných budov, bazénů, pěstování ovoce). Dalšími zeměmi významně využívajícími geotermální energii jsou USA, Velká Británie, Francie, Švýcarsko, Německo a Nový Zéland. [13]

Obr. 17: *Geotermální elektrárna v USA* [38]





## Výroba elektrické energie

V roce 2010 byla celosvětová instalovaná kapacita geotermálních elektráren 10 715 MWe, z toho nejvíce v USA, což činilo 3 086 MWe. V roce 2008 bylo geotermálními elektrárnami vyprodukováno 60 435 milionů kWh elektrické energie. Nejvíce z této elektrické energie bylo znovu vyrobeno v USA. Největší geotermální elektrárna Nesjavellir leží v národním parku Pingvellir na Islandu. Její produkce je 120 MWh elektrické energie a současně navíc ohřívá 1800 litrů vody za minutu. [13]

Tab. 2: Přehled 5 zemí nejvíce využívajících geotermální energii [13]

Země	Instalovaná kapacita	Výroba elektřiny	Podíl na výrobě
	2010 [MWe]	v roce 2009 [GWh]	elektřiny [%]
USA	3 086	15 210	0,4
Filipíny	1 904	10 187	17,2
Indonésie	1 197	7 882	5,6
Mexiko	958	6 403	2,7
Itálie	843	5 080	1,9

### 1.5.4 Využití geotermální energie v ČR

V Česku je využívána geotermální energie například v Ústí nad Labem, kde slouží k vytápění bazénů a také k vytápění zoologické zahrady. Ojedinelý projekt na využití geotermální energie pro výrobu tepla je uskutečněn v Děčíně. Od roku 2002 je v provozu výtopna využívající geotermální energii pro zásobování teplem polovinu města. V Litoměřicích se hloubí zkušební vrt, který by měl být využit pro geotermální elektrárnu a měl by sahát do hloubky 2500 m. Budou-li výsledky měření příznivé, budou se hloubit další dva vrty, ale už produkční. Tyto vrty by měly končit v hloubce 5000 m. Elektrárna bude fungovat na principu Hot dry rock (horká suchá hornina). Princip metody je vhánění vody do jednoho vrtu a z druhého vrtu ji jož ohřátou čerpat. V zimě je plánováno energii využívat především pro vytápění a v létě pro výrobu elektrické energie. Náklady na realizaci vrtů a geotermální elektrárnu mají být kolem 1,11 miliardy Kč, na nichž se bude podílet i EU. Elektrárna bude mít tepelný výkon 50 MW a elektrický pak 5 MWe. [13]

### 1.5.5 Porovnání

Pro porovnání byl opět proveden výpočet, kolik geotermálních elektráren s jedním injekčním a dvěma produkčními vrty o hloubce 5 000 metrů by bylo nutné vybudovat, abychom docílili tepelného výkonu temelínského reaktoru (Jedná se 3 000 MWt, nezaměňovat s elektrickým výkonem na svorkách generátoru 1 000 MWe). Pokud bychom uvažovali jako referenční plánovanou geotermální elektrárnu v Litoměřicích, pak by jich bylo přibližně 55. [5]

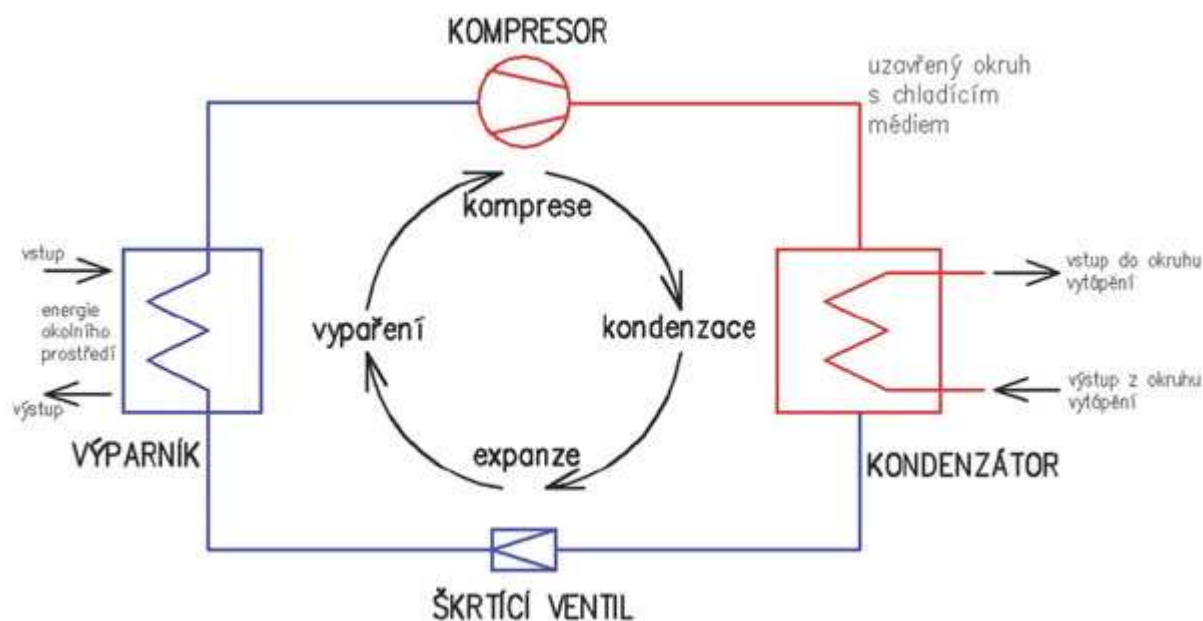
## 1.6 Tepelná čerpadla

Zvláštní kapitolu, která by se dále zařadit mezi obnovitelné zdroje tvoří tepelná čerpadla. Jedná se o zařízení, které získává energii z okolního prostředí (voda, vzduch, země) a předává ji dál. [5]

### 1.6.1 Základní princip a charakteristika:

První principy tepelných čerpadel jsou známy od 19. století. Princip tepelného čerpadla je založen na Carnotově cyklu, který využívají ledničky a ostatní chladicí zařízení. Jedná se o transport tepla z jednoho místa na druhé za pomoci práce. Práci v tomto případě konají kompresory napájené elektřinou. Důležitým prvkem okruhu je kolektor nebo také výparník, jenž odebírá teplo okolní látky. Výparníkem proudí plyn s nízkou teplotou. Plyn je ohříván a jeho teplota se ještě zvýší stlačením v kompresoru a plyn se mění v kapalinu. Pak následuje topná část kondenzátoru, kde je teplo již přímo předáváno stavbě podlahovým nebo teplovzdušným vytápěním. Následně se kapalina ochladí, odevzdá skupenské teplo a je expanzní tryskou převedena zpět na plyn do výparníku. Charakteristikou a současně i nevýhodou tepelných čerpadel je jejich relativně omezený výkon. [5]

Obr. 18: Schéma tepelného čerpadla [49]



### 1.6.2 Typy tepelných čerpadel

Základní rozdělení tepelných čerpadel je dle média resp. soustavy, ze kterého čerpají teplo: **vzduch – voda, voda – voda, země – voda**. První médium značí, odkud teplo čerpáme, druhé médium značí, kam teplo předáváme.

Nejlevnější čerpadla využívají ke svému provozu vzduch. Tento typ je pracuje s velkým rozpětím teplot vzduchu, což je klade větší nároky na technologii vlastního zařízení. Tento typ je využíván v domech s teplovzdušným vytápěním a nuceným větráním. Jelikož má i funkci

reverzního chodu, tak může v létě fungovat jako klimatizace.

Nejvyužívanější tepelná čerpadla odebírají teplo ze země nebo z vody a dále se dělí na povrchová a hlubinná.

**Povrchová čerpadla** jsou levnější než kvalitní vzduchová čerpadla, ale jsou náročná na větší plochu pozemku. Pod povrch se ukládají izolované hadice do maximální hloubky 2 m, kdy plocha kolektoru je zhruba trojnásobkem plochy vytápěného objektu.

**Vrtaná tepelná čerpadla** jsou nejdražší variantou tepelných čerpadel. Kolektor je tvořen trubicemi zavrtanými až do hloubky 150 m v rozpětí minimálně 10 m od sebe. Orientačně se předpokládá hloubka 12 až 18 m na 1 kW požadovaného výkonu.

**Vodní čerpadla** využívají mělkých přibližně 5 – 15 m hlubokých vrtů. Jsou náročná na hydrogeologické podmínky, protože potřebují stálé zásobování podzemní vodou. [5]

Zvolení typu čerpadla vyžaduje podrobnou analýzu okolních podmínek stavby. Důležitým ukazatelem je **topný faktor**, což je poměr výkonu tepelného čerpadla a spotřeby elektrické energie spotřebované kompresorem a dalšími částmi zařízení celého systému. Čím je topný faktor vyšší tím je čerpadlo efektivnější. Vzduchová čerpadla dosahují hodnot 2,5 – 2,8, další zmíněné varianty mají topný faktor 3,5 – 4,0.

Tepelná čerpadla pokryjí 60 – 80 % tepelné potřeby domu. Nejběžnější je podlahové vytápění.

### 1.6.3 Ekonomické zhodnocení

Dnes nalezneme tepelné čerpadlo téměř v každé desáté novostavbě. Celá realizace včetně projektu vyjde zhruba o 250 tisíc Kč dražší než vybavení domu klasickým plynovým vytápěním. Jenže je-li v následujících letech ušetřeno cca 2 500 Kč měsíčně za vytápění, pak je návratnost tohoto systému přibližně 8 let. [5]

Obr. 18: Schéma využití tepelného čerpadla pro rodinný dům [39]



## 2 Současný stav, potenciál a podmínky využití solární energie v ČR

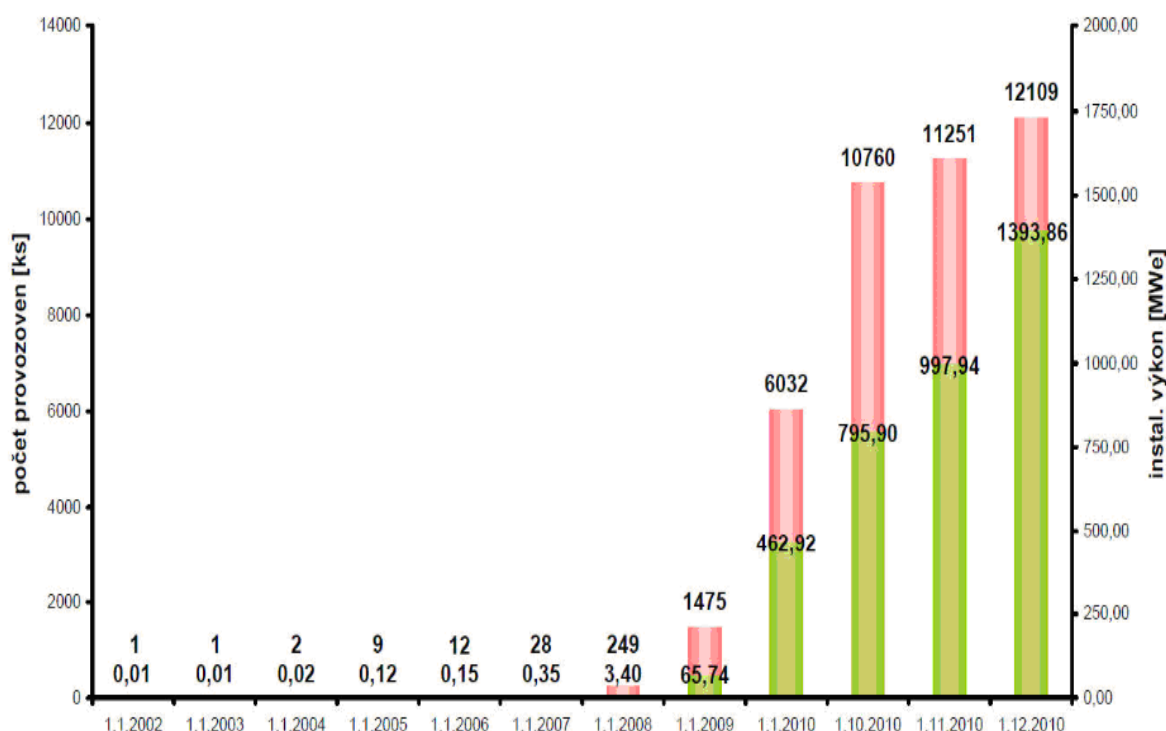
### 2.1 Vývoj a stav fotovoltaiky v ČR

V průběhu posledních let 20. století nebylo využívání fotovoltaických systémů v České republice nijak zvlášť významné. Téměř všechny praktické aplikace byly zaměřeny především na malé ostrovní systémy sloužící pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách, kde nebylo zajištěno připojení k rozvodné síti. Teprve prvním větším solárním systémem byla FVE na Mravenečnicku v Jeseníkách. Elektrárna o výkonu 10 kW byla financována společností ČEZ, a. s. v roce 1998. Později kvůli její odlehlosti byla přemístěna k informačnímu centru u jaderné elektrárny Dukovany.

Na přelomu nového tisíciletí pak nastává nový vývoj fotovoltaiky v ČR. Státní správou a místní samosprávou jsou zaváděny podpůrné nástroje a programy na podporu fotovoltaiky, a to jak podporu demonstračních projektů, tak i na podporu vývoje a výzkumu v této technické oblasti. [1]

Roku 2007 nastal v ČR „boom“ v instalování fotovoltaických elektráren. Důvod proč k tomu došlo je jednoduchý – je to ekonomický zisk. Český stát přistoupil k opatřením podporující obnovitelné zdroje energie. Jednak to byla garantovaná výkupní cena elektřiny, dále tzv. zelené bonusy a dotace. Tato podpůrná opatření byla nakonec natolik výhodná, že jich během krátké doby využila řada fyzických osob, firem a dalších institucí. Výsledkem bylo hromadné instalování fotovoltaických zařízení na všech možných i jinak využitelných plochách, především na zemědělské půdě. Toto následně začalo způsobovat ohlas široké veřejnosti a to vedlo k dalším legislativním úpravám.

Graf 1: Aktuální počet udělených licencí pro FVE k 1. 12. 2010 [40]



## 2.2 Potenciál a podmínky využití solární energie

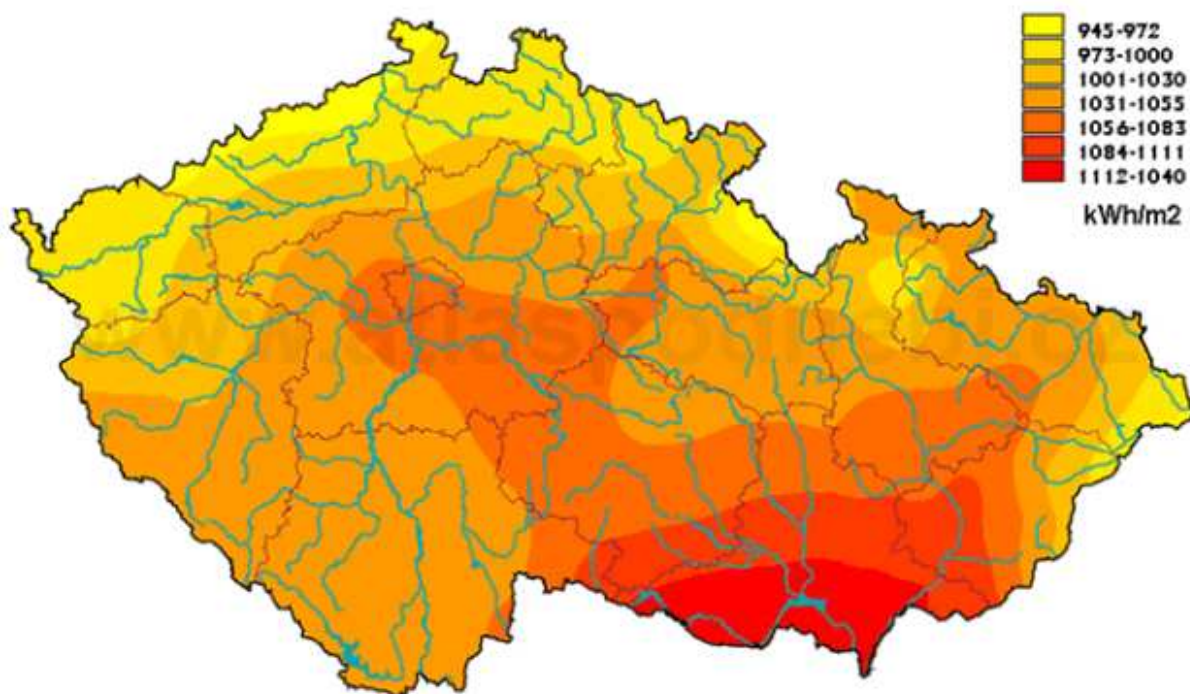
Efektivní využívání sluneční energie je podmíněno dvěma hlavními faktory. Prvním je intenzita slunečního záření a druhým je doba slunečního záření. V ČR je průměrná intenzita slunečního záření 950 – 1 340 kWh na m<sup>2</sup> za rok a doba slunečního záření se v průměru udává 1 300 – 1 800 hodin ročně. Intenzita i doba slunečního záření je ovlivňována nadmořskou výškou, oblačností a dalšími lokálními podmínkami (ranní mlhy, znečištění ovzduší, úhel dopadu slunečních paprsků).

V tuzemsku je rozdíl mezi množstvím slunečního záření v jednotlivých ročních obdobích značný, což se výrazně promítá do hodnocení ekonomické efektivity solárního systému. Nejčastěji se udává, že pro umístění fotovoltaické elektrárny je nejvhodnější jižní orientace a sklon fotovoltaických panelů v rozmezí 30–35 %.

Dalším faktorem ovlivňujícím efektivnost využití solární energie je plošná kapacita. Plošná kapacita udává kolik se na vybrané místo solárních panelů vejde. Většinou se počítá, že na výkon 1 kWp připadá přibližně 8–10 m<sup>2</sup>. Při uvažování těchto ideálních podmínek je pak možno z této plochy vyrobit přibližně 1 MWh elektrické energie ročně. Zkratka Wp (watt peak) značí maximální výkon, který je schopen konkrétní solární systém vyvinout. [5]

Pro představu sedlová střecha běžného rodinného domu nabízí 50 až 70 m<sup>2</sup> plochy navíc ještě můžeme počítat zhruba s 30 až 60 m<sup>2</sup> fasádní stěny orientované na jih. Z této plochy pak lze získat 80–130 MWh sluneční energie. To odpovídá šestinásobku celkové roční spotřeby (10 až 20 MWh) energie tohoto domu. [5]

Obr. 19: Solární mapa ČR ( průměrný roční úhrn globálního záření) [41]



## 2.3 Využití solární energie z ekonomického hlediska

### 2.3.1 Dotace a podpora výroby energie z obnovitelných zdrojů

Dotace a podpory na využití energie z obnovitelných zdrojů nebo na podporu úsporných energetických programů jsou poskytovány Evropskou unií, státem i některými městy.

Mezi největší a nejznámější dotační programy patří program **Zelená úsporám**. Tento program umožňuje získat dotaci na zateplení rodinného či bytového domu (zateplení fasády, podlahy a stropu, případně střechy). Dále podporuje výměnu oken či rekuperaci. O speciální dotaci mohou žádat majitelé novostaveb pasivních domů a lze je také získat změnu způsobu vytápění (tepelné čerpadlo, kotel na biomasu, solární systém na ohřev vody). [5]

Roku 2005 nabytí platnosti zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Podle tohoto zákona je provozovatel regionální distribuční soustavy povinen přednostně připojit fotovoltaickou elektrárnu k síti a vykoupit veškerou vyrobenou elektřinu. Výjimkou jsou případy prokazatelného nedostatku kapacity zařízení pro distribuci elektrické energie nebo případy ohrožení provozu distribuční soustavy. Ceny energie z fotovoltaických elektráren stanovuje Cenový výměr Energetického regulačního úřadu (dále ERÚ). Takto stanovené ceny jsou garantovány po dobu 20 let provozování. Pro provozovatele je navíc výhodná skutečnost, že po dobu pěti let je osvobozen od daní z příjmů.

Na tzv. **zelené bonusy** má nárok provozovatel obnovitelného zdroje energie, který vyrobenou elektřinu spotřebovává sám, nebo elektřinu prodává třetí straně za tržní cenu. [1]

### 2.3.2 Spotřebovávat či prodávat vyrobenou energii?

Majitel solárního zařízení, které vyrábí elektrickou energii, se může sám rozhodnout, jestli využije garantovanou výkupní cenu elektřiny a bude tak veškerou elektřinu prodávat do sítě regionálnímu distributorovi, nebo může přistoupit na samostatný prodej elektřiny a získat podporu formou zelených bonusů. Pokud tedy elektřinu prodává sám jakémukoli koncovému uživateli, pak od ČEZu nebo E.Onu pobírá zmíněné zelené bonusy.

#### Aktuální ceny energie

aktuální cena elektřiny je v průměru **4,54 Kč/kWh**

aktuální cena tepla je v průměru **530,16 Kč/GJ**.

Pokud porovnáme výkupní ceny (do roku 2010 včetně) za 1kWh elektřiny vyrobené fotovoltaikou a cenu 1 kWh, za níž domácnost elektřinu nakupuje, dojdeme k výsledku, že výkupní cena je zhruba třikrát vyšší než cena, za níž 1 kWh od elektrárenských společností nakupujeme.



Tab.2: Přehled výkupních cen a zelených bonusů pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření [42]

*Údaje jsou v Kč bez DPH*

<b>Datum uvedení do provozu</b>	<b>Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh</b>	<b>Zelené bonusy v Kč/MWh</b>
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2011 do 31.12.2011	7500	6500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30kW do 100 kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2011 do 31.12.2011	5900	4900
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2011 do 31.12.2011	5500	4500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2010 do 31.12.2010	12500	11500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření po 1. lednu 2009 s instalovaným výkonem nad 30kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2010 do 31.12.2010	12400	11400
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2009 do 31.12.2009	13420	12420
Výroba elektřiny využitím slunečního záření po 1. lednu 2009 s instalovaným výkonem nad 30kW včetně a uvedeným do provozu od 1.1.2009 do 31.12.2009	13320	12320
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14300	13300
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14660	13660
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	6990	5990

## 2.3.3 Používané typy solárních kolektorů a fotovoltaických článků

### 2.3.3.1 Fotovoltaické články

Fotovoltaické články se dle vzniku a technologie výroby nejčastěji dělí do následujících generací:

#### 1. generace

Jsou to doposud nejpoužívanější články, vyrobené na bázi monokrystalických destiček křemíku s PN přechodem. Jejich účinnost se pohybuje v rozmezí 14 až 17 %.

#### 2. generace

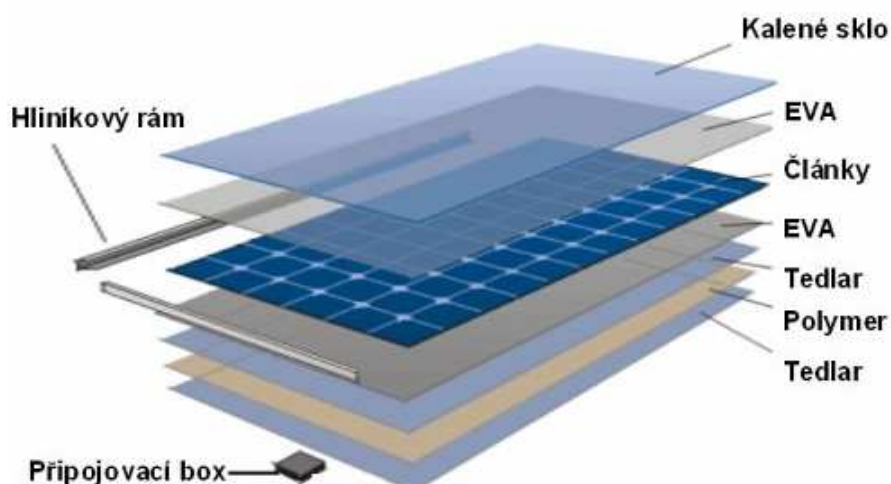
Jedná se o tenkovrstvou technologii článků z polykrystalického nebo amorfního křemíku. Účinnost tenkovrstvých křemíkových panelů je menší než u článků 1. generace (7–9 %), ale na druhou stranu jsou levnější z důvodu menší spotřeby křemíku na výrobu.

#### 3. generace

Ve fázi laboratorních testů jsou alternativní technologie (polymery a články s fotocitlivým barvivem). U těchto je očekávána mnohem nižší výrobní cena. Dále se očekávají velmi vysoké účinnosti při poměrně nízkých nákladech. Zatím jsou ale tyto technologie ve fázi vývoje. V praxi se můžeme setkat s různými modifikacemi základních technologií (kombinace krystalického křemíku s amorfním křemíkem na povrchu). [1]

Jednotlivé články jsou zapojeny do sérioparalelních kombinací a tvoří tak fotovoltaický panel, který je pak tvořen několika vrstvami. Panel je chráněn kaleným sklem, aby dokázal odolat případným mechanickým nárazům a klimatickým podmínkám (kroupy). Solární články jsou zalaminovány do struktury plastových folií. Krycí materiály musí mít vysokou optickou a izolační stálost. Předpokládaná životnost panelů je delší než 30 let.

Obr. 20: Skladba panelu s krystalickými křemíkovými články (EVA - Etylen-Vinyl-Acetát) [43]





**Zvýšení energetických zisků** - při dané účinnosti fotovoltaických článků lze energetický výnos zvýšit třemi způsoby, které je možné i vzájemně kombinovat. Nevýhodou je, že tyto systémy lze jen výjimečně integrovat do budov. Většinou se tedy neobejdou bez záboru volné plochy.

**Oboustranné moduly** - při instalaci článku na průhlednou podložku na něj dopadá světlo z obou stran. I když na spodní stranu dopadá jen odražené a difuzní záření, uvádí se zvýšení produkce až o 30 %.

**Natáčení za sluncem** - pokud na článek dopadají paprsky kolmo, zvýší se výtěžnost o 35 %. Toto zajišťuje dvouosý polohovací systém, který však zvýší také investiční náklady a vyžaduje i údržbu a reinvestice. Existují provedení s natáčením kolem jedné osy, či kolem dvou os.

**Koncentrátory** – slouží pro koncentraci záření. Používají se čočky nebo různá zrcadla. Od nich se sluneční záření "sbírá" z větší plochy a koncentruje na solární článek. Koncentrátory obvykle potřebují alespoň jednoosý polohovací systém, čímž se udrží článek v ohnisku. Zvýšení energetického výnosu je závislé na velikosti koncentrátoru. [14]

Obr. 21: Koncentrátory - zrcadlové panely, které sledují slunce [44]



### 2.3.3.2 Solární kolektory

Jsou fototermická (solární, sluneční – označení je mnoho) zařízení. Jejich základem je solární kolektor (“sběrač”). Ten záření shromažďuje, pohlcuje a mění na teplo. Teplo je odváděno pomocí kapaliny nebo vzduchu k místu využití nebo uložení.

**Účinnost solárních kolektorů** pro ohřev vody je cca 30–40%, fotovoltaické články mají průměrnou účinnost menší a to jen kolem 15 %.

#### Typy a rozdělení solárních kolektorů

Základní rozdělení podle teplotního média: - **vzduchové**  
- **kapalinové**

Kapalinové kolektory se ještě dělí podle konstrukce na:

- 1) Ploché kolektory
- 2) Vakuové kolektory - ploché vakuové kolektory  
- trubicové vakuové kolektory  
- trubicové vakuové kolektory s tepelnou trubicí (heat pipes)
- 3) Koncentrující kolektory

Obr. 22: Řez solárním kolektorem [45]



**Kapalinové kolektory** jsou nejpoužívanější jejichž výhodou jsou menší rozměry. Jejich základními stavebními prvky jsou absorbér, skříň, izolace a krycí sklo.

**Absorbér** - je vyroben z měděného nebo hliníkového plechu, k jehož zadní straně jsou připájeny nebo nalisovány měděné trubice. Povrch absorbérů je upraven tak, aby pohlcoval co nejvíce záření. Levné absorbéry, dostačující pro letní období, jsou natřeny matnou černou

barvou. Kvalitnější typy mají na povrchu tzv. selektivní spektrální nátěr, který pohlcuje až 96 % záření a přitom teplo jen minimálně vyzařuje. Tyto nátěry umožňují využít nejen přímé, ale i rozptýlené sluneční světlo a jsou vhodné pro celoroční využití. Získané teplo se odvádí vodou nebo nemrznoucí kapalinou proudící v trubcích.

**Skříň** - kovová, plastová nebo dřevěná vana pro uložení absorbéru a dalších prvků. Musí být dostatečně robustní, protože slouží ke spolehlivému uchycení kolektoru na střechu nebo stěnu budovy a chrání jeho prvky před nepříznivými povětrnostními vlivy.

**Izolace** - omezuje tepelné ztráty a brání úniku tepla z absorbéru stěnami skříňe. Nejčastěji se používá tepelná izolace z minerální vlny nebo polyuretanu. Musí odolávat teplotách do 200 °C a nesmí přijímat z okolního prostředí vlhkost.

**Krycí sklo** - omezuje tepelné ztráty přední stěnou kolektoru. Viditelné světlo jím snadno prochází a v absorbéru se mění na teplo. Dlouhovlnné tepelné záření však sklo nepropouští ven. Uvnitř kolektoru vzniká skleníkový jev, při kterém se zvyšuje teplota proudící kapaliny. Používá se speciální bezpečnostní solární sklo s velkou propustností a dlouhou životností.

### **Instalace kolektoru**

Při instalaci kolektoru na střeše, stěně budovy nebo na volném terénu je třeba splnit několik podmínek. Konstrukce je obvykle nepohyblivá, takže je třeba při umístění kolektoru volit kompromisní řešení.

**Konstrukce** - musí být dostatečně pevná, aby dobře odolávala různým přírodním vlivům (vítr, sníh). Kolektor by měl být co nejbližší místu spotřeby ohřáté vody, aby se co nejvíce omezily tepelné ztráty v rozvodném potrubí. Přívodní trubice musí být opatřeny dobrou tepelnou izolací.

**Orientace kolektoru** - nejvhodnější je natočení směrem k jihu nebo jihozápadu, aby se využila největší intenzita slunečního záření kolem poledne.

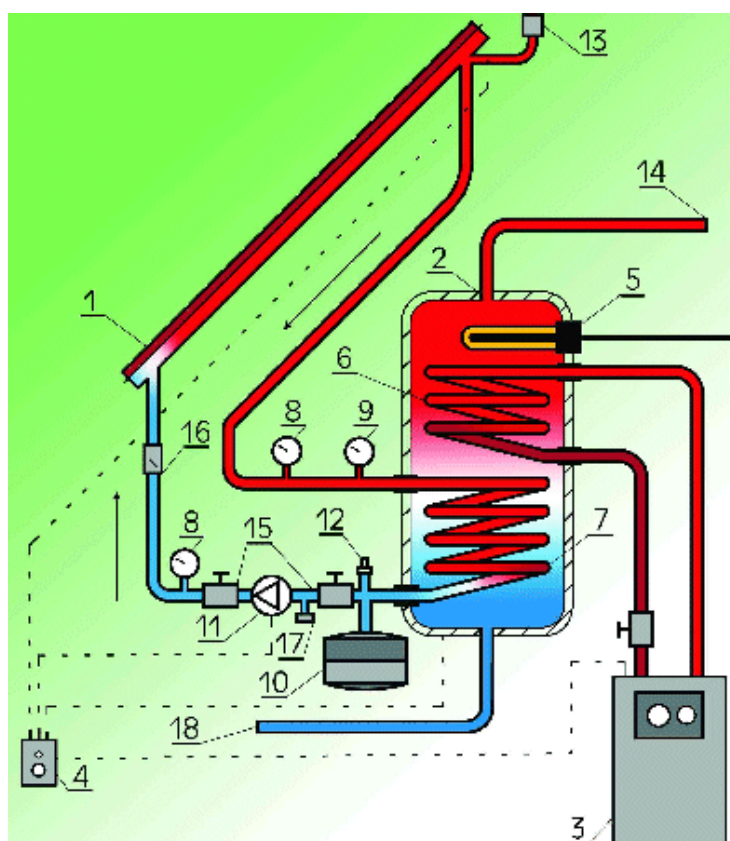
**Sklon kolektoru** - ideální by bylo, kdyby na plochu absorbéru dopadalo záření stále kolmo. Výška Slunce nad obzorem se však mění nejen během dne, ale i v průběhu roku. V létě je Slunce nad obzorem výš než v zimě. V létě by byl vhodný sklon kolektoru 30 ° od vodorovné roviny, v zimě kolem 60 °. Obvykle se jako kompromis volí sklon v rozmezí 35 ° - 45 °.

Kolektor sám o sobě pro praktické využití sluneční energie nestačí. Teplo je potřeba přenést na místo spotřeby. Teplonosná kapalina ohřátá v solárním kolektoru je přiváděna do zásobníku nebo výměníku tepla. Součástí celé instalace jsou navíc ventily, oběhové čerpadlo, regulační a další technické prvky. Celá soustava tvoří tzv. solární systém. [16]

Systémy na využití slunečního záření pro ohřev vody nebo přitápění mají zpravidla tyto základní součásti:

- 1. Kolektor** – zachycuje dopadající záření a přeměňuje ho v teplo.
- 2. Zásobník** – teplo (ve formě ohřáté vody) se zde ukládá pro pozdější využití (obdobně jako u systému s elektrickým bojlerem)
- 3. Regulátor** – řídicí člen celého systému, připomínající termostat. Zapíná oběhové čerpadlo v okamžiku, kdy je teplota na kolektoru vyšší než teplota ve spodní části zásobníku, vypíná čerpadlo, když se teplota v zásobníku blíží teplotě na kolektoru.
- 4. Pomocná zařízení** jsou ventily, expanzní nádoba, potrubí apod. [5]

Obr. 23: Schéma solárního systému na ohřev užitkové vody s využitím střešního kolektoru. Převzato od sdružení Ekowatt [46]



Legenda: 1. solární kolektor, 2. solární zásobník (trivalentní), 3. kotel ústředního vytápění, 4. elektronická regulace, 5. elektrické topné těleso, 6. výměník tepla okruhu ústředního vytápění, 7. výměník tepla solárního okruhu, 8. teploměry, 9. manometr, 10. expanzní nádrž, 11. oběhové čerpadlo, 12. pojišťovací ventil, 13. odvzdušňovací ventil, 14. výstup teplé vody, 15. uzavírací ventily, 16. zpětná klapka, 17. plnicí kohout, 18. vstup studené vody z vodovodního řadu

## 3 Popis vybrané fotovoltaické elektrárny realizované v ČR

### 3.1 Fotovoltaická elektrárna Otrokovice ČOV [47], [48]

#### Lokalita

Elektrárna se nachází na pozemcích v areálu Čistírny odpadních vod (ČOV), čísla parcel 3115/20, 2485/16, k. ú. Otrokovice ve Zlínském kraji. Udaná plocha pozemku činí 32 122m<sup>2</sup>. Jedná se o nezemědělské území určeném platným územním plánem pro výstavbu průmyslových objektů.

Toto území splňuje sluneční podmínky pro výrobu kvalifikovaného množství energie. Dle studie a měření (1998-2008) fy. EkoWATT s. r. o. by mělo ročně dopadat na panely se sklonem 25° a azimutem 0° 1120 kWh/m<sup>2</sup> solární energie.

**Provozovatel:** TOMA, a.s., tř. T. Bati 1566, Otrokovice, 765 82

**Zpracovatel:** EkoWATT CZ s.r.o., Švábky 2, Praha 8, 180 00

#### 3.1.1 Základní technické a funkční parametry:

##### Uvedení do provozu a připojení do sítě

Elektrárna byla uvedena do provozu v prosinci 2010 a je připojena do lokální distribuční sítě (LDS) TOMA, a.s. Otrokovice přípojkou VN 6kV.

##### Základní technické parametry LDS TOMA, a.s. Otrokovice:

Rezervovaný příkon: 8,6 MW, nákup z regionální distribuční sítě Eon na hladině 22 kV, přenosový transformátor 22/6 kV o výkonu 10 MVA (3x), lokální distribuční síť o napětí 6 kV, 14 odběratelů z VN, průměrná nákupní cena: 2,46 Kč/kWh, průměrná prodejní cena: 3,00 Kč/kWh, nákup elektřiny v LDS TOMA a.s. v roce 2008: 28 988 245 kWh.

Provoz FVE je plně automatický s pochůzkovou obsluhou. Kvůli sněhu v zimních měsících je nejspodnější řada panelů umístěna cca 0,7 m nad terénem. Panely jsou tak dostatečně vysoko, sníh na nich roztaje a sjede.

##### Technický popis

Fotovoltaická elektrárna se skládá z 5 184 ks dvou typů fotovoltaických panelů značky Hyundai HiS zapojených po 16 ks do 3 sériových skupin na jeden měnič. Od každé skupiny je veden DC přívod. Z měniče pokračuje AC vývod kabelem do svorkové krabice, dále pak do SS skříní a pak do rozvaděče.

Panely jsou přichyceny na ocelové pozinkované konstrukci v 18-ti řadách (u řeky Moravy) a 72 řadách (u letiště) upevněných na pozemku pomocí závrtných šroubů. Celá soustava solární elektrárny je sestavena z jednotlivých segmentů uspořádaných do řady požadované délky a počet těchto řad je určen výkonem elektrárny. Celkový počet panelů činí 5 184 ks,

kde výpočtová účinnost panelu je 13,59 % a plocha jednoho panelu je 1,45 m<sup>2</sup>. Celková čistá plocha panelů je tedy 7 516,8 m<sup>2</sup>.

### Solární panely:

Hyundai HiS M227SF - 3856ks (se jmenovitým výkonem 227 Wp, technologie monokrystal)

Hyundai HiS M230SG - 1328ks (se jmenovitým výkonem 230 Wp, technologie monokrystal)

### Technické parametry používaných fotovoltaických panelů [20]

Technické parametry	Hyundai His-M227SF
typ technologie	monokrystal
vnější rozměry	1476 x 983 x30 mm
Hmotnost	17 kg
celková plocha	1,45 m <sup>2</sup>
špičkový výkon	227 Wp
zaručený výkon	220,2 W
tolerance výkonu	3%
pracovní napětí	29,3 V
pracovní proud	7,7 A
napětí naprázdno	36,8 V
zkratový proud	8,3 A
max. napětí systému	1000 V
účinnost modulu	14,2 %
Životnost	25 let garantovaná
pokles výkonu po 20 letech	Max. 20%

Technické parametry	Hyundai His-M230SG
typ technologie	monokrystal
vnější rozměry	1476 x 983 x30 mm
Hmotnost	17 kg
celková plocha	1,45 m <sup>2</sup>
špičkový výkon	230 Wp
zaručený výkon	223,1 W
tolerance výkonu	3%
pracovní napětí	29,4 V
pracovní proud	7,9 A
napětí naprázdno	37 V
zkratový proud	8,4 A
max. napětí systému	1000 V
účinnost modulu	14,4 %
Životnost	25 let garantovaná
pokles výkonu po 20 letech	max. 20 %

## Konstrukce

Jedná se o stacionární konstrukci. Podpěrné konstrukce zajišťují požadovaný sklon panelů 25°. Jsou navrženy z profilů pozinkované oceli a AL profilů. Konstrukce je uchycena závrtnými šrouby do země. Spojení závrtnými šrouby zajišťuje snadno demontovatelné spojení se zemí. Na nosné konstrukci jsou umístěny pomocí pozinkovaného spojovacího materiálu jednotlivé panely.

## Výkon

Fotovoltaická elektrárna dodává výkon 1181 kWp. Odpovídající počet panelů rozdělených do sekcí je vždy napojen na střídač, výkon všech střídačů je sveden do technologického kontejneru. Výkon je dále vyveden do trafostanice, napojené na stávající vedení LDS TOMA, a.s.

Měření příkonu a výkonu se provádí na straně VN, tedy za trafostanicí. Počítá se s ztrátami produkce jako jsou ztráty v trafostanicích (3 %), ztráty v kabelech, snižující faktory záření (znečištění vzduchu). Další ztráty mohou vzniknout osvětlením areálu a jinými zátěžemi, které jsou nutné k provozu.

## Vlastní spotřeba elektřiny

Vlastní spotřeba elektřiny je tvořena spotřebou řídicího, monitorovacího a zabezpečovacího systému, napájením záložních zdrojů, osvětlením areálu, napájením sledovačů, klimatizací technologického kontejneru apod.

Celková vlastní roční spotřeba elektrické energie činí 21 805 kWh.

## 3.1.2 Produkce elektrické energie

### Porovnání plánované a skutečné produkce elektřiny

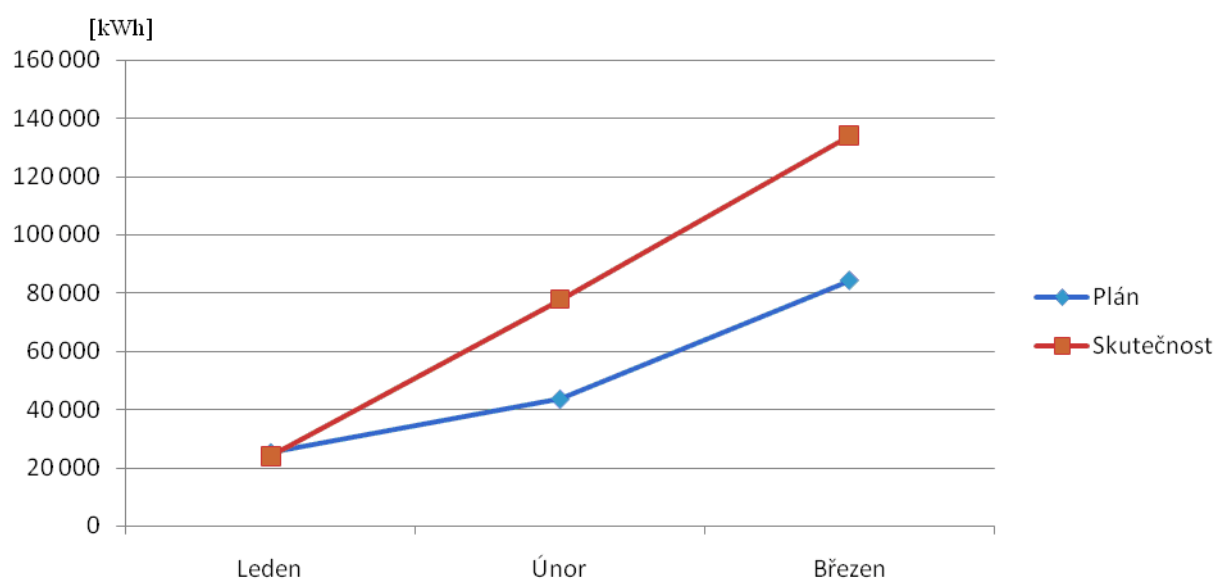
Tab. 3: Produkce elektrické energie za rok 2011

Časové období	měsíc	Leden	Únor	Březen
Produkce elektřiny	plán [kWh]	25 026	43 526	84 462
	skutečnost [kWh]	24 006	78 011	134 248
Rozdíl skutečnosti a plánu	[kWh]	-1 020	34 486	49 786
Procentuální vyjádření skutečnosti vůči plánu	[%]	95,9	179,2	158,9

Plán vychází ze slunečního osvětlení pro dané období. Jedná se o dlouhodobý statistický průměr. Na základě toho se poté počítá plánovaná produkce elektrické energie v závislosti na ploše fotovoltaických panelů a jejich jmenovitému výkonu.



Graf 3: Odchylka skutečné produkce energie od plánu (rok 2011)



Z tabulky i grafu je patrné, že v měsících únoru a březnu dochází k nadprůměrné produkci energie. To je dáno skutečnými klimatickými podmínkami oproti očekávaným (podle statistického průměru). Například v únoru byla malá oblačnost a větší počet slunečných dnů, než je obvyklé.

### 3.1.3 Vyrobená energie a její cena

Tab. 4: Plán produkce el. energie pro rok 2011 a její cena

Časové období	Výroba el. energie		
	Plán [kWh]	Cena vyrobené energie	
měsíc		výkupní cena [Kč]	zelený bonus [Kč]
Leden	25 026	310 319	285 294
Únor	43 795	543 059	499 264
Březen	84 462	1 047 328	962 866
Duben	134 513	1 667 967	1 533 454
Květen	171 009	2 120 516	1 949 507
Červen	165 796	2 055 867	1 890 071
Červenec	162 667	2 017 077	1 854 409
Srpen	158 497	1 965 357	1 806 860
Září	107 402	1 331 788	1 224 386
Říjen	65 693	814 589	748 896
Listopad	29 197	362 039	332 843
Prosinec	20 855	258 600	237 745
celkem	1 168 912	14 494 506	13 325 594

### 3.1.4 Ekonomické vyhodnocení

Vstupní hodnoty jsou zadávány bez DPH, protože investor je plátcem DPH.

Tab. 5: Investiční náklady

Technologie	Náklady (v tis. Kč)
Pozemek	0
Panely	58 389
nosná konstrukce	5 960
Měniče	8 017
řídící a měřící systém	1 163
zabezpečení areálu	1 592
připojení k síti	6 676
Celkem	81 797

Porovnáním tabulek produkce a investičních nákladů, lehce spočítáme kdy se počáteční investice vrátí. Pokud uvažujeme čerpání zelených bonusů, ze kterých při plánované produkci ročně získáme 13 325 594 Kč, pak se počáteční investice 81 797 000 Kč vrátí za 6 let. Toto je ovšem velmi hrubý výpočet (za předpokladu 0%-ního růstu výkupních cen, 0%-ního růstu provozních nákladů a použití vlastního investičního kapitálu). Dále není přihlédnuto k dalším faktorům jako například pokles výkonu panelů a odpočet DPH.

FVE jako celek spadá do odpisové skupiny 4 „díla energetická“, kde je doba odepisování 20 let. V Praxi se předpokládá životnost delší. Je uvažován pokles výroby FVE v důsledku stárnutí panelů ve výši 1 % ročně. Podle § 19 odst. D) zákona č. 586/1999 Sb. o dani z příjmů je zařízení osvobozeno od daně z příjmů v roce uvedení do provozu v následujících pěti letech.

Běžně se dnes udává návratnost počáteční investice v rozmezí 6 až 8 let. Záleží také na tom jaké čerpání dotací si majitel fotovoltaické elektrárny vybere. Celkově se dá ale shrnout, že stavba FVE se z dlouhodobého hlediska ekonomicky vyplatí.

### 3.1.5 Environmentální vyhodnocení

Environmentálními přínosy se myslí kvantifikace snížení zátěže životního prostředí. Vyčíslení dopadů na životní prostředí lze provést tak, že se spočítají emise, které by se vyprodukovaly systémovými elektrárnami při výrobě stejného množství elektrické energie, jaké vyrobí obnovitelný zdroj.

Tab. 6: Úspora emisí

Znečišťující látka	množství [t/r]
Tuhé látky	0,096
SO <sub>2</sub>	1,818
NO <sub>x</sub>	1,544
CO	0,146
CO <sub>2</sub>	1207,052

## 4 Závěr

Cílem této práce bylo odborné rešeršní vyhodnocení možnosti využití obnovitelných zdrojů energie v ČR. Již v úvodu jsou nastíněny hlavní důvody, proč se v poslední době dostává problematika využívání obnovitelných zdrojů energie mezi hlavní celosvětově diskutovaná témata.

V jednotlivých kapitolách jsou postupně rozebrány jednotlivé formy a zdroje energie. Jako první kapitola je zvolena záměrně sluneční energie, jelikož energie ze Slunce, tvoří drtivý podíl všech obnovitelných zdrojů energie, případně je jen transformována přírodními podmínkami na jinou formu energie, například na energii větrnou, která je pak již rozebrána v samostatné kapitole.

U jednotlivých forem energie je rozebrán její původ a tedy i vznik. Základní principy jejího využití a následné mechanismy transformace na jinou – požadovanou formu energie – zejména na energii elektrickou. Následně je načrtnut potenciál jejího využití přímo v ČR a také jsou zmíněny dosavadní aplikované systémy využívající konkrétní energii. Dále jsou zmíněny využívané současné technologie v jednotlivých oborech obnovitelných zdrojů, jejich případný vývoj a výhled do budoucnosti. Nejsou opomenuty ani důležitá porovnání s jinými, byť neobnovitelnými, zdroji energie a jsou shrnuty základní výhody a nevýhody související s náležitostmi vedoucími k čerpání energie z jednotlivých zdrojů.

Základní pojednávané jsou tyto formy energie: sluneční energie, vodní energie, větrná energie, geotermální energie, energie z biomasy a zvláštní samostatnou kapitolou tvoří tepelná čerpadla.

V poslední době dochází především k rozvoji energie sluneční a větrné. Druhá velká část práce pojednává právě o sluneční energii, která se v ČR stala v poslední době nejdiskutovanějším tématem z oboru OZE. Je to zapříčiněno především vysokými státními dotacemi a tak během posledních uplynulých 5 let došlo k obrovskému rozvoji fotovoltaické energie. Obecně za nejvíce postižená místa, která zasáhl současný boom fotovoltaických elektráren, lze označit oblasti s vysokou hodnotou slunečního záření. V ČR k těmto lokalitám patří hlavně oblast jižní Moravy, konkrétně Hodonínsko, Znojemsko a Břeclavsko. To je nyní patrné třeba jen při průjezdu krajinou a příznačné pro tento jev jsou velké plochy, zastavěné fotovoltaickými elektrárnami.

Tato situace ale přispívá k současnému celkovému rozvoji fotovoltaiky i slunečních kolektorů, dochází ke zvyšování účinnosti a snižování cen těchto zařízení. Jsou rozebrány základní typy používaných fotovoltaických článků a solárních kolektorů. Zmíněna je jejich výroba a vývoj, základní rozdělení jednotlivých typů, možnosti využití a ekonomická efektivita související s pořízením těchto systémů.

V závěru této práce je detailně popsána fotovoltaická elektrárna rozprostírající se podél řeky Moravy v Otrokovicích. Elektrárna je ve vlastnictví firmy TOMA, a.s. se sídlem v Otrokovicích na tř. T. Bati 1566. Byla instalována a zapojena do provozu v loňském roce a dodává výkon 1173 kWp. Je připojena do lokální distribuční sítě TOMA, a.s. Otrokovice přípojkou VN 6kV. Fotovoltaické panely jsou založeny na technologii monokrystalu. Celý provoz FVE je plně automatický s pochůzkovou obsluhou. Jsou zveřejněny investiční náklady, je provedeno ekonomické i environmentální vyhodnocení. Po celkovém vyhodnocení ale docházíme k závěru, že výstavba fotovoltaické elektrárny se přes vysokou počáteční investici ekonomicky vyplatila.

Po finálním zhodnocení celkového dění okolo fotovoltaiky v ČR musely být stanoveny regulace výkupních cen energie z OZE. Trend v masovém stavění fotovoltaických elektráren se tak částečně zastavil, řada investorů dokonce stavbu FVE zrušila, protože by již neměli garantovány výhodné výkupní ceny energie.

Solární a větrná energie mají v porovnání s ostatními zdroji malou výkonovou hustotu (větrná elektrárna - 0,13 kWh/m<sup>2</sup>, solární elektrárna - 0,25 kWh/m<sup>2</sup>) [17]. Nezbývá než tedy hledat možnosti čerpání energie z jiných zdrojů, jako je například biomasa, která by se v ČR dále poměrně dobře využít. Pro pěstování energetických plodin máme příznivé klimatické podmínky i dostatek orné půdy. Zatím nejpříjemnějším řešením by mohla být vodní energie. Přestože je hydroenergetice potenciál ČR prakticky vyčerpán, v úvahu by ještě mohla připadnout výstavba nových přečerpávacích vodních elektráren, jejichž technologie umožňují využít veškerou vyrobenou energii.

Přestože se může zdát, že současná zařízení na transformaci energie z obnovitelných zdrojů jsou dostatečně rozvinutá, stále je potřeba vyvíjet snahu tyto technologie zlepšovat, protože současnou celosvětovou spotřebu energie z těchto zdrojů nelze pokrýt a s výhledem do daleké budoucnosti třeba nastane čas, kdy tato problematika bude na pořadu dne.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] MOTLÍK, J., et al. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice* [online]. Vydáno: 2007.  
Dostupné z:  
[http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne\\_zdoje\\_energie\\_a\\_moznosti\\_i\\_jejich\\_vyuziti\\_pro\\_cr.pdf](http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_i_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf)
- [2] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Obnovitelné zdroje energie. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD\\_zdroj\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie)
- [3] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Solární konstanta. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD\\_konstanta](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_konstanta)
- [4] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Sluneční energie. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie)
- [5] Nazeleno.cz [online]. Obnovitelné zdroje energie. Dostupné z:  
<http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>
- [6] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Fotovoltaika. Dostupné z:  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika>
- [7] MVE energetika [online]. Peltonova turbína. Dostupné z:  
<http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/pelton.htm>
- [8] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Vodní energie. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_energie)
- [9] Zdroje energie [online]. Dostupné z:  
<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/09/obnovitelne-zdroje-energie.html>
- [10] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Přecherpávací elektrárna. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99e%C4%8Derp%C3%A1vac%C3%AD\\_vodn%C3%AD\\_elektr%C3%A1rna\\_Dlouh%C3%A9\\_str%C3%A1n%C4%9B](http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99e%C4%8Derp%C3%A1vac%C3%AD_vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna_Dlouh%C3%A9_str%C3%A1n%C4%9B)
- [11] Česká společnost pro větrnou energii [online]. Dostupné z:  
<http://www.csve.cz/cz/clanky/konference-vetrna-energie-v-cr-2010/361>
- [12] Biom.cz. [online]. Zdroje biomasy. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedostatek-biomasy>
- [13] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. Geotermální energie. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Geoterm%C3%A1ln%C3%AD\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geoterm%C3%A1ln%C3%AD_energie)
- [14] Ekowatt – Centrum pro obnovitelné zdroje energie [online]. Dostupné z:  
<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>

- [15] Solární kolektory Velux [online]. Dostupné z:  
<http://www.velux.cz/zakaznici/vyrobky/solarni-kolektory/default.aspx>
- [16] Solární kolektory. Skupina ČEZ [online]. Dostupné z:  
<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- [17] Naše elektrárny. Skupina ČEZ [online]. Dostupné z:  
<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/elektrina/zaj6.htm>
- [18] Solární novinky [online]. Dostupné z:  
<http://www.solarninovinky.cz/2010/index.php?rs=4&rl=2010111004&rm=28>
- [19] Energetický poradce [online]. Energie vody. Dostupné z:  
<http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-vody.html#rozdeleni>
- [20] Fotovoltaika Hyundai [online]. Parametry panelů. Dostupné z:  
<http://www.weis-gruppe.eu/download/hyundai-photovoltaik-module-sg-series.pdf>
- [21] Department of Energy Technology [online]. Dostupné z:  
<http://www.energy.kth.se/index.asp?pnr=12&ID=843&lang=0>
- [22] Dvorek.eu. Obnovitelné zdroje [online]. Dostupné z:  
<http://www.dvorek.eu/clanek/23351>
- [23] Solární energie. Skupina ČEZ [online]. Dostupné z:  
<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/solar.htm>
- [24] Mechanator [online]. Turbína. Dostupné z:  
<http://mechanator.blogspot.com/>
- [25] ZTC Energy [online]. Vodní energie. Dostupné z:  
<http://www.ztcenergy.com/sluzby/vodni-energie/>
- [26] Kaplanova turbína [online]. Cojeco. Dostupné z:  
[http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id\\_desc=43115&s\\_lang=2](http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=43115&s_lang=2)
- [27] Elektrárny.xf [online]. Dostupné z:  
<http://www.elektrarny.xf.cz/obrazekvelky2.html>
- [28] Výroba elektrické energie [online]. Dostupné z:  
<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/elektrina/3-3.htm>
- [29] Energetický poradce [online]. Energie větru. Dostupné z:  
<http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-vetru.html>
- [30] Ekobydlení [online]. Větrné elektrárny. Dostupné z:  
<http://www.ekobydleni.eu/tag/vetrne-elektrarny/page/10>

- [31] Česká společnost pro větrnou energii [online]. Větrná mapa. Dostupné z:  
<http://www.csve.cz/clanky/detail/35>
- [32] Okresní agrární komora Šumperk [online]. Dostupné z:  
<http://www.oaksumperk.cz/index.php?p=kratke-informace-dne-1162009>
- [33] Biom.cz [online]. Biomasa. Dostupné z:  
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuzivani-obnovitelnych-surovin-v-ceske-republice>
- [34] Dům a byt [online]. Inteligentní kotle. Dostupné z:  
[http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/bydlime/inteligentni-kotle-a-ciste-teplo\\_19713.html](http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/bydlime/inteligentni-kotle-a-ciste-teplo_19713.html)
- [35] TXU, Geothermal energy [online]. Dostupné z:  
<http://www.txucorp.com/responsibility/education/generation/geothermal.aspx>
- [36] cheaperpetrolparty [online]. Alternative energy. Dostupné z:  
[http://www.cheaperpetrolparty.com/Alternative\\_Energy.php](http://www.cheaperpetrolparty.com/Alternative_Energy.php)
- [37] Finance trading times [online]. Dostupné z:  
<http://www.finance-trading-times.com/2009/05/types-of-geothermal-power-plants-and.html>
- [38] Ekobydlení [online]. Dostupné z:  
<http://www.ekobydleni.eu/tag/geotermalni-energie>
- [39] Zajímavé články [online]. Tepelná čerpadla. Dostupné z:  
[http://www.zajimaveclanky.cz/tepelna\\_cerpadla\\_setri\\_ohreji\\_i\\_ochladi-3-200-1-1.html](http://www.zajimaveclanky.cz/tepelna_cerpadla_setri_ohreji_i_ochladi-3-200-1-1.html)
- [40] Seznam FVE v ČR [online]. Dostupné z:  
<http://www.jvproject.cz/>
- [41] Solární panely [online]. Sluneční mapa ČR. Dostupné z:  
<http://panely-solarni.com/>
- [42] SVP Solar [online]. Výkupní ceny elektřiny. Dostupné z:  
<http://www.svp-solar.cz/2010/11/vykupni-ceny-pro-rok-2010/>
- [43] TZB info [online]. Fotovoltaika. Dostupné z:  
<http://energie.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku>
- [44] Nazeleno [online]. Dostupné z:  
<http://www.nazeleno.cz/aktualne/nejvetsi-solarni-park-je-ve-strasicich-co-je-zde-k-videni.aspx>
- [45] České stavby [online]. Dostupné z:  
<http://www.ceskestavby.cz/clanky/vyuzijte-potencial-solarni-energie-19267.html>
- [46] Ekowatt [online]. Dostupné z:  
<http://www.ekowatt.cz/>



[47] Zpráva o energetickém auditu podnikatelského záměru: Fotovoltaická elektrárna Otrokovice ČOV, Ing. Jiří Beranovský, Ing. Jan Truxa, Ing. Karel Srdečný, leden 2010

[48] Projektová dokumentace: Solární elektrárna Otrokovice ČOV, Ing. Josef Přes, Ing. Martin Dufka, červenec 2010

[49] Časopis Stavebnictví [online]. Dostupné z:  
<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=517>

## Seznam použitých zkratk

ČR Česká republika

EU Evropská unie

FVE fotovoltaická elektrárna

ERÚ Energetický regulační úřad

MWp megawatt peak (špičkový výkon)