

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření

Diplomová práce

Vývoj a rozvoj obnovitelných zdrojů energie ve světě

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav BRAŠNA**
Osobní číslo: **E10N0006P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Vývoj a rozvoj obnovitelných zdrojů energie ve světě**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vysvětlete základní principy obnovitelných zdrojů energie.
2. Rozeberte přírodní, legislativní a technické podmínky využití OZE ve světě (mimo EU).
3. Popište vývoj a rozvoj OZE ve světě (mimo EU).



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. přednášky z předmětu KEE/VEN

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

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

V Plzni dne

.....

Poděkování

Chtěl bych tímto velice poděkovat panu Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D. za cenné rady k této diplomové práci. Dále bych chtěl poděkovat mým rodičům a celé mé rodině za poskytnutí zázemí a podporu ve studiu.

Anotace:

Diplomová práce se zaměřuje na obnovitelné zdroje energie využívané po celém světě. Jsou zde nastíněny základní principy výroby elektrické energie pomocí těchto zdrojů. Dále jsou v této práci analyzovány přírodní podmínky dávající příležitost k výrobě elektrické energie. Jsou zde popsána základní technická zařízení v elektrárnách. V závěrečné části se práce zaměřuje na vývoj výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v různých oblastech světa.

Klíčová slova:

obnovitelné zdroje energie, sluneční energie, větrná energie, geotermální energie, vodní energie, energie moře, biomasa

Evolution and development of renewable energy sources in the world

Abstract:

The diploma thesis aims at renewable resources of energy that are used worldwide. There are described basic principles of producing electricity by help of these resources. Furthermore, natural conditions are analyzed, that are giving opportunity to produce electricity. Then, basic technical devices in power stations are described. The final part deals with development of producing electricity from renewable resources in different areas of the world.

Key words:

renewable energy, solar energy, wind energy, geothermal energy, hydropower, ocean energy, biomass

Obsah

Úvod	11
1 Obnovitelné zdroje energie.....	12
1.1 Sluneční energie	12
1.1.1 Formy využití solární energie	13
1.1.1.1 Pasivní způsob	14
1.1.1.2 Aktivní způsob	14
1.2 Geotermální energie	16
1.3 Větrná energie.....	17
1.3.1 Vznik větru	18
1.3.2 Energie větru a výkon.....	19
1.3.3 Druhy větrných motorů.....	20
1.3.3.1 Odporový princip.....	20
1.3.3.2 Vztlakový princip	20
1.4 Energie vodních toků	21
1.4.1 Energetický potenciál vodního toku.....	22
1.4.2 Druhy vodních elektráren	22
1.5 Energie moře	23
1.5.1 Elektrárny využívající energii vln	24
1.5.2 Energie mořských proudů	25
1.5.3 Přílivové elektrárny	25
1.6 Biomasa.....	26
1.6.1 Druhy biomasy	27
1.6.2 Zpracování biomasy	28
1.6.2.1 Spalování nebo spoluspalování biomasy	28
1.6.2.2 Zplyňování a pyrolýza biomasy	29
1.6.2.3 Výroba bioplynu	29
1.6.2.4 Produkce kapalných biopaliv.....	31
2 Přírodní a technické podmínky	32
2.1 Sluneční energie.....	32
2.1.1 Přírodní podmínky.....	32
2.1.2 Technické podmínky	33

2.1.2.1	Fotovoltaické články.....	33
2.1.2.2	Tepelné sluneční elektrárny	36
2.2	Geotermální energie	37
2.2.1	Přírodní podmínky.....	37
2.2.2	Technické podmínky	40
2.2.2.1	Geotermální elektrárna s principem na suchou páru	40
2.2.2.2	Geotermální elektrárna s principem na mokrou páru	40
2.2.2.3	Geotermální elektrárna pracující s principem na horkou vodu (binární princip)	41
2.2.2.4	Další technické požadavky	41
2.3	Větrná energie.....	41
2.3.1	Přírodní podmínky.....	41
2.3.2	Technické podmínky	43
2.3.2.1	Stožár větrné elektrárny.....	44
2.3.2.2	Vrtule větrné elektrárny.....	45
2.3.2.3	Gondola větrné elektrárny.....	46
2.3.2.4	Elektrárna Darrieus se svislou osou	48
2.4	Energie vody.....	48
2.4.1	Přírodní podmínky.....	48
2.4.2	Technické podmínky	50
2.4.2.1	Strojovna	50
2.4.2.2	Typy turbín	50
2.4.2.3	Přehradní hráz.....	53
2.5	Energie moře.....	53
2.5.1	Přírodní podmínky.....	53
2.5.1.1	Elektrárny využívající energii vln	53
2.5.1.2	Přílivové elektrárny	54
2.5.2	Technické podmínky	55
2.5.2.1	Elektrárny využívající energii vln	55
2.5.2.2	Elektrárny využívající energii přílivu.....	57
2.6	Biomasa.....	59
2.6.1	Přírodní podmínky.....	59
2.6.2	Technické podmínky	60
3	Legislativní podmínky.....	62

3.1	Kjótský protokol	62
3.1.1	Platnost Kjótského protokolu.....	62
3.1.2	Definované snížení emisí.....	63
3.1.3	Ekonomické důsledky.....	64
3.1.4	Nástupce Kjótského protokolu.....	64
3.2	Legislativní podmínky v USA	65
3.3	Legislativní podmínky v Kanadě	65
3.4	Legislativní podmínky v Číně	66
3.5	Legislativní podmínky v Indii	68
3.6	Legislativní podmínky v Japonsku	68
3.7	Legislativní podmínky v Rusku	69
3.8	Legislativní podmínky v Austrálii.....	70
3.9	Legislativní podmínky v Brazílii	70
4	Vývoj a rozvoj OZE.....	71
4.1	Sluneční energie.....	71
4.1.1	Fotovoltaické elektrárny	71
4.1.1.1	Fotovoltaické elektrárny v USA a Kanadě	71
4.1.1.2	Fotovoltaické elektrárny v Indii a na Dálném východě	74
4.1.1.3	Fotovoltaické elektrárny v Rusku	76
4.1.1.4	Fotovoltaické elektrárny v Austrálii	76
4.1.1.5	Fotovoltaické elektrárny ve vesmíru a na Měsíci.....	77
4.1.2	Solární tepelné elektrárny.....	78
4.1.2.1	Solární tepelné elektrárny v USA	79
4.1.2.2	Solární tepelné elektrárny v Africe a na Blízkém východě	80
4.1.2.3	Solární tepelné elektrárny v Indii	83
4.1.2.4	Solární tepelné elektrárny na ostatních příhodných místech světa	83
4.2	Geotermální energie	84
4.2.1	Geotermální energie v Severní Americe	84
4.2.2	Geotermální energie ve Střední Americe.....	88
4.2.3	Geotermální energie v Rusku.....	90
4.2.4	Geotermální energie na Tichomořských ostrovech	90
4.2.5	Geotermální energie v Africe	97
4.2.6	Další oblasti a geotermální energie.....	97

4.3	Větrná energie.....	98
4.3.1	Větrná energie v Asii	100
4.3.2	Větrná energie v Severní Americe.....	102
4.3.3	Větrná energie v Jižní Americe	106
4.3.4	Větrná energie v Oceánii	107
4.3.5	Větrná energie v Africe	109
4.4	Energie vody.....	109
4.4.1	Vodní energie v Severní Americe	111
4.4.2	Vodní energie v Asii.....	115
4.4.3	Vodní energie v Jižní Americe	118
4.4.4	Vodní energie v Rusku.....	120
4.4.5	Vodní energie v Africe	121
4.5	Energie moře.....	123
4.5.1	Energie mořských vln	123
4.5.2	Energie přílivu	123
4.6	Biomasa.....	125
4.6.1	Biomasa v Severní Americe	125
4.6.2	Biomasa v Jižní Americe	127
4.6.3	Biomasa v Asii a Oceánii.....	127
5	Souhrn obnovitelných zdrojů energie ve světě.....	129
	Závěr.....	132
	Seznam použité literatury	133

Úvod

Elektrická energie provází lidský život již více než 200 let. Od té doby se na jejím vývoji neustále pracovalo a dnes si bez ní nedokážeme život představit. Elektřina nás provází téměř na každém kroku, ať už to je při práci nebo odpočinku. Moderní společnost by také nemohla bez elektřiny vyvíjet další nové technologie.

Celosvětovým trendem je zvyšování množství potřebné energie, ať už je to díky rozšiřování připojení k elektrické energii i do méně vyspělých částí světa, tak i rostoucí požadavky na množství energie v rozvinutých oblastech světa. Z tohoto důvodu dochází k větší těžbě fosilních paliv, jako je uhlí, ropa nebo zemní plyn. Problém související s rostoucí těžbou a zpracováním těchto látek je zvyšující se riziko znečišťování životního prostředí. Jejich zásoby také nejsou nevyčerpatelné, a proto lidstvo začalo přemýšlet o alternativních zdrojích energie. Světové zásoby fosilních paliv, které vznikly v dávných dobách z fauny a flóry, se tenčí a blíží se doba, kdy se tyto zdroje vyčerpají. Alternativní zdroje budou muset v budoucnu fosilní paliva úplně nahradit.

Nejvhodnější alternativní zdroje jsou takzvané obnovitelné zdroje energie. Tyto zdroje jsou závislé především na sluneční energii a energii Země či Měsíce, a proto jsou nevyčerpatelné. V minulosti však byly právě tyto zdroje jedinou možnou cestou jak vyrobit potřebný druh energie. Obecně platí, že tyto zdroje jsou šetrnější k životnímu prostředí a také při jejich zpracování nevzniká tolik vedlejších a dále nevyužitelných produktů jako u fosilních paliv. Do obnovitelných zdrojů energie patří sluneční záření, geotermální energie, energie větru, energie vody, energie mořských mas a energie uložená v biomase.

Tato práce se zaměřuje na obnovitelné zdroje energie využívané ve světě. V první řadě bych chtěl vytvořit přehled základních druhů obnovitelných zdrojů spolu s možnostmi, jak tyto zdroje využívat. V druhé řadě bych chtěl analyzovat tyto zdroje z různých hledisek. Nejdůležitějším hlediskem jsou přírodní podmínky. Dalším neméně důležitým kritériem jsou technické podmínky, které umožňují tyto druhy energie využívat. Pro rozvoj výroby elektrické energie na určitém území musí být rovněž příhodné legislativní a ekonomické podmínky. Mým cílem je také vytvořit přehled o nejvíce využívaných územích a nastínit rozvoj a vývoj využívání různých technologií výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v těchto oblastech.

1 Obnovitelné zdroje energie

Definice obnovitelných zdrojů energie z českého zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, zní takto: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.*“

Další definice, nyní podle zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, zní: „*Obnovitelnými zdroji se rozumí zdroje obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimi 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.*“

Většina obnovitelných zdrojů energie má svůj původ v energii slunečního záření, které vzniká jadernými přeměnami v nitru Slunce. Dalšími možnostmi získání energie je vnitrozemské teplo a setrvačnost soustavy Země – Měsíc přeměněná na energii přílivu.

Energie ze slunečního záření se využívá přímo, nebo přeměněná na jinou formu. Pokud se tato energie přeměňuje nějakým technickým zařízením přímo, jedná se o sluneční energii. Další možnost je, že tato energie je vázána v živých organismech a jedná se tedy o biomasu. Energie slunečního záření se také může vázat do potenciální energie vody, jelikož existuje koloběh vody a hovoříme zde o vodní energii, nebo se přemění na kinetickou energii vzdušných mas. Zde hovoříme o větrné energii nebo o energii vln, jelikož vítr může dát do pohybu vodu na hladinách oceánů.

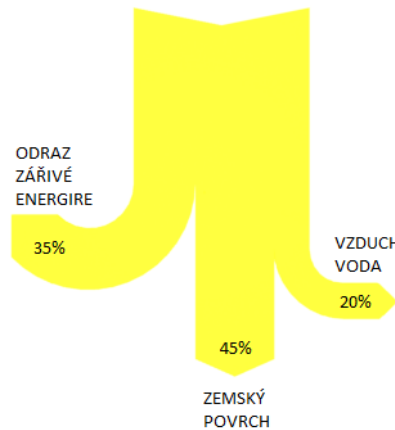


Obr. 1: Rozdělení obnovitelných zdrojů energie

1.1 Sluneční energie

Ze Slunce je vyzařována energie v širokém spektru vlnových délek od nejmenších, jako je rentgenové a ultrafialové, až po metrové délky záření radiového. Nejčastější je ovšem

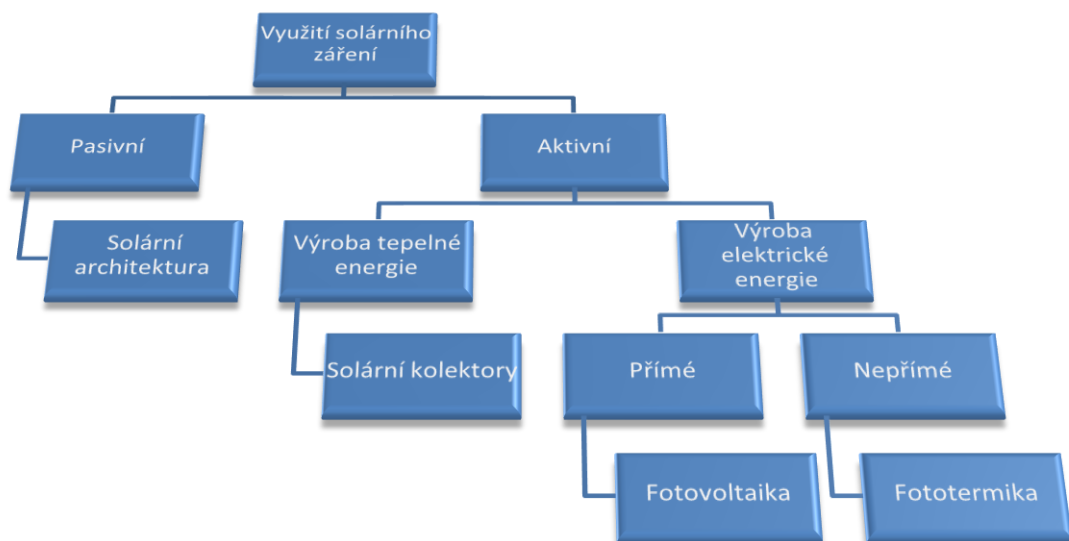
záření světelné a infračervené o vlnových délkách 0,2 μm až 3 μm . Z celkového toku zářivé energie vyzářeného Sluncem dopadá na zemský povrch zhruba jedna dvoumiliardtina, čemuž odpovídá tzv. sluneční konstanta ($I_0 = 1367 \text{ Wm}^{-2}$). Přibližně jedna třetina se bezprostředně odrazí zpět do vesmíru ve vyšších vrstvách atmosféry, jedna pětina se váže na koloběh vody a cirkulaci větru a zbytek dopadá na zemský povrch. [1]



Obr. 2: Schéma prostupu slunečního záření atmosférou

1.1.1 Formy využití solární energie

V praxi lze rozdělit formy využívání solární energie do dvou skupin. Jedná se o pasivní a aktivní využívání solární energie.



Obr. 3: Rozdělení využívání solárního záření

1.1.1.1 Pasivní způsob

Pasivní způsob využívání lze také jinak nazvat solární architekturou. Tento princip je založen na principech vedoucích k úspoře energie. Každá budova využívá tepelnou energii z okolí svojí urbanistickou, architektonickou a konstrukční koncepcí. Transport energie se děje pouze přirozenou cestou bez použití technických zařízení. Využívá se zde selektivní propustnosti tepelného záření transparentními materiály, rozdílná pohltivost krátkovlnného záření, omezení emisivity dlouhovlnného záření stavebními povrchy i akumulace tepla. Budovy, které se snaží využít co nejvíce energie pomocí stavebních prvků, se nazývají pasivní budovy. [3]

1.1.1.2 Aktivní způsob

Aktivní způsob využití solární energie je realizován pomocí technických zařízení. energii lze získat ze sluneční energie různými způsoby. Jedná se o získání tepelné energie pomocí kolektorů, nebo získání elektrické energie přímým, nebo nepřímým způsobem.

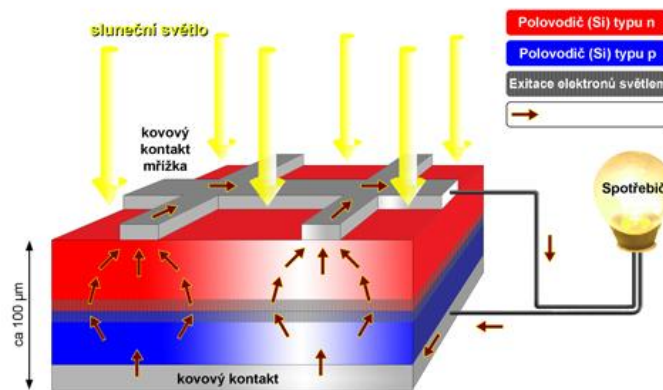
Možnou konstrukcí, jak získat tepelnou energii ze Slunce, jsou sluneční kolektory. Nejčastější užití je pro ohřev teplé užitkové vody. Existují nízkoteplotní a vysokoteplotní systémy.

Nízkoteplotní systémy jsou rovinné kolektory, které záření nekonzcentrují, a jejich účinná plocha záření zachycuje a také absorbuje. Hustota světelného toku je malá, tudíž není možno dosahovat vysokých teplot. Pracovní látkou těchto zařízení je nejčastěji voda, nemrznoucí směs, nebo plyn. Absorbér je společně s potrubním systémem uložen v rámu. Nad absorbérem je průhledný kryt a ostatní strany jsou vhodně tepelně izolovány. Průhledný kryt propouští záření o krátkých vlnových délkách (0,35 - 3 μm), ale zabraňuje vyzařování tepelné energie transformované po odrazu do větších vlnových délek (10 - 30 μm). Tím je dosahováno žádoucího skleníkového efektu. Pracovní látka posléze rozvádí teplo na potřebná místa.

Vysokoteplotní systémy používají sběrače s koncentrací zářivé energie. Tyto kolektory se skládají ze sběrné plochy, která odráží světelný tok do jednoho místa, kde je absorbér. [2]

Přímá přeměna solární energie na elektrickou využívá fotovoltaického jevu. Jedná se o princip uvolňování elektronů určitých látek působením světla, neboli fotonů. Látky vykazující fotovoltaický jev jsou některé polovodiče, jako například křemík, který je

nejrozšířenější. Fotovoltaický článek je v podstatě polovodičová dioda, která je složena z polovodiče typu N a typu P. Na P-N přechodu, což je rozhraní mezi oběma typy, vzniká rozdíl potenciálů. Dopadne-li foton do oblasti P-N přechodu, některé elektrony přejdou do vyšší energetické hladiny, uvolní se a místo něho vznikne volné místo (díra). Elektron je pak přitahován do oblasti typu N a díra do oblasti typu P. Pokud jsou na P-N přechod připojeny elektrody a je uzavřen elektrický obvod, vzniká proud.



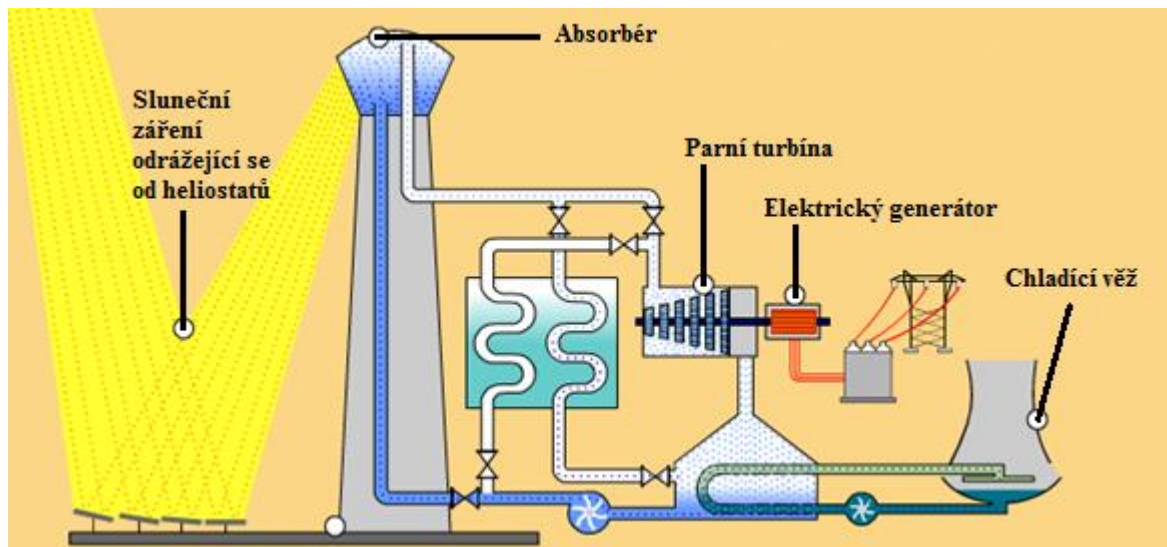
Obr. 4: Princip činnosti fotovoltaického článku [6]

Fotovoltaické elektrárny se skládají z několika částí. Hlavní část jsou fotovoltaické panely zachycující sluneční záření. Jsou složeny z fotovoltaických článků, jejichž princip je popsán výše. Články se zapojují buď za sebou, pro dosažení potřebného napětí, nebo vedle sebe, abychom získali větší proud. Panely jsou ukotveny na nosných konstrukcích, které mohou být pevné, nebo pro lepší účinnost systému mohou být polohovací, pro lepší zachycení slunečních paprsků. Další částí je střídač, který mění stejnosměrný proud z fotovoltaických článků na střídavý. Jeho životnost je obvykle kratší než u zbytku systému a je nutno počítat s reinvesticí. [4]

Nepřímo získaná energie ze slunečního záření se nejprve převede na energii tepelnou a až posléze můžeme tuto energii převést na elektrickou. Konstrukcí pro takovéto přeměny je několik.

Tato přeměna se provádí ve slunečních tepelných elektrárnách. V principu jde o klasickou tepelnou elektrárnu, která získává potřebné teplo z energie Slunce. Sluneční záření je pomocí velkého počtu otáčivých rovinných zrcadel (heliostaty) soustředěno do jednoho bodu, kde je v absorberu ohřívána teplotonosná látka. Druhá možnost je vést látku, která se má ohřívát, těsně před každým zrcadlem v absorpční trubici. Teplotonosná látka

předává svoji energii vodě ve výměníku a vzniklá pára posléze pohání turbínu připojenou na generátor elektrického proudu. [5]



Obr. 5: Schéma sluneční tepelné elektrárny [7]

Jiná možnost, jak získat elektrickou energii ze sluneční, je pomocí termoelektrických článků umístěných v ohnisku sběračů. Tato termoelektrická přeměna pracuje na principu Seebeckova jevu, tzn. že v obvodu jsou dva různé dráty, které v bodě dotyku mají každý jinou teplotu, a tím vzniká elektrický proud. Větší množství termoelektrických článků se nazývá termoelektrický generátor. [5]

Elektrickou energii ze sluneční lze také získat pomocí Stirlingova motoru, na který je připojen elektrický generátor. Díky složitosti tohoto zařízení zatím nedosáhla většího rozšíření. Princip Stirlingova motoru je založen na kompresi a expanzi pracovní látky, které probíhají při různých teplotách. Pracovní látka v tomto motoru se nemísí se spaliny, ale zůstává uvnitř motoru. K nepřetržitému ohřevu pracovní látky dochází v ohřívací komoře pomocí slunečního záření soustředěného do tohoto místa. [1]

1.2 Geotermální energie

Slovo geotermální má původ ve slovech řeckého původu. Jsou to GEO, což znamená Země, a THERME znamenající teplo. Dohromady to znamená tepelná energie Země. Jedná se o nejstarší druh energie na planetě, jelikož vznikla při jejím formování z mateřské mlhoviny a při následných srážkách s kosmickými tělesy. V současné době je tato energie částečně generována radioaktivním rozpadem některých prvků v zemském tělese. [8] [9]

Zemské těleso se skládá z několika vrstev. Zemská kůra je svrchní plášť Země. Jedná se o tvrdou kůru sahající do hloubky až 40 km v oblastech pevniny, ale v oblasti oceánů může být jen 5 km. Tato vrstva je prozkoumána díky přímému pozorování hornin při zemském povrchu. O vrstvách ležících pod tímto pláštěm toho není příliš známo. Je zde vrstva nazývaná se plášť sahající až do hloubky 2 900 km. Tato vrstva se skládá z pevné vrchní vrstvy, dále z těstovité vrstvy nazývaná se astenosféra a silné spodní vrstvy. Svrchní vrstva spolu se zemskou kůrou tvoří litosféru, která se dělí na desky. Tyto desky se pohybují na astenosféře, která je téměř tekutá díky tlaku a teplotě blížícím se bodu tání. Spodní vrstva je tvořena pravděpodobně peridotitem s minerály o vyšší hustotě, které vznikly tlakem nadložních hornin. Jádro se skládá ze železo-niklové slitiny a dělí se na vnější a vnitřní v hloubce zhruba 5 150 km. Vnější pásmo je kapalné a vnitřní je nejspíše pevné.

Teplota v nitru Země stoupá směrem od povrchu. Teplota na hranici kůry a pláště je zhruba 375 °C. V plášti v hloubce 1000 km pod povrchem teplota dosahuje 1 800 °C a v hloubce 2 000 km je asi 2 250 °C. Na rozhraní pláště a jádra je teplota 2 500 °C a ve středu Země se teplota pravděpodobně pohybuje kolem 3 000 °C. [10]

V přírodě se geotermální energie uplatňuje ve formě sopek, horkých pramenů a gejzírů. V současné době se energie zemského nitra využívá jako tepelný zdroj pro vytápění domácností a průmyslových objektů, nebo jako zdroj pro výrobu elektřiny v geotermálních elektrárnách.

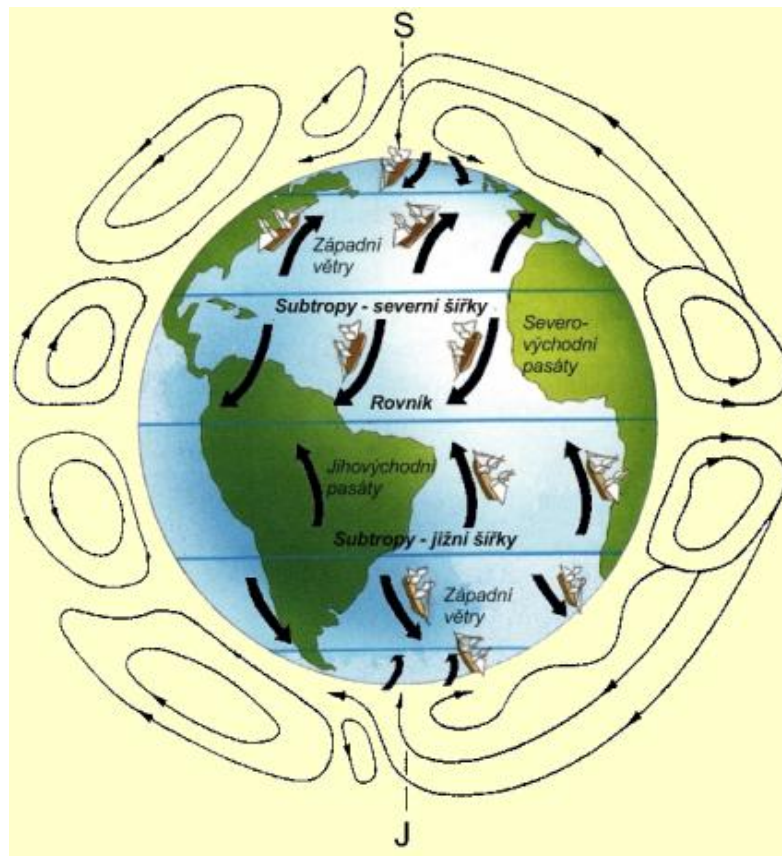
Výroba elektrické energie v geotermálních elektrárnách je podobná jako v klasických tepelných elektrárnách. I zde se využívá vřelá voda a pára nebo jiná vhodná tekutina pro roztáčení turbíny připojené na generátor. Rozdíl je v tom, že zde se nevyužívá fosilních paliv pro výrobu tepla, ale teplo pochází z nitra Země.

1.3 Větrná energie

Energie větru je jedním z nejstarších využívaných zdrojů energie. Využíval se již kolem roku 1000 př. n. l. v Číně a v Evropě zhruba v 8. století n. l.. Větrné mlýny byly nejčastěji využívány k mletí obilí a čerpání vody. Větrné mlýny jsou předobrazem dnešních větrných elektráren. Energie větru je nyní využívána převážně k výrobě elektrické energie.

1.3.1 Vznik větru

Vítr vzniká v důsledku nerovnoměrného ohřátí zemského povrchu, od něhož se ohřívají i vzduchové vrstvy nad ním. Důvodů nerovnoměrného ohřátí je více. Jedním z nich je nerovnoměrné oslunění povrchu způsobeného například střídáním dne a noci, nakloněním zemské osy (různý úhel dopadajících slunečních paprsků) a také kumulací oblačnosti. Dalším důvodem nerovnoměrného ohřátí vzduchu nad povrchem je nestejná pohltivost záření a tepelná kapacita různých materiálů zemského povrchu. Zde je velký rozdíl například mezi sněhem, písčitém povrchem, nebo vodní hladinou. Také například zalesněná krajina se ohřívá jinak než holé skály. Mezi různě zahřátými masami vzduchu vznikají tlakové rozdíly, které jsou vyrovnávány prouděním vzduchu. Teplý lehčí vzduch stoupá vzhůru a na jeho místo se dostává studenější. Přestože by se mohlo zdát, že se proudění mění zcela nahodile, existují určité zákonitosti. Na směr větru například působí také tvar povrchu, nebo rotace Země kolem své osy, jelikož dochází k tření větrných mas o zemský povrch.



Obr. 6: Vznik větrů na Zemi [19]

1.3.2 Energie větru a výkon

Základní vztah pro výpočet energie pohybující se masy vzduchu vychází z pohybové rovnice:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 [J]$$

, kde m je hmotnost vzdušné masy [kg] a v je rychlost proudění vzduchu [m/s].

Hmotnost se dále dá vyjádřit pomocí hustoty a objemu:

$$m = \rho V [kg]$$

Z těchto vztahů můžeme určit teoretický výkon větru:

$$P_v = \frac{1}{2}\rho Av^3 [W]$$

, kde A je plocha [m²], kterou prochází vzdušná masa.

Z tohoto vztahu můžeme vidět, že výkon závisí převážně na rychlosti větru. S rostoucí rychlostí výkon velice výrazně stoupá a naopak při malých rychlostech bude malý. Rychlost větru se měří pomocí mističkového měřidla zvaného anemometr ve výšce 10 m. Na jiné výšky nad povrchem se pak rychlost přepočítává.

Ideální účinnost, nebo také Betzova účinnost, je maximální účinnost, které lze dosáhnou z energie větru. Její hodnota je $\eta_i = 0,5926$. Ideální výkon větrné elektrárny je pak P_i . Ideální elektrický výkon elektrárny je pak roven:

$$P_{el} = P_i \cdot \eta_{ob} \cdot \eta_m \cdot \eta_{el}$$

, kde η_{ob} je účinnost obvodová způsobená např. rotací vzdušného proudu za vrtulí, nebo turbulencí na konci lopatek, η_m je účinnost mechanická a η_{el} je elektrická účinnost. [2]



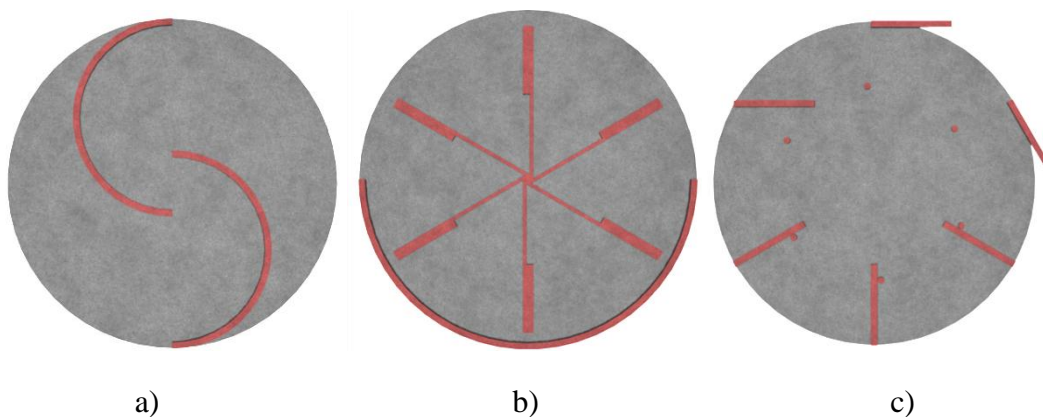
Obr. 7: Anemometr [60]

1.3.3 Druhy větrných motorů

Větrné motory transformují kinetickou energii vzduchu na energii mechanickou. Lze je dělit podle několika kritérií. Podle toho, na jakém aerodynamickém principu pracují, je dělíme na odporové a vztlakové. Podle polohy osy rotace se jedná o horizontální a vertikální. Další dělení je podle instalovaného výkonu a podle rychlostního součinitele λ . Podle rychlostního součinitele se dělí na pomaloběžné a rychloběžné.

1.3.3.1 Odporový princip

Odporový princip je takový, že vítr se opírá do lopatek, které mu kladou odpor, a díky kladenému odporu je vyvíjena síla. Motory pracující na tomto principu jsou nejstarší a jejich znakem bývá svislá osa rotace. Jejich funkce se zakládá na rozdílném součiniteli odporu zakřivených ploch při obtékání větrem z konvexní a konkávní strany. Výkony těchto motorů jsou menší než u motorů pracujících na principu vztlakovém. Patří sem například miskový anemometr, motor se Savoniovým rotorem, rotor s krycím štítem, nebo rotor s natáčivými lopatkami. [1] [2]



Obr. 8: Větrné motory pracující na odporovém principu: a) Savoniův motor, b) motor s krycím štítem, c) motor s natáčivými lopatkami

1.3.3.2 Vztlakový princip

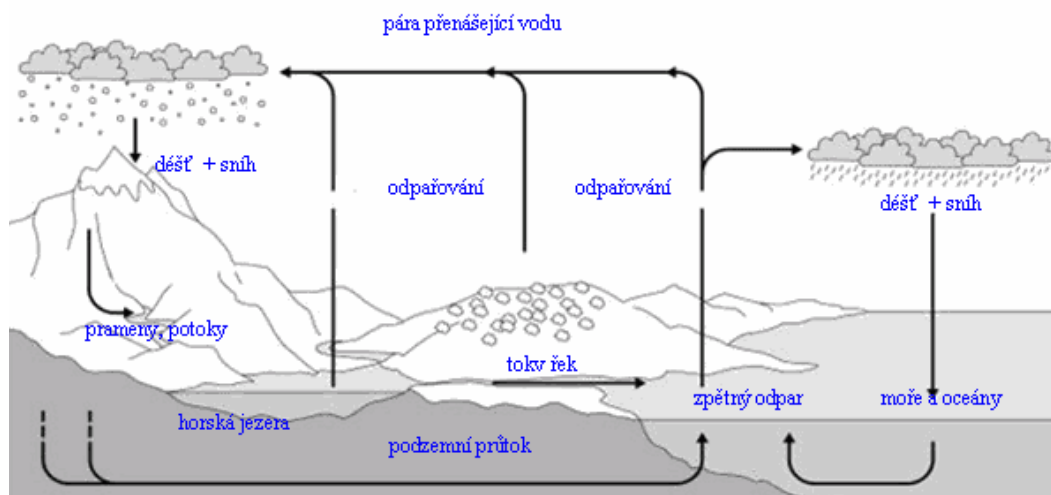
Základním prvkem větrného motoru pracujícím na vztlakovém principu je lopatka, která má speciální tvar. Tvar musí být takový, aby vznikla potřebná vztlaková síla uvádějící motor do pohybu. Na vztlakovém principu pracují zejména vrtule a větrná kola s vodorovnou osou rotace, nebo Darrieus se svislou osou. Pomaloběžná mnoholistá větrná kola mají jednoduchý tvar lopatek, kdežto rychloběžné dvou nebo třílisté vrtule musí mít tvar lopatek

složitější a jsou zkonstruovány na principu letecké vrtule. Darrieus má zpravidla dva nebo tři listy v příčném řezu tvarované opět jako letecký profil.

Pokud působí na listy vrtule vítr, je jeho energie převáděna větrnou turbínou na rotační mechanickou energii. Tato energie je posléze převáděna na energii elektrickou pomocí elektrického generátoru. Elektrárna pracuje při rychlostech větru 4 - 25 m/s. Pokud je tato rychlost překročena, musí se elektrárna odstavit, aby nedošlo k havárii. Plného výkonu dosáhne elektrárna při rychlosti větru 10 - 15 m/s. [3]

1.4 Energie vodních toků

Vodní energie je pravděpodobně nejdéle technicky využívanou energií v historii lidstva, která nemalou mírou přispěla k vývoji civilizace. Energetické zdroje využívající energii vody patří mezi velice rozšířené a v současné době běžně využívané. Jedná se o relativně dostupný a čistý zdroj. Energie je vodě dodávána prostřednictvím sluneční energie, která zajišťuje spolu s gravitací nepřetržitý koloběh velkého množství vody v různých skupenstvích. Voda se nejprve vypařuje z veškerých vodních ploch, zemského povrchu a rostlin, poté se ve vyšších vrstvách atmosféry shlukuje do oblak, kondenzuje a posléze díky gravitaci se vrací zpět na zemský povrch ve formě dešťových nebo sněhových srážek.



Obr. 9: Koloběh vody [11]

Voda je v přírodě nositelem energie mechanické, tepelné a chemické. Největší význam v hydroenergetice má mechanická energie vodních toků, která se projevuje ve formě potenciální a kinetické. Výroba elektrické energie z energie vody se provádí ve vodních elektrárnách. Zde je prostřednictvím energie vody roztáčena turbína, která je na stejné hřídeli

s elektrickým generátorem. Vzniklá elektrická energie se pak transformuje a odvádí do místa spotřeby.

1.4.1 Energetický potenciál vodního toku

Práce, která se vykoná pro přemístění kapaliny (vody) z místa A do místa B, je:

$$A = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \text{ [J]}$$

, kde $V \text{ [m}^3\text{]}$ je element objemu vody, $\rho \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]}$ je hustota kapaliny (vody), $g \text{ [m}\cdot\text{s}^{-2}\text{]}$ je gravitační zrychlení a $H \text{ [m]}$ je rozdíl výšky dvou hladin.

Výkon, který odpovídá vykonané práci za čas τ , je:

$$P = \frac{A}{\tau} = \frac{V}{\tau} \cdot \rho \cdot g \cdot H = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

, kde $Q \text{ [m}^3\cdot\text{s]}$ je průtok.

Teoreticky využitelný hydroenergetický potenciál vodního toku je menší než teoretický hydroenergetický potenciál o ztráty při přeměnách energie a s ohledem na to, že lze využít vždy jen část toku. Musí se respektovat geologické, hydrologické a topologické podmínky, dále také různé překážky, jako jsou například města, nebo komunikace.

Z dříve uvedených rovnic vyplývá, že množství využitelné energie závisí na výškovém rozdílu dvou vodních hladin a na průtoku vody mezi těmito místy. To závisí na přírodních podmínkách. V horní části vodního toku je menší průtok, ale naopak větší spád, než je v dolní části toku. V přírodě je relativně málo míst s přirozeným soustředěním spádu a průtoku, jako je například vodopád, proto je nutné soustředit spád a průtok uměle. Je nutno vytvořit vzdouvací zařízení jako je přehrada, nebo pro malé spády jez. Základní typy vodních děl jsou přehradní, jezová, derivační a zvláštní typ přečerpávací. U přečerpávacích bývá vzdutí doplněno o zvláštní výše položenou nádrž umístěnou mimo vodní tok, kam se v době přebytku energie přečerpává voda, která je pak vypouštěna v energetických špičkách, čímž je vyráběna elektrická energie. [1] [2]

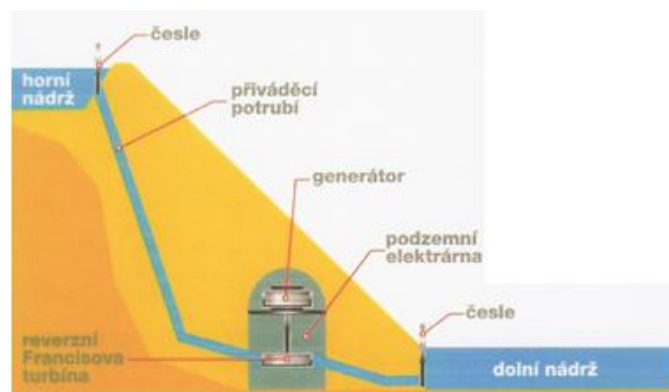
1.4.2 Druhy vodních elektráren

První typ jsou akumulární vodní elektrárny, které využívají zařízení, jako je jez nebo přehrada k soustředění spádu případně průtoku. Přehradní elektrárny využívají vyššího vzdutí a umožňují nastavení průtoku dle potřeby. Existují dva typy těles přehrad. Jeden typ

jsou sypané a druhý typ jsou moderní železobetonové. Tyto hráze jsou zabezpečeny proti přelití, vtokový objekt je opatřen česly pro zamezení přístupu mechanických nečistot do turbíny a je nejvíce používán na současných vodních elektrárnách. [12] [13]

Další typ vodních elektráren jsou průtočné, které jsou závislé na dostatečném průtoku řeky. U těchto elektráren se staví nízká přehradní hráz, která ovšem není schopná zadržovat velké množství vody a regulovat tak průtok.

Třetím typem jsou přečerpávací vodní elektrárny. Tento typ elektráren slouží k akumulaci elektrické energie v době jejího přebytku a naopak k výrobě elektrické energie ve špičkách denního zatížení. Dolní a horní nádrž jsou spojeny tlakovým převáděcím potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s elektrickým generátorem. Elektrická energie se akumuluje přečerpáváním vody z dolní nádrže do horní. Jedná se dosud o jediný technicky proveditelný způsob, s jehož pomocí lze vyrobenou elektrickou energii ve velkém měřítku a po dlouhou dobu uchovávat. Během přečerpávání se samozřejmě určitá část energie spotřebovává. Za každou vyrobenou kWh se musí spotřebovat při přečerpávání zhruba 1,3 kWh. [12] [13]



Obr. 10: Schéma přečerpávací vodní elektrárny [13]

1.5 Energie moře

Celá hmota oceánů a moří je v neustálém pohybu. Je zde pohyb na povrchu i ve větších hloubkách. Nejdůležitějším pohybem pro energetiku je vlnění způsobené větrem, slapové působení Slunce a Měsíce a pohyb mořských proudů. Využívání energie moří a oceánů je teprve na začátku vývoje, ale již byly učiněny první kroky pro využití této energie.

1.5.1 Elektrárny využívající energii vln

Tyto elektrárny využívají kinetickou energii vln pro výrobu elektrické energie. Charakter vln se výrazně mění při jejich příchodu do mělkých vod. Jakmile narazí vlna na mořské dno, tak se mění její výška i délka.

Příbojové elektrárny pracují na principu kolísajícího vodního sloupce v betonové šachtě. Tlak vzduchu působí na lopatky Wellsovy vzduchové turbíny s horizontální osou umístěné v šachtě. Tato turbína se roztáčí a rotační pohyb se přenáší na generátor vyrábějící elektrickou energii. Energie je přenášena jak při příchodu vlny, tak i při jejím ústupu.



Obr. 11: Princip příbojové elektrárny [14]

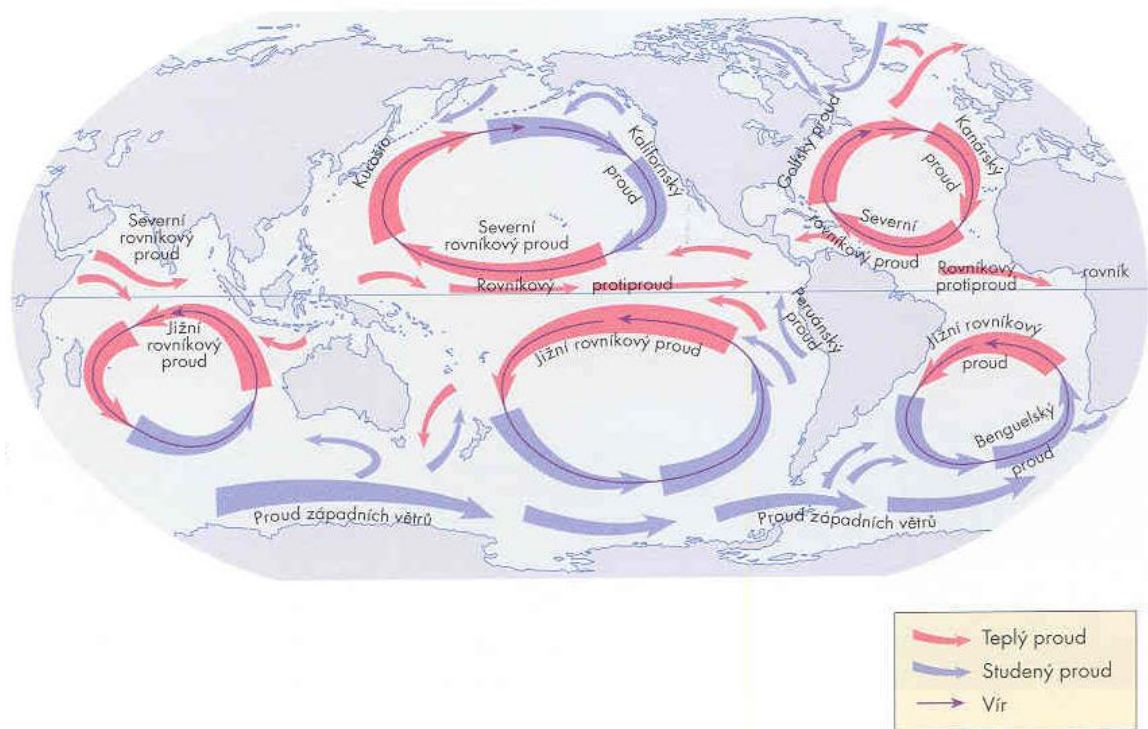
Další možnost využití energie vln je využití velkých ohebných zařízení podobných "houses" na mořské hladině. Zařízení se nazývá Pelamis. Tyto "houses" plavou na hladině a kopírují vlnění mořské vody. Skládají se z několika částí. Vertikálně ležící tubusy buď přímo pohybují permanentními magnety vůči cívkám, čímž se indukuje elektrický proud, nebo častěji se využívá jejich pohyb přenášený pomocí pístů hydraulicky na turbínu rotačního elektrického generátoru. [5] [15]



Obr. 12: Mořská elektrárna využívající energii vln - Pelamis [15]

1.5.2 Energie mořských proudů

Mořské a oceánské proudy jsou periodické, uchovávají stejný směr a rychlost a jsou součástí celooceánské cirkulace. Využívání těchto proudů pro výrobu elektrické energie je zatím ve stavu úvah a studií. V projektech se uvažuje o využití obrovských vrtulí o průměru asi 170 m se dvěma lopatkami. Vrtule by měly vykonat zhruba 1 otáčku za minutu. Turbíny by měly být upevněny ocelovými lany ke kotvám na dně. Tyto projekty s sebou však nesou obavy ze zpomalení proudů, které by měly ohromný dopad na světové klima. Dalším návrhem je využití obrovských disků zapuštěných do mořského dna, které by se otáčely spolu s mořským proudem. Turbína by měla průměr více než 100 m. Tento projekt neohrožuje stabilitu proudů a nepodstupuje ekologická rizika.



Obr. 13: Oceánské proudy [16]

1.5.3 Přílivové elektrárny

Působením slapových sil Slunce a Měsíce je vytvářen příliv a odliv. Protože velikost gravitační síly je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti, Měsíc přitahuje silněji tělesa na přivrácené straně Země, a naopak slaběji na odvrácené straně. To se týká i vody v oceánu. Tak dochází k deformaci povrchu nejen moře, ale i pevniny. Vznikají tak dvě vlny, jedna na přivrácené a druhá na odvrácené straně Země z důvodu odstředivé síly při rotaci. K přílivu a

odlivu dochází s dvojnásobkem frekvence odpovídající průchodu Měsíce nad příslušným poledníkem, tj. každých 12 hodin 25 minut a 14 sekund. Může také docházet pouze k jednodennímu dmutí z důvodu deklinace Měsíce. Druhé dmutí je pak nevýrazné oproti prvnímu.

Elektrárny pracují na principu dvou různých hladin rozdělených hrází. Elektrárna pracuje jak při přechodu vody do zálivu při přílivu, tak i při přechodu vody ze zálivu při odlivu. Hráz vytváří v zálivu přehradu.

Druhý způsob jsou přílivové elektrárny fungující na stejném principu jako větrné elektrárny, ale v tomto případě je pracovní médium voda, která díky přílivu a odlivu roztáčí turbíny.

Výhodou těchto elektráren je relativně snadné předvídaní množství vyrobené energie, jelikož příliv a odliv nastává cyklicky. Nevýhodou však je, že elektrárna nepracuje vždy do špičkové spotřeby. Každá stavba se musí pečlivě zvážit, jelikož může dojít k nežádoucím účinkům na přirozené proudění vody a na migraci ekosystému.



Obr. 14: Vrtulové přílivové elektrárny [17]

1.6 Biomasa

Obecně označujeme jako biomasu veškerou hmotu organického původu, jak živočišnou tak rostlinnou. Má široký rozsah druhů zahrnující dřevní biomasu (dendromasu), rostlinnou biomasu (fytomasu), biomasu živočišného původu a dále také různé biologicky odbouratelné odpady. Z energetického hlediska lze energii biomasy definovat jako sluneční

energii akumulovanou rostlinami prostřednictvím fotosyntézy. Velkou předností biomasy je, že při fotosyntéze, tudíž při svém růstu, spotřebuje téměř stejné množství oxidu uhličitého, jaké vznikne při jejím spalování. Je zde tedy téměř rovnováha, která nemá negativní vlivy na životní prostředí.

Omezením pro výrobu elektřiny a biopaliv z biomasy je, že suroviny musí být pěstovány udržitelným způsobem, aby nedošlo k zamezení možnosti využívat tento druh energie i dalším generacím, nebo aby naše generace měla dostatek potravin. Z toho důvodu musí být v této oblasti přísné normy pro využívání těchto zdrojů, z kterých vyplývá, že obnovitelné zdroje by se měly čerpat jen takovou rychlostí, aby se stačily obnovovat. [18]



Obr. 15: Cyklus biomasy [19]

1.6.1 Druhy biomasy

Biomasa, která se využívá v energetice, může být dělena podle několika kategorií. Jedním způsobem je dělení podle toho, zda je biomasa cíleně pěstována, nebo zda se jedná o odpadní biomasu.

Mezi odpadní biomasu se řadí například rostlinné odpady ze zemědělství a údržby krajiny. Sem patří řepková, obilná, nebo kukuřičná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových rostlin, odpady po údržbě zeleně a další. Další druh odpadní biomasy jsou lesní odpady, které vznikají v lesích při těžbě dříví, jako jsou kůra, kořeny, větve atd.. Dalším druhem jsou organické odpady z průmyslových výroby. Zde se jedná například o zbytky z provozoven vyrábějících dřevěné výrobky, odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, cukrovarů a dalších podniků. Do kategorie odpadní biomasy patří také odpady ze živočišné výroby, jako je hnůj, kejda a zbytky krmiv. Do této kategorie patří také komunální organické odpady jako kaly nebo organické tuhé komunální odpady.

Druhou kategorií je biomasa záměrně produkovaná k energetickým účelům. Patří sem rychle rostoucí dřeviny (vrby, topoly, olše a akáty), obiloviny zpracovávané jako celek, travní porosty a další vhodné rostliny, jako konopí seté, čirok nebo šťovík krmný. Dále sem patří také olejnaté a škrobo-cukernaté plodiny. Jedná se například o řepku olejkou, len, slunečnici, brambory, cukrovou řepu, cukrovou třtinu, kukuřici nebo topinambur. [4] [18]

Další možností jak dělit biomasu, je dělením podle obsahu vody. Jedná se o biomasu suchou, mokrou a dále biomasu pro speciální účely. Pokud mluvíme o suché biomase, jedná se zejména o dřevo a odpady ze dřeva, slámu a další zbytky z pěstování zemědělských plodin. Tato biomasa se používá k přímému spalování, nebo se může nejprve dosušit. Mokrý biomasa jsou především mokré odpady živočišného původu, ale také tekuté komunální odpady. Tato biomasa se dá využívat převážně v bioplynových stanicích. Poslední skupinou je biomasa využívaná pro speciální účely. Jedná se o získávání energetických látek, jako je bionafta nebo líh. Tyto produkty se vyrábí z olejnin, cukernatých a škrobových plodin. [4]

1.6.2 Zpracování biomasy

Energie z biomasy lze získat převážně termochemickou reakcí, což je spalování různých forem zpracované biomasy. Biomasa je spalována přímo, nebo jsou spalovány kapalně či plynné produkty z biomasy vytvořené.

1.6.2.1 Spalování nebo spoluspalování biomasy

Spalování patří k nejčastějším aplikacím, kde je vyráběna elektřina respektive teplo z biomasy. Spalováním se zpracovává suchá biomasa a tento proces je velmi složitý díky obsahu prchavé hořlaviny. Vzniklé plyny mají různou teplotu vzplanutí, a proto se musí

využívat speciální kotle na biomasu. Biomasa před spalováním také vyžaduje úpravu, jako je řezání, štípaní, lisování nebo sušení.

Další možností, na rozdíl od samostatného spalování biomasy, je spoluspalování biomasy a hnědého uhlí. Zde je nutný správný poměr biomasa/uhlí, jelikož při správném poměru není potřeba upravovat spalovací prostor původního kotle spalujícího jen uhlí. Při spoluspalování dochází ke snížení emisí.

Výhřevnost paliva je dána množstvím tzv. hořlaviny vůči popelovině a vodě obsažené v palivu. U rostlinných paliv výhřevnost kolísá podle druhu dřeva či rostliny, ale také s množstvím vlhkosti. Výhřevnost dřeva je srovnatelná s hnědým uhlím. Čerstvě vytěžené dřevo má vlhkost až 60 %, ale pro spalování je ideální vlhkost kolem 20 %, proto musí dojít k proschnutí. [4]

1.6.2.2 Zplyňování a pyrolýza biomasy

Zplyňováním suché biomasy se vytváří dřevoplyn. Dřevoplyn se skládá z hořlavých plynů, které vznikají za vysokých teplot bez přístupu molekulárního kyslíku, nebo jiných oxidantů, jako je CO_2 nebo H_2O . Pokud by u tohoto postupu byl přítomen kyslík, tak by došlo k hoření. Vzniklý plyn se odvádí do spalovacího prostoru, kde se z něho získává energie. Část takto vzniklého tepla se opět použije pro zplyňování. [4]

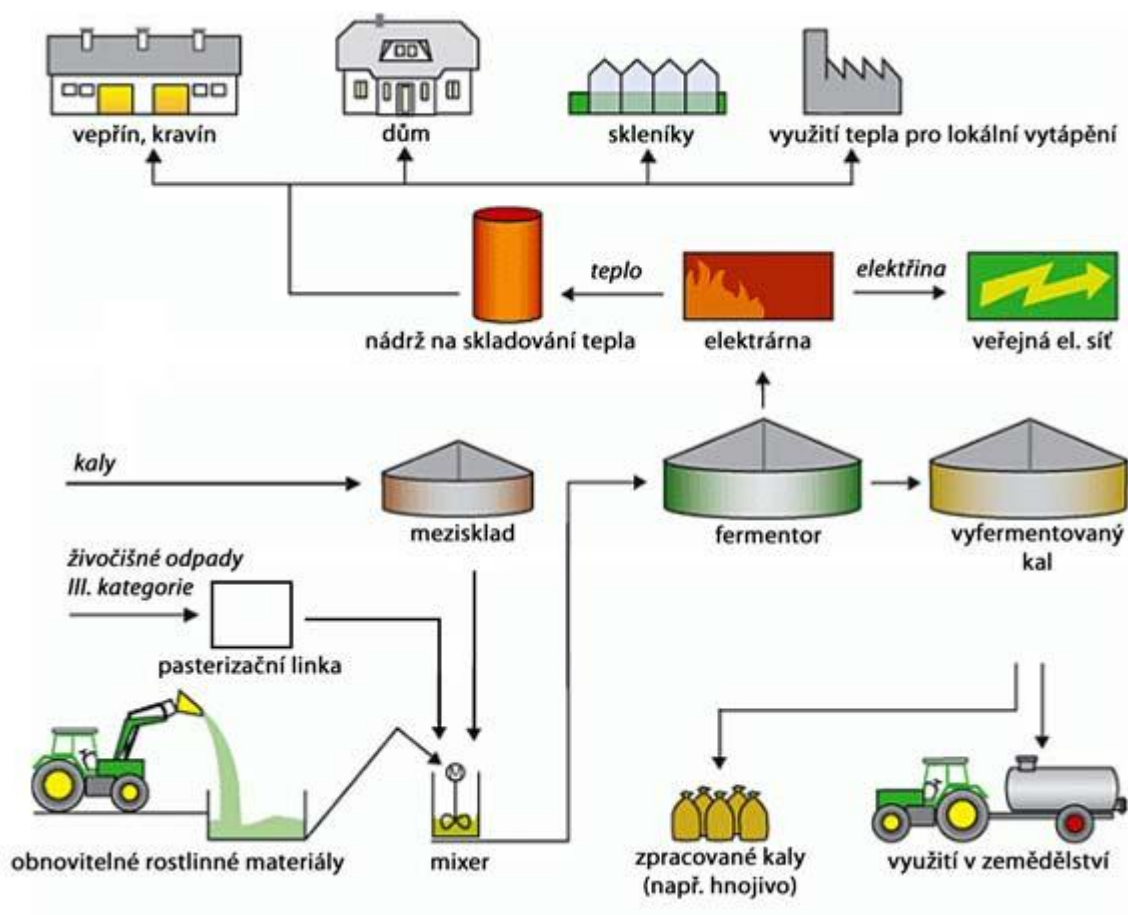
Pyrolýza je termický rozklad organických materiálů za nepřítomnosti kyslíku. Materiály se ohřívají nad mez termické stability organických sloučenin v materiálu, což vede k jejich štěpení na nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek. Proces se sestává ze 3 teplotních intervalů. Při teplotě do 200 °C dochází k sušení, při němž se odpařuje vodní pára odštěpením vody. V rozmezí teplot 200 °C až 500 °C dochází k tzv. suché destilaci, při které se odštěpují boční řetězce z vysokomolekulárních organických látek a dochází k přeměně makromolekulárních struktur na plynné a kapalné organické produkty a tuhé uhlíkové zbytky. Při teplotách 500 °C až 1 200 °C dochází k dalšímu štěpení a transformování látek vzniklých suchou destilací. Takto vznikají plyny jako H_2 , CO , CO_2 a CH_4 . Dalším produktem pyrolýzy je také bioolej. [9]

1.6.2.3 Výroba bioplynu

Bioplyn se vyrábí v bioplynových stanicích. Vzniká rozkladem organických látek, jako je kejda (směs výkalů, močůvky a vody), hnůj, siláž (rozdrcená kukuřice), zbytky

zelených rostlin, odpady organického původu, odpady z potravinářského průmyslu (lihovary, jatka, mlékárny), nebo kaly z čistíček. Tyto látky se rozkládají na anorganické látky a plyny. Proces probíhá v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku, za stálé teploty a působení anaerobních bakterií. Bakterie mohou být mezofilní nebo termofilní, od čehož se odvíjí provozní teplota. Pro mezofilní bakterie se teplota udržuje na hladině 37 °C až 43 °C a pro termofilní 50 °C až 60 °C. Bioplyn se nejčastěji využívá k výrobě elektřiny a tepla. Zbytky z výrobního procesu bioplynu se také využívají jako hnojiva. Výhřevnost bioplynu je okolo 70 % výhřevnosti zemního plynu.

Bioplyn se skládá z největší části z metanu, jehož obsah je 40 až 75 %. Metan je v bioplynu spolu s vodíkem energeticky hodnotný, jelikož při jeho hoření dochází k uvolňování energie. Sirovodík a čpavek jsou nežádoucí složky bioplynu, proto se musí před energetickým zpracováním odstranit. Tyto látky by mohly působit agresivně na strojní zařízení. [5] [9]



Obr. 16: Schéma bioplynové stanice [20]

1.6.2.4 Produkce kapalných biopaliv

Mezi kapalná biopaliva se řadí bioethanol a bionafta. Tyto látky se pak využívají pro pohon motorů a k výrobě energie.

Bioethanol je ethanol vyrobený pomocí alkoholového kvašení z biomasy. Obvykle se využívají rostliny obsahující větší množství škrobu nebo sacharidů. Rostliny obsahující škrob jsou kukuřice, obilí, brambory a suroviny obsahující jiné sacharidy jsou cukrová třtina nebo cukrová řepa. Rostliny obsahující cukr se fermentují přímo, ale u rostlin obsahujících škrob se musí nejprve škrob enzymaticky přeměnit na cukr. Vyroběný bioethanol se může rovnou používat ve spalovacích motorech, ale spíše se přimíchává do konvenčních minerálních paliv.

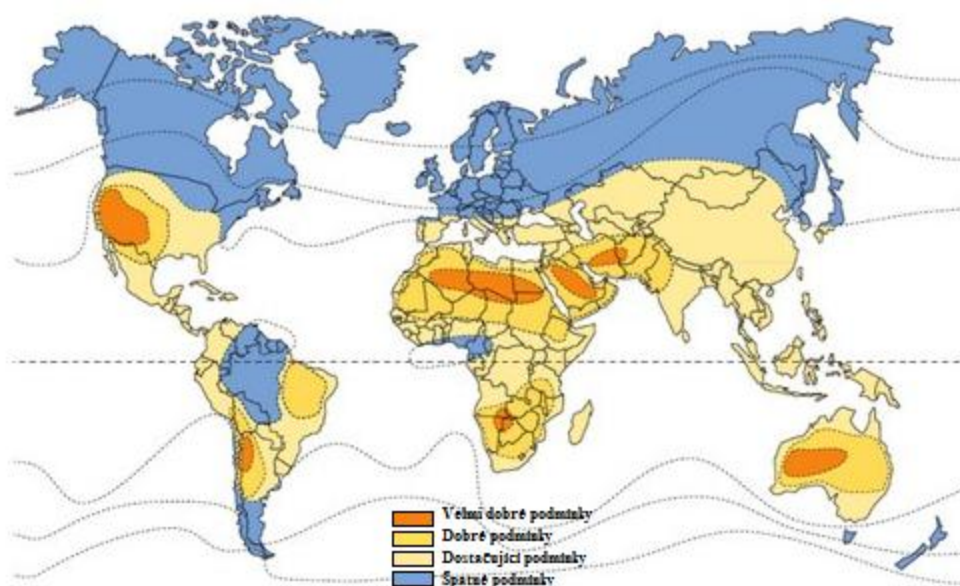
Bionafta se získává lisováním oleje ze semen řepky olejky za vysoké teploty a působení katalyzátorů, čímž vznikne methylester řepkového oleje. Tato složka se pak mísí s lehkými ropnými produkty. Produkty, které obsahují minimálně 30 % methylesteru řepkového oleje, jsou biologicky odbouratelné a jejich výhřevnost se podobá výhřevnosti motorové nafty. Motory, které využívají bionaftu, k tomu musí být speciálně upraveny. [4] [9]

2 Přírodní a technické podmínky

2.1 Sluneční energie

2.1.1 Přírodní podmínky

Intenzita slunečního záření na planetě Zemi není rovnoměrně rozmístěná. Záleží zde na spoustě faktorů. Za optimálních podmínek můžeme na zemském povrchu získat výkon 1 kW/m^2 , ale skutečná hodnota je závislá na lokalitě, sezóně, povětrnostních podmínkách, fázi dne atd..



Obr. 17: Rozložení intenzity slunečního záření na Zemi [21]

Z mapy na obrázku (Obr. 17) jsou zřejmé oblasti, ve kterých je výhodné stavět fotovoltaické elektrárny a fototermální elektrárny. V oblasti Severní Ameriky se jedná o oblast Kalifornie, kde se nachází také hojně využívaná Mohavská poušť. Mohavská poušť je jednou z nejteplejších oblastí světa s ročními srážkami 100 mm. V této oblasti jsou nejlepší sluneční podmínky ve Spojených státech. Je zde v průměru ročně i přes 340 slunečních dní. Další velice významnou oblastí je Severní Afrika, kde se rozkládá největší poušť světa Sahara. Společně s Blízkým východem, kde je oblast Arabského poloostrova a oblast Iránu, mají tyto oblasti velice významné postavení i vůči Evropě. V budoucnu se počítá s výrobou elektrické energie z obnovitelných zdrojů z části i pro Evropu. Výroba elektrické energie pomocí fotovoltaiky je významná také na Dálném východě, jako je Indie, Čína a Japonsko. Příhodné podmínky jsou také na území Austrálie v oblasti Velké písečné pouště.

Oblast vlhkého tropického pásma není příliš výhodná pro fotovoltaiku z důvodu velké vlhkosti a častých srážek. Roční úhrn srážek v této oblasti je 2 000 až 3 000 mm.

Sluneční svit v oblasti Evropy, kromě střeozemí, také není příliš výhodný, což platí například i pro větší část Severní Ameriky. Z důvodů politiky se ovšem i v těchto oblastech rozvíjí výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických článků, které mohou pracovat i s rozptýleným slunečním zářením, kdežto sluneční tepelné elektrárny potřebují přímý sluneční svit.

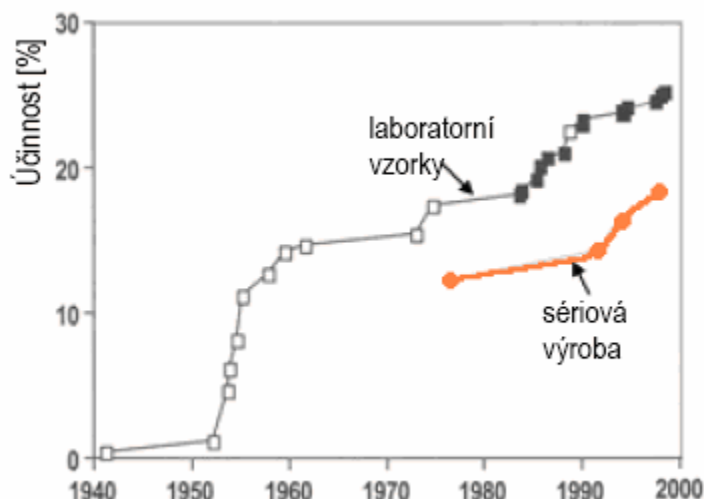
2.1.2 Technické podmínky

Dva nejdůležitější typy výroby elektrické energie použitím slunečního záření jsou fotovoltaické články, nebo sluneční tepelné elektrárny. Každý typ má hned několik možností.

2.1.2.1 Fotovoltaické články

Fotovoltaické články jsou velkoplošné polovodičové součástky na přímou přeměnu světla na elektrickou energii. Články je možno dělit na monokrystalické, amorfni a polykrystalické. Další možnost, jak lze vyrobit články z jiných materiálů, jsou organické polymery nebo nanovlákná.

Monokrystalické články jsou nejstarším typem fotovoltaických článků. Tyto články se vyrábí pomalým tažením z ingotů. Ingoty monokrystalického křemíku dosahují průměru až 30 cm a délky přes 1 metr. Ingoty se řezou na speciálních drátkových pilách na plátky o tloušťce většinou 0,25 až 0,35 mm, ale mohou být také 0,1 mm. Tyto plátky se pak vyleští a na povrchu odleptají pro odstranění nečistot a nepravidelností. Pak se nanese vrstva fosforu a vznikne P-N přechod. Tento postup výroby je náročný z pohledu energetického a technologického. Obvyklá účinnost těchto článků je 13 – 17 %. Účinnost se vyvíjela řadu let. V padesátých a šedesátých letech byl zaznamenán velký vývoj účinnosti z důvodu využívání fotovoltaických článků v kosmickém průmyslu. Účinnost těchto článků je samozřejmě menší v sériové výrobě než v laboratorních podmínkách.



Obr. 18: Vývoj účinnosti monokrystalických článků [22]

Polykrystalické články jsou v současnosti nejběžnější typ fotovoltaických článků. Vyrábí se odléváním čistého křemíku do forem a následným řezáním plátků z tohoto materiálu. Tyto články mají nižší účinnost z důvodu většího odporu na místě styku jednotlivých krystalových zrn. Účinnost je 13 – 16 %. Tyto články mají nižší cenu a lze vyrobit větší rozměry článků.

Amorfni látky jsou látky v pevném skupenství, které nemají pravidelnou krystalovou mřížku. Amorfni články se vyrábí rozkladem sloučenin křemíku. Jedná se o rozklad silanu a dichlorsilanu ve vodíkové atmosféře. Velmi tenké vrstvy křemíku jsou nanášeny na nosný materiál (skleněný, plastový, nerezový). Díky malé vrstvě je zde úspora materiálu a tím i nižší cena a také ohebnost materiálu. Mezi další přednosti patří vysoká absorpce záření. Nevýhodou je větší výskyt vad v materiálu, kde dochází k rekombinaci nábojů, což snižuje účinnost. Tyto články také rychleji stárnou. Obvyklá účinnost je 5 – 7 %.

Jiné materiály využívané na solární panely jsou organické polymery. Tyto články slibují nízké náklady na výrobu, ale tyto technologie jsou především ve fázi vývoje. Organické fotovoltaické články jsou vyrobeny z tenkého filmu polovodičových organických směsí. Organický polymer je používán jako spodní vrstva, na kterou je nanesen polovodičový materiál v podobě roztoku technikou podobnou jako u inkoustové tiskárny. Nevýhodou je použití organických rozpouštědel, která jsou toxická jak pro člověka, tak pro životní prostředí.

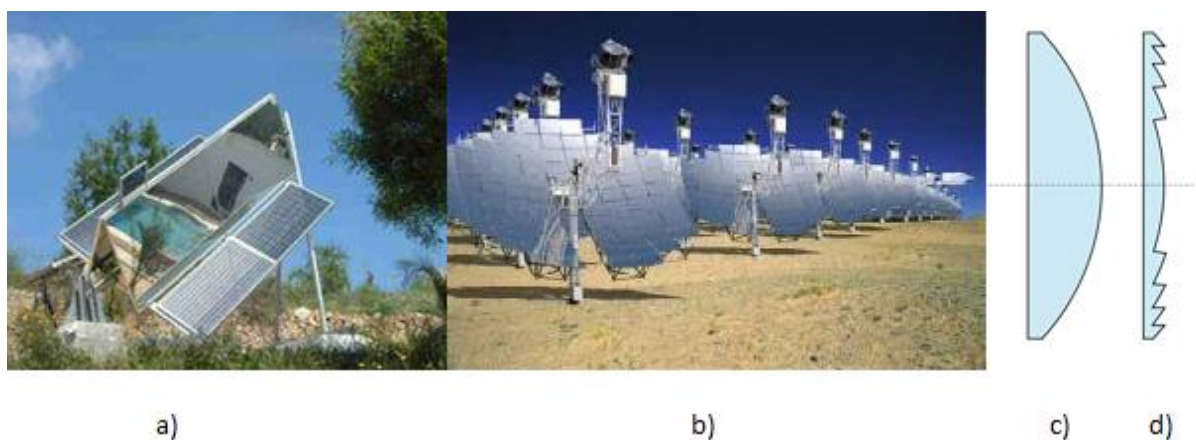
Články z nanovláken jsou zatím články budoucnosti, ale zřejmě se bude jednat o nejúčinnější typ článků. Hlavní výhodou je jejich velký měrný povrch. Z toho důvodu dokážou absorbovat velké množství slunečního záření, což má přínos v místech, kde není tak

vysoká intenzita záření. Další výhodou je nízká hmotnost a flexibilita. Články mohou být také průhledné, a tudíž je bude možno využít na oknech budov.

Celková účinnost solárních systémů je ještě nižší než účinnost samotných solárních článků. Je snížena o ztráty odrazivosti, ztráty vlivem teploty, ztráty ve vodičích a komponentech systému. Z toho důvodu se hledají způsoby, jak co nejvíce zefektivnit jejich provoz.

Jedním ze způsobů je využití vícevrstvé struktury, jelikož články využívají jen určitou část spektra. Vícevrstvé struktury pak mají každou část optimalizovanou na jinou část spektra a tím lze dosáhnout podstatně lepšího využití slunečního záření. Vrchní vrstva zpravidla zachycuje fotony s vyšší energií a ty s nižší energií prostupují do nižších vrstev. V současnosti jsou dostupné třívrstvé struktury, ale pracuje se i na vícevrstvých. Vícevrstvé struktury jsou samozřejmě dražší než klasické jednovrstvé a z toho důvodu se využívají současně s druhým způsobem zvýšení účinnosti, čímž jsou koncentrátoři slunečního záření.

Koncentrátoři umožňují snížit plochu samotného článku a zlepšit tak poměr užité hodnoty k ceně. Jedná se o optické zařízení, které je schopné soustředit sluneční záření na plochu fotovoltaického článku. Koncentrátoři jsou podstatně levnější než články, a proto je možno je využít i s dražšími druhy článků. Nevýhodou je snížení úhlu dopadajícího záření, což lze vyřešit natáčením kolektorů, ale také snížení podílu dopadajícího difúzního záření. Z toho důvodu se koncentrátoři vyplatí v místech s větší koncentrací slunečního záření. Existuje několik typů koncentrátorů, jako zrcadlové nebo čočkové. Zrcadlové mohou být s rovinným zrcadlem, nebo s parabolickým zrcadlem. Čočkové koncentrátoři jsou buď ze spojné čočky, nebo Fresnelovy čočky, která se využívá častěji a je lehčí než klasická čočka.



Obr. 19: Druhy koncentrátorů slunečního záření na fotovoltaické články: a) Rovinná zrcadla [4], b) Parabolická zrcadla [24], c) Spojná čočka [9], d) Fresnelova čočka [9]

2.1.2.2 Tepelné sluneční elektrárny

Sluneční elektrárna pracuje jako klasická tepelná elektrárna. Elektřina je vyráběna pomocí parní turbíny. Stejně jako u uhelné nebo jaderné elektrárny musí pára kondenzovat v kondenzátoru, který je zapotřebí chladit. To lze provést dvěma způsoby. Pokud elektrárna leží poblíž moře, tak se chladí do moře. Ale pokud není v blízkosti tak velký zdroj chladné vody, musí se vybudovat chladicí věže, které se pak stávají dominantou sluneční tepelné elektrárny.

Na rozdíl od klasické uhelné elektrárny je tepelná energie dodávána prostřednictvím slunečního záření. Existují dva typy těchto elektráren. První typ je soustava zrcadel, která směřují sluneční paprsky do jednoho bodu na vysoké věži. Zde je zahřívána teplotonosná látka a v parogenerátoru je toto teplo předáváno páře pro pohon parní turbíny. Druhý typ tepelné solární elektrárny je zařízení, kde každý heliostat má před sebou absorpční trubici, ve které protéká teplotonosná látka, která se pomocí potrubního systému odvádí opět do parogenerátoru. Heliostaty musí být počítačově řízeny, aby odražené paprsky směřovaly po celý den na potřebné místo. Jako teplotonosná látka se využívá syntetický olej, který se může ohřát až na teplotu 400 °C.



Obr. 20: Heliostaty s absorpční trubicí [25]

Nevýhodou tepelných solárních zařízení oproti fotovoltaickým článkům je, že heliostaty potřebují přímé sluneční záření, které pak soustřeďují do míst kde jsou absorbéry.

Z tohoto důvodu by nebylo možno dodávat elektrickou energii po západu slunce, nebo při nepříznivém počasí. V tomto případě většinou u starších elektráren zaskakuje plynový zdroj. Novější elektrárny mají další důležitý komponent, který záložní zdroj zastoupí buď úplně, nebo z části. Jedná se o obrovský zásobník s tekutými solemi, jako je například dusičnan amonný, dusičnan sodný, nebo dusičnan draselný. V průběhu slunečního svitu se část energie ukládá do tohoto zásobníku a v průběhu noci nebo špatného počasí se pak ohřáté soli používají pro výrobu páry. Při dostatečném objemu páry je možné dosáhnout kontinuálního provozu elektrárny. [25] [26]



Obr. 21: Věžová solární tepelná elektrárna [25]

2.2 Geotermální energie

2.2.1 Přírodní podmínky

Geotermální energetika má nejlepší podmínky pro svůj vznik v okolí styku dvou litosférických desek. Zde je problém v tom, že v těchto místech jsou častá zemětřesení a sopečná činnost. Ne vždy jsou v těchto oblastech pro vznik elektráren i další podmínky. Může se jednat o vysoké hory, oblast s trvalou pokrývkou sněhu a ledu atd..

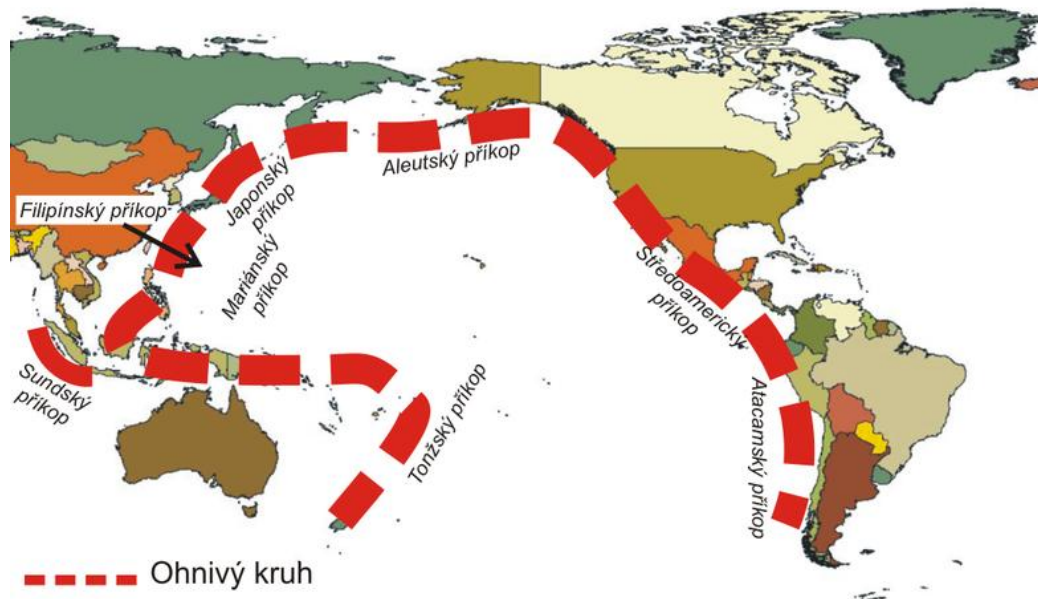


Obr. 22: Rozložení tektonických desek na planetě Zemi [9]

Mapa na obrázku (Obr. 22) ukazuje tektonické desky na planetě Zemi. Je zde také znázorněn pohyb těchto desek na dotyku s ostatními deskami. Z toho jsou zřejmé oblasti, ve kterých je výhodné stavět geotermální elektrárny.

Zlomy desek jsou často daleko od pobřeží v oceánu, kde samozřejmě tuto energii nelze získat. Tak tomu je například na styku Africké a Jihoamerické desky, nebo Arktické a Pacifické desky.

Úseky zlomů, které lze využívat, jsou například mezi Pacifickou, Filipínskou a Australskou deskou. Přestože se jedná také o oblast oceánu, tak je geotermální energii možno využívat na větších ostrovech v oblasti zlomu. Jsou zde například Filipíny, Indonésie, nebo Nový Zéland. Toto území se také nazývá Ohnivý kruh (Ring of Fire), který ovšem pokračuje dále na okraji Tichého oceánu. Ohnivý kruh má ve skutečnosti tvar podkovy a ohýbá se většinou po kraji Pacifické litosférické desky. Výjimkou je oblast Latinské Ameriky, kde Ohnivý kruh končí na styku desek Nazca a Kokosové na jedné straně a desky Jihoamerické na druhé straně. V této oblasti se nachází 452 sopek a odehrává se zde přibližně 90 % všech zemětřesení.



Obr. 23: Ohnivý kruh [9]

Další oblast, která je výhodná pro geotermální elektrárny je Velká příkopová propadlina na východě Afriky. Tato oblast vznikla v důsledku odtržení Africké a Arabské desky.

Oblast, kde jsou také možnosti pro využívání elektrické energie z geotermálních zdrojů, je oblast styku Indické a Euroasijské desky, kde je ovšem problém z hlediska velmi vysokého pohoří Himaláje.

Zlom mezi Severoamerickou a Euroasijskou deskou má také velmi výhodné podmínky pro využívání geotermální energie. Na tomto zlomu leží pouze ostrov Island, který hojně využívá tento druh energie. Ve své práci se jím však nezabývám, jelikož se jedná o kandidátskou zemi Evropské unie.

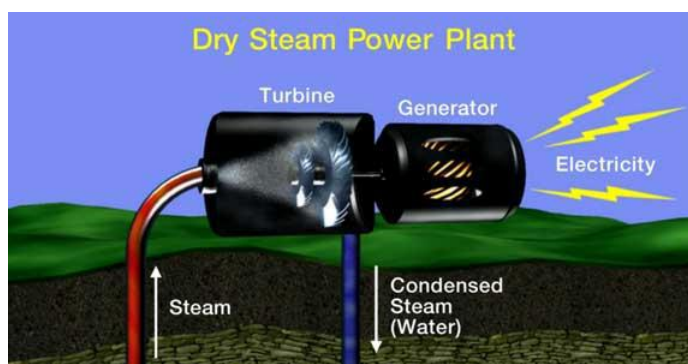
V roce 1999 GEA (Geothermal Energy Association) připravila zprávu, která zkoumala geotermální energetický potenciál v mezinárodním měřítku. Výsledky této zprávy ukazují, že v drtivé většině Země zůstává potenciál nevyužitý. Ve zprávě také bylo, že je 39 zemí, které mohou uspokojit 100 % své spotřeby elektrické energie z geotermálních zdrojů, ale významná výroba byla rozvinuta jen v devíti zemích. Je to Kostarika, Salvador, Guatemala, Nikaragua, což jsou země Střední Ameriky. Dále to jsou Indonésie, Filipíny a Papua Nová Guinea z oblasti ostrovů v Tichém oceánu. Do seznamu patří také Keňa z Afriky a Island z Evropy. Podle zprávy však byly identifikovány i projekty v dalších 14 zemích. [9] [27]

2.2.2 Technické podmínky

Ohřátá voda se získává pomocí uměle vytvořených vrtů a pomocí druhého vrtu se vrací zpět. V současnosti se využívají tři druhy geotermálních elektráren. Jsou to elektrárny na principu suché páry, mokré páry a horké vody.

2.2.2.1 Geotermální elektrárna s principem na suchou páru

Hlavním zdrojem pro pohon turbíny a tím i výrobu elektrické energie je pára dosahující teplot nad 235 °C. Tento princip je nejstarší a nejjednodušší v technologii výroby elektrické energie pomocí teploty zemského nitra, ale přesto se dodnes používá, jelikož je levnější. [8]



Obr. 24: Schéma geotermální elektrárny na suchou páru [28]

2.2.2.2 Geotermální elektrárna s principem na mokrou páru

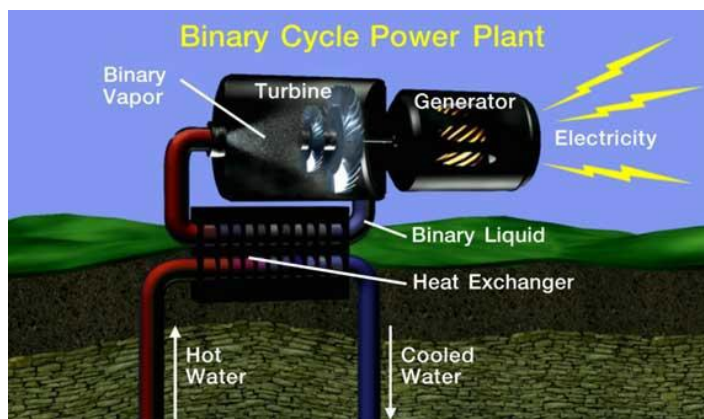
Tento princip využívá vřelou vodu o teplotě nad 182 °C a o vyšším tlaku. Tato voda je odebírána z podzemního rezervoáru a odváděna na povrch. Voda je přivedena do odtlakovací nádrže, kde se při rychlé změně tlaku mění voda na páru, která vstupuje do turbíny. Voda, která se nepřemění na páru, se vrací zpět do rezervoáru spolu se zkondenzovanou párou pro další ohřátí. Tento princip se momentálně využívá nejvíce. [8]



Obr. 25: Schéma geotermální elektrárny na mokrou páru [28]

2.2.2.3 Geotermální elektrárna pracující s principem na horkou vodu (binární princip)

Binární princip využívá chladnější vodu, než využívají ostatní principy. Pracovní teplota vody je kolem 150 °C. Tato voda je čerpána do výměníku, kde je teplo předáváno jiné látce, která má nižší bod varu. Z této látky vzniká pára, která pohání turbínu. Tento princip má větší účinnost výroby elektrické energie a je také větší dostupnost geotermálních rezervoárů. Většina nově postavených geotermálních elektráren bude pracovat na tomto principu. [8]



Obr. 26: Schéma geotermální elektrárny na horkou vodu [28]

2.2.2.4 Další technické požadavky

Využívání geotermální energie je velice náročné, jelikož horká voda z vrtů je často silně mineralizovaná a tím dochází k zanášení technologického zařízení. Z toho důvodu se musí potrubí a další části systému čistit a případně měnit.

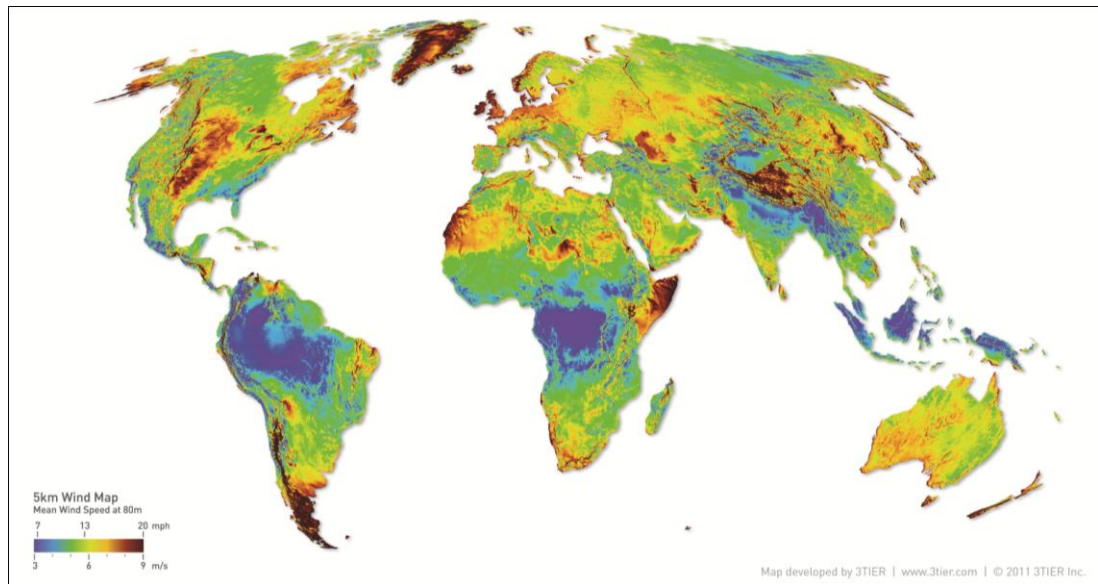
Dostatečný tepelný spád je obvykle spojen s geologickou nestabilitou oblasti, v níž se nachází, proto jsou zde kladeny velké nároky na kvalitní stavbu schopnou odolávat zemětřesením.

2.3 Větrná energie

2.3.1 Přírodní podmínky

Výkon větrných elektráren závisí velice na rychlosti větru. Rychlost větru je nerovnoměrná a může se měnit i v rozmezí několika vteřin a z toho důvodu je popisována střední rychlostí. Rychlost se zkoumá v určité výšce nad zemí a z toho důvodu je na obrázku (Obr. 27) mapa průměrné roční rychlosti větru na světě ve výšce 80 m nad zemí. Kromě

rychlosti větru se také zkoumá směr, který závisí jak na rotaci Země a nerovnoměrně ohřátém vzduchu v atmosféře, tak i na tvaru zemského povrchu.



Obr. 27: Mapa průměrné roční rychlosti větru na světě ve výšce 80 m nad zemí [29]

Obecně platí, že rychlost větru je větší na moři než na pevnině. Na moři nejsou téměř žádné překážky, které by bránily větru dosahovat větších rychlostí. Na moři a přilehlém pobřeží jsou také změny rychlosti a směru větru menší. Toho se využívá například na přímořských elektrárnách nebo na elektrárnách na pobřeží.

Samozřejmě i nad pevninou jsou místa, kde vane vítr o větší intenzitě a je stálější. Jsou to obvykle místa na temenech hor a v horských sedlech.

Na jižní polokouli vanou takzvané „Roaring Forties“. To jsou silné západní větry vanoucí na jižní polokouli mezi 40 a 49 rovnoběžkou. Vznik těchto silných větrů je díky větrům vanoucím od rovníku k pólu mezi 30 a 60 rovnoběžkou, které se spojí s rotací Země. Díky tomu, že na jižní polokouli není tolik pevniny v této oblasti, mohou větry dosáhnout větší rychlosti než na severní polokouli. Tyto větry se pak projevují v Austrálii, Novém Zélandu a také v Patagonii na jihu Jižní Ameriky. Patagonie je velice řídko osídlena, jelikož zde není příliš pohostinné podnebí s velkým množstvím ledovců, z čehož vyplývá, že je zde málo průmyslové výroby, která spotřebovává elektrickou energii.

Dobré povětrnostní podmínky pro větrné elektrárny jsou také na západním pobřeží Evropy, kde vanou západní větry nabírající rychlost nad Atlantickým oceánem. Tato oblast však není náplní této diplomové práce.

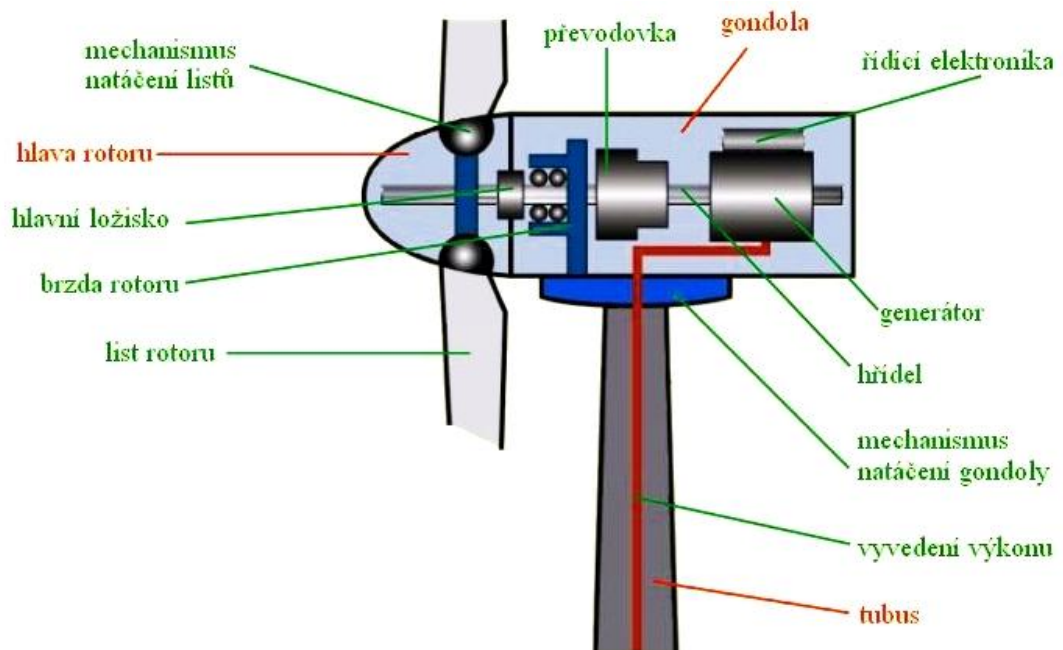
Díky rotaci Země se větry vanoucí směrem od 30 rovnoběžky k rovníku ze severní polokoule stáčí doprava a z jižní polokoule doleva. Tyto větry se nazývají pasáty a působí na pobřeží Brazílie v Jižní Americe a také na Somálský poloostrov v Africe, kde se síla větru ještě umocňuje Etiopskou vysočinou, o níž se vítr zaráží. Stát Somálsko ležící na tomto poloostrově je jednou z nejhudších oblastí světa. Z toho vyplývá, že zde není téměř žádný průmysl a také potřeba elektrické energie. Pasáty také působí na oblast pouště Sahara, kde je větší rychlost větru na místních výše položených oblastech v centrální části. Zde opět není, kdo by vyrobenou elektřinu využíval.

Výhodná oblast je také v Severní Americe v oblasti centrálních rovin, kde je také tato energie hojně využívána.

Další oblast silných větrů je v nejvyšším horském masivu Himaláje a na vysokohorských plošinách v tomto pohoří. Dobré větrné podmínky jsou také v Grónsku. Zde také není možno využívat tuto energii z důvodu neosídlení oblasti a také kvůli trvale zasněženému povrchu.

2.3.2 Technické podmínky

V dnešní době se využívají především větrné motory na vztakovém principu s vodorovnou osou rotace.



Obr. 28: Schéma větrné elektrárny pracující na vztakovém principu [19]

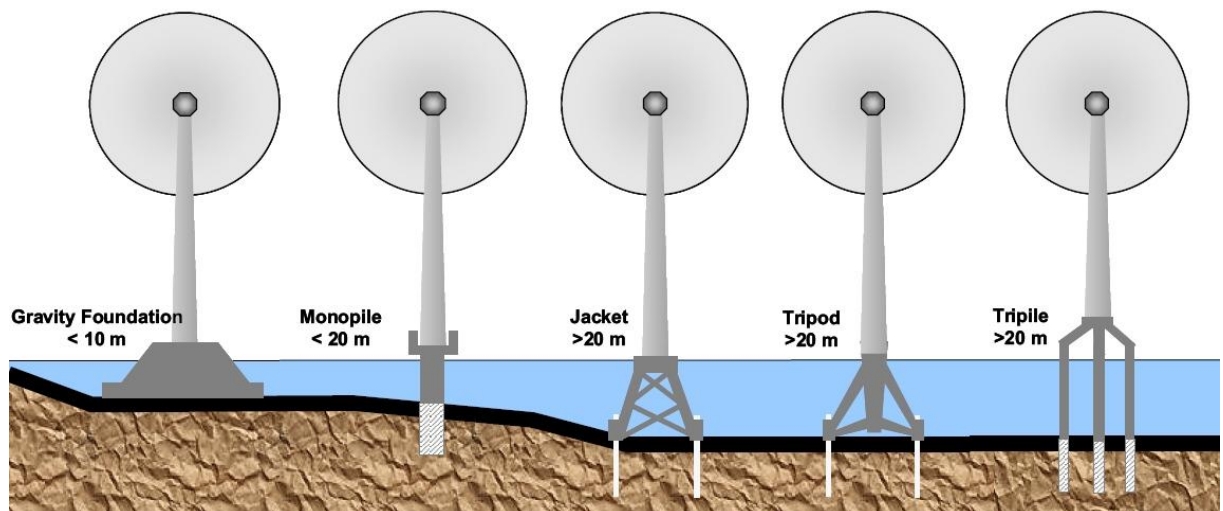
2.3.2.1 Stožár větrné elektrárny

Větrný motor společně s dalším vybavením větrné elektrárny je umístěn na stožáru. Vysoké stožáry nebo věže se používají k umístění turbíny do dostatečné výšky, aby měly ničím neblokovaný přístup. Je to tedy hlavní část nosného systému větrné elektrárny. Rotor společně s gondolou jsou na stožáru namontovány tak, aby se mohly otáčet okolo vertikální osy do směru nejsilnějšího působení větru. Konstrukce stožáru je úzce spjata s velikostí a typem větrné elektrárny. Obecně se dá říci, že s rostoucím výkonem roste také výška stožárů a to v současné době na 100 až 140 m. Při konstrukci stožáru je nutné brát ohled na vlastní frekvenci celého systému, který nesmí být v oblasti vlastních otáčkových frekvencí, aby nedošlo k rozkmitání celé konstrukce a případnému zničení.

Stožár je možno konstruovat několika způsoby. Velmi častá je konstrukce ocelového tubusu ze segmentů, které se na místě svaří. V poslední době se rozvíjí i stavba betonových tubusů, které se skládají z poloskruží a pevnost stožáru je pak zajištěna předepjatými ocelovými lany v dutinách skruží. Při stožárech vyšších než 100 m se vyplatí uvažovat o příhradových stožárech, kde je potřeba menší množství oceli. Tyto stožáry se hojně využívají v Číně a Indii.

Tubus je také výhodný pro uložení kabelu uvnitř pro svod vyrobené elektrické energie od generátoru na zem k dalšímu připojení. Výhodou kabelu je možnost nakroucení při otáčení gondoly při změně směru větru. Kabel ovšem snese pouze určitý počet otáček a pro další otáčení je nutno vysadit elektrárnu a otočit do původní pozice, aby se kabel narovnal.

S konstrukcí stožáru také souvisí velikost a tvar základů větrné elektrárny. U většiny typů se používají speciálně tvarované základy tak, aby byla minimalizována velikost základů při zachování předepsané bezpečnosti. Ocelová konstrukce je obvykle přimontována k základům pomocí kotvících šroubů. U mořských větrných elektráren je několik možností, jak udělat základy. Druhy ukotvení se liší jak podle technického zpracování, tak i podle hloubky moře, do které se mohou namontovat.



Obr. 29: Druhy ukotvení větrných elektráren na mořském dně [30]

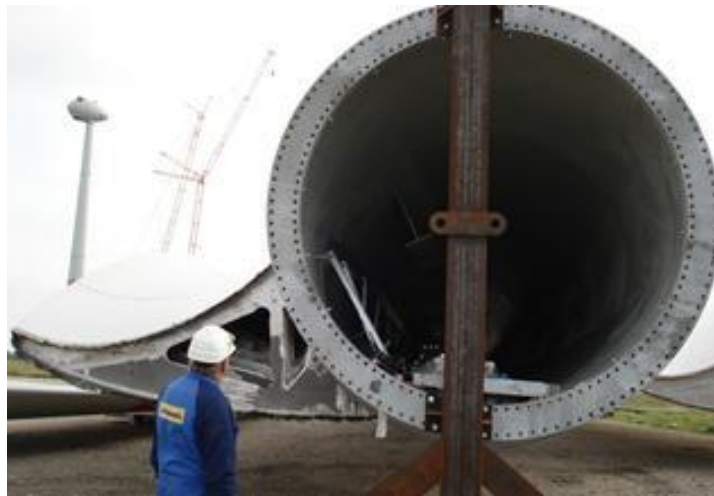
2.3.2.2 Vrtule větrné elektrárny

Vrtule větrné elektrárny slouží k přeměně energie větru na rotační pohyb. Jedná se o rychloběžné zařízení. Ve většině případů je tvořena dvěma nebo třemi listy. Počet listů je ovlivněn koeficientem rychloběžnosti, který se vypočítá jako podíl rychlosti konců lopatek ku rychlosti větru. Čím menší je koeficient rychloběžnosti, tím musí být větší plocha rotoru pokryta listy. Dvoulistá vrtule dosahuje větší rychloběžnosti, třílistá vrtule je naopak výhodnější vzhledem k menšímu namáhání od gyroskopických momentů, lepšímu vyvážení a menšímu namáhání celého rotoru od dynamických sil vlivem rozdílné rychlosti větru na ploše rotoru a to zejména u velkých větrných rotorů. Nerovnoměrná rychlost větru je způsobena různou výškou nad zemským povrchem a turbulencí vzdušného proudu. S ohledem na uvedené přednosti jsou dnes rychloběžné třílisté rotory nejobvyklejší.

Listy rotoru jsou kompozitové skořepiny. Uvnitř musí být vyztuženy nosníkem, který přenáší hlavní zatížení. Skořepiny se vyrábějí ze sklolaminátu z mnoha vrstev skelné tkaniny, které mohou být doplněny tvrzenou pěnou pro zvýšení plošné tuhosti. Na nosník se občas používá kromě skelné tkaniny také kevlar nebo uhlík. Listy jsou zkonstruovány tak, aby jejich tvar umožňoval optimální přenesení síly větru na rotor s největší možnou účinností. Nejlepší účinnosti se pohybují kolem 40 %.

Průměr rotoru se stále zvyšuje se zvyšujícím se instalovaným výkonem elektráren. V roce 2007 byl sestaven prototyp elektrárny o jmenovitém výkonu 6 MW, která má průměr rotoru 126 m. To znamená, že délka jednoho listu je zhruba 60 m. Úvahy sahají stále dál. Doprava takto velkého rotorového listu by byla velice náročná, tak společnost Enercon přišla

s děleným listem. Kořenová polovina listu je kovová konstrukce a je ještě dělena na tělo a spoiler, což je odtoková část listu a k tělu je přimontována pomocí šroubů. Druhá část je již laminátová a obě části jsou k sobě přišroubované.



Obr. 30: Tělo a spoiler kořenové části děleného listu větrné elektrárny [30]

Pokud je větrná elektrárna umístěna v oblastech, kde v zimě dochází k častým námrazám, je nevýhodné využít vyhřívání listů, aby nedocházelo k častým odstávkám a ohrožení okolí padajícím ledem. Na rotoru může také být malá námraza, která snižuje výkon. Firma Enercon uvádí, že je schopna do svých rotorových listů umístit systém vyhřívání, který představuje ventilátor s topným tělesem. Ohřátý vzduch se fouká do náběžné hrany. Na vrcholu listu se proudění obrátí a vzduch proudí zpět na odtokové straně listu k ventilátoru. Je to ale energeticky náročné řešení, takže je nutné zvážit ekonomické aspekty provozu.

Součástí rotoru je i systém regulace vrtule, který má za úkol udržovat požadované otáčky vrtule, nebo vrtuli zabrzdit. Jsou dva typy. Je to rotor s pevnými listy a aerodynamickou brzdou, která se vychýlí v případě vysokých otáček. Druhá možnost je systém s natačením lopatek, kde je brzdného efektu docíleno pomocí natočení listu tak, že dojde ke změně úhlu listu vůči směru větru. [30]

2.3.2.3 Gondola větrné elektrárny

Gondola je část větrné elektrárny, kde je umístěna veškerá strojová část a leží na vrcholu stožáru. Každý výrobce má svůj princip, teda různé vybavení strojovny. Gondola je sklolaminátová a je přidělána na kovovém nosném rámu strojovny.



Obr. 31: Vybavení strojovny větrné elektrárny: 1) Hlavní hřídel větrné elektrárny, 2) Nosný rám strojovny, 3) Převodovka větrné elektrárny, 4) Spojení mezi převodovkou a generátorem, 5) Generátor větrné elektrárny, 6) Systém natáčení strojovny, 7) Hydraulické systémy větrné elektrárny [30]

Rotační pohyb větrného motoru je přenášen pomocí hřídele na převodovku. Toto zařízení slouží k přizpůsobení rychlosti otáček potřebám elektrického generátoru a převádí pomalý pohyb rotoru na rychlejší pro generátor. Převodovka bývá velmi rozmanitých konstrukcí podle typu elektrárny. V každém případě musí být velice odolná, jelikož je velice namáhána působením větru, které je velice nestálé. Důležitou vlastností převodovek je také jejich tichost, čehož je docíleno pomocí kalení kol, cementováním, nitridováním a broušením povrchu zubů. V současnosti se používají několika stupňové převodovky, na jejichž těleso je obvykle připojena brzda.

Elektrický generátor slouží k přeměně mechanické energie větru na elektrickou energii. Větrné elektrárny využívají technologii asynchronních nebo synchronních generátorů. Výhodou synchronních generátorů je jejich velká účinnost a schopnost pracovat s velkým rozsahem rychlostí větru. Asynchronní generátor má naproti tomu levnější konstrukci. V poslední době se začíná používat i technologie mnohápólových generátorů. U asynchronních generátorů se používají 4-pólové, která mají na 50 Hz synchronní otáčky 1 500 ot/min, nebo 6-pólové se synchronními otáčkami 1 000 ot/min.

Další zařízení v gondole je systém natáčení strojovny, která se natáčí ve směru větru. Celá strojovna je umístěna na otočném kuličkovém ložisku. Vnější klec tohoto ložiska je

přišroubována ke stožáru a je zde vytvořeno ozubení. Vnitřní klec je připevněna k nosnému rámu stroje. Na nosném rámu jsou elektropohony, které dle pokynů řídicího systému natáčejí se strojovnou. Podle velikosti elektrárny je těchto pohonů od 2 do 6 kusů. Pro zastavení po otáčení jsou zde nejčastěji čelistové brzdy, které zaaretují danou polohu, jelikož samy motory by to nezvládaly z důvodu gyroskopického momentu. Řízení servomotorů je napojeno na anemometr a snímač směru větru. [30]

2.3.2.4 Elektrárna Darrieus se svislou osou

Existuje několik typů tohoto motoru, ale nejčastější je Darrieus typu H a Darrieus typu fí. U typu H jsou listy rovnoběžně s osou otáčení a u typu fí jsou ve tvaru luku a oba konce jsou připevněné k ose. Hlavní princip však zůstává u obou typů stejný. Lopatky rotoru tvoří aerodynamická křídla umístěná symetricky. Výhodou tohoto řešení je nezávislost na směru větru. Aerodynamické základy jsou stejné, jako při konstrukci vrtulí. Při pohybu se křídla pohybují po kruhové trajektorii kolem osy. Rychlost otáčení rotoru je větší než rychlost větru a řadí se tedy do kategorie rychloběžných turbín. Další výhodou je umístění generátoru na zemi, který je přímo spojen s osou.

Konstrukce je stacionární a ani v případě silného větru se sama neroztáčí. Na to, aby vznikla na křídlech síla, je potřeba, aby se rotor již otáčel. Na uvedení do provozu je tedy potřeba roztočení pomocí externího zdroje otáčení.

Výhodou je možnost umístění více rotorů nad sebe pro zvýšení výkonu a také větší odolnost vůči silným povětrnostním podmínkám. [31]

2.4 Energie vody

2.4.1 Přírodní podmínky

Voda, která se vypaří ze zemského povrchu, se dostává zpět na povrch ve formě dešťových nebo sněhových srážek. Voda na povrchu se shlukuje do potoků a řek. Řeka pak teče ve směru největšího gradientu díky gravitační síle. Takto se voda vrací zpět do oceánů.

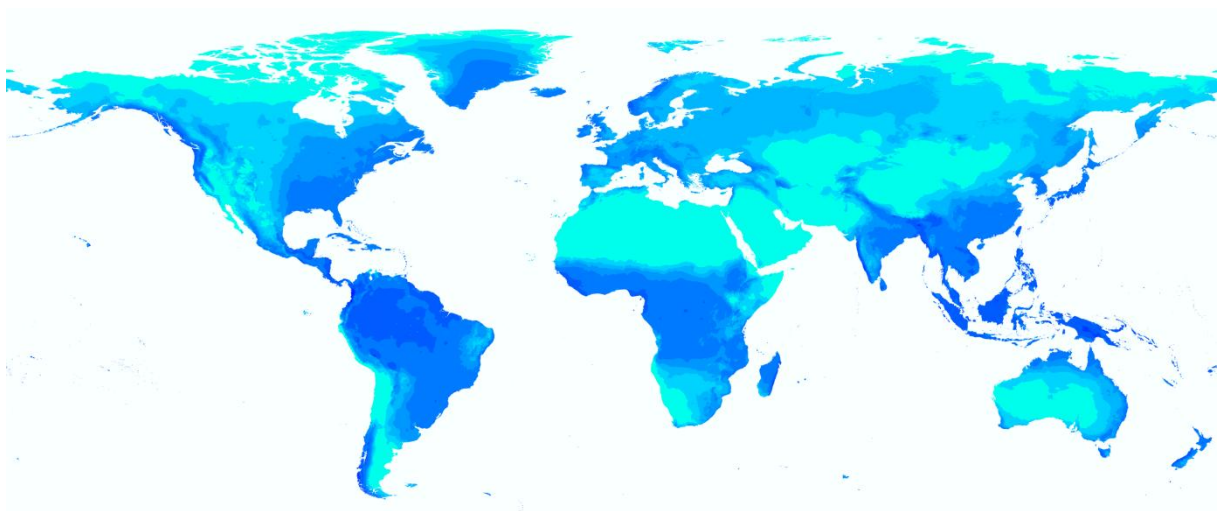
Místa s největšími srážkami jsou znázorněny na mapě (Obr. 32). Největší srážky jsou v ekvatoriálním, respektive subekvatoriálním pásu, který zahrnuje střední část Afriky, Indonésii a severní část Jižní Ameriky. Atmosférické srážky zde vznikají při mohutných

výstupných proudech způsobených velkým ohřátím vzduchu. Ve větších výškách se vzduch ochlazuje a tak vznikají stáčky. Ty jsou zde téměř stejné po celý rok.

Na jihu a jihovýchodě Asie působí mohutné letní monzunové deště, které jsou způsobeny nízkým tlakem vzduchu nad východní Sibiří. Nízký tlak je způsoben rychlejším ohříváním kontinentu oproti oceánu. V těchto oblastech se také vyskytuje většina nejvodnatějších řek světa.

V mírném pásu Severní Ameriky přináší dostatek dešťových srážek západní větry vanoucí z Tichého oceánu pouze na západní pobřeží. Dále se tyto srážky nemohou dostat kvůli mohutné hradbě v podobě Kordillér. Oblast subtropického pásu v Severní Americe (jihovýchodní USA) je charakterizována velkým množstvím srážek a mírnými zimami. Dešťové srážky jsou zde velmi hojné z důvodu styku oceánského tropického vzduchu přicházejícího z Atlantiku s kontinentálním tropickým vzduchem.

Sibiřské řeky mají největší průtok na jaře a v létě, kdy dochází k tání sněhu pokrývajícího Sibiř. Dešťové srážky na Sibiři jsou převážně v létě a přichází spolu se západními větry. [32] [33]



Obr. 32: Množství srážek [34]

Množství vody v řece nezáleží jen na množství srážek, ale také na délce řeky a oblasti, ze které je voda odváděna. Další faktor pro hydroenergetiku je také přístupnost míst určených k výrobě elektrické energie. Tento problém nastává například u Amazonky, kde jsou husté pralesy. Další omezení nastává díky rovinatému terénu, kde není možné postavit přehradní nádrž. Tato přehrada by zabírala mnohem větší území pro stejně velký rozdíl hladin, než

nádrž umístěná v kopcovitém terénu. V těchto oblastech se využívá průtočných elektráren, které nemají vysokou přehradní hráz. Podmínkou však je dostatečný průtok.

Tab. 1: Nejvodnatější řeky světa

Poř.	Řeka	Světadíl	Stát	Průměrný průtok [m ³ /s]	Maximální průtok [m ³ /s]
1.	Amazonka	J. Amerika	Brazílie	220 000	280 000
2.	Kongo	Afrika	Kongo	42 000	90 000
3.	Paraná	J. Amerika	Argentina	40 000	50 000
4.	Jenisej	Asie	Rusko	19 800	-
5.	Mississippi	S. Amerika	USA	19 000	56 000
6.	Lena	Asie	Rusko	17 000	-
7.	Mekong	Asie	Vietnam	15 900	31 000
8.	Brahmaputra	Asie	Bangladéš	14 889	62 000
9.	Orinoko	J. Amerika	Venezuela	14 000	25 000
10.	Iravadi	Asie	Myanmar	14 000	-
11.	Ob	Asie	Rusko	12 700	42 800
12.	Ganga	Asie	Bangladéš	11 096	56 900
13.	Amur	Asie	Rusko	10 800	-
14.	Řeka sv. Vavřince	S. Amerika	Kanada	10 000	-
15.	Niger	Afrika	Nigérie	8 630	35 000
16.	Volha	Evropa	Rusko	8 060	48 450
17.	Ohio	S. Amerika	USA	7 530	52 500
18.	Dunaj	Evropa	Rumunsko	6 430	19 200
19.	Indus	Asie	Pákistán	5 650	18 000
20.	Nil	Afrika	Egypt	2 633	15 000

2.4.2 Technické podmínky

2.4.2.1 Strojovna

Strojovna je místo, kde jsou veškerá strojní a elektrotechnická zařízení potřebná k chodu elektrárny. Vodní elektrárny vyžadují minimální obsluhu a údržbu, tak mohou být řízeny na dálku. Výhodou je také rychlé naběhnutí na požadovaný výkon, tudíž se mohou využívat ve špičkách denní spotřeby.

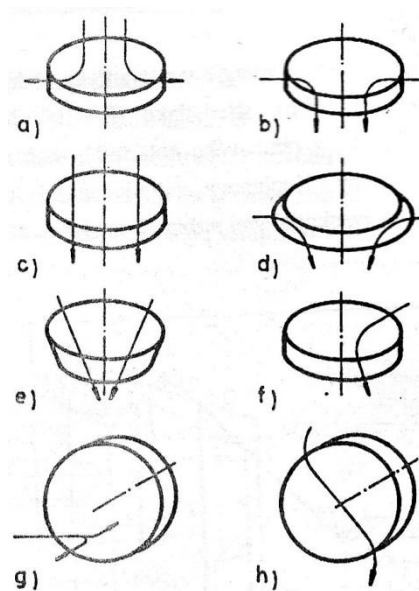
2.4.2.2 Typy turbín

Turbína je zařízení sloužící k přeměně mechanické energie vody na mechanickou energii rotující hřídele, která je převáděna na elektrický generátor. Turbíny lze dělit podle několika hledisek.

Podle způsobu přenosu energie vody se dělí turbíny na přetlakové a rovnotlaké. Označení přetlakových turbín vychází z toho, že se průtok oběžným kolem uskutečňuje

působením přetlaku na vstupu do oběžného kola. Tento typ se také označuje jako reakční, jelikož v kanálech oběžného kola dochází při urychlování proudu vody k reakčnímu působení na oběžné lopatky. Jestliže je na vstupu i výstupu oběžného kola stejný tlak, jedná se o rovnotlaké turbíny. Tyto turbíny se označují jako turbíny akční, přestože výsledný účinek je součtem akčního účinku přímého působení a reakčního účinku způsobeného ohybem proudu vody podle geometrie lopatek. Zde nejsou kanály oběžného kola zaplněny vodou úplně, nýbrž zde musí být vzduch.

Další dělení může být podle směru vstupu a výstupu vodního proudu vzhledem k ose oběžného kola. Jedná se zde například o centrifugální turbínu, kde voda vtéká rovnoběžně s osou a vytéká směrem od hřídele. Další možnost je centripetální turbína, u které voda vtéká kolmo k ose otáčení a vytéká rovnoběžně s osou. U axiální turbíny voda vtéká i odtéká rovnoběžně s osou stále ve stejné vzdálenosti. Voda proudící do radiálně-axiální turbíny vstupuje v radiálním směru a po přiblížení se ose se mění směr na axiální. V diagonální turbíně protéká voda šikmo k ose. Do turbíny se šikmým průtokem vstupuje voda z boční strany a vystupuje ve směru osy. V tangenciálním směru vstupuje voda do oběžného kola v tangenciální turbíně. Další typ je turbína s dvojnásobným průtokem, kde vstupuje voda centripetálně a vystupuje centrifugálně.



Obr. 33: Rozdělení turbín podle průtoku oběžným kolem: a) centrifugální, b) centripetální, c) axiální, d) radiálně-axiální, e) diagonální, f) se šikmým průtokem, g) tangenciální, h) s dvojnásobným průtokem [12]

Podle polohy hřídele se turbíny dělí na horizontální, vertikální a šikmé. Dále se mohou turbíny také dělit podle výkonu nebo uspořádání různých částí turbíny.

Dnes je vyžadováno využití různých turbín v závislosti na konkrétních podmínkách v místě instalace.

Francisova turbína

Francisova turbína je nejdéle využívaným typem moderních turbín, kterou sestrojil v roce 1849 J. B. Francis. Turbína je přetlaková radiálně-axiální. Oběžné kolo má pevné lopatky a regulačním prvkem jsou rozváděcí natáčivé lopatky. Řešení může být jak horizontální, tak vertikální. Tento typ turbíny lze použít i jako reverzibilní stroj pro přečerpávací elektrárny.

Kaplanova turbína

Kaplanova turbína je přetlaková axiální turbína, která vznikla zdokonalením Kaplanovy vrtulové turbíny v roce 1919. Tato turbína má velkou možnost regulace díky natáčivým lopatkám jak rozváděcím, tak oběžným, čímž lze dosáhnout velké účinnosti v širokém rozmezí průtoků. Od Francisovy turbíny se liší menším počtem lopatek, tvarem lopatek a možnostmi regulace oběžných lopatek, což přináší podstatně složitější konstrukci a zároveň vyšší cenu. Používají se především na malých spádech a velkých průtocích, které nejsou stálé.

Peltonova turbína

Peltonova vodní turbína je rovnotlaké zařízení s tangenciálním přístupem vodního paprsku na oběžné kolo prostřednictvím jedné nebo několika dýz, jejíž řešení pochází z roku 1880. Vodní paprsek naráží na lopatky lžičkovitého tvaru s dělicím břitem a pak volně odtéká na spodní hladinu. Průtok vody je regulován změnou výtokového průřezu dýzy a rychlý zásah regulace je možno provést odkloněním paprsku vody. Peltonova turbína je nejefektivnější pro vysoký přívodní tlak vody, čehož je docíleno vysokým spádem. Pro energetické účely se používá vertikální uložení, ale pro menší stroje se může použít i horizontální, nebo šikmé uložení.

Bánkiho turbína

Bánkiho turbína je rovnotlaká a její řešení pochází z roku 1903 od A. G. M. Mitchela, ale v letech 1912 až 1919 teorii vypracoval prof. D. Bánki z Maďarska. Základem je oběžné kolo s horizontálním uložením s mnoha pevnými lopatkami mezi kruhovými deskami. Proud vody vstupuje tangenciálně do oběžného kola, kde lopatky mění jeho směr do středu a voda

předá energii oběžnému kolu. Ze středu voda odchází opět přes lopatky, kde mění svůj směr a předává svoji energii. Regulačním orgánem je klapka umístěná ve vtokovém tělese. Tato turbína má široké využití. Vyhovuje především na malých tocích. [12]

2.4.2.3 Přehradní hráz

Přehradní hráz je zařízení přehrazující tok a zadržující vodu, čímž vznikne přehradní nádrž. Existuje několik typů přehradních hrází. Jsou hráze sypané, postavené z velkého množství materiálu a vzdorující tlaku vody svou hmotností a objemností. Další možností jsou železobetonové, které se využívají u velkých elektráren. Historie moderních přehrad je od roku 1936, kdy byla postavena přehradní hráz Hooverovy přehrady v USA.

Moderní přehradní hráze mohou být gravitačního typu, kde je hráz zhruba trojúhelníkového průřezu a je pevná díky své ohromné váze, na kterou působí gravitační síla. Druhým typem je klenbová hráz. Zde je několik variant. Může být proměnný poloměr, konstantní poloměr, nebo několik menších částí vyztužených pilíři.

Vytvořením přehradních hrází na řekách s velkým průtokem je možné získat instalované kapacity mnohem větší než u jakéhokoli jiného obnovitelného zdroje. Již postavené vodní elektrárny jsou dokonce největšími zdroji elektrické energie vůbec. Mezi deseti největšími elektrárnami světa je hned sedm vodních elektráren.

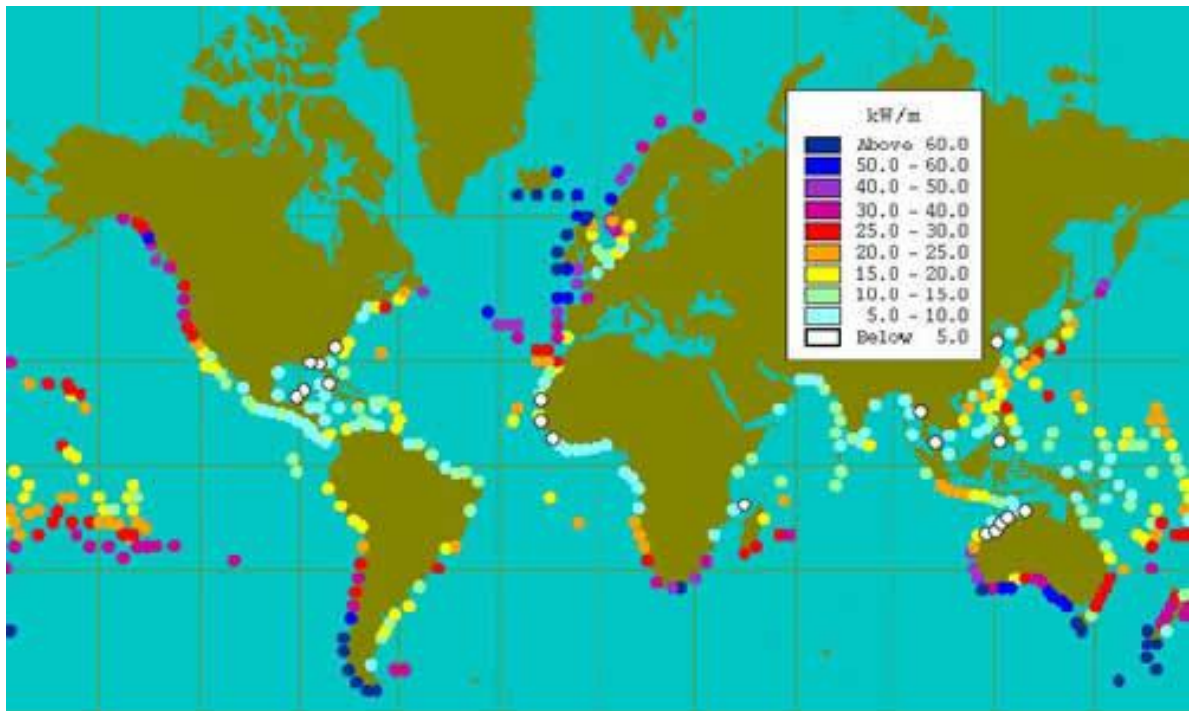
Velké hydroenergetické zdroje mají zatopenou velkou plochu, což je veliký nedostatek těchto elektráren. Mohou zde být místa, kde se nachází různá historická území a také domovy lidí, kteří se musí vystěhovat při výstavbě elektrárny. Další nevýhodou je zamezení možnosti lodní dopravy na řece, pokud se nevybudují plavební komory. Tento problém mají i ryby, které se nedostanou přes přehradní hráz. Výhodou přehrad je zabránění povodním díky regulaci. [9]

2.5 Energie moře

2.5.1 Přírodní podmínky

2.5.1.1 Elektrárny využívající energii vln

Vlny vznikají při působení větru na moře třením a tlakem. Velikost vln závisí na třech faktorech. Je to rychlost větru, doba jeho působení a velikost plochy hladiny.



Obr. 34: Mapa světa zobrazující energii vln [35]

Na jižní polokouli vanou již zmiňované větry „Roaring Forties“, které vytvářejí dobré podmínky pro vznik vln. Tyto větry se pak projevují v Austrálii, na Novém Zélandu a také v Patagonii na jihu Jižní Ameriky. Patagonie je ovšem velice řídko osídlena a není zde příliš pohostinné podnebí. V Austrálii se již začínající odvětví energetiky testuje a je zde možnost pro velké uplatnění. Další oblastí je oblast stejných zeměpisných šířek na severní polokouli, kde také vanou silné větry. Vítr nabírá rychlost tam, kde nemá žádné překážky v podobě pevniny a z toho důvodu jsou dobré podmínky na západním pobřeží Evropy. V obou těchto oblastech vanou větry od západu k východu.

2.5.1.2 Přílivové elektrárny

Přílivové elektrárny potřebují dostatečný rozdíl mezi přílivem a odlivem. Tento rozdíl by měl být větší než 5 m. Toto závisí na několika faktorech. Velmi důležitý je tvar dna oceánu. Další věc je také tvar pobřeží. Pro možnost vystavění přílivové elektrárny je zapotřebí nějaké úzké místo.



Obr. 35: Mapa světa zobrazující místa s přílivem větším než 4 metry [9]

Na obrázku (Obr. 35) je znázorněna mapa světa s vyznačenými místy, kde je rozdíl mezi přílivem a odlivem větší než 4 m. Dobré podmínky jsou na severozápadním pobřeží Francie a západním pobřeží Anglie, kde se také energie přílivu využívá dlouhou dobu. Největší příliv je v ústí řeky Severn, kde je 17,3 m. Příliv ve Francii u elektrárny Saint Malo je asi 13 m. Dalším zajímavým místem je záliv Fundy na východním pobřeží Kanady, kde je největší rozsah mezi přílivem a odlivem. Je to skoro 20 m. Jsou také místa, kde převažuje jednodenní dmutí. Tímto místem je například Ochotské moře. Zde je místo s největším dmutím v Asii. Jedná se o záliv Penzin s výškou dmutí 13 m. Dobré podmínky jsou také ve Žlutém moři na pobřeží Korejského poloostrova, který je členitý a z toho důvodu jsou zde dobré podmínky pro přílivové elektrárny. V Jižní Americe v ústí řeky Gallegos je místo s druhým největším přílivem o výšce 18 m. Zde jsou nehostinné podmínky a z toho plyne i malá hustota zalidnění v této oblasti. V Austrálii v King Sound je největší příliv z Oceánie - 14,4 m. Další oblasti, kde je příliv větší než 4 m, jsou například Hudsonův záliv a průliv v Kanadě a také západní pobřeží Kanady společně s pobřežím Aljašky. Zde jsou ovšem nehostinné podmínky. Větší příliv je na pobřeží Mosambického průlivu mezi Afrikou a Madagaskarem.

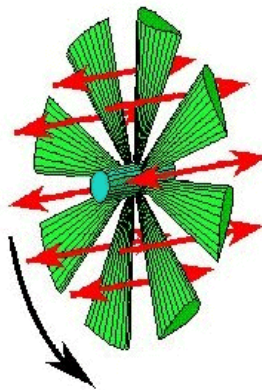
2.5.2 Technické podmínky

2.5.2.1 Elektrárny využívající energii vln

Zařízení, pomocí nichž je možno vyrábět elektrickou energii z mořských vln, jsou například přibojové elektrárny. Další možností jsou elektrárny ležící na hladině a ohýbající se podle vln, které se nazývají Pelamis, nebo bóje pohybující se podle vln.

Příbojové elektrárny pracují na principu kolísající vodní hladiny v betonové šachtě. Vodní sloupec pracuje jako píst, který tlačí vzduch skrz Wellsovu turbínu. Tato turbína pak pohání generátor vyrábějící elektrickou energii.

Wellsova turbína je speciální turbína, která pracuje při obou směrech toku vzduchu přes lopatky. Turbína se točí stále ve stejném směru i při změně proudění vzduchu. Lopatky jsou symetrické a natočené kolmo k ose rotace. Účinnost je však nižší než u normální turbíny pracující jen s proudem vzduchu v jednom směru, jelikož má vyšší součinitel odporu a také vysoký úhel náběhu, z čehož plyne nízká rychlost odvodu vzduchu. Další věcí je, že je turbína umístěna ve velmi proměnném proudu vzduchu. Další nevýhodou je nutnost roztočení turbíny pomocí generátoru, který tu chvíli pracuje jako motor. Wellsova turbína byla sestavena na konci osmdesátých let v Belfastu. [9]

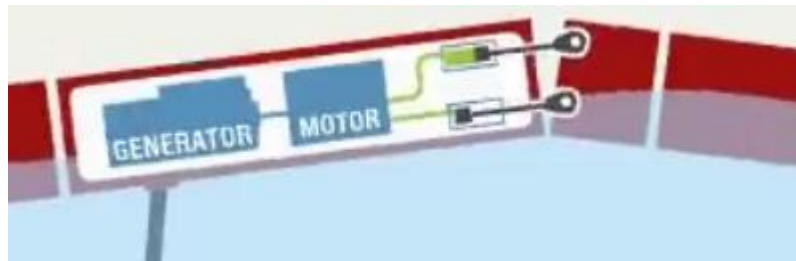


Obr. 36: Wellsova turbína [36]

Pelamis se skládá z pěti sekcí trubek spojených klouby, které umožňují ohýbání ve dvou směrech. Zařízení leží na hladině napůl ponořené a přirozeně se pohybuje na vlnách. Ohýbání je převedeno na elektrickou energii pomocí hydraulického pohonu umístěného uvnitř. Každý stroj ve farmě musí mít vlastní kotvicí zařízení. Kapacita, která by byla možná nainstalovat na 1 km², je 15 MW. Elektrická energie se pak přenáší na pevninu pomocí podmořských kabelů. Od jednotlivých strojů mohou být kabely vedeny do jednoho místa, odkud by šel jeden kabel na pevninu. Pro větší farmy bude zapotřebí přivést elektřinu na pevninu pomocí několika kabelů.

Prototyp tohoto zařízení byl testován v letech 2004 až 2007, z čehož plyne, že se jedná o poměrně nové zařízení. První instalace pro testování byla v roce 2004 v Severním moři. V roce 2008 byla objednávka na první vlnovou farmu u pobřeží Portugalska, kde jsou tři stroje o celkovém instalovaném výkonu 2,25 MW. Tento projekt však skončil dříve než se

předpokládalo kvůli finančním problémům společnosti provozující farmu. Všechny tři stroje byly přitaženy do přístavu. Byl zde také zjištěn problém s velkým opotřebením ložisek, který byl posléze vyřešen. V současné době je testována i druhá generace, která je delší, širší a těžší, což umožňuje i lepší využití energie. [37]



Obr. 37: Schéma činnosti vlnové elektrárny Pelamis [15]

Další možností výroby elektrické energie z energie mořského vlnění je výroba pomocí různých bójí nebo plováků. Existuje již několik zařízení, která testují využití vln pomocí vznášejícího se plováku na vlnách. Ten pumpuje vodu do místa, kde se pomocí ní vyrábí elektrická energie, nebo se pohání hydraulický pohon jako v předchozím případě. Možností je také rovnou vyrábět elektrickou energii v plováku, v němž se točí nevyvážený vnitřek kolem osy. Rotační pohyb nastává díky naklánění plováku.

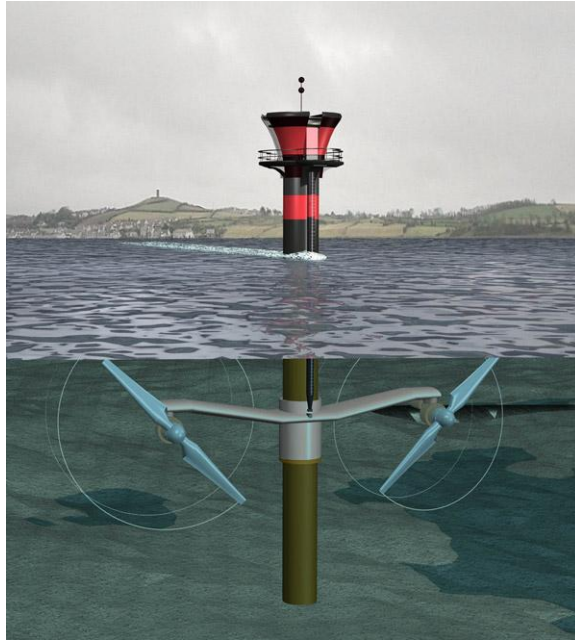
2.5.2.2 Elektrárny využívající energii přílivu

První generace elektráren pracujících s přílivem a odlivem byly elektrárny s přehradou, které se postupně naplňovaly při přílivu přes turbíny vyrábějící elektrickou energii. Druhá fáze nastala při odlivu, kdy se přehrada opět vypouštěla přes tytéž turbíny. Nevýhodou je zamezení přechodu různých živočichů přes přehradní hráz. Nevýhodou jsou také nečistoty, které se hromadí v přehradní nádrži.

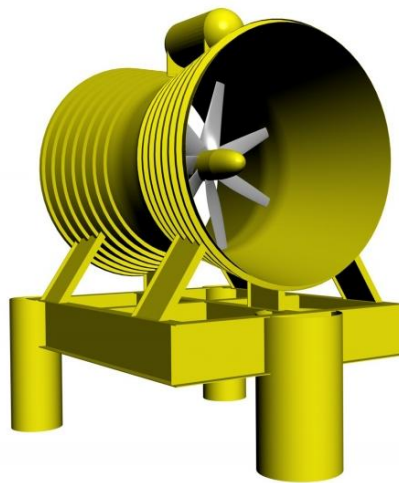
Druhá generace se již obejde bez přehradní hráze, do níž se musí hodně investovat hned při stavbě elektrárny. Tyto elektrárny pracují s proudem vody, který vytvoří příliv nebo odliv v nějaké úžině. Účinnost těchto elektráren je však nižší, ale obejdou se bez velké počáteční investice a mohou se budovat postupně, což je i přijatelnější pro rozvojové státy.

Návrhy se inspirovaly malými větrnými elektrárnami s většími rotorovými listy, takže začaly připomínat spíše letecké vrtule. Celek je usazen na konstrukci ukotvené na mořském dně. V úžině je ukotveno několik takových zařízení. Je zde také několik možností. Jednou je například využití větší dvoulisté nebo třílisté vrtule. Dvoulistá vrtule je navržena u zařízení SeaGen. Třílistá má být použita v Indii. Druhý způsob je menší vícelistá vrtule uzavřená

v trubcovém krytu. Tímto řešením se zabývá například společnost Rotech. Výhodou těchto elektráren je jejich možné využití ve větších hloubkách při pohonu pomocí oceánských proudů.



Obr. 38: Přílivová elektrárna SeaGen [38]



Obr. 39: Řešení přílivové elektrárny od společnosti Rotech [39]

Další typ elektráren bez přehrady pracuje s vertikálními turbínami s kostrou ve tvaru válce. Listy turbíny jsou upevněny na obou stranách. Osa turbín je svisle a může využívat proudění z více směrů při zachování stále stejného směru otáčení. Tyto turbíny by kromě síly přílivu mohly využívat také energii oceánských proudů. Tento princip využívá například Gorlovova turbína (GHT) s listy spirálovitě stočenými. [40]

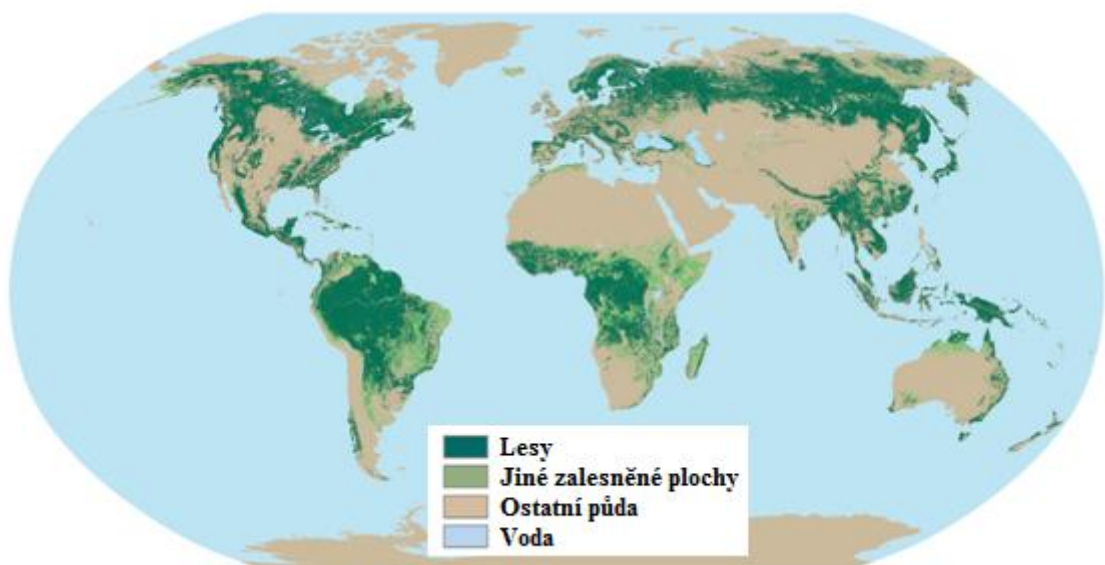


Obr. 40: Gorlovova turbína [41]

2.6 Biomasa

2.6.1 Přírodní podmínky

Základem pro výrobu elektrické energie z biomasy je dřevnatý odpad. Tento odpad je převážně vytvářen na územích, kde je dostatek lesního porostu. Na planetě Zemi je 23 % povrchu souší porostlých lesy, které se značně mění se zeměpisnou šířkou. Na severu zeměkoule rostou tzv. boreální lesy, tajga. Na ně navazují lesy listnaté, dnes často přeměněné na monokultury jehličnanů. Jižněji najdeme lesy tvrdolisté s duby a borovicemi, na něž navazují lesy opadavé tropické. Ty střídají tropické vlhké lesy, jimž také říkáme deštné pralesy. Lesy se také hojně vyskytují v mírném a subtropickém pásu na horách, kde není orná půda a nedají se pěstovat jiné výhodnější plodiny ve větší míře.



Obr. 41: Rozložení lesů ve světě [42]

Orná půda se převážně využívá k pěstování plodin pro potravu pro obyvatelstvo a také pro potravu zvířat. Zbytky z této produkce se také mohou využívat jako biomasa k výrobě energie. Pokud je dostatek orné půdy pro pokrytí potřeb potravy, je možné tuto půdu využívat i pro pěstování energetických plodin. Orná půda používaná pro pěstování potravy pro zvířectvo má také návaznost na pěstování dobytka na tomto území. Exkrementy těchto živočichů spolu s dalšími plodinami se pak využívají k výrobě bioplynu. Orná půda se také využívá k pěstování olejnatých plodin pro výrobu bionafty. V Jižní Americe se pěstuje cukrová třtina pro výrobu bioethanolu.

Tab. 2: Orná půda ve světě v roce 2003 (procenta z povrchu celého makroregionu) [43]

Makroregion	Orná půda [%]
S. Amerika	12,0
J. Amerika	6,1
Afrika	6,7
Austrálie	6,2
Evropa	24,6
Asie	17,6
Rusko	9,4

Místa s hustým zalidněním jsou zdrojem komunálního odpadu, který se využívá jako palivo ve spalovnách, nebo bioplynových stanicích. Další možností je také využití kalů z čistíček opět na výrobu bioplynu.

2.6.2 Technické podmínky

Z energetického hlediska je i dnes základním a nejčastějším konečným využitím biomasy její spalování. Je podle své formy spalována buď přímo, nebo jsou spalovány plynné či kapalné produkty jejího zpracování.

Vzhledem k charakteru biomasy a jejímu proměnnému složení je nutno věnovat značnou pozornost optimálním podmínkám při spalování a při čištění výstupních spalin, kde je nutno především kontrolovat emise oxidu uhelnatého a tuhých látek. V některých případech je nutno kontrolovat i emise oxidů dusíku a organických látek.

Zařízení pro přímé spalování biomasy se výkonově mohou pohybovat od několika kW do desítek MW. Podle výkonu a technického řešení je lze rozdělit do skupin. Jedná se o lokální topeniště a malé kotle pro biomasu do výkonu 100 kW. Tato zařízení jsou vhodná pro vytápění rodinných domků a jednotlivých místností. Další skupinou jsou střední kotle,

kteří se využívají jako větší zdroje ústředního vytápění. Používají se zde nejčastěji roštové kotle vybavené posuvným pásem či řetězovým roštěm. Spalují se zde dřevěné štěpky, sláma či dřevěné brikety. Výroba elektřiny v této kategorii je spíše výjimkou. Velké kotle o výkonu v řádech MW jsou třetí skupinou. Tyto zdroje obvykle pracují v teplotě režimu. Je zde možno využívat prakticky jakoukoli biomasu, ale nejčastěji je to sláma nebo dřevěný odpad. V těchto velkých kotlích je dnes spalování prováděno na roštu nebo ve fluidní vrstvě. Kromě kotlů čistě na biomasu je možno ji přidávat i do klasického fosilního paliva do granulačních kotlů.

Ve fluidním kotli probíhá spalování ve vlnosku. Palivo (pevná látka) je udržováno ve fluidní vrstvě pomocí proudění vzduchu, kdy odpor proudícího vzduchu se musí rovnat tíže částic, a hmota se pak chová jako kapalina. Fluidní kotle dovolují spalovat drcená paliva. Tyto kotle se běžně konstruují pro větší výkony nad 8 MW.

Zdroje využívající jako palivo biomasu jsou většinou menší zdroje. Biomasa je většinou rozptýlený zdroj a pro zabezpečení dostatečného množství biomasy je nutné provádět sběr v rámci širokého území nebo několika lokalit. Sběr z velkého území by nemusel být finančně tolik výhodný. Z tohoto důvodu také musí být optimální logistika. Pod pojmem logistika biomasy je možné si představit technické, organizační a obchodní zajištění cesty surové biomasy ke konečnému spotřebiteli, ať už v původní formě, nebo mnohem častěji ve formě různě zpracovaného a upraveného biopaliva.

Další nevýhodou je sezónní charakter některých druhů biomasy jako je například sláma nebo tráva. Z toho důvodu je nutno zajistit optimální skladování tak, aby bylo možné zajistit téměř rovnoměrný přísun ke konečnému spotřebiteli. Z důvodu menších skladovacích, ale i dopravních, kapacit je výhodné nepřevážet vodu obsaženou v biomase v různém množství. Proto dochází k sušení a také úpravě do přijatelnějších a koncentrovanějších druhů biomasy, jako jsou brikety nebo pelety. [44] [45]

3 Legislativní podmínky

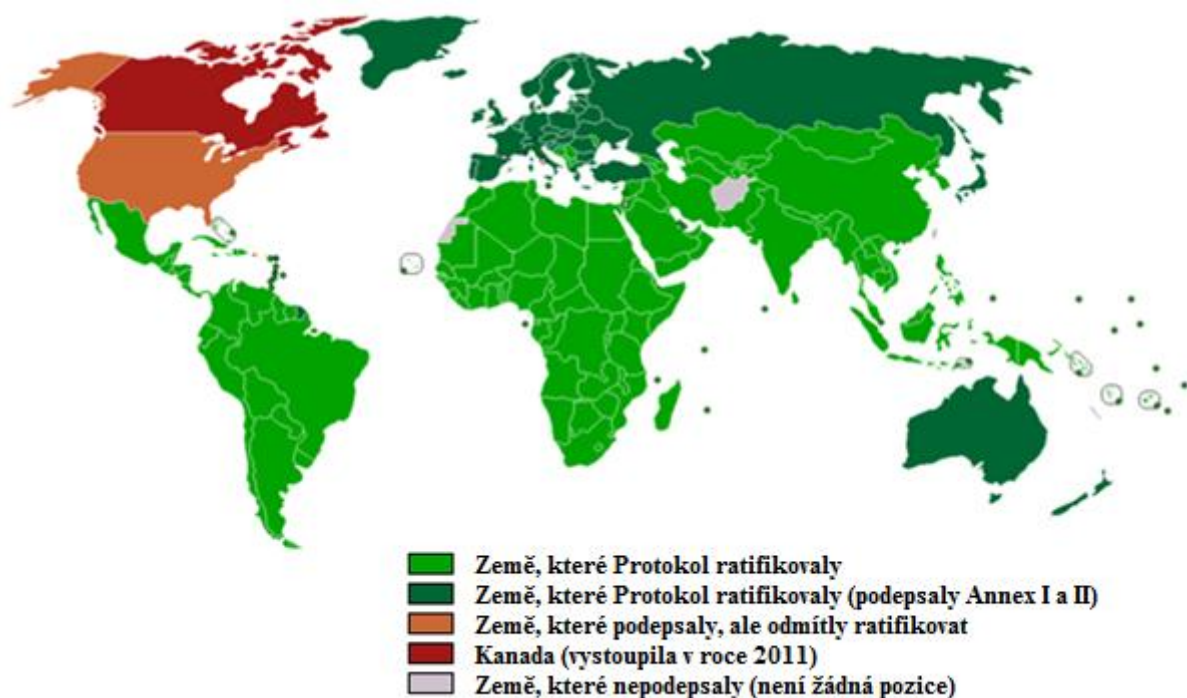
Legislativní podmínky často kopírují přírodní podmínky a také technickou vyspělost jednotlivých států. Mohou však nastat i výjimky, které přinášejí velký rozvoj určitého druhu obnovitelných zdrojů navzdory přírodním podmínkám.

3.1 Kjótský protokol

Kjótský protokol je protokol k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách. Průmyslové země se v něm zavazují snížit emise skleníkových plynů o 5,2 %. Tato redukce se vztahuje na koš šesti plynů za období pěti let (2008 – 2012). Jedná se o oxid uhličitý (CO₂), methan (CH₄), oxid dusný (N₂O), jejichž emise se bude porovnávat s rokem 1990. Další plyny jsou hydrogenované fluorovodíky (HFCs), polyfluorovodíky (PFCs) a fluorid sodný (SF₆), jejichž emise se bude porovnávat s rokem 1990 nebo 1995. Název tohoto protokolu je podle japonského města Kjóto, ve kterém byl v prosinci 1997 dojednán.

3.1.1 Platnost Kjótského protokolu

Protokol vstoupil v platnost více než sedm let po svém vzniku. Pro jeho platnost byly stanoveny dvě podmínky, které musely být splněny. První podmínkou byla ratifikace alespoň 55 států. Druhou podmínkou byla ratifikace tolika států Dodatku I, aby jejich podíl na emisích všech států Dodatku I v roce 1990 činil alespoň 55 %. V Dodatku I jsou průmyslově vyspělé státy. S první podmínkou nebyl problém, jelikož rozvojovým státům Protokol neukládá žádné významnější závazky a navíc řada přímořských či ostrovních států má na opatření proti změnám klimatu velký, někdy téměř existenční zájem. Komplikovanější bylo splnění druhé podmínky. Státy, které Protokol podporovaly, otálely s ratifikací z důvodu čekání na přijetí přísných pravidel pro tzv. flexibilní mechanismus, odečítání propadů atd.. Poté co ratifikaci definitivně odmítly Spojené státy americké, muselo se čekat na ratifikaci Ruska. Pokud by tyto státy odmítly, druhá podmínka vzniku Kjótského protokolu by nebyla splněna. Rusko Protokol ratifikovalo v roce 2004 a tím mohl Protokol vejít v platnost. K 16. prosinci 2004 ratifikovalo Kjótský protokol 132 zemí a z toho 37 zemí uvedených v Dodatku I. Podíl států Dodatku I, které Protokol ratifikovaly, na celkových emisích států Dodatku I je 61,6 %.



Obr. 42: Mapa států účastnících se Kjótského protokolu [9]

3.1.2 Definované snížení emisí

Jednotlivé skleníkové plyny nemají stejnou schopnost vyvolávat skleníkový efekt a zůstávají v atmosféře různou dobu. Proto je důležité přepočítat účinky na jednotnou veličinu. Tento výpočet však není příliš jednoduchý a také se neustále vyvíjí vědecké poznání v této oblasti. V současné době se používá přepočet na uhlíkový ekvivalent v poměru:

$$1 \text{ t N}_2\text{O} = 310 \text{ t (CO}_2\text{)ekv}$$

$$1 \text{ t CH}_4 = 21 \text{ t (CO}_2\text{)ekv}$$

Přestože ostatní plyny uvedené v Kjótském protokolu mají silnější účinek, zůstává oxid uhličitý nejvýznamnějším skleníkovým plynem, jelikož je produkován v mnohem větším množství. Tento přepočet však není v Protokolu definován.

Úhrnné snížení emisí o 5,2 % má být dosaženo diferencovaným snížením.

Tab. 3: Diferencované snížení, nebo možné zvýšení emise skleníkových plynů v jednotlivých státech [9]

Země, které musí snížit emise skleníkových plynů	Snížení o [%]
Belgie, Bulharsko, ČR, Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Irsko, Itálie, Lichtenštejnsko, Monako, Německo, Nizozemí, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Španělsko, Švýcarsko, Velká Británie, Evropské společenství	8 %
USA	7 %
Japonsko, Kanada, Maďarsko	6 %
Ruská federace, Ukrajina	stabilizace
Země, které mohou zvýšit emise skleníkových plynů	Zvýšení o [%]
Norsko	1 %
Austrálie	8 %
Island	10 %

Evropské společenství ratifikovalo Protokol jako samostatný celek. To umožňuje splnit závazek redukce emisí kolektivně, i když emise některých států vzrostou. V době ratifikace patřilo do Evropského společenství 15 států.

Z důvodu odmítnutí ratifikace Spojenými státy je patrné, že k závazku snížit emise o 5,2 % nedojde.

3.1.3 Ekonomické důsledky

Pro většinu průmyslově vyspělých zemí představují přijaté závazky investice do energeticky úsporných technologií, podporu úspor energie v obytném sektoru, vývoj a podporu energeticky méně náročných forem dopravy a podporu udržitelného hospodaření v lesích. Velikost nákladů závisí na výchozích pozicích jednotlivých zemí. Pokud by byl přijat závazek snížení emisí u všech států o stejnou část, tak by byli zatíženi především největší producenti skleníkových plynů.

Flexibilní mechanismy umožňují pro splnění Kjótského protokolu obchodovat s emisemi. Od států, které sníží emise více, si mohou koupit emise ty státy, které mají problém se snížením. Toto je tržní nástroj snížení ekonomických nákladů na snížení emisí.

3.1.4 Nástupce Kjótského protokolu

Kjótský protokol vyprší v roce 2012. Do této doby by měla být přijata nová mezinárodní smlouva o snižování emisí skleníkových plynů. Jednání stále pokračují. [9]

3.2 Legislativní podmínky v USA

Energetická politika v USA je stanovena pomocí federálních, státních i místních subjektů, které se zabývají otázkami produkce, distribuce a spotřeby. Tři zákony o energetické politice byly přijaty v letech 1992, 2005 a 2007. V nich je řešen energetický rozvoj, granty a daňové pobídky jak pro obnovitelné, tak i neobnovitelné zdroje energie.

Ve Spojených státech je většina pobídek pro obnovitelné zdroje ve formě finančních pobídek. Jsou to například daňové úlevy, půjčky, slevy a zvláštní financování. Rozpočet pro rok 2012 žádá o 70 % více finančních prostředků pro výzkumné a vývojové činnosti týkající se obnovitelných zdrojů než v roce 2011. Veřejné investice mohou umožnit rozvoj projektů v oblasti infrastruktury prostřednictvím veřejných fondů, grantů či jiných možností financování.

Daňové pobídky pro vlastníky projektů obnovitelných zdrojů energie (PTC = Production Tax Credit) jim snižují daně z příjmů na základě elektrického výkonu připojeného do sítě. Další výhody jsou pro společnosti investující určitý kapitál do obnovitelných zdrojů (ITC = Investment Tax Credit). Další slevy jsou na výrobu nových, opravu nebo rozšíření domácích zařízení, které podporují výrobu čisté energie (MTC = Advanced Energy Manufacturing Tax Credit).

Ve Spojených státech jsou také dotace do biopaliv. Biopaliva podporují energetickou nezávislost, snížení emisí skleníkových plynů, rozvoj venkova v souvislosti s rostlinami pro biopaliva a zvýšení příjmů zemědělců.

Dále jsou zde také slevy pro spotřebitele, pokud si nakoupí například hybridní automobily, udělají izolaci na svém domě. Majitelé domů, kteří si instalují solární elektrické systémy, malé větrné elektrárny nebo tepelná čerpadla, mají rovněž slevy na daních.

Politika USA se také zaměřuje na zvýšení účinnosti zařízení, což přinese snížení spotřebované energie. V roce 2009 byl oznámen plán na investování 3,2 biliónů \$ na úsporu energie. Budou poskytovány granty na projekty, které snižují celkovou spotřebu energie a emisí z fosilních paliv a zvyšují energetickou účinnost na celostátní úrovni. [9]

3.3 Legislativní podmínky v Kanadě

V Kanadě je federální systém, provinční a územní vlády. Provinční vlády mají pravomoc v průzkumu, rozvoji zachování a řízení neobnovitelných zdrojů, což platí i pro

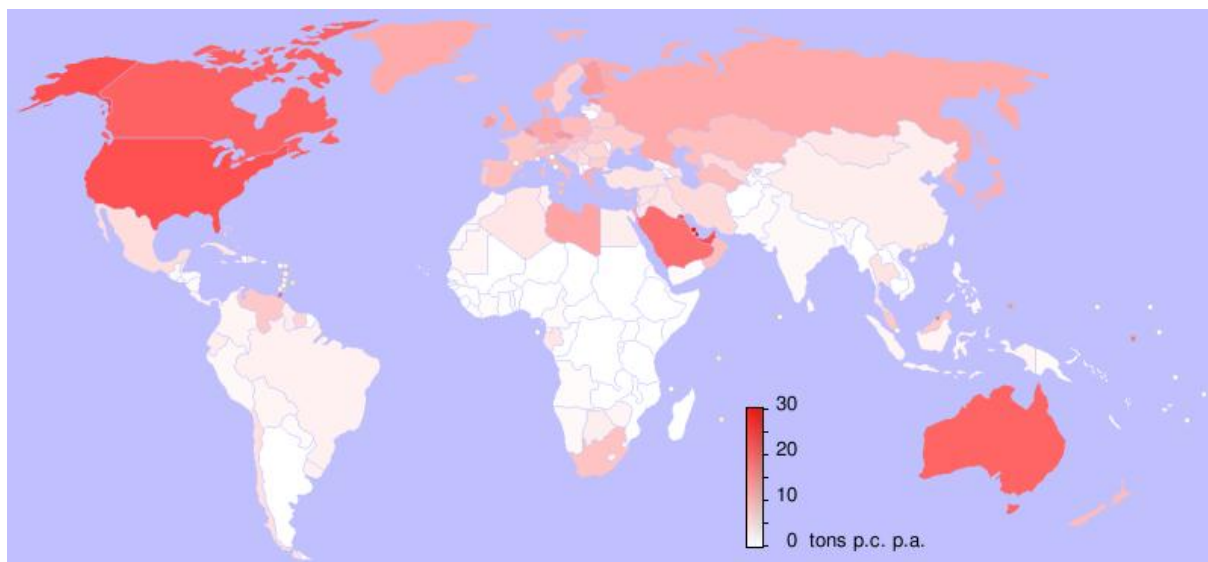
energie a výrobu elektřiny. Federální jurisdikce je zaměřena především na regulaci mezioblastního a mezinárodního obchodu. Federální regulace je prováděna pomocí Státní energetické rady, která reguluje energetický průmysl a zabývá se především ropou a zemním plynem.

Kanadské provincie mají různé plány se zelenou energií. V Ontariu byl přijat v roce 2009 zákon, který se snaží urychlit růst obnovitelných zdrojů energie s ambicemi stát se špičkou v obnovitelných zdrojích v Severní Americe. Konkrétně se pokouší vytvářet výkupní ceny, které vytváří zvláštní ceny energie vyrobené pomocí obnovitelných zdrojů. Z toho také pramení stavba velkých fotovoltaických elektráren. Provincie Québec má také program zelené energie, který se snaží snížit emise skleníkových plynů pro úspěšné splnění Kjótského protokolu. Québec je jediná provincie, která dostatečně emise skleníkových plynů snížila.

Kanada byla aktivní v jednáních vedoucích ke Kjótskému protokolu v roce 1997 a ratifikovala Protokol v roce 2002. Nicméně i přes některé snahy federální nerozhodnost vedla ke zvýšení emisí skleníkových plynů. V roce 2008 bylo zvýšení o 24,1 % ve srovnání s rokem 1990. Federální vláda zde nezavádí žádná razantní opatření, jelikož taková snaha v roce 1980 téměř rozdělila stát. Nejvíce skleníkových plynů přidaly provincie Saskatchewan a Alberta a to o více než 30 %. Z toho důvodu se také Kanada rozhodla odstoupit od Protokolu v roce 2011. Argumentovala také tím, že na dva největší producenty skleníkových plynů, jako je USA a Čína, se protokol nevztahuje. [9]

3.4 Legislativní podmínky v Číně

O energetické politice rozhoduje ústřední vláda. Země je v současné době největším producentem skleníkových plynů, ale pokud se tyto emise přepočtou na jednoho obyvatele, pořád jsou daleko za některými vyspělými zeměmi. Kromě toho, Čína je také největším světovým producentem energie z obnovitelných zdrojů, ale přesto byl růst emisí CO₂ mezi roky 2004 a 2009 kolem 44 %. To je způsobeno rychle se měnící ekonomikou Číny.



Obr. 43: Mapa znázorňující světově největší producenty oxidu uhličitého na jednoho obyvatele za rok [9]

Čína v roce 2007 přijala opatření v oblasti změny klimatu a stala se tak první rozvojovou zemí, která přijala národní opatření zabývající se globálním oteplováním. Státní rada na svém zasedání vyzvala k provedení plánu a zahájení veřejné kampaně na zvyšování povědomí o životním prostředí. Národní plán zahrnuje zvýšení podílu výroby elektrické energie z obnovitelných a jaderných zdrojů, zvýšení účinnosti uhelných elektráren a využití kogenerace. Kromě toho politika jednoho dítěte úspěšně zpomaluje růst počtu obyvatel a tím se také snižují emise CO₂.

Čína investuje v posledních letech značné prostředky do obnovitelných zdrojů. V roce 2007 investovala 12 miliard \$ a byla v této oblasti druhá za Německem. Čína je také největším výrobcem větrných turbín a solárních panelů. V roce 2006 Čína vyrobila 7 % energie z obnovitelných zdrojů a toto číslo stále roste. V roce 2020 to má být kolem 16 %. Čína také plánuje plnou elektrifikaci venkova do roku 2015 s využitím obnovitelných zdrojů.

Největším producentem energie z obnovitelných zdrojů je voda, ale další zdroje jsou v rychlém rozvoji. V roce 2006 bylo velké množství obilí použito na výrobu ethanolu, ale jelikož prudce vzrostla cena potravin, muselo dojít k redukci další expanze. V rámci solární energie je plán „Zlaté slunce“ vyhlášený vládou v roce 2009. Tento plán zahrnuje poskytování finančních dotací, technickou podporu a tržní pobídky, které usnadní rozvoj solární energetiky. Jsou zde i další programy v rámci ostatních druhů obnovitelných zdrojů. Jsou zavedeny také různé standardy, aby se zabránilo škodám na životním prostředí. [9]

3.5 Legislativní podmínky v Indii

Energetická politika je z velké části definována narůstajícím deficitem energie v zemi a zvýšeným zájmem o obnovitelné zdroje, zejména solární a větrné, a jadernou energetiku. Indie je z velké části závislá na dovozu fosilních paliv pro splnění energetických nároků. Vzhledem k rychlému hospodářskému rozvoji má Indie jeden z nejrychleji rostoucích trhů s energií a předpokládá se, že bude druhým největším přispěvatelem k růstu celosvětové poptávky po energii. Jelikož Indie nemá dostatečné zásoby fosilních paliv, země má ambiciózní plány na rozšíření svých obnovitelných zdrojů a jaderné energie.

Úspora energie je jako hlavní politický cíl a vychází ze zákona z roku 2001 v zákoně o zachování energie (Energy Conservation Act). Zákon vyžaduje, aby velcí energetičtí spotřebitelé dodržovali normy na spotřebu energie, aby nové budovy byly stavěny podle norem na energetickou náročnost.

V Indii je 56 % venkova bez elektřiny, i když mnozí obyvatelé bez elektřiny by byli ochotni za elektřinu zaplatit. Z toho důvodu jsou zde snahy o elektrifikaci těchto území i za přispění obnovitelných zdrojů. Rozvoj infrastruktury by také přinesl rozvoj zemědělství a dalších ekonomických aktivit v průmyslu, službách, zdravotnictví a školství.

V roce 2003 byl v Indii schválen zákon o elektřině (Electricity Act). V jednotlivých státech byly stanoveny pevné sazby pro prodej elektřiny. Zákon také umožňuje přístup do přenosové soustavy, který umožňuje, aby spotřebitel koupil elektřinu z jakéhokoli transformátoru. Dále jsou také určena minimální procenta, která musí být vyrobena pomocí obnovitelných zdrojů.

Indie také využívá politiku daňových úlev pro zahraniční investory například pro vytvoření větrných farem. Jsou využívány i státní pobídky pro výstavbu nových elektráren na obnovitelné zdroje. [9]

3.6 Legislativní podmínky v Japonsku

Jelikož Japonsko nemá významné domácí zdroje fosilních paliv, s výjimkou uhlí, musí dovážet ropu a zemní plyn a další zdroje včetně uranu. Toto činí Japonsko velice závislé v oblasti energetiky na zemích, odkud zdroje dováží.

Japonsko má dva druhy rozvodných sítí, které jsou na různých frekvencích. Západní část má 60 Hz, což vychází z amerických norem, a východní část má 50 Hz vycházející

z evropských norem. V zemi jsou pouze tři propojovací stanice, kde jsou frekvenční měniče, ale tato zařízení mají výkon pouze 1 GW. To se neukázalo jako správné řešení například při zemětřesení a následné tsunami v roce 2011, kdy došlo k výpadku 11 reaktorů ve východní části a měřírny nedokázaly přenést tolik energie k pokrytí této ztráty.

Japonsko má dva základní zákony o energetické politice. Je to zákon z roku 2002 a z roku 2006. Tyto zákony se zaměřují na „3E“. Jsou to energetická účinnost, energetická bezpečnost a energetická šetrnost k životnímu prostředí. Toto mělo vést ke zvýšení podílu jaderné energetiky.

Havárie ve Fukushima přiměla japonské politiky k vypracování nového energetického zákona, který by snížil závislost Japonska na jaderné energii. Nová legislativa by měla snížit náklady na nákup energie z obnovitelných zdrojů od externích firem a soukromých dodavatelů. Toto rozhodnutí by mělo vést k většímu rozšíření obnovitelných zdrojů. Výkupní tarify by měly být stanoveny na pevnou cenu. Velké společnosti se však obávají nových právních předpisů, jelikož by mělo dojít ke zvýšení ceny na účtech za elektřinu. To by se mohlo přenést na koncové spotřebitele. Zákonodárci doufají, že tím, že přidají ustanovení o zefektivnění činností, bude dopad na koncového spotřebitele minimální. [9]

3.7 Legislativní podmínky v Rusku

Energetická politika Ruska je obsažena v dokumentu Energetické strategie, kterou vláda schválila v letech 2000 a 2003. Tento dokument stanovuje zásady do roku 2020. Jsou zde vymezeny hlavní priority, jako je zvýšení energetické účinnosti, snížení dopadu na životní prostředí, udržitelný rozvoj, rozvoj energetiky a technologický rozvoj. Z toho vyplývá také zlepšení efektivity a konkurenceschopnosti.

Rusko je jedna z energetických velmocí světa. Má dostatek přírodních zdrojů, jako jsou zemní plyn, uhlí a ropa. Rusko je čtvrtým největším producentem elektřiny po USA, Číně a Japonsku. Vyrábí mnohem větší množství elektřiny, než spotřebovává a zbytek prodává do sousedních zemí. Obnovitelná energie v Rusku je především zastoupená hydroenergetikou, ale je zde i geotermální energie, která se využívá pro vytápění a výrobu elektřiny v některých oblastech. Ostatní obnovitelné zdroje nejsou příliš rozvinuté, přestože země má v určitých oblastech celkem přijatelné podmínky. Rusko nemělo potřebu vyrábět elektřinu z obnovitelných zdrojů díky svým obrovským zásobám fosilních paliv, přesto byla přijata opatření na větší rozvoj obnovitelných zdrojů od roku 2008. [9]

3.8 Legislativní podmínky v Austrálii

Energetická politika Austrálie je předmětem právního a daňového vlivu všech tří úrovní vlády, ale pouze na federální a státní úrovni je možno stanovit politiku pro primární odvětví, jako je uhlí. Federální politika se začíná měnit s vyhlášením povinné 20 % dodávky z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Státní politika je povinna obnovitelné zdroje zajistit.

V Bílé knize o zajištění energetické budoucnosti Austrálie vydané v roce 2004 byla řada iniciativ. Jedná se například o přivedení více než 1 bilionu A\$ do soukromých investic na rozvoj nízkoenergetických technologií, pokračování v reformách trhu s energií, poskytování dotací pro rozvoj solární energetiky ve městech společně s důrazem na energetickou účinnost, odstranění překážek pro obchodní rozvoj obnovitelných technologií, pobídky pro průzkum ropných oblastí v mořích kolem Austrálie a nové požadavky pro řízení emisí.

Další je Zelená kniha o snižování emisí oxidu uhličitého z roku 2008. Cílem je vytvořit pobídky pro firmy ke snižování emisí. Největší producenti emisí musí kupovat povolenky, monitorovat a vykazovat jejich emise.

Pevné výkupní tarify u výroby elektřiny pomocí fotovoltaických systémů, což zaručuje návratnost investic, mají pouze Nový Jižní Wales a ACT (Australian Capital Territory). [9]

3.9 Legislativní podmínky v Brazílii

V Brazílii jsou za energetickou politiku zodpovědné vládní orgány, jako je Ministerstvo hutnictví a energetiky, Národní rada pro energetickou politiku, Národní agentura pro ropu, zemní plyn a biopaliva a Národní agentura pro elektřinu. Současná vládní politika se zaměřuje především na zlepšení energetické účinnosti a to jak v obytném, tak průmyslovém sektoru, ale také na zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie. Další restrukturalizace energetického sektoru bude jednou z klíčových otázek pro zajištění dostatečné energetické investice s cílem uspokojit rostoucí potřebu pohonných hmot a elektrické energie. [9]

4 Vývoj a rozvoj OZE

4.1 Sluneční energie

4.1.1 Fotovoltaické elektrárny

Fotovoltaický jev byl objeven v roce 1839 francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem. V roce 1905 se povedlo tento jev vysvětlit Albertu Einsteinovi, který za to posléze dostal Nobelovu cenu za fyziku. V dalších letech bylo učiněno mnoho vynálezů a objevů, ale až v roce 1954 byl vyvinut první fotovoltaický článek s účinností vyšší než 4 %. Postarali se o to pánové D. Chapin, C. Fuller a G. Pearson. Fotovoltaické články pak našly uplatnění v padesátých letech pro napájení satelitů. První taková družice se jmenovala Vanguard I. a byla vypuštěna na oběžnou dráhu roku 1958. Díky poptávce kosmického průmyslu došlo v šedesátých a sedmdesátých letech 20. století k velkému pokroku ve vývoji fotovoltaiky. Díky energetické krizi v sedmdesátých letech a všeobecnému zvyšování povědomí o životním prostředí se alternativní zdroje staly atraktivními. Z toho důvodu došlo k úpravě legislativy a vytvoření programů na podporu fotovoltaiky. Lídry v této oblasti jsou především Německo, USA a Japonsko.

Tab. 4: Největší fotovoltaické elektrárny na světě (mino EU)

Elektrárna	Stát	Instalovaný výkon [MW]
Golmud Solar Park	Čína	200
Sarnia Photovoltaic Power Plant	Kanada	97
Lupburi Solar Farm	Thajsko	73
Starwood Solat SSM	Kanada	60
Longyuan Golmud Solar Park	Čína	50
Hongsibao Solar Park	Čína	50

4.1.1.1 Fotovoltaické elektrárny v USA a Kanadě

Fotovoltaické elektrárny se díky přijímání i difúzního záření mohly rozvinout i v místech, kde není tak vysoká intenzita přímého slunečního záření. Dvě největší fotovoltaické elektrárny na území Severní Ameriky jsou v současné době v Kanadě.

Největší fotovoltaická elektrárna nacházející se v Severní Americe je Sarnia Photovoltaic Power Plant. Nachází se v kanadské provincii Ontario a v době svého vzniku v září roku 2010 byla největší na světě. Její výkon je 97 MW. Elektrárna vznikala ve dvou fázích. Předpokládaný roční energetický výnos je 120 MWh. Tato velká elektrárna vznikla

díky velmi výhodným tarifům pro výkup elektřiny, které byly nastaveny v roce 2009. Společnost Enbridge Inc, která elektrárnu provozuje, představila také projekt na recyklaci použitých solárních panelů na konci jejich života. Celý závod je na ploše 380 hektarů a plocha samotných panelů je asi 96,6 ha, což znamená přibližně 1,3 milionu tenkovrstvých solárních článků. Vláda v Ontariu plánuje uzavřít všechny tepelné elektrárny do roku 2014 a plánuje místo nich vytvořit fotovoltaické a větrné elektrárny. V roce 2008 tepelné elektrárny vyráběly v Ontariu zhruba 18 % elektřiny. [9] [46]

Další fotovoltaickou elektrárnou v Kanadě je Starwood Solat SSM ve městě Sault Ste. Marie. Tato elektrárna se skládá ze tří elektráren vznikajících postupně. První má výkon 20 MW, druhá 30 MW a třetí 10 MW. Elektrárna byla dokončena v roce 2011. [47]

Největší solární fotovoltaickou elektrárnou v USA je Copper Mountain v Nevadě postavená v roce 2010. Elektrárna má výkon 48 MW a předpokládaný roční výnos je 100 MWh. Zde je vidět velký rozdíl mezi touto elektrárnou a kanadskou elektrárnou Sarnia. Přestože Sarnia má dvojnásobnou velikost, dodá jen o málo energie víc díky tomu, že Copper Mountain leží v příhodnější oblasti. Plocha elektrárny je 150 ha a je zde instalováno 775 000 panelů. Bylo také odsouhlaseno rozšíření o 92 MW do ledna 2013 a o dalších 58 MW do roku 2015.

V USA je i další fotovoltaická elektrárna patřící mezi 25 největších. Její název je Avenal a nachází se v Kalifornii. Skládá se ze tří samostatných projektů: Avenal Park, Sun City a Sand Drag. Celková kapacita je 45 MW. Elektrárna byla dokončena v polovině roku 2011. [48]

Další elektrárny, které jsou v USA v provozu, jsou Sant Luis Solar Ranch, Long Island Solar Farm, Aqua Caliente Solar Project, Cimarron Solar Farm a Webberville Solar Park. Všechny tyto elektrárny jsou o výkonu kolem 30 MW. Elektrárna Long Island Solar Farm je ve státě New York a je největší na východě USA. U projektu Aqua Caliente Solar Project z Arizony je hotová první fáze a naplánované rozšíření na 290 MW do roku 2014. Další tři elektrárny se nacházejí v Coloradu, Novém Mexiku a Texasu. Všechny tyto elektrárny vznikly v letech 2010 až 2012.

Floridská elektrárna DeSoto Next Generation Solar Energy Center byla postavena roku 2009 a má nyní kapacitu 25 MW. Společnost, která vlastní tuto elektrárnu, již dostala

povolení k výstavbě druhé fáze o velikosti 49 MW a podala si žádost o dostavbu třetí fáze o velikosti 226 MW.

Největší rozestavěná fotovoltaická elektrárna na světě je Topaz Solar Farm. Stavba začala v listopadu 2011 a očekává se její připojení do roku 2015. Elektrárna bude mít kapacitu 550 MW. Výroba elektrické energie bude pomocí tenkovrstvých solárních článků. Plocha, kterou zabere, bude více než 25 km².

Další obrovskou elektrárnou bude Desert Sunlight Project o velikosti 550 MW. Projekt je rozdělen do dvou fází. První fáze bude 300 MW a druhá pak zbylých 250 MW.

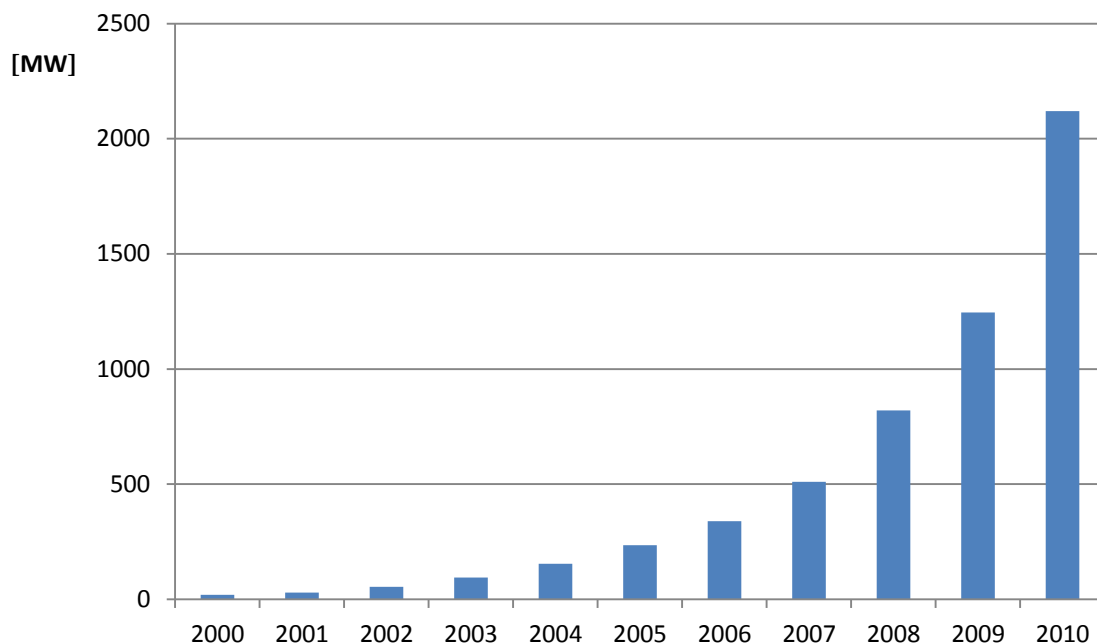
Navrhovaná je také elektrárna Calico Solar Energy Project, která má být o velikosti 563 MW a dalších 100 MW má být vyráběno pomocí Styrilingových motorů.

Blythe Solar Power Project je projekt na 968 MW, ale zatím je rozhodnuto o výstavbě první poloviny projektu. Původně se mělo jednat o solární tepelnou elektrárnu s technologií žlabových zrcadel se čtyřmi 242 MW bloky, ale v srpnu 2011 bylo rozhodnuto o vybudování fotovoltaické elektrárny z důvodu nižších nákladů. Projekt je již nyní ve výstavbě. Všechny čtyři naposledy zmíněné elektrárny se budou nacházet ve státě Kalifornie.

Další fotovoltaická elektrárna se bude nacházet v sousedním státě Nevada. Jedná se o projekt Amargosa Farm Road Solar Project. Je tady navrhována 500 MW elektrárna. Opět zde byla původně naplánována koncentrační solární elektrárna, ale projekt byl předělán na fotovoltaickou elektrárnu. Plánované připojení je v roce 2014.

Ve Spojených Státech je naplánováno, nebo částečně v realizaci ještě dalších 10 velkých fotovoltaických elektráren v rozmezí 100 až 420 MW. Jejich stavba je naplánována zhruba do roku 2016. Tyto elektrárny se nacházejí převážně poblíž Mohavské pouště. Osm elektráren bude na Floridě a zbylé dvě v Arizoně. V plánu jsou i další menší elektrárny.

Solaren Inc je jihokaliifornská společnost, která by chtěla do roku 2016 mít v provozu 200 MW elektrárnu na oběžné dráze Země. Fotovoltaické panely by měly být na satelitech obíhajících kolem Země. Poprvé bylo toto popsáno v roce 1941 ve sci-fi povídce Reason od autora I. Asimova a vědecky toto bylo popsáno v roce 1968 Peterem Glaserem. [9]



Obr. 44: Vývoj instalovaného výkonu ve fotovoltaických elektrárnách v USA [100] [101]

4.1.1.2 Fotovoltaické elektrárny v Indii a na Dálném východě

Z oblasti dálného východu se v této části zaměřím na velice významné oblasti z pohledu fotovoltaiky, kterými jsou Čína a Indie.



Obr. 45: Mapa zobrazující Indii a Dálný východ

Největší dosud postavená fotovoltaická elektrárna se nachází v Číně. Jedná se o Golmud Solar Park, který je dimenzovaný na 200 MW. Stavba byla dokončena v říjnu 2011. Jedná se o elektrárnu postavenou v poušti 30 km od města Golmud v provincii Qinghai na severovýchodní části Tibetské náhorní plošiny. Plocha, která je zabrána pro elektrárnu, je 6 km². Předpokládaná roční produkce je 317 GWh. [49]

Další běžící fotovoltaické elektrárny v Číně jsou Longyuan Golmud Solar Park a Hongsibao Solar Park. Obě tyto elektrárny jsou o velikosti 50 MW. Longyuan Golmud Solar Park se nachází nedaleko od města Golmud opět v provincii Qinghai. Byla stavěna ve dvou fázích. První o výkonu 20 MW a druhá o výkonu 30 MW. Hongsibao Solar Park je projekt skládající se nejspíše z několika menších samostatných elektráren nacházejících se v provincii Ningxia v severozápadní Číně dokončený v roce 2011. [9] [50]

Největším světovým projektem je Ordos Solar Project, který má mít neskutečnou velikost oproti ostatním fotovoltaickým elektrárnám. Výkon projektu má být 2 GW a má být vystavěn do roku 2019 u města Ordos v provincii Vnitřní Mongolsko na severu Číny.

Další fotovoltaické elektrárny, které budou v Číně, jsou SDIC Huanliang Golmud Solar Park o velikosti 200 MW a Laowa Shilin Solar Park se 100 MW. SDIC Huanliang Golmud Solar je opět v často využívané provincii Qinghai. První 20 MW etapa tohoto projektu byla již koncem roku 2010 připojena k síti. Laowa Shilin Solar Park má být postaven v roce 2012 a bude se stavět ve čtyřech fázích. Lokalizace tohoto místa je do provincie Yunnan na jihu země. [51]

V plánu jsou ještě další dvě elektrárny o výkonu 66 MW a 30 MW. Jedná se o Beixiao Shilin Solar Park v provincii Yunnan a Shigatse Solar Park v Tibetu.

Nyní se dostáváme do Indie. Největší provozovanou fotovoltaickou elektrárnou v Indii je Bitta Solar Park. Její výkon je 40 MW, ale Indie je zatím na počátku rozvoje fotovoltaiky. Tato první část byla dokončena na začátku roku 2012 a společnost vlastníci elektrárnu ji chce rozšířit na 100 MW. Elektrárna se nachází u obce Bitta Kutch v západoindickém státě Gudžarát.

Další elektrárna je opět ve státě Gudžarát 180 km od Ahmedábadu. Zde je výkon 30 MW a provoz byl zahájen v říjnu 2011. Další tři o hodně menší elektrárny jsou opět ve státě Gudžarát. [52]

Indie má ale v rozvoji velkých fotovoltaických elektráren velké plány do budoucna. Naplánované jsou hned čtyři. Všechny by měly mít kapacitu 1000 MW. Jedná se o solární projekty Barmer, Bikaner, Jaisalmer a Judhpur. Všechny tyto elektrárny by se měly nacházet ve státě Rádžastán na západě země.

Ve státě Gudžarád je plánovaná elektrárna Charanka Solar Park. Výkon této elektrárny by měl být 500 MW. Základní kámen byl postaven v prosinci roku 2010 a plánované ukončení stavby je v roce 2014. [9] [53]

Sakri PV Solar Energy Project je rozestavěná 150 MW elektrárna v indickém státě Maháráštra opět na západě země. Práce již začaly na 5x25 MW, kde budou tenkovrstvé fotovoltaické články a zbývajících 25 MW budou krystalické fotovoltaické články. [9]

Dalším státem, kde je již instalována fotovoltaická elektrárna, je Thajsko. Je zde Lupburi Solar Farm s velikostí 73 MW, která zahájila výrobu v prosinci 2011. Dalších 11 MW je ve výstavbě a tato dostavba by měla být dokončena v červnu. Elektrárna se nachází 150 km severně od Bangkoku. [54]

4.1.1.3 Fotovoltaické elektrárny v Rusku

Sluneční energetika v Rusku prakticky neexistovala navzdory velkému potenciálu především na jihu země. První ruská solární elektrárna byla otevřena v oblasti Belgorod, poblíž hranice s Ukrajinou, v roce 2010. Ruské plány stanovují do roku 2020 mít instalovanou kapacitu 150 MW.

V Rusku se také staví továrna, která by měla produkovat oboustranné solární panely, které budou moci shromažďovat sluneční energii na obou stranách. [9]

4.1.1.4 Fotovoltaické elektrárny v Austrálii

Další zemí, kde se chystají stavby velkých fotovoltaických elektráren, je Austrálie. V plánu jsou tři elektrárny. První elektrárna je Mallee Solar Park. Elektrárna by měla mít výkon 180 MW a měla by být vystavěna z tenkovrstvých fotovoltaických článků od firmy First Solar, která má již spoustu instalovaných článků po celém světě. Zařízení bude mít tisíce nepohyblivých článků. Elektrárna se bude rozkládat na severozápadě státu Victoria u města Mildura. Plánované plné uvedení do provozu je v roce 2015. [55]

Elektrárna Mildur Solar je fotovoltaická koncentrační elektrárna, která má být postavena opět nedaleko města Mildura. Jedná se o malé fotovoltaické články, na které bude zaměřen heliostat. Články jsou pouze 0,23 m² a jsou chlazené. Celé heliostaty budou sledovat slunce celý den až do úhlu 5° nad obzor. První fáze projektu běží od konce roku 2011 a do provozu by se měla dostat koncem roku 2012. Tato fáze bude mít pouze 2 MW. Další fáze bude probíhat v letech 2013 až 2015 a bude o velikosti 102 MW a poslední 50 MW fáze se

dostaví podle finančních prostředků. Tuto technologii používají již čtyři menší projekty v centrální Austrálii. [9]



Obr. 46: Solární koncentrátorová fotovoltaická testovací elektrárna Silex u města Bendigo [56]

Moree Solar Farm má být třetí největší fotovoltaická elektrárna v Austrálii. Výkon by měl být 150 MW. Sídlo má být ve městě Moree v Novém Jižním Walesu. Má se jednat o multikrystalické solární fotovoltaické technologie. Podle plánu by měla stavba začít v roce 2012. [57]

4.1.1.5 Fotovoltaické elektrárny ve vesmíru a na Měsíci

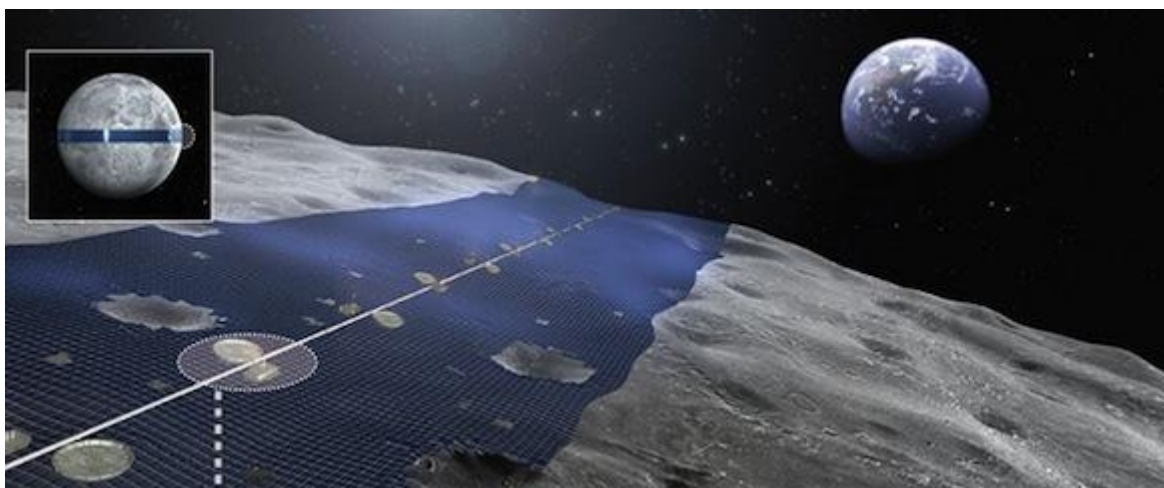
V roce 2008 se objevila zpráva o fotovoltaických elektrárnách ve vesmíru. Užití solárních panelů ve vesmíru je již provozováno na Mezinárodní vesmírné stanici i na družicích. Výhodou fotovoltaických elektráren ve vesmíru je, že mohou pracovat 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Pro využití vyrobené energie na Zemi ale nastává problém v jejím přenosu na zemský povrch s co nejmenšími ztrátami. Americký vědecký pracovník John C. Mankins, bývalý ředitel výzkumných systémů NASA a technického programu, se už dlouho snaží tento přenos uskutečnit pomocí mikrovln. Podle magazínu *Autobloggreen* se Mankinsovi již bezdrátový přenos energie podařil na vzdálenost 148 km, což je větší vzdálenost, než na které

by se solární elektrárny ve vesmíru pohybovaly. Mankins by rád měl první elektrárnu ve vesmíru v roce 2016 a komerční nasazení by mělo proběhnout v letech 2020 až 2025.

Japonská vesmírná agentura JAXA společně s Osackou univerzitou spolupracují na transportu energie z vesmírných elektráren pomocí laserového paprsku, ovšem první výsledky očekávají až kolem roku 2030.

V roce 2009 se objevila zpráva, že JAXA společně s Mitsubishi electric by chtělo vytvořit 1 GW elektrárnu o ploše fotovoltaických článků 4 km² umístěných 36 000 km nad povrchem naší planety.

Japonská společnost Shimizu přišla v roce 2010 s nápadem obehnout rovník Měsíce gigantickým solárním pásem, který by vysílal energii na Zemi pomocí mikrovln nebo laserů. Projekt nese označení Luna Ring. Idea je taková, že dálkově ovládaní roboti by kolem rovníku Měsíce vybudovali více než 10 800 km dlouhý pás solárních panelů. Šířka pásu by byla od několika kilometrů až po 400 km. Projekt počítá s tím, že veškerý potřebný materiál by se vyrobil přímo na Měsíci z měsíční horniny. Přenos energie na Zemi by zajišťovaly mikrovlnné antény o průměru 20 km. Vypadá to, že se něčeho podobného asi sotva dožijeme. [17]



Obr. 47: Projekt Luna Ring [17]

4.1.2 Solární tepelné elektrárny

První solární elektrárna byla postavena v roce 1981 a byla v provozu v letech 1982 až 1986. Jednalo se o věžový typ elektrárny a byl to první testovací prototyp. Tato elektrárna se nacházela v Mohavské poušti v USA ve státě Kalifornie a její název byl Solar One. Elektrárna vyráběla 10 MW elektřiny za pomoci 1 818 zrcadel na celkové ploše 7,265 ha. Tato elektrárna

byla posléze modernizována na projekt Solar Two. V této elektrárně byl instalován velký zásobník s tekutými solemi, pomocí něhož bylo možno vyrábět elektřinu i 3 hodiny po západu slunce. Tato technologie zde byla testována. Byly zde přidány další heliostaty a celková plocha byla 8,275 ha. Elektrárna pracovala v letech 1995 až 1999 a po ukončení činnosti zde byl zřízen detektor vysokoenergetického záření gama z vesmíru a v roce 2009 bylo veškeré zařízení demontováno.

Tab. 5: Největší solární tepelné elektrárny na světě (mimo EU)

Elektrárna	Stát	Instalovaný výkon [MW]
SEGS	USA	354
Nevada Solar One	USA	64
Hassi R'mel	Alžírsko	25
Beni Mathar Plant	Maroko	20
Kuraymat Plant	Egypt	20

4.1.2.1 Solární tepelné elektrárny v USA

Prakticky jediným místem, kde mohou být sluneční tepelné elektrárny ve Spojených státech, je Mohavská poušť. Proto zde byl také vystavěn první komerční velký systém slunečních tepelných elektráren. Jedná se o systém SEGS (Solar Energy Generation System), který je složen z devíti elektráren. Tyto elektrárny byly vybudovány v letech 1984 až 1990. První elektrárna má výkon 14 MW a zabírá plochu 8 ha. Dalších šest elektráren má výkon 30 MW a plochy okolo 20 ha. Dvě nejnovější elektrárny mají výkon 80 MW a plochu pře 45 ha. Z toho vyplývá, že celkový instalovaný výkon tohoto komplexu je 354 MW. Tyto elektrárny jsou zálohovány plynovými zdroji, takže je efektivita jejich využití nižší, ale to příliš nevadí, jelikož spotřeba obyvatel na tomto území je zaměřena především na pohon klimatizací a výroba elektřiny tuto spotřebu kopíruje. Výroba elektřiny pomocí zemního plynu je přibližně 25 % celkové výroby. Celý tento komplex pracuje na principu oběhu oleje, který do sebe absorbuje tepelnou energii v absorpčních trubicích přímo před jednotlivými žlabovými zrcadly.

Další elektrárnou je Nevada Solar One, která se nachází u města Boulder City v jižní Nevadě. Tato elektrárna využívá jak parabolických žlabů, tak tepelných kolektorů a má výkon 64 MW. Je zde použita technologie tekutých solí, které kumulují teplo a toto teplo je možno využívat i po západu slunce pro výrobu elektřiny. Náklady na vybudování elektrárny byly 220 až 250 milionů dolarů.

Další menší sluneční tepelná elektrárna ve Spojených státech je Sierra Sun Tower s výkonem 5 MW. Elektrárna se nachází v Lancasteru v Kalifornii a jedná se o jedinou věžovou elektrárnu v USA. Projekt zaujímá plochu okolo 8 hektarů s 24 000 zrcadel.

Ve Spojených státech je ve výstavbě také elektrárna Ivanpah Solar Electric Generating System o výkonu 392 MW, která se nachází nedaleko města Ivanpah. Tato elektrárna je vzdálená 64 km od Las Vegas. Tento projekt je rozdělen do tří samostatných elektráren celkem s 347 000 heliostaty, které jsou namířeny na centrální věž a elektrárna bude zaujímat plochu 16 km². Projekt byl v únoru 2012 oceněn jako projekt roku v Solar Power Generation USA. Díky tomu, že společnost stavějící elektrárnu se rozhodla postavit elektrárnu na člověkem nedotčené části pouště, se toto nelíbí ochráncům přírody. Hlavní důvod byl, že v místě výstavby se nachází stanoviště pouštní želvy, které byly odsunuty v září 2011 a pozastavený projekt se opět rozběhl. Termín dokončení projektu je rok 2013.

Další elektrárna ve výstavbě je Solana Generation Station. Jedná se o elektrárnu ve státě Arizona nedaleko města Phoenix a předpokládaný výkon bude 280 MW. Princip výroby jsou žlabová zrcadla. Plánované otevření elektrárny bylo v roce 2011, ale projekt se protáhne až do roku 2013.

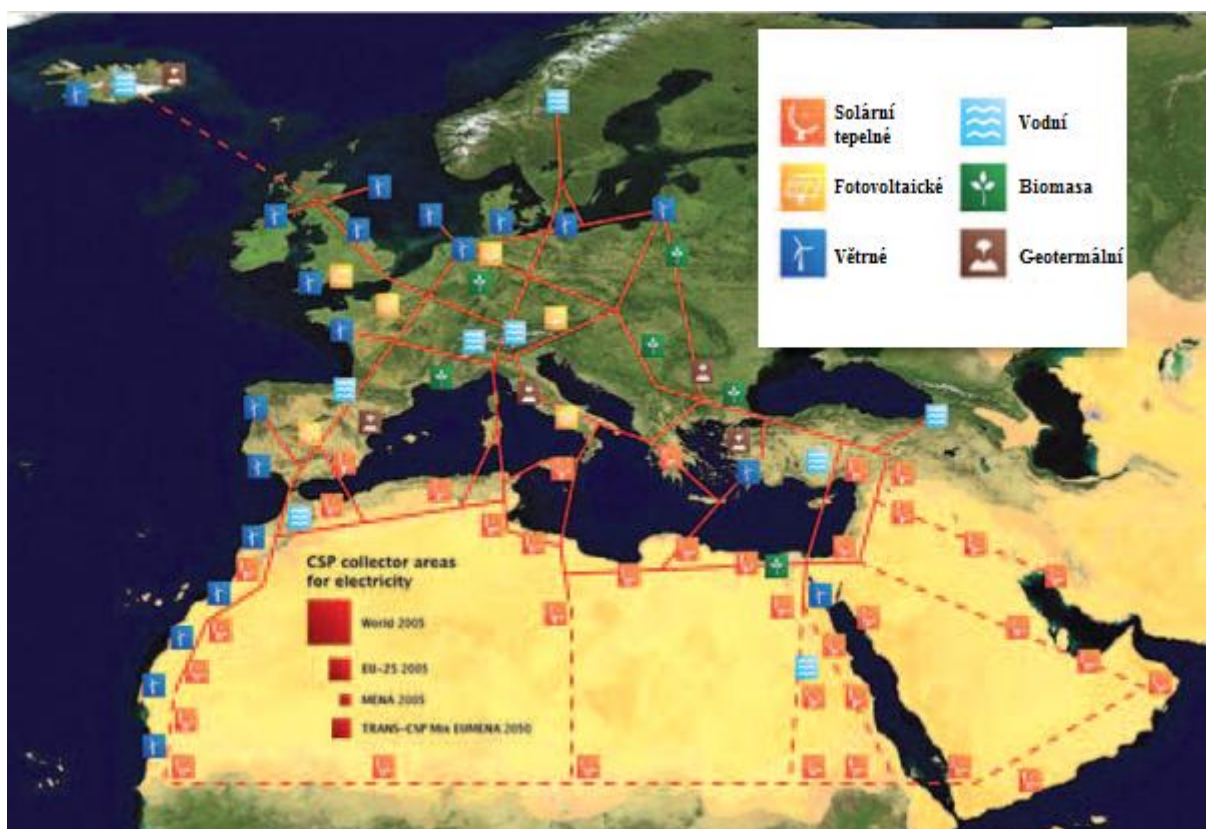
Crescent Dunes Solar Energy Project je elektrárna o výkonu 110 MW, která je právě ve výstavbě ve státě Nevada asi 310 km severozápadně od Las Vegas. Projekt zahrnuje 17 500 zrcadel směřujících na 200 m vysokou věž. Tepelným médiem jsou roztavené soli a pomocí zásobníku může elektrárna vyrábět elektřinu až 10 hodin po západu slunce. Projekt bude spuštěn koncem roku 2013.

Další oznámené projekty ve Spojených státech, u kterých dosud neběží výstavba, jsou například Mojave Solar Park, Rio Mesa Solar Project, Palen Solar Power Project, Hualapai Valley Solar Project, Beacon Solar Energy Project, nebo Fort Irwin. Fort Irwin je vojenský projekt ve stejnojmenné základně. Všechny tyto projekty jsou větší než 250 MW. Pokud budou všechny navrhované projekty realizovány, tak v USA bude veliký výkon ze solární tepelné energie, což zabere velké množství půdy, a to může mít dopad na volně žijící živočichy v těchto oblastech. [9] [17] [26]

4.1.2.2 Solární tepelné elektrárny v Africe a na Blízkém východě

Pro Evropu je velmi důležité mít v budoucnu více energie z obnovitelných zdrojů. Z tohoto důvodu má pro Evropu největší potenciál Jižní Evropa a především Afrika, z které je

možnost tuto energii přivádět. Partnerství mezi Evropou, Severní Afrikou a Blízkým východem bylo uzavřeno v roce 2003 z podnětu Římského klubu, Jordánského národního výzkumného střediska a Nadace na ochranu klimatu v Hamburku. Tzv. Trans Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC) vychází z poznatku, že jen malá část pouští může uspokojit světovou potřebu elektrické energie. Pro Evropu má největší potenciál Afrika. V Severní Africe a na Blízkém východě je z tohoto pohledu nevyužité místo pro využití solární energie. Dálkové spojení těchto oblastí a vybudování elektráren na obnovitelné zdroje zde se nazývá DESERTEC. DESERTEC je převážně založen na využití solárních tepelných elektráren, ale budou zde zapojeny i větrné elektrárny a místní geotermální, fotovoltaické, vodní elektrárny a elektrárny na biomasu.



Obr. 48: Mapa projektu DESERTEC [9]

Překážky proti DESERTECu jsou ve vysokých pořizovacích nákladech. Vysoké náklady na počátku vývoje nějaké technologie jsou podle osvojovací křivky znalostí normální a postupem času náklady klesají. Další obavou při tomto projektu je bezpečnost dodávky elektrické energie. Ale pokud se elektrárny rozprostřou mezi více zemí, tak by neměl být problém. Další věc je nepřízeň počasí, jako je oblačnost nebo písečné bouře. Pokud je oblačnost, tak systémy pracují neustále díky velkým zásobníkům tepla. Obrana proti

písečným bouřím, které nejsou zas tak časté, je sklopení žlabových zrcadel. Zrcadla se pro větší účinnost musejí samozřejmě čistit. [58]



Obr. 49: Čištění heliostatů v Beni Mathar Plant [59]

Solární tepelné elektrárny, které jsou již v provozu na tomto území, jsou v Alžírsku, Maroku, Egyptě a Íránu. Jedná se o elektrárnu Hassi R'mel, která je v Alžírsku. Tato solární tepelná elektrárna je kombinovaná s paroplynovou elektrárnou. Je zde 25 MW solární energie dodávané přes žlabová zrcadla a parní turbínu a 130 MW z paroplynu. Zrcadla se nacházejí na ploše 18 ha. Elektrárna byla uvedena do provozu v roce 2011.

Další elektrárna již stojí v Maroku. Jedná se o projekt Beni Mathar Plant, který je opět založen na kombinované výrobě elektřiny. Jsou zde parabolická žlabová zrcadla a tato elektrárna má výkon 20 MW.

Kuraymat Plant je elektrárna v Egyptě pracující od roku 2010. Místo 90 km od Káhiry bylo vybráno, jelikož bylo neobydlené, je zde velká intenzita slunečního záření (2 400 kWh/m²/rok) a nedaleko je velký zdroj vody v podobě řeky Nil. Tato elektrárna pracuje opět s kombinovaným cyklem. Celková kapacita elektrárny je 140 MW, z toho 20 MW je ze solární energie. V elektrárně jsou žlabová zrcadla, která odráží sluneční svit na absorpční trubice umístěné v jejich ohnisku.

V Íránu se také nachází již pracující solární tepelná elektrárna. Její název je Yazd Integrated Solar Combined Cycle Power Station. Její činnost byla zahájena v roce 2009. Elektrárna pracuje na bázi solární energie a zemního plynu. Celková kapacita zařízení je 467 MW, z čehož 17 MW je z energie slunce.

Nyní se dostáváme k elektrárnám, které dosud nefungují. Jedná se například o Ashalim Power Station nacházející se v Izraeli. Tato elektrárna bude mít výkon 250 MW, ale ne vše bude ze solární tepelné energie. Bude se jednat o kombinaci tří druhů energie. Je to solární tepelná energie, energie z fotovoltaiky a z plynného paliva.

Dalším významným projektem je Shams nacházející se na Arabském poloostrově ve Spojených arabských emirátech. První část této elektrárny Shams 1, kde bude technologie žlabových zrcadel, bude o kapacitě 100 MW a měla by být zprovozněna v roce 2012. Stanice se bude skládat z 258 048 parabolických žlabových zrcadel a bude se rozkládat na ploše 2,5 km². Tato elektrárna bude posléze doplněna o Shams 2 a Shams 3.

Z důvodu vybudování projektu DESERTEC se budou v této oblasti i nadále objevovat další projekty solárních tepelných elektráren, které dosud nebyly zveřejněny. [9] [61]

4.1.2.3 Solární tepelné elektrárny v Indii

Indie jako rozvojová země má svoji energetiku založenou především na tepelných elektrárnách. Dosud zde neexistuje žádná solární tepelná elektrárna, což by se mělo do roku 2013 změnit. Ve výstavbě je elektrárna v Jaisalmer ve státě Radžastán na severozápadě Indie. Elektrárna se nazývá Shriram EPC a měla by mít kapacitu 50 MW. Výroba energie bude založena na sběru energie parabolickými koryty. [9] [62]

4.1.2.4 Solární tepelné elektrárny na ostatních příhodných místech světa

Další příhodná místa pro solární tepelné elektrárny jsou na území Austrálie, Jižní Ameriky v oblasti státu Argentina a také na jihu Afriky, kde se nachází poušť Kalahari. Z těchto oblastí má solární tepelnou elektrárnu pouze Austrálie. Elektrárna se nachází v Novém Jižním Walesu, ale jedná se o velice malou elektrárnu přidruženou k velké tepelné elektrárně o výkonu 2 GW. [9]

4.2 Geotermální energie

Vůbec první ukázkou výroby elektrické energie pomocí geotermální energie je vynález Piera Ginori Contoho z roku 1904. Elektřina byla vyrobena pomocí páry unikající z otvorů v zemi v Larderello v Itálii. Jednalo se o malý parní pístový motor, který napájel čtyři žárovky. V roce 1911 byla postavena první geotermální elektrárna v Valle del Diavolo v Itálii. Toto byla jediná geotermální elektrárna do roku 1958.

Podle zpráv z roku 2005 bylo na Zemi instalováno 8 933 MW elektrické energie z geotermálních zdrojů. Tato energie byla produkována pouze v 24 zemích světa. Vytvořená energie byla 55 709 GWh. V roce 2010 bylo instalováno již 10 715 MW, což znamená 20 % nárůst v rozmezí pěti let. Bylo již identifikováno 70 zemí s projekty v geotermální energetice. International Geothermal Association (IGA) předpokládá, že v roce 2015 bude instalováno již 18 500 MW, což vychází z velkého počtu projektů ke schválení.

Země s největším nárůstem instalovaného výkonu v letech 2005 až 2010 byly USA s 530 MW, Indonésie se 400 MW, Island s 373 MW a Nový Zéland se 193 MW. Podle procentního nárůstu v jednotlivých zemích to byly Německo s nárůstem 2 774 %, Papua Nová Guinea s 833 % a Austrálie s 633 %. Projekty elektráren nejvíce rostou v regionech Evropy a Afriky.

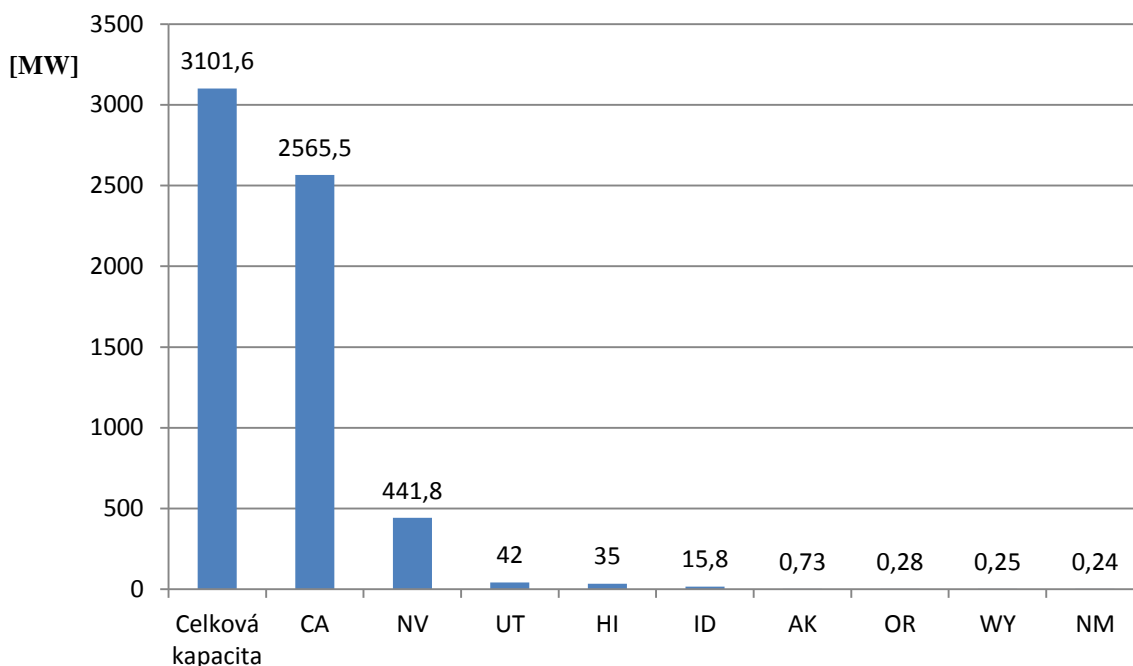
Tab. 6: Největší geotermální elektrárny na světě (mimo EU)

Elektrárna	Stát	Instalovaný výkon [MW]
Cerro Prieto	Mexiko	720
Mak-Ban	Filipíny	480
Tiwi	Filipíny	275
Palinpinon	Filipíny	192
Darajat II, III	Indonésie	200
Kamojango	Indonésie	200

4.2.1 Geotermální energie v Severní Americe

V Severní Americe jsou hlavně dva státy zabývající se geotermální energií a to Spojené státy americké a Mexiko. Celosvětově největším výrobcem elektrické energie z geotermálních zdrojů je USA s více než 3 100 MW instalovaného výkonu. I když je největší producent, tak to představuje pouhá 0,4 % instalovaného výkonu země. Využívání geotermální energie je v 9 státech USA, jako jsou Aljaška, Kalifornie, Havaj, Idaho, Nevada,

Nové Mexiko, Oregon, Utah a Wyoming, ale brzy budou přidány do tohoto seznamu další státy. Jedná se například o Colorado, Louisianu, Mississippi a Texas.



Obr. 50: Instalovaná kapacita geotermálních elektráren v jednotlivých státech USA

Z grafu na obrázku (Obr. 50) můžeme vidět, že největší část instalovaného výkonu je ve státě Kalifornie, menší část je pak v Nevadě a v dalších státech je to již zanedbatelná část.

V Kalifornii je instalováno 2 565,5 MW elektrické energie z geotermálních zdrojů, což je nejvíce ze všech států na celém světě. Největší část instalovaného výkonu je v oblasti Sonoma, která se nachází zhruba 65 km severně od San Franciska. Je zde hned osm velkých elektráren s instalovaným výkonem více než 100 MW. Je zde elektrárna McCabe otevřená již v roce 1971 s dvěma oddíly o celkovém výkonu 106 MW. Další byla otevřena v roce 1972. Jmenuje se Ridgeline a má výkon také 106 MW. V roce 1975 byla otevřena elektrárna Engle Rock o výkonu 110 MW. Roku 1979 byla otevřena elektrárna Cobb Cgeer o instalovaném výkonu 110 MW. O rok později byla otevřena elektrárna Sluphur Springs o výkonu 109 MW. V roce 1983 byly v této oblasti spuštěny hned dvě elektrárny. Je to velká elektrárna Socrates se 113 MW a menší 72 MW elektrárna Sonoma. Další dvě velké elektrárny byly spuštěny v roce 1985. Obě mají výkon 113 MW a jedná se o elektrárny Grant a Like View. Pak je zde ještě malá elektrárna Aidlin o výkonu 20 MW. Všechny tyto elektrárny pracují na principu suché páry.

V oblasti Lake je instalovaný také velký výkon. Je zde instalováno zhruba 338 MW v pěti elektrárnách. Největší je v této oblasti elektrárna Quicksilver o velikosti 113 MW spuštěná v roce 1985. Dále je zde Big Geysers o výkonu 97 MW a Calistoga s 80 MW. Obě elektrárny byly spuštěny v osmdesátých letech minulého století.

Další oblastí je Calipatria. V této oblasti je instalováno 319 MW, z čehož má největší část elektrárna Salton Sea, která má pět částí a celkový výkon všech částí je 170 MW. Části této elektrárny byly stavěny v letech 1982 až 2000. Jsou zde ještě 4 další elektrárny o výkonech 38 MW nebo 35 MW.

V oblasti Geyserts jsou pouze tři elektrárny, ale zato dvě z nich jsou veliké. Jsou to elektrárny NCPA I a NCPA II nazvané podle majitele Northern California Power Agency. Obě tyto elektrárny mají velikost 110 MW a jedna byla postavena v roce 1983 a druhá roku 1985. Je zde ještě jedna elektrárna o výkonu 55 MW postavená v roce 2007. Nazývá se Bottle Rock.

Oblast Coso se nachází v kraji Inyo County ve východní části centrální Kalifornie na východní straně pohoří Sierra Nevada. Jsou zde tři elektrárny. Všechny mají instalovaný výkon 90 MW a nazývají se BLM, Navy I a Navy II. Tyto elektrárny byly postaveny v letech 1987 až 1989.

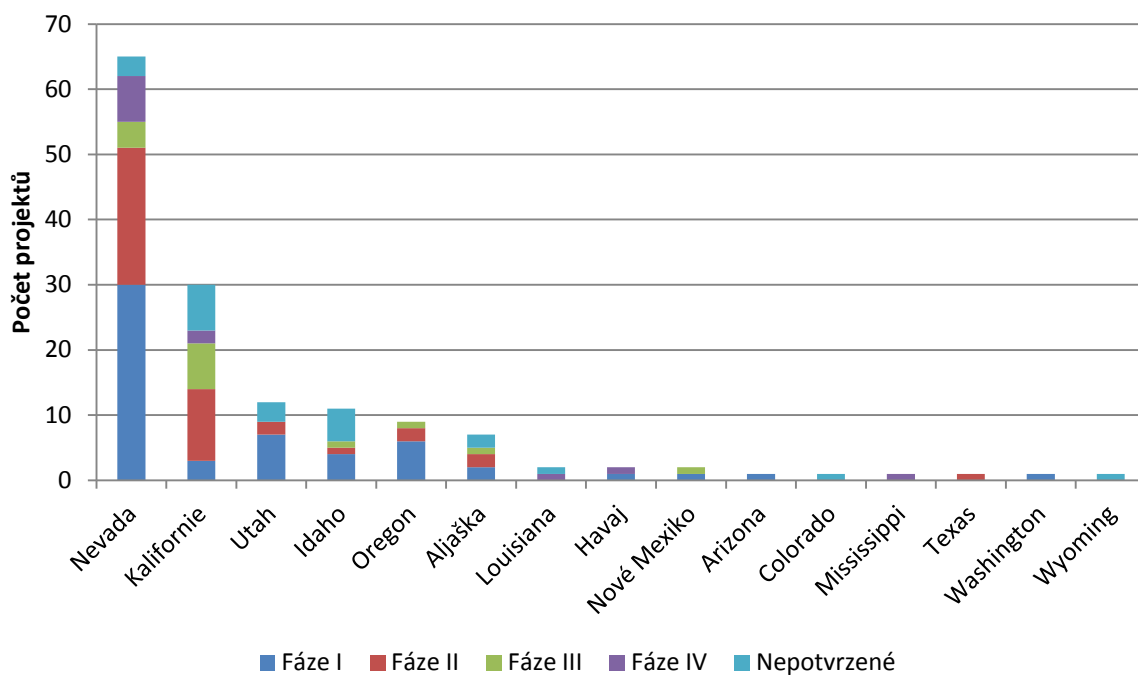
Oblast Imperial Valley se nachází na jihu Kalifornie a je zde deset menších geotermálních elektráren. Největší z nich jsou Heber Plant a Heber II. Heber Plant byla postavena v roce 1985 a má 52 MW a Heber II byla postavena roku 1993 a je zde sedm částí pracujících na binárním principu.

V Kalifornii jsou ještě další oblasti s geotermálními elektrárnami, jako je Brawley, kde byla postavena 50 MW elektrárna v roce 2009, East Mesa, kde je 44 MW binární elektrárna, a Sierra Nevada Mtns-Mono, kde jsou dvě binární elektrárny o celkovém výkonu 40 MW. [27]

V Nevadě je instalovaný výkon z geotermálních zdrojů 441,8 MW. Tento výkon je docílen především menšími elektrárnami pracujícími na binárním principu. Jsou zde dvě větší elektrárny. Jsou to Dixie Valley o výkonu 64 MW, která byla postavena v roce 1988, a Faulkner v oblasti Humboldt County s 50 MW postavená v roce 2009.

Nejvyužívanější oblastí je Churchill County se šesti elektrárnami, z nichž největší je již zmiňovaná Dixie Valley a druhá největší je zde 26,1 MW elektrárna Brady Hot Springs

z roku 1992. Další oblasti jsou Reno se čtyřmi elektrárnami o celkovém výkonu 85 MW a Fallon se třemi elektrárnami. [27]



Obr. 51: Projekty geotermálních elektráren ve státech USA

Z grafu (Obr. 51) můžeme vidět, kolik je projektů v jednotlivých státech USA a přibližně v jaké fázi vývoje se nachází. V těchto projektech je instalovaný výkon mezi 5 100 MW a 5 800 MW z geotermálních zdrojů. První a druhá fáze zhruba znamenají identifikaci a průzkum zdrojů, třetí fáze znamená získání povolení a počáteční vývoj. Až čtvrtá fáze z této škály znamená výstavbu elektráren. Poslední kolonka jsou nepotvrzené elektrárny, kde jsou informace získané z veřejně dostupných zdrojů, ale tyto informace nebyly ověřeny. [27]

Dalším státem ze Severní Ameriky, který využívá geotermální energii, je Mexiko. Zde se poprvé začala vyrábět elektrická energie z geotermálních zdrojů v roce 1973 v elektrárně Cerro Prieto. Tato elektrárna je největší elektrárna svého druhu na světě. Její instalovaný výkon je neuvěřitelných 720 MW s plány na 820 MW. Areál se nachází v okolí města Mexicali, což je hlavní město oblasti Baja California sousedící se státem Kalifornie v USA. Je zde postaveno pět samostatných celků.

Cerro Prieto I má čtyři 37,5 MW jednotky a jednu 30 MW. Byla stavěna ve dvou fázích v letech 1973 a 1981, z čehož vyplývá celková kapacita 180 MW. Cerro Prieto II má

dvě 110 MW jednotky uvedené do provozu v roce 1982. Cerro Prieto III je identická s CP II a byla postavena roku 1983. Cerro Prieto IV začala pracovat v roce 2000 a má čtyři 25 MW části a konečně Cerro Prieto V, kde byla zahájena výstavba v roce 2009. Je to nejnovější část skládající se ze dvou jednotek o celkovém výkonu 100 MW. Tato část by měla být dokončena v průběhu roku 2012.

Další oblastí v Mexiku je Los Azufres nacházející se 200 km severozápadně od Mexiko City. V Los Azufres by měl být instalovaný výkon 188 MW. Další dvě pole, kde se dnes vyrábí elektřina z geotermální energie, je Los Humeros s 40 MW a Las Tres Virgenes s 10 MW. Druhá fáze elektrárny Los Humeros by měla být připojena do elektrické sítě v květnu 2012 a její instalovaný výkon by měl být 50 MW. Další projekt je elektrárna Cerritos Colorados o kapacitě 75 MW a měla by být dokončena v roce 2014. [9] [63] [64]

4.2.2 Geotermální energie ve Střední Americe

Střední Amerika je pomyslná část amerického kontinentu. Leží z větší části na Karibské tektonické desce. Zatímco mnoho středoamerických zemí produkuje značnou část své elektřiny z fosilních paliv, geotermální energie hraje významnou roli v energetickém mixu některých zemí regionu, jako je Kostarika, Salvador, Guatemala a Nikaragua.



Obr. 52: Mapa států Střední Ameriky [9]

Kostarika se zabývá výrobou elektrické energie z geotermálních zdrojů od roku 1994. Oblastí zájmu je okolí sopky Miravalles, kde se nachází pět geotermálních elektráren o celkovém instalovaném výkonu 163,5 MW. Toto představuje téměř 13 % instalovaného

výkonu celé země. Geotermální zdroje v Kostarice se stále vyvíjí, aby bylo možné pokrýt co největší část spotřeby elektrické energie v zemi. V roce 2004 byla udělána studie proveditelnosti na další velice zajímavé oblasti. Jedná se o elektrárnu La Pailas v blízkosti sopky Rincón de la Vieja. Na elektrárnu o výkonu 35 MW byly v roce 2006 zadávány zakázky. Stavba byla dokončena v červenci 2011. [27] [65]

Dalším státem je Salvador. Salvador je největším producentem geotermální energie ze Střední Ameriky. Instalovaný výkon je 204 MW, což zaujímá čtvrtinu celého instalovaného výkonu země. Podobně na tom je už jen Island, ovšem ten má instalovaný výkon necelých 600 MW. V Salvadoru jsou dvě velké elektrárny. Je zde elektrárna Berlín o výkonu 109,4 MW, která se nachází v provincii Usulután na jihovýchodě země. Elektrárna má původní dvě elektrárny o výkonu 100 MW a byla zde postavena ještě třetí, která využívá odpadního tepla z obou elektráren. Druhá elektrárna je Ahuachapán na západě země. Elektrárna se skládá ze tří částí a má celkový výkon 95 MW. Provoz zde začal instalací první části o výkonu 30 MW v roce 1975. V letech 1976 a 1980 byly instalovány další dvě turbíny. V zemi byly dělány průzkumy také v oblasti Chinameka s pozitivními výsledky a možná, že zde bude třetí elektrárna v Salvadoru. [27] [65] [66]

Nikaragua je dalším státem ve Střední Americe s velkou částí elektrické energie z geotermálních zdrojů. Jsou zde dvě geotermální elektrárny. Jedna se nachází v oblasti Momotombo na západě země. Elektrárna zde byla spuštěna v roce 1983 a její současný výkon je 77 MW. Další elektrárna je u San Jacinta v oblasti Tizate opět na západě země. Toto byla původně 10 MW elektrárna, která se začala rozšiřovat. První dvě fáze by měly již být hotovy a elektrárna by měla mít 72 MW. V další poslední fázi bude elektrárna rozšířena na 82 MW. Další čtyři geotermální projekty jsou o celkové výši 100 MW, bude to El Hoyo-Monte Galan (20 MW), Managua Chiltepe (20 MW), Volcán Casita - San Cristóbal (30 MW) a Volcán Telica - El Najo (30 MW). Od roku 2010 se prozkoumávají také oblasti vulkánů Mombacho a Caldera de Apoyo. [27] [65] [67]

Stát, který zbývá z této oblasti, je Guatemala. Studie geotermálních zdrojů Guatemaly naznačuje, že potenciál země je 4 GW. Zatím je zde instalovaný výkon ve dvou elektrárnách. Je to Zunil a Amatitlán. Zájem o geotermální energii zde roste a vláda usiluje o její podporu. Amatitlán je elektrárna o výkonu 25,4 MW a je otevřena od roku 2006, kdežto Zunil má 24 MW a je otevřena od roku 1999. [27] [68]

4.2.3 Geotermální energie v Rusku

Rusko je země ležící na dvou kontinentech, v Evropě a Asii. Hlavní oblastí pro geotermální energetiku je nejvýchodnější část, což je poloostrov Kamčatka. Rusko uvádím, přestože se jedná o evropskou zemi, ale tato země nepatří do Evropské unie.

Na Kamčatce byla v roce 1967 zřízena pilotní výrobní geotermální elektrárna o výkonu 500 kW. To byla první zkušenost s výrobou elektřiny s využitím geotermální energie v Rusku. Pak začala první ruská průmyslová výroba elektrické energie v Pauzhetskaya geotermální elektrárně. Ta stále funguje a nabízí nejlevnější elektřinu na poloostrově Kamčatka. Rozvoj geotermální energie na Kamčatce v současnosti není tak významný.

Všechny tři ruské geotermální elektrárny jsou umístěny na území Kamčatky, kde je celkový odhadovaný elektrický potenciál 2 GW elektrické energie, ale je realizováno pouze kolem 80 MW instalované elektrické energie z geotermálních zdrojů, což je velice malá část vyrobené elektrické energie země.

Mutnovskaya Power je největší v regionu. Nachází se 120 kilometrů od města Petropavlovsk na Kamčatce, v nadmořské výšce 1 km nad mořem, na úpatí sopky se stejným názvem. Jsou zde dvě elektrárny. Jedna má instalovaný výkon 50 MW a druhá 12 MW. Turbíny jsou poháněny parou o teplotě přibližně 250 °C pocházející z hloubky 300 m. Kondenzovaná voda z elektráren pak zásobuje teplem sousední vesnice. Podle předpovědi by měla elektrárna během několika let mít kapacitu 250 MW.

Další elektrárnou je ještě Pauzhetskaya, která se nachází v blízkosti sopky Koshelev a Kambalny. Pauzhetskaya má kapacitu 14,5 MW. [9] [69]

4.2.4 Geotermální energie na Tichomořských ostrovech

Tichomořské ostrovy nacházející se podél legendárního Ring of Fire mají jedny z největších zdrojů geotermální energie. Z této oblasti jsou nejvýznamnějšími hráči na poli výroby elektrické energie z geotermální energie Filipíny, Indonésie, Nový Zéland, Japonsko a Papua Nová Guinea.

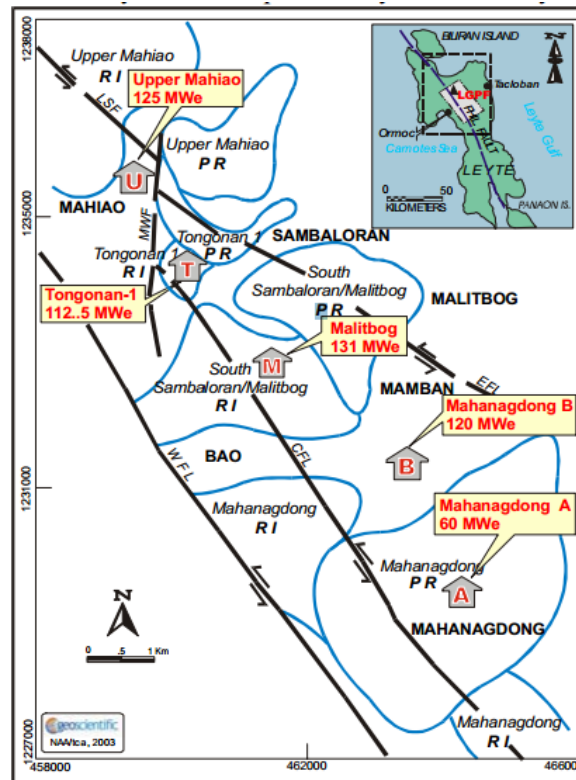
V této oblasti se vyrobí nejvíce elektrické energie z geotermálních zdrojů na Filipínách. Tato země je v současnosti na druhém místě za USA. Instalovaná kapacita je více než 1 900 MW. Vyrobena elektřina z geotermálních elektráren zaujímá kolem 18 % celé

produkce státu. Nevyužitá energie je prý ještě 2 600 MW a vláda by chtěla do deseti let mít instalováno 3 100 MW, předehnat USA a stát se světovou jedničkou.



Obr. 53: Mapa Filipín [70]

Největší geotermální oblastí na Filipínách je Leyte Geothermal Production Field (LGPF). Nachází se ve středu ostrova Leyte v centrální části souostroví. LGPF se skládá ze šesti geografických sektorů. Jsou to Mahiao, Sambaloran, Malitbog, Mamban, Mahanagdong a Tongonan. V této oblasti byla první 112,5 MW elektrárna postavena v roce 1983. V roce 1996 byla spuštěna další elektrárna Upper Mahiao o výkonu 125 MW a o rok později i elektrárna 131 MW Malitbog. Komerční provoz elektráren Mahanagdong A a B začal také v roce 1997 a jedná se o výkony 120 MW a 60 MW.



Obr. 54: Mapa oblasti Leyte Geothermal Production Field [102]

Poblíž města Manila na ostrově Luzon je soubor elektráren Mak-Ban. Název je podle dvou spících sopek Makiling a Banhaw. Nachází se zde šest elektráren o celkovém výkonu 480 MW, z čehož je jedna binární o pěti 3 MW blocích a jedním 0,73 MW. První část byla otevřena v roce 1997 a pak následovaly další.

Další zařízení je Tiwi Geothermal Power Plant, které se skládá ze tří samostatných elektráren. Celkový výkon je 275 MW. Elektrárny se nacházejí na jihu ostrova Luzon. [71]

Geotermální elektrárna Palinpinon se skládá ze dvou částí. Palinpinon I, která byla uvedena do provozu v roce 1983, se skládá ze tří 37,5 MW turbín a celkový jmenovitý výkon je tedy 112,5 MW. Druhá část Palinpinon II je z elektráren Nasuji, Okoy 5, Sogongon 1 a 2, každá o výkonu 20 MW. Tyto elektrárny byly otvírány v letech 1993 až 1995. Celý komplex Palinpinon má tedy 192 MW. [65]

Elektrárna Bac-Man má celkový výkon 150 MW. Jsou zde dva 55 MW bloky a dva 20 MW bloky, které byly uvedeny do provozu v letech 1993 až 1998. Jsou zde ještě další dvě elektrárny a to Mindanao, která je komplet v provozu od roku 1999, a Northern Negros, což je elektrárna z roku 2007. Tyto elektrárny mají instalovaný výkon 106 MW a 49,4 MW.

Je zde také několik elektráren ve výstavbě. Instalovaný výkon všech těchto elektráren by měl být více než 500 MW, z čehož největší je Kalinga o výkonu 100 MW.

Druhým státem v Tichém oceánu a zároveň třetím státem na světě v množství vyrobené energie z geotermálních zdrojů je Indonésie. Indonésie má obrovský potenciál více než 28 000 MW, z čehož je již celkový instalovaný výkon kolem 1 200 MW. Indonéská vláda oznámila cíl na rok 2025, který je mít 9 000 MW z geotermálních zdrojů a být největším producentem na světě.

Největší elektrárnou v Indonésii na geotermální energii je Wayang Windu nacházející se u města Pengalengan 40 km jižně od Bandungu na západě ostrova Jáva. Zařízení se dělí na dvě části. Jedna má 11 MW a druhá 117 MW. Do poloviny roku 2013 proběhne ještě rozšíření o třetí část o výkonu 127 MW na konečných 354 MW. První část fungovala od roku 2000 a do plného komerčního provozu se elektrárna dostala v roce 2009. [9] [72]



Obr. 55: Geotermální elektrárna Wayang Windu, Indonésie [103]

Další velká elektrárna je Darajat II a III celkem o výkonu 200 MW a dále Darajat I o výkonu 55 MW, ale tahle elektrárna je ve vlastnictví státu, naproti tomu II a III jsou ve vlastnictví soukromé společnosti, proto se nespojují do jedné. Všechny elektrárny Darajat se nachází také v provincii Západní Jáva, ovšem u města Kamojang, které je 45 km jihovýchodně od Bandungu. Elektrárna pracuje od roku 1994 a poslední třetí 110 MW část byla uvedena do provozu roku 2008. [9] [73]

Opět v Kamojangu je další 200 MW elektrárna. Zde jsou čtyři části o výkonech 30 MW, dvakrát 55 MW a 60 MW. První geotermální vrty zde byly udělány již v roce 1926, ale první moderní geotermální elektrárna byla postavena až v roce 1983. [9]

Dalším velkým zařízením je elektrárna Gunung Salak o výkonu 180 MW. Tato elektrárna byla v letech 2004 a 2005 rekonstruována z původních 3x55 MW na 3x60 MW. Elektrárna je opět na západě ostrova Jáva.

Na ostrově Sulawesi je také elektrárna, která se jmenuje Lahendong. Její výkon je 50 MW a je rovnoměrně rozprostřen na čtyři turbíny.

Projektů na rozvoj geotermální energie je hned několik a to jak na ostrově Jáva, tak také na ostrově Sumatra. Projekt, který by měl být dokončen v roce 2014, je Patuha v Západní Jávě a velikost by měla být 55 MW. [9] [27]

Geotermální energie na Novém Zélandu je malou, ale významnou částí kapacity výroby energie země. Je to přibližně 10 % s celkovým instalovaným výkonem nad 700 MW. Nový Zéland má četné geotermální lokality, které by mohly být využity pro výrobu elektřiny. Geotermální energie zde byla popsána jako nejspolehlivější obnovitelný zdroj energie, jelikož sluneční, větrné a dokonce ani hydroenergie zde nejsou dostatečně stabilním zdrojem díky nezávislosti počasí.

Průzkum geotermálních oblastí byl velice rozsáhlý v osmdesátých letech minulého století a bylo zmapováno 129 míst. Vysokoteplotní geotermální zdroje jsou především kolem vulkanického pásma Taupo v centrální části Severního ostrova, kde je také soustředěna většina ze současné výroby elektřiny. Významnou oblastí je také například Ngawha Springs, kterou lze nalézt v nejsevernější části Severního ostrova, ale lze nalézt i další oblasti po celé zemi.

Výroba elektřiny z geotermální energie na Novém Zélandu je silně vázána na Wairakei ze zóny Taupo, kde byla první geotermální elektrárna otevřena již v roce 1958. V té době to byl teprve druhý velký projekt na světě. Zde je také dnes největší elektrárna v zemi o kapacitě 175 MW. V roce 2005 zde byl postaven binární cyklus, který využívá páru o nižší teplotě, která odchází z hlavního závodu a jeho kapacita je 14 MW. [9]

Další velkou elektrárnou v oblasti Taupo je Nga Awa Purua. Je zde instalována největší parní turbína na světě o velikosti 140 MW. Oficiální otevření této elektrárny bylo v květnu 2010.

Velkou elektrárnou je také Mokai nacházející se opět v oblasti Taupo. Původní elektrárna postavená v roce 2000 měla 55 MW, k čemuž se v roce 2003 přidala druhá část o výkonu 38 MW. V roce 2006 bylo rozhodnuto o úpravě první části a dnes je celková kapacita 110 MW.

Větší elektrárnou je také Kawerau, což je 100 MW elektrárna v kraji Bay of Plenty na Severním ostrově. Zóna Taupo zasahuje i sem. Závod byl dokončen v roce 2008.

Další větší elektrárny v oblasti Taupo jsou Ohaaki (70 MW), Poihipi (55 MW), Rotokawa (33 MW) všechny postavené v devadesátých letech minulého století a Te Huka (23 MW) postavená v roce 2010 pracující na binárním cyklu. [9]



Obr. 56: Mapa Waikato a část sousední Bay of Plenty [72]

Na Novém Zélandě jsou ještě další elektrárny. Elektrárna o výkonu 25 MW je například Ngawha. Jedná se o elektrárnu otevřenou v roce 1998 s výkonem 8 MW a rozšířenou v roce 2008 na 25 MW.

Další oblastí z ostrovů v Tichém oceánu, kde je geotermální energie, je Japonsko. Japonsko má v současné době více než 500 MW instalované energie z obnovitelných zdrojů s necelými 3 000 GWh za rok, což představuje zanedbatelných 0,3 % jeho produkce. Je zde v provozu šestnáct geotermálních elektráren převážně v oblastech Tohoku na severu ostrova Honšú a oblast ostrova Kjúšú. Největší elektrárnou v oblasti Tohoku je elektrárna Kakkonda se dvěma bloky. Jeden má 50 MW a druhý 30 MW. V této oblasti je ještě dalších 5 menších elektráren.

Yanaizu-Nishiyama je elektrárna v centrální části ostrova Honšú. Její výkon je 65 MW a byla spuštěna roku 1996. Další elektrárna je Mori, která je na ostrově Hokkaidó, a její výkon je 50 MW.

Největší Japonskou elektrárnou je Hacchobaru o výkonu 110 MW. Elektrárna se skládá ze dvou stejně velkých bloků. Oblast, kde se nachází, je ostrov Kjúšú. Zde jsou ještě další menší elektrárny. [9]

Do top patnácti států patří také Papua Nová Guinea, jejíž instalovaný výkon se zvedl mezi roky 2005 a 2010 o 833 %. Povrchová geotermální aktivita byla zjištěna na 55 oblastech země a v mnoha z těchto oblastí byl již dělán průzkum. Výroba z geotermální energie byla započata v roce 2003 a v roce 2007 byl instalovaný výkon rozšířen na 57 MW. Vyrobena elektrická energie pomocí geotermálních zdrojů představuje kolem 15 % z celkové výroby elektrické energie. Odhady daly zemi potenciál na 3 až 4 tisíce MW. Nejvíce perspektivních oblastí pro výrobu elektrické energie bylo zjištěno na ostrově Nová Británie. Tam je nejméně sedm perspektivních oblastí (Bamus, Walo, Kasiloli-Hoskins, Garbna, Bola, Pangalu-Talasea a Galloseulo). Další oblastí jsou D'Entrecasteauxovy ostrovy nacházející se u jižního cípu ostrova Nová Guinea. Tyto oblasti zájmu jsou sice vzdáleny od velkých center, ale jsou v blízkosti geologického průzkumu. [74]

Vanuatská republika rozkládající se na stejnojmenném ostrově v Tichém oceánu by chtěla spustit elektrárnu o instalovaném výkonu 5 MW, což je malá elektrárna, ale znamenalo by to pokrytí 60 % potřebované elektrické energie. Tato elektrárna by nahradila velké množství nafty potřebné v současné době. [75]

4.2.5 Geotermální energie v Africe

Vývoj geotermální energie v Africe by mohl nastat v následujících deseti letech díky regionálním podporám geotermální energie, mezinárodním finančním pomocím rozvojovým zemím a potřebě zajištění dostatečné energie pro rostoucí počet obyvatel. Geotermální energie je klíčovým zdrojem pro země podél příkopových propadlin Rift Valley na východě afrického kontinentu, kde je odhadovaný potenciál 7 000 MW elektrické energie. The African Rift Valley Geothermal Development Facility (ARGeo), což je africké vývojové centrum pro geotermální energii, se snaží podporovat členské země, jako je Džibutsko, Eritrea, Etiopie, Keňa, Tanzanie a Uganda.

Největším producentem elektrické energie z geotermálních zdrojů je v této oblasti Keňa. Keňa byla také prvním, kdo v Africe využil geotermální zdroje. Jednalo se o elektrárnu Olkaria I o výkonu 45 MW složenou ze tří částí. Části elektrárny byly postupně spouštěny v letech 1981 až 1985. Oblast Olkaria se nachází zhruba 85 km severozápadně od hlavního města Nairobi. Další je elektrárna Olkaria II, což je největší geotermální elektrárna v Africe s výkonem 70 MW. Její druhá část byla dokončena v roce 2010 a má výkon 35 MW. Vrty pro elektrárnu byly vytvořeny již v letech 1986 a 1993, ale samotná stavba elektrárny započala až v roce 2000, kdy byly sehnány finanční prostředky. Společnost KenGen vlastní tyto elektrárny podepsala koncem roku smlouvy o vybudování další elektrárny Olkaria IV o velikosti 2x70 MW, která by měla být funkční do roku 2014, a rozšíření stávající Olkaria I. Další je Olkaria III, která byla původně v roce 2000 spuštěna s výkonem 13 MW, ale v roce 2009 byla zvýšena na 48 MW. Nyní probíhá další rozšíření na velikost 84 MW a chystané je ještě rozšíření o část s kapacitou 16 MW.

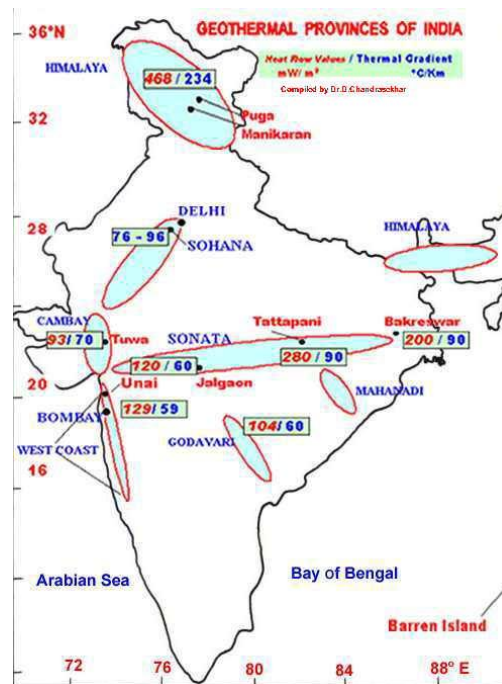
Další zemí, z Afriky, která má instalovaný výkon z geotermálních zdrojů, je Etiopie, která má instalovaný výkon velice malý. [27] [76] [77] [78]

4.2.6 Další oblasti a geotermální energie

Z pohledu přírodních podmínek vyplývá, že velice výhodná oblast pro rozvoj geotermální energetiky by měla být v Indii a také v zemích podél západního pobřeží Jižní Ameriky.

Odhadovaný potenciál Indie je 10 000 MW. Pomocí geologického průzkumu zde bylo zjištěno zhruba 300 vřídelních lokalit, které pak byly rozděleny do několika hlavních oblastí. Nejdůležitější oblasti jsou Puga Valley, Tatapani, Godavari Basin Manikaran, Bakreshwar,

Tuwa, Unai a Jalgaon. V Indii dosud geotermální elektrárna není, ale chtěly by svoji první o počátečním výkonu 25 MW postavit v průběhu roku 2012. [79] [80]



Obr. 57: Geotermální oblasti v Indii [99]

S touto oblastí sousedí Čína, u které také není dostatečně rozvinutá geotermální energetika. Je zde instalováno pouze kolem 30 MW. Hlavní oblast je Yangbajain s osmi jednotkami o celkové kapacitě 24 MW. [9]

Další velice zajímavou oblastí z pohledu geotermální energie je západní pobřeží Jižní Ameriky. Jsou zde státy Peru, Chile, Argentina a Bolívie. V těchto státech je geotermální energetika spíše v rámci příprav. Přesto zde byl již v roce 1988 v Argentině spuštěn pilotní 700 kW projekt, který byl zavřen v roce 1995. [81]

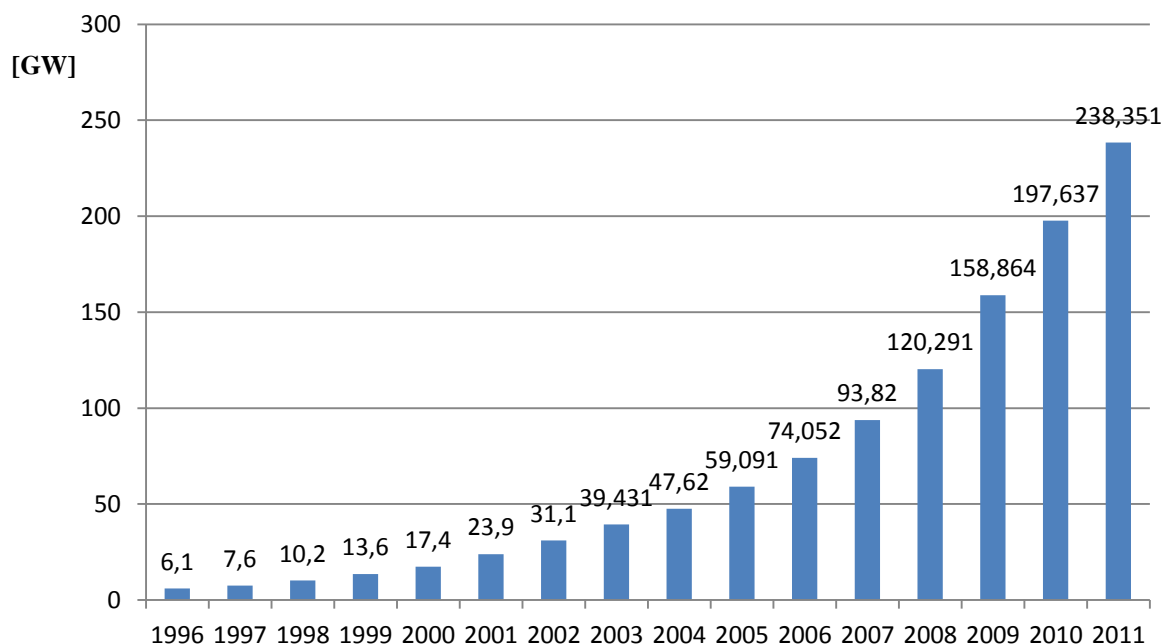
4.3 Větrná energie

Větrná energie se používala od nepaměti. Využívala se v dopravě pro pohánění plachetnic. Dále se používaly větrné mlýny pro zavlažování a mletí obilí. V USA se používaly na čerpání vody, což také velice přispělo k rozšíření železnice, jelikož čerpadla na větrný pohon čerpala vodu pro parní lokomotivy.

První muž, který se vážně zabýval myšlenkou vyrábět pomocí větru elektrickou energii a který zřejmě jako první sestrojil větrný motor vyrábějící elektrický proud, byl Paul la Cour. Bylo to v roce 1891 a vyrobený proud používal ve své škole pro elektrolyzu. Všechny

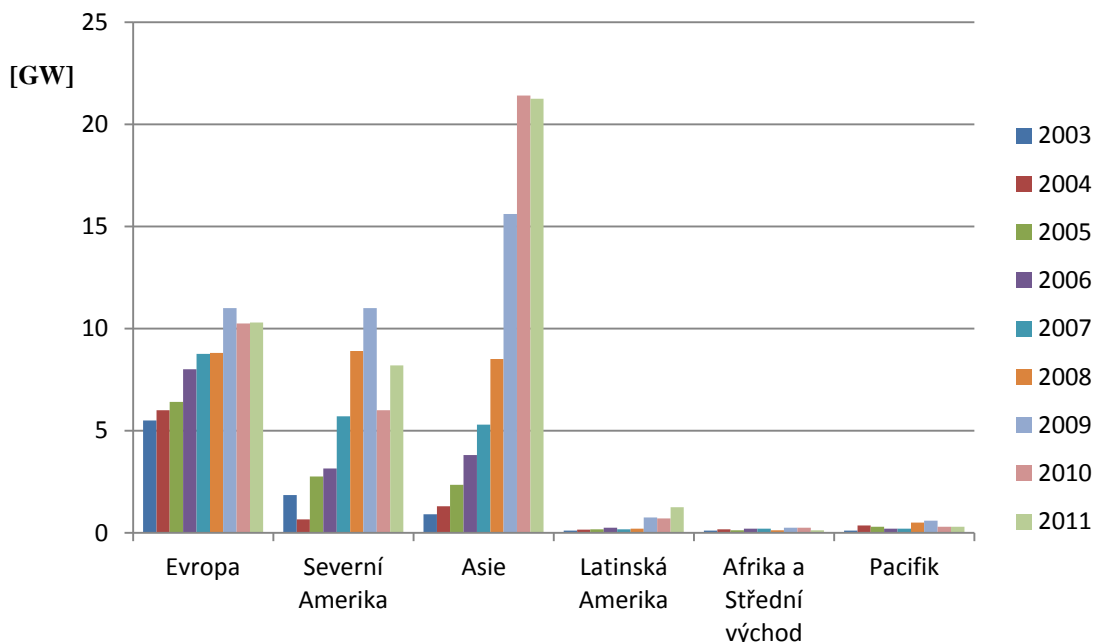
tyto první motory pracovaly na odporovém principu. Z důvodu malé účinnosti byly ve třicátých letech minulého století poprvé vyráběny větrné motory na vztakovém principu. Aby měly samotné větrné motory účinnost vyšší než 50 %, musí rychlost lopatek mnohonásobně převyšovat rychlost větru. Platí zde pravidlo, že čím menší počet lopatek, tím je vyšší koeficient rychloběžnosti a rotor se rychleji otáčí. Z tohoto důvodu mívají tyto stanice jedno, dvě nebo tři křídla. Takové konstrukce se začaly objevovat v době II. světové války a jejich výstavba vrcholila v 50. letech. Další velice významný kus historie větrných elektráren se odehrával v Kalifornii v 80. letech. Zde se v průmysku San Gorgonio vybudovala jedna z prvních větrných farem na světě. Bylo zde 3 500 turbín a tato elektrárna pracuje dodnes. Později byly vybudovány další farmy, jejichž výkon se liší. Jsou zde elektrárny o několika stovkách kilowatů až po elektrárny velmi velké, jako je například elektrárna v průmysku Tehachapi dodávající ročně 1,3 TWh. [82]

Celosvětové množství dostupné energie ve větru je podstatně větší než spotřeba energie v současné době ze všech zdrojů. Celkový instalovaný výkon na celém světě rok od roku roste a na konci roku 2011 dosáhl hodnoty 238 GW. Výroba elektrické energie na komerční úrovni probíhá v 83 zemích světa. Světová asociace pro větrnou energii uvádí, že v roce 2010 jsme měli kapacitu na vyrobení 430 TWh ročně, což jsou 2,5 % spotřebované elektrické energie. Předpoklady pro rok 2013 ukazují 3,35 % a na rok 2018 už 8 %. [9]



Obr. 58: Vývoj instalované kapacity ve větrných elektrárnách na světě

Největší podíl nově instalovaného výkonu podle regionů je v Asii. Z toho je vidět, že země jako Čína a Indie, především díky nimž se instalovaný výkon zvedá, zažívají velký ekonomický rozmach a velice se zajímají o obnovitelné zdroje.



Obr. 59: Přírůstek nově instalované kapacity podle regionů

Tab. 7: Největší větrné farmy na světě (mino EU)

Elektrárna	Stát	Instalovaný výkon [MW]
Roscoe	USA - Texas	781,5
Horse Hollow	USA - Texas	735
Alta	USA - Kalifornie	720
Tehachapi Pass	USA - Kalifornie	705
San Gorgonio Pass	USA - Kalifornie	645

4.3.1 Větrná energie v Asii

Stát, který má v současné době největší instalovaný výkon na světě, je Čína. Čína předběhla dosud největšího producenta, což byly Spojené státy americké, v roce 2010, kdy její instalovaný výkon přesáhl 42 000 MW. Na konci roku 2011 měla Čína instalováno již 62 733 MW. Toto je způsobeno meziročním nárůstem instalovaného výkonu v posledních dvou letech zhruba 18 000 MW, což je skoro podobný přírůstek jako na zbytku světa.

Větrná energetika v Číně se zaměřuje na několik oblastí. Jsou to Vnitřní Mongolsko, severovýchod, severozápad, jihovýchodní pobřeží a dále pobřežní ostrovy.

Větrná farma Dabancheng byla založena již v roce 1986. Byly zde instalovány první dvě turbíny. Farma se postupně rozvíjela až do dnešní velikosti 500 MW. Elektrárna leží na severovýchodě Číny u města Urumqi.

V provincii Jilin na severovýchodě země je elektrárna Xiangyang. Výkon je 400,5 MW z 267 turbín. Elektrárna byla připojena v roce 2010.

Velkou elektrárnou ve Vnitřním Mongolsku je Huitengliang Wind Farm, což je 300 MW elektrárna složená z 200 turbín. Povolení na její výstavbu bylo uděleno v roce 2007 a připojení proběhlo v roce 2009. Elektrárna by měla vyrábět více než 800 GWh za rok. Ve Vnitřním Mongolsku jsou další 300 MW větrné farmy Bayannur a Tongliao Beiqinghe. Tyto farmy byly spuštěny v letech 2000 a 2010.

Větrné elektrárny na moři se v Číně nacházejí u východního pobřeží. První větrná elektrárna zde začala výrobu v polovině roku 2010. Tato elektrárna je první takovouto elektrárnou mimo Evropu a nazývá se Šanghaj Donghai Bridge. Elektrárna má jmenovitý výkon 102 MW. Další taková elektrárna je Longyuan u Rudongu. Její velikost je 131,3 MW a kompletní byla spuštěna na začátku roku 2012. Její první část běží od září předešlého roku. Další plánované jsou čtyři projekty na pobřeží provincie Jiangsu, které by měly být dokončeny v průběhu několika málo let.

Čína má do budoucna vize mít 200 GW elektrické energie z větru do roku 2020, což představuje neustálý růst instalované kapacity. V současné době je veliký problém s připojováním těchto zdrojů do sítě. Některé elektrárny musejí čekat až několik měsíců na připojení. Z tohoto důvodu si myslím, že se rozvoj lehce přibrzdí. Nejprve bude muset dojít k posílení sítí, což bude složitý a zdlouhavý proces. [51] [83] [84]

Další velice významnou část světové produkce elektrické energie z větrné energie zaujímá Indie. S instalovaným výkonem 16 084 MW zaujímá páté místo na světě. Rozvoj větrné energetiky začal v roce 1990 a v posledních letech se výrazně zvýšil. Státy využívající větrnou energii v Indii jsou na východě a jihovýchodě země, jako je například Tamil-Nádu, Maháráštra, Gudžarát, Karnátaka nebo Rádžasthán. Výhodou je také indická společnost Sulzon vyrábějící větrné turbíny. Na indickém trhu se drží na prvním místě s 52 % instalovaných turbín.

Stát Tamil-Nádu, nacházející se na jihu Indie, má nejlepší podmínky, a tudíž je tu i instalovaný největší výkon. Je to více než 6 000 MW. Je zde oblast Muppandal, což byla

chudá vesnice, u níž se začaly rozrůstat větrné farmy a dnes je zde instalováno zhruba 1 500 MW v několika lokalitách. Výhodné podmínky tohoto místa vyplývají z přístupu k sezonním monzunovým větrům.

Druhým státem v Indii je Maharáštra s výkonem přes 2 000 MW. Je zde větrný park Vankusawade, který měl v roce 2011 instalovaný výkon více než 174 MW. Je zde přes 490 turbín o výkonu 350 kW a průměru 33 m. V plánu je ještě rozšíření na 250 MW.

Dalším státem majícím instalovaný výkon přes 2 000 MW je Gudžarát. Zde je například oblast Samana. Samana má tři části, které dohromady dávají instalovaný výkon kolem 200 MW. Jsou zde turbíny o průměru 53 m nebo 48 m a výkonu 800 kW.

Japonsko je také stát využívající větrnou energii ve větší míře. Japonsko má nyní 2 501 MW instalovaného výkonu. Nárůst výkonu v posledních letech je zhruba konstantní okolo 200 MW za rok. Havárie jaderné elektrárny ve Fukušimě tlačí větrnou energii více do popředí jako bezpečnější a spolehlivější alternativu ke splnění budoucí spotřeby energie. Tyto zprávy vycházejí z poznatku, že žádné z japonských větrných turbín nebyly poškozeny v důsledku zemětřesení a tsunami v roce 2011 a to ani větrné farmy Kamisu na moři, přímo v oblasti postižené tsunami.

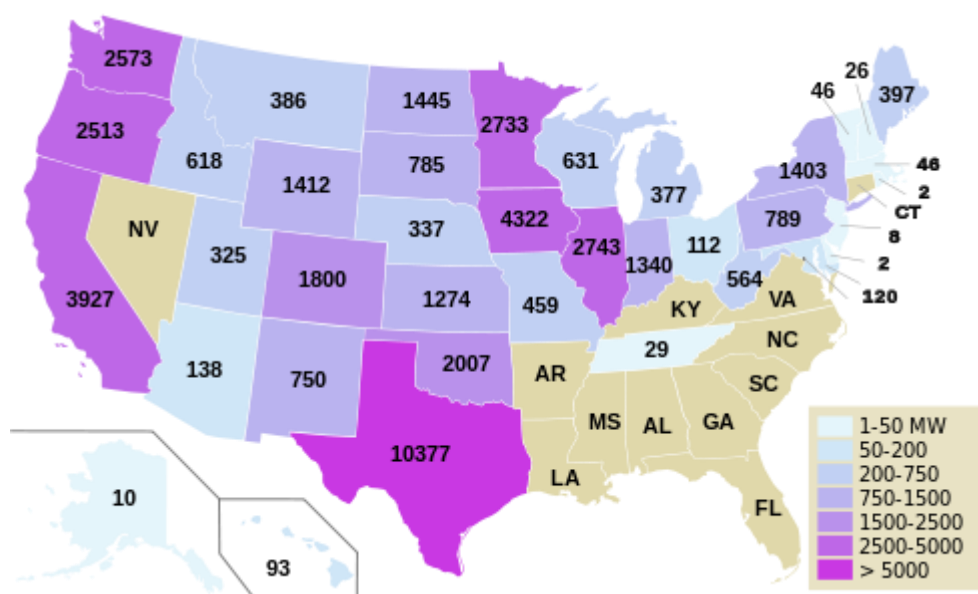
Největší větrnou farmou spuštěnou v roce 2011 je Shin Izumo. Je zde 26 turbín a celkový výkon je 78 MW. Kamisu je mořská farma o výkonu 14 MW skládající se ze sedmi turbín. Japonsko dále plánuje od roku 2011 vybudovat plovoucí větrnou elektrárnu o výkonu 12 MW a chce ji dokončit v roce 2016. [9] [84]

4.3.2 Větrná energie v Severní Americe

Státem s druhým největším instalovaným výkonem jsou Spojené státy americké. Na konci roku 2011 měly instalovaný výkon necelých 47 000 MW. Velký rozmach byl v letech 2008 až 2009, ale v posledních letech došlo k útlumu nově vznikajících zařízení. Největší útlum byl v roce 2010, ale rok 2011 už přinesl opět téměř 9 000 MW nově instalované kapacity. Tento propad byl způsoben několika faktory včetně finanční krize a tím i nižšími výkupními cenami elektřiny. V roce 2011 Spojené státy vyrobily zhruba 120 TWh ve větrných elektrárnách, což představuje kolem 3 % celé vyrobené elektřiny v USA.

V současnosti je v USA 37 států s instalovanými větrnými elektrárnami a z toho čtrnáct překročilo 1 000 MW. Nejvíce instalované kapacity má stát Texas na jihu země, který

měl na konci roku 2011 instalováno přes 10 000 MW. Další významné státy jsou Iowa a Kalifornie s instalovaným výkonem kolem 4 000 MW a dále Minnesota, Washington, Oregon, Illinois, Oklahoma a Colorado. Ve státech v centrální části USA je průměrná rychlost větru mezi 6 m/s a 7,5 m/s, což je velice výhodné pro větrné elektrárny. Toto je způsobeno rozlehlými rovinami v této oblasti, ale není zde vyráběno takové množství energie, jelikož ne všechny oblasti zde jsou hustě zalidněny. Oblast Kalifornie je hojně využívána v průsmycích, kde se velké množství vzduchu koncentruje v úzkém místě a vítr dosahuje průměrných rychlostí kolem 9 m/s. V USA je také většina z největších větrných farem na světě.



Obr. 60: Instalovaná kapacita ve větrných elektrárnách ve státech USA [9]

Největším výrobcem je již zmiňovaný Texas, kde je také největší farma Roscoe. Je zde instalováno 627 větrných turbín o celkové instalované kapacitě 781,5 MW. Farma se nachází v centrální části Texasu u stejnojmenného města a byla postavena ve čtyřech etapách. Jsou zde větrné 1 MW turbíny od firmy Mitsubishi, 2,3 MW turbíny od Siemensu a 1,5 MW turbíny od GE Energy.

Druhou největší v této oblasti je Horse Hollow o výkonu 735 MW nacházející se nedaleko od Roscoe. Farma vznikala od roku 2005 a její třetí část byla připojena na konci roku 2006. Zde jsou také turbíny značky Siemens a GE Energy.

V Texasu jsou ještě další tři velké farmy s instalovaným výkonem větším než 500 MW. Je to Capricorn Ridge, Sweetwater a Buffalo Gap. Všechny se nacházejí v centrální části Texasu.



Obr. 61: Větrná farma Roscoe, Texas [104]

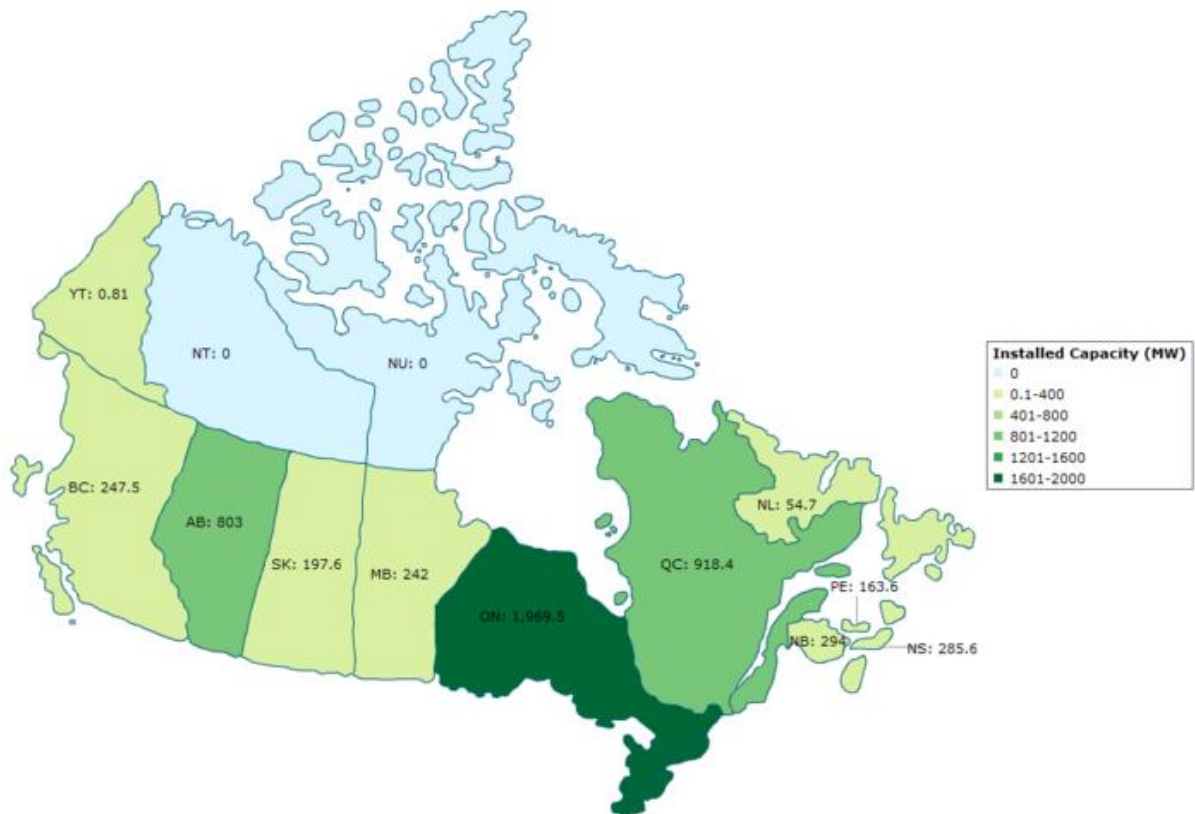
Dalším státem je Iowa. Zde je instalovaný výkon 4 322 MW. Rozvoj zde začal v roce 1983 a veliký rozvoj nastal v letech 2008 a 2009. Elektrárny jsou rozšířeny v severní a západní části státu z důvodu silnějšího větru v těchto oblastech než ve zbytku státu.

Je zde větrná farma Rolling Hill o výkonu 444 MW a je to největší farma v Iowě. Plánované dokončení bylo konec roku 2011. Další jsou například Elk a Pomeroy, obě dostavené v roce 2011.

Další velký vývoj větrných elektráren se omezuje z důvodu nedostatečné kapacity elektrického vedení. Proto je zde také projekt na rozšíření těchto linek.

Kalifornie je také významné centrum větrné energetiky v USA. V Kalifornii se využívá vítr převážně v průsmycích, kde dosahuje větší rychlosti. Jsou zde tři oblasti, ve kterých je instalována většina výroby z větrné energie. Jsou to Altamont Pass, San Geronimo Pass a Tehachapi Pass. V Tehachapi jsou dvě velké farmy. Tehachapi Pass má instalováno 705 MW a Alta má 720 MW. Vývoj zde probíhá od osmdesátých let a je zde instalováno spousta druhů větrných turbín od jedolistých až po moderní třilisté. Starší turbíny mají výkon v řádech kilowatů, kdežto nejnovější stroje až 3 MW. Farma San Geronimo Pass má instalovaný výkon 645 MW a Altamont Pass má 576 MW.

Ze států Severní Ameriky je Kanada na druhém místě v instalované energii z větru, až na posledním třetím místě je Mexiko. Kanada měla na konci roku instalováno 5 256 MW, což přináší až 2,3 % poptávky po elektřině. Rozvoj větrné energetiky v Kanadě byl lokalizován především v provinciích Ontario, Quebec a Alberta.



Obr. 62: Instalovaná kapacita ve větrných elektrárnách v provinciích Kanady [9]

Nejvíce elektráren je v Ontariu, kde je více než třetina celého instalovaného výkonu. Je zde také největší poptávka po vyrobené elektřině, protože jsou zde velká centra Kanady jako je Ottawa a Toronto. V sousedním Quebecu je poblíž hranic s Ontariem ještě město Montreal. Celá tato oblast je poblíž Velkých jezer a sousedí se Spojenými státy americkými. Je zde koncentrováno velké množství obyvatel a průmyslu.

V Ontariu jsou také největší větrné elektrárny. Největší je Melancthon EcoPower Centre se 199,5 MW. Stavba byla provedena ve dvou fázích, kde první se dostala do komerčního provozu v roce 2006 a druhá část o dva roky později. V Ontariu je také druhá největší. Je to Wolfe Island nacházející se na stejnojmenném ostrově v ústí jezera Ontario. Do provozu byla uvedena v roce 2009 a má výkon 197 MW. Je zde osmdesát šest turbín s výkonem 2,3 MW. Dalšími velkými elektrárnami jsou Prince Township s 189 MW a Enbridge Ontario s 181 MW.

V Quebecu jsou dvě elektrárny nad 100 MW. Je to Jardin d'Eole, která má 127,5 MW, a Anse-à-Valleau s instalovaným výkonem 100,5 MW, uvedená do provozu v roce 2007. Na

severu provincie Québec jsou také dobré větrné podmínky, ale nevýhodou je trvale zmrzlá půda a také zde není dost obyvatel, kteří by nějakou větší elektrárnu využili.

Největší větrný motor Darrieus je v Éole nacházející se v Québecu. Je 110 m vysoký a 60 m široký. Instalovaný výkon je 3,8 MW, ale nikdy se tento projekt nedostal do komerčního provozu, přesto byl v provozuschopném stavu v letech 1983 až 1992. V roce 1992 byl poškozen bouřkou a trvale odstaven. Tento výkon byl ohromný na osmdesátá léta, kdy byly stavěny vrtulové větrné elektrárny o mnohem menších výkonech.



Obr. 63: Větrná elektrárna Éole v Kanadě - Darrieus [85]

Dalším centrem větrné energetiky v Kanadě je Alberta. Zde je druhé centrum obyvatel. Byly zde postaveny první komerční větrné elektrárny v Kanadě v roce 1993. Tato oblast je zaměřena spíše na menší elektrárny.

Poslední země v Severní Americe je Mexiko, které má instalovaný výkon pouze 873 MW. Větrná energetika začíná v Mexiku teprve v roce 2005. Je zde velký vývoj v posledních dvou letech. V roce 2010 bylo instalováno 316 MW a v roce 2011 dalších 354 MW. Tento růst byl urychlen příznivější legislativou a dostupností nové přenosové kapacity vedení v regionu Oaxaca na jihu země. Právě tato část má nejlepší přírodní podmínky. V oblasti Isthmus of Tehuantepec, právě v regionu Oaxaca, se nachází největší část z instalovaného výkonu. [9] [84]

4.3.3 Větrná energie v Jižní Americe

Brazílie je stát s největším instalovaným výkonem z větrných zdrojů v Jižní Americe. Na konci roku 2011 zde bylo 1 509 MW, ale vývoj jde stabilně nahoru. Od roku 2008 přibude každý rok zhruba 300 MW nově instalovaných zařízení.

První elektrárna zde byla postavena v roce 1992 na ostrovech Fernando de Noronha, kde je jedna turbína o 225 kW. V roce 2002 byl vládou vytvořen program na rozvoj obnovitelných zdrojů, ale větší rozvoj větrné energetiky nastal až v roce 2006.

Nejpříhodnější podmínky v Brazílii jsou na severovýchodě země, kde se také nachází největší počet elektráren. Nejvyužívanější oblasti zde jsou Rio Grande do Norte a Ceará. Největší komplex v Brazílii se nazývá Algeria. Skládá se ze dvou částí o jmenovitých výkonech 51 MW a 100,8 MW a nachází se právě v oblasti Rio Grande do Norte. Zde je i druhá největší elektrárna s názvem Morro dos Ventos. Zde jsou čtyři části, kde každá má výkon 28,8 MW. Elektrárna Mongue Seco je také složena ze čtyř fází o stejném výkonu 26 MW.

Další větší větrnou elektrárnou na severovýchodě je Praia Formosa, která se tentokrát nachází v oblasti Ceará. Má výkon 105 MW, což zahrnuje zhruba pětinu v této oblasti. Je zde 50 turbín o výkonu 2,1 MW a o průměru 88 metrů.

Další oblastí výskytu větrných elektráren je jih země. Zde jsou převážně v oblasti Rio Grande do Sul a Santa Catarina. V každé z nich je instalováno zhruba 300 MW. Zde je například elektrárna Cerro Chato mající tři části. Celkový instalovaný výkon je 90 MW.

V Brazílii se větrná energetika rozvíjí také díky zjištění, že nejvíce fouká od června do prosince, kdy je méně srážek, tudíž se jedná o velice dobré spojení s vodními elektrárnami, jelikož ty nemohou mít velké zásobárny vody kvůli životnímu prostředí.

4.3.4 Větrná energie v Oceánii

Největším státem Oceánie je Austrálie. Je zde průměrná rychlost větru 5 až 6 m/s a na celém území se mění minimálně. Velmi výhodné podmínky jsou na jižním pobřeží, jelikož v oblasti vanou „Roaring Forties“. Stovky míst pak mají průměrnou rychlost 8 m/s ve výšce 50 m nad zemí a v některých místech to může být až 9 m/s. Dobré větrné zdroje jsou tudíž na jihozápadě Západní Austrálie, na jihu Jižní Austrálie, na západě státu Viktorie, na ostrově Tasmanie a na zvýšených místech Nového Jižního Walesu a Queenslandu.

První komerční větrná elektrárna v Austrálii byla spuštěna v roce 1987, ale fungovala pouze 15 let a pak byla rozebrána. Jednalo se o elektrárnu na Salmon Beach.

V současnosti je nejvíce vyprodukované energie z větrných zdrojů v Jižní Austrálii. Nacházejí se zde v současnosti největší větrné elektrárny v zemi. Je to větrná farma Hallett a

Lake Bonney. Hallett se skládá zatím ze tří částí a je zde instalovaný výkon 298,4 MW. První část má 95 MW instalovaného výkonu pomocí 45 turbín značky Sulzon. Druhá část byla dokončena v roce 2009 a skládá se ze 34 turbín stejné značky, což dává výkon 71,4 MW. Zde byl zjištěn určitý tón vydávaný turbínami, který byl slyšet při určitých povětrnostních podmínkách do blízké vesnice. V provozu je také čtvrtá část. Zde je instalován výkon 132 MW. U části Hallett III bylo schválení zrušeno soudem z důvodu protestů lidí ohledně již zmiňovaného hluku. Pátá část je v současné době ve výstavbě. Druhou elektrárnou je Lake Bonney. Má instalovaný výkon 278,5 MW. Tato farma byla postavena ve třech fázích. První fáze byla dokončena v roce 2005 a druhá pak v roce 2008 a třetí v roce 2009. Na druhé části bylo použito 53 turbín o výkonu 3 MW a o průměru rotoru 90 m. Ty samé turbíny byly použity i na třetí části.

Druhá největší výrobní kapacita v Austrálii je ve státě Victoria. Největší větrná farma je zde Waubra. Je to celkově třetí největší farma v Austrálii a má instalovaný výkon 192 MW pomocí 128 turbín. Další elektrárnou zde je Portland. Jedná se zatím o tři části a celkový instalovaný výkon je 132 MW. Zatím poslední část byla dokončena v roce 2009. Čtvrtá část je schválená, ale zatím není rozhodnuto o datu výstavby. Ve Victorii je také ve výstavbě největší větrná farma v Austrálii, která se jmenuje Macartur. Měla by být dokončena začátkem roku 2013 a instalovaný výkon bude 420 MW. Bude zde 140 turbín o výkonu 3 MW. [9] [84] [86] [87]

Z větrné energie na Novém Zélandu je malý, ale rychle rostoucí podíl spotřebované elektrické energie. Výrobní kapacita je 622 MW, z čehož je možno poskytnout dostatek elektřiny pro 4 % spotřeby země. Nový Zéland má také vynikající podmínky díky větrům „Roaring Forties“. Z toho plynou téměř nepřetržité větry na mnoha místech, což ale neznamená úplně jistý zdroj. Kvalita tohoto zdroje je taková, že elektrárny pracují s průměrným ročním faktorem 40 % kapacity.

V současné době největší elektrárna je Tararua nacházející se na jihu Severního ostrova. Je zde 134 turbín a celkový výkon je 161 MW. Její první část byla uvedena do provozu v roce 1999 a poslední v roce 2007. Farma se skládá ze 103 turbín o výkonu 660 kW a 31 turbín s výkonem 3 MW. Vrtule jsou o průměru 40 a 45 m. V blízkosti této elektrárny jsou ještě dvě menší. Jedná se o Te Apiti s 91 MW a Te Rere Hau s 48.5 MW a její odlišností jsou dvoučepelové rotory. Druhou největší je West Wind na samém jižním konci Severního

ostrova. Zde je vystavěno 62 turbín a celkový instalovaný výkon je 142,6 MW. Na Severním ostrově jsou ještě menší elektrárny.

Na Jižním ostrově je největší elektrárnou White Hill s 58 MW. Je zde 29 turbín a elektrárna byla postavena v roce 2007. [9] [84]

4.3.5 Větrná energie v Africe

Africké státy jsou rozvojové, tudíž zde není tak velká spotřeba elektrické energie a pokud se vyrábí, tak je většinou z neobnovitelných zdrojů. Ale je třeba říci, že i tyto země už začínají rozvíjet energetiku obnovitelných zdrojů, i když jsou většinou na počátku rozvoje.

V Egyptě jsou zatím dvě větrné elektrárny. Větrné farmy Zafarana se nacházejí na břehu Rudého moře. Farmy byly stavěny v osmi fázích. První a druhá byly připojeny v roce 2001 a poslední osmá v roce 2010. Celkový instalovaný výkon všech osmi fází je 545 MW, přičemž celkový instalovaný výkon Egypta je jen o 5 MW větší. Tato druhá elektrárna se jmenuje Hurganda a nachází se u ústí Suezského zálivu v Rudém moři. Zde je ještě 1 120 MW v různém stádiu návrhu. U Suezského zálivu je průměrná rychlost větru 10 m/s. V dalších částech Egypta je ještě více míst, kde je vítr kolem 7 m/s. Je to například podél Nilu nebo na Sinajském poloostrově. Zde je v různých fázích několik projektů.

Dalším státem v Africe, kde se začíná vyvíjet větrná energetika, je Maroko. Na konci roku 2011 zde bylo instalováno 291 MW. Tato země se také rozvíjí a při vytvoření projektu DESERTEC by měly do této sítě přispívat i větrné elektrárny na pobřeží Atlantského oceánu. Maroko má několik oblastí s velmi dobrými podmínkami, kde je průměrná rychlost větru mezi 6 a 11 m/s. Oblast s výbornými povětrnostními podmínkami je kolem Essaouira, Tangeru a Tetouanu. V Tangeru je také největší elektrárna v zemi s 140 MW instalovaného výkonu. Projekt se skládá ze 165 turbín a byl kompletně dostaven v roce 2009. [84]

4.4 Energie vody

Vývoj civilizace je neodmyslitelně spojen s historií využívání vodní energie, která umožnila vytvořit potřebnou technickou základnu pro rozvoj technologie. Vodní motory se vyvíjely po dobu více než 22 století.

Ve 2. století př. n. l. se na Balkánském poloostrově konstruuje vodní kola s vertikální hřídelí pro pohon mlýnských kamenů. Jedná se snad o první aplikaci přírodní síly na zařízení vázané na pevné místo. Později v 1. století př. n. l. se začíná využívat zlepšený způsob

vodního kola s horizontální osou a přenosem otáčení na vertikálně uspořádané mlýnské kameny spojovaný se jménem římského stavitele Vitruvia Pollia. Později dochází ke značnému rozšíření řešení v podobě plovoucího mlýna.

Úpadkem moci Říma kolem roku 450 n. l. se začíná uplatňovat vodní energie v širší míře k ulehčení lidské práce. Během několika století se vyvíjí vodní kolo. Toto zařízení se používá jak na mletí obilí, tak i jako všeobecně využívaný energetický stroj. Vodní kola se nejen široce uplatňují, ale také se vyvíjí různé způsoby řešení. Ve 14. století se objevují konstrukce vodních kol se svrchním nátokem, které umožňovalo zvýšení výkonu až na dvojnásobek. V 16. století se používá vodních kol o průměru až 12 m a výkonu až 7,5 kW. V 17. století se kromě klasického řešení používají i vodní kola využívající dynamického účinku vodního paprsku. Toto řešení je určitým mezistupněm při vývoji rovnotlaké vodní turbíny.

Teprve v 18. století je realizace vodních kol podložena experimentálním zkoumáním a výzkumem. Konec tohoto století tak představuje vyvrcholení vývoje vodního kola. Současně se však objevují nová řešení vodních motorů pracujících na reakčním principu vedoucí k vývoji vodní turbíny.

Ke zdokonalení využití reakčního principu vedly teoretické práce Leonarda Ruleta, přičemž praktickým výsledkem byl návrh Eulerova stroje (r. 1754). Až v roce 1826 navrhuje profesor Claudie Burduj řešení vodního motoru nazvaného „turbinens“, který se stal skutečným předobrazem současných přetlakových turbín. Zařízení však mělo malou účinnost z důvodu špatně řešených lopatek, a proto se v praxi příliš neuplatnil. Bendit Fourneyron posléze toto řešení zdokonalil a v roce 1827 sestrojil první provozuschopnou vodní přetlakovou turbínu, která se široce uplatnila. Fourneyronovy turbíny byly realizovány až do výkonu 40 kW.

Období po r. 1840 je charakterizováno různými vynálezy dalších principů využití vodní energie. Směřuje se 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. Jejich výkon byl zatím velmi malý. Teprve po vyřešení problémů dálkového přenosu elektrické energie se šíří výstavba vodních elektráren ve stále větší míře.

Vývoj využití vodní energie a řešení vodních motorů jsou v současné době charakterizovány jak výstavbou velkých vodních elektráren s instalovanými turbínami, tak také výstavbou malých vodních elektráren. [13]

Tab. 8: Největší vodní elektrárny na světě (mino EU)

Elektrárna	Stát	Instalovaný výkon [MW]
Tři soutěsky	Čína	20 300
James Bay	Kanada	16 000
Itaipu	Brazílie, Paraguay	14 000
Guri	Venezuela	10 235
Tucuruí	Brazílie	8 370

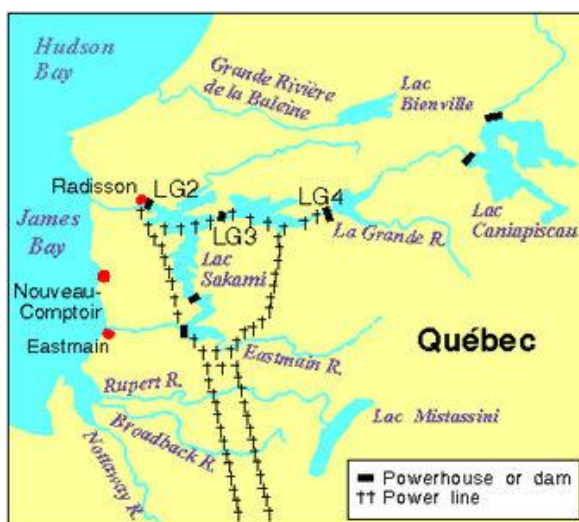
4.4.1 Vodní energie v Severní Americe

Ze Severní Ameriky je největším producentem elektrické energie z hydroenergetiky Kanada. Je to také druhý největší producent na světě. Instalovaný výkon má kolem 90 GW. Je to jedna z mála zemí, která vyrábí většinu své energie z vodních zdrojů. Některé provincie, jako je Britská Kolumbie, Manitoba, Newfoundland a Labrador, Québec a teritorium Yukon, vyrábějí dokonce více než 90 % své energie tímto způsobem.

V Québecu je vyráběno 34 118 MW elektrické energie z vodních zdrojů, což představuje téměř polovinu celkové elektrické energie z vodních zdrojů v Kanadě. Je zde také největší kanadská vodní elektrárna Robert Bourassa s instalovaným výkonem 5 616 MW, což je druhá největší elektrárna v Kanadě vůbec. Tato elektrárna byla dříve známá jako La Grande 2 a nachází se na stejnojmenné řece. Přehrada je uzavřena pomocí 29 různých velkých hrází a samotná elektrárna se nachází 6 km od hlavní přehrady. Je zde 16 Francisových turbín, které byly postupně uvedeny do provozu v letech 1979 a 1981. Na stejné přehradní nádrži je ještě sousední elektrárna La Grande 2A o velikosti 2 106 MW dostavěná v letech 1992. Zde je šest Francisových turbín.

Na stejné řece jsou ještě velké elektrárny La Grande 1, 3 a 4. La grande 1 je z nich nejmenší s instalovaným výkonem 1 436 MW a byla uvedena do provozu v letech 1994 – 1995. Jedná se o průtočnou elektrárnu, což znamená, že množství vyrobené elektřiny závisí téměř výhradně na okamžitém průtoku řeky. Elektrárna La Grande 3 je opět přehradní a je zde instalovaný výkon 2 418 MW ve 12 Francisových turbínách. Poslední elektrárna je La Grande 4, která může vytvářet 2 779 MW elektrické energie a byla uvedena do provozu v letech 1984 – 1986. Je to opět přehrada s 9 Francisovými turbínami.

Všechny tyto québecké vodní elektrárny společně s dalšími třemi menšími (Laforge 1, 2 a Brisay) tvoří velký projekt vytvořený ve dvou etapách, který se jmenuje James Bay. Tyto elektrárny dohromady mají instalovaný výkon více než 16 GW. Jedná se o elektrárny na řece La Grande v severozápadním Québecu. Pro vybudování tohoto projektu musely být vybudovány silnice na tato místa a také muselo dojít k vybudování elektrických sítí odvádějících elektřinu na jih Québecu.



Obr. 64: Mapa projektu James Bay [88]

V Québecu jsou ještě další velké elektrárny. Je to například elektrárna Daniel Johnson, dříve nazývaná Manic 5, která je zajímavým architektonickým dílem. Přehrada je z 14 pilířů a 13 oblouků a je největší svého druhu na světě. Společně s Manic 5 PA (PA znamená nová energie) má instalovaný výkon 2 656 MW. Součástí přehradní nádrže je kráter Manicouagan nazývaný také „Oko Québecu“.



Obr. 65: Přehrada a hráz elektrárny Daniel Johnson [9]

Další elektrárnou v Québecu je průtočná elektrárna Beauharnois na řece Sv. Vavřince. Je zde 38 turbín schopných vyrábět až 1 903 MW elektrické energie. Stavba byla započata roku 1930 a dokončena v roce 1961.

Velká elektrárna se nachází také v provincii Newfoundland a Labrador. Je to Churchill Falls postavená v roce 1971. Nachází se na řece Churchill a může vytvářet 5 428 MW, což ji řadí na druhé místo v Kanadě. Další elektrárna je v Britské Kolumbii. Jedná se o přehradní elektrárnu na řece Peace s názvem WAC Bennett. Je zde jedna z nejvyšších sypaných hrází na světě vysoká 183 m. Elektrárna má instalovaný výkon 2 730 MW. Na Niagarských vodopádech se nachází kanadská elektrárna Sir Adam Beck složená z dvou částí. Voda je odváděna z řeky a vrací se zpět za elektrárnou, která může vyrobit až 1 926 MW elektřiny.

Dalším velkým producentem elektřiny pomocí hydroenergetiky jsou Spojené státy americké. Podle instalovaného výkonu jsou na třetím místě, ale podle vyrobené energie je přeskočí Brazílie. Spojené státy mají sedm elektráren s instalovaným výkonem nad 2 000 MW. Největším zařízením je Grand Coulee ve státě Washington. Nachází se na řece Columbia a jedná se o gravitační elektrárnu. Jsou zde čtyři elektrárny. První část stavby byla dokončena v roce 1933, ale jednalo se pouze o nízkou přehradní hráz, která byla přistavena. Poprvé byla elektrárna spuštěna roku 1942 a další část elektrárny byla spuštěna v roce 1974. Čtvrtá část je přečerpávací a byla spuštěna v roce 1973. Postupně byla dovybavována dalšími generátory. Nyní má elektrárna celkový instalovaný výkon 6 809 MW.

Na řece Columbia je i druhá největší vodní elektrárna v USA, která se nazývá Chief Joseph. Jedná se o betonovou gravitační přehradu, která nemá velkou nádrž, a z toho důvodu se jedná o průtočnou elektrárnu. Současný instalovaný výkon má 2 620 MW. První část elektrárny byla spuštěna v roce 1958. Další turbíny byly instalovány v letech 1973 a 1979. Nyní je v elektrárně 27 Francisových turbín.

Elektrárny John Day a The Dalles jsou také na řece Columbia. John Day je rovněž průtočná elektrárna s gravitační betonovou hrází. Výstavba elektrárny byla dokončena v roce 1971 a její instalovaný výkon je 2 160 MW. The Dalles je opět průtočná elektrárna s gravitační přehradou. Tato přehrada zalila nejstarší trvale obydlenou osadu v Severní Americe zvanou Celilo. Instalovaný výkon je zde 2 038 MW.

Niagarské vodopády jsou využívány jak Kanadou, tak i USA. Byly využívány již v 19. století z důvodu velkého množství vody a velkého spádu díky vodopádům. V roce 1805

koupili Niagarské vodopády bratři Porterovi z Buffala na veřejné aukci a představili projekt na odklonění řeky kanálem a výrobu energie pomocí padající vody zpět do údolí, která by poháněla turbíny propojené pásy s průmyslovými stroji. Oba bratři ale zemřeli a plánovaný kanál byl zbudován až v letech 1860 až 1861 společností Niagara Falls Hydraulic Power & Manufacturing Company a Porterova vize se stala skutečností v roce 1875. V roce 1877 tento kanál koupil úspěšný podnikatel Schoellkopf. Vybudoval zde malou generátorovou stanici v roce 1881 a ta začala dodávat malé množství elektrické energie pro osvětlení a mlýny u Niagarských vodopádů. V roce 1895 postavil Schoellkopf druhou elektrárnu. Elektrárna se pak zřítla v roce 1956.

Pro přenos elektrické energie na větší vzdálenosti bylo zapotřebí nové řešení. Společnost Niagara Falls Power Company přijala návrh A. Tesly o přenosu elektrické energie pomocí střídavého proudu. Jeho projekt porazil další návrhy, které se přihlásily do soutěže. Byly to nejrůznější principy na využívání lan, pneumatického principu přenosu energie nebo Edisonův princip výroby stejnosměrné elektrické energie. Elektrárna byla spuštěna roku 1896 po pětiletém snažení. První energie odsud dorazila do města Buffalo, kde poháněla tramvaje a jednalo se o dodávaný výkon 1 000 koňských sil (745,7 kW). O několik let později byla elektrárna rozšířena na plánovaných 10 generátorů a elektřina byla dodávána až do New Yorku. Druhá elektrárna společnosti byla postavena mezi léty 1901 a 1903. [89] [90]

V současné době je ve státě New York elektrárna Robert Moses o instalovaném výkonu 2 515 MW. Závod odvádí vodu z řeky a přivádí ji zpět v blízkosti jezera Ontario. Je zde třináct generátorů. Tato elektrárna byla postavena jako náhrada zřícené elektrárny Scheollkopf. Robert Moses je v provozu od roku 1961. Podle smlouvy mezi Kanadou a Spojenými státy z roku 1950 je možno odvádět z vodopádů 50 % vody pro výrobu elektrické energie v denních hodinách od dubna do října. Zbytek času je možno odvádět až 70 % vody. Síla vody je na vodopádech tak velká, že odnáší kameny a vodopád se pohybuje proti proudu řeky rychlostí jedním metr za rok. Díky odběrům pro výrobu elektřiny se vymílání zmenšilo.

Další velká elektrárna je v Arizoně. Je to elektrárna Hoover nacházející se na řece Colorado v Black canyon. První turbína začala pracovat již v roce 1936 a s postupným zvyšováním výkonu se dospělo až k dnešním 2 080 MW.

Ve Virginii se nachází největší přečerpávací elektrárna na světě, která se jmenuje Bath County PSP. Elektrárna byla postavena v roce 1985 s instalovaným výkonem 2 100 MW, ale v roce 2004 byl výkon zvýšen na 3 003 MW.

V Mexiku, na jihu země, je velká elektrárna na řece Grijalva. Je to elektrárna Manuel M. Torres. Původně z roku 1980 zde bylo pět turbín a v roce 2005 byly přidány další tři. Celkový instalovaný výkon je 2 430 MW. Elektrárna patří do kaskády dalších tří přehrad na řece o instalovaných výkonech 900 MW, 1 080 MW a 420 MW. [9]

4.4.2 Vodní energie v Asii

V Asii se nachází země s největším instalovaným výkonem ve vodních elektrárnách na světě. Touto zemí je Čína, která má okolo 200 GW instalovaného výkonu a podle předpokladů se bude tato hodnota zvyšovat. V Číně se nachází také největší elektrárna na světě vůbec. Jedná se o Tři soutěsky s instalovaným výkonem 20,3 GW. Přehrada se nachází na třetí nejdelší řece světa Chang Jiang. Celkové dokončení bylo plánováno na rok 2009, ale stavba se protáhla a úplné dokončení elektrárny by mělo být v polovině roku 2012, kdy celkový výkon bude 22,5 GW. Bude zde 32 turbín o výkonu 700 MW a dvě 50 MW pro provoz elektrárny. V severní straně elektrárny je instalováno 14 turbín, v jižní 12 turbín a v podzemní části pod horou na jihu přehrady dalších 6 turbín. Všechny tyto turbíny jsou Francisovy. Stavba probíhala v letech 1994 až 2006, ale první turbíny byly spuštěny až v roce 2008.



Obr. 66: Snímek Tří soutěsek před a po vybudování přehrady [91]

Další velkou vodní elektrárnou v Číně je Longtan s instalovaným výkonem 6 426 MW. Elektrárna byla plánována již od roku 1950, ale samotná stavba začala na řece

Hongshui až v roce 2001. Poslední generátor byl uveden do provozu v roce 2009. Přehradní hráz je gravitační, 216,2 m vysoká, 849 m dlouhá a je nejvyšší svého druhu na světě.

Velká řeka je také Žlutá řeka, kde se nacházejí dvě elektrárny patřící do padesátky největších. Je to třetí největší vodní elektrárna v Číně, která se jmenuje Laxiwa, a také elektrárna Lijiaxia. Laxiwa má klenbovou hráz, kde je umístěno 6 turbín, každá o výkonu 700 MW. V roce 2004 zde byla odkloněna řeka z důvodu zahájení stavby a první dva generátory byly spuštěny v roce 2009. Lijiaxia byla spuštěna v roce 1997 a má instalovaný výkon 2 000 MW. Je zde 5 generátorů o výkonu 400 MW a hráz je postavena na principu gravitačně-klenbovém. Na této řece jsou i další elektrárny s velkými výkony.

Další velká vodní elektrárna v Číně se nachází na řece Mekong. Nazývá se Xiaowan a nachází se na jihu Číny. Hráz je zde řešena jako klenbová. Je to nejvyšší klenbová hráz na světě s výškou 292 m. Instalovaný výkon této elektrárny je 4 200 MW a byla stavěna v letech 2002 až 2010. Je zde opět 6 generátorů.

Velké elektrárny, společně i s tou největší již zmiňovanou, se nacházejí také na řece Chang Jiang a na jejích přítocích. Jedná se o elektrárnu Pubugou s výkonem 3 300 MW dostavěnou v roce 2010 na řece Dadu, elektrárnu Ertan s výkonem také 3 300 MW dostavěnou v roce 1999 na řece Yalong, která má šest generátorů a její hráz je dvakrát zakřivená, a elektrárnu Goupitan na řece Wujiang o výkonu 3 000 MW, kde byly veškeré práce ukončeny v roce 2010. Přimo na řece Chang Jiang je elektrárna Gezhouba o výkonu 3 115 MW, která byla spuštěna již v roce 1988.

Ve výstavbě je ještě dalších 13 velkých vodních elektráren větších než 2 000 MW. Největší z nich je Xiluodu s budoucím instalovaným výkonem 13 860 MW. Tyto elektrárny by měly být dokončeny v letech 2012 až 2017, pokud nedojde k zastavení, nebo pozastavení prací z důvodu nedostatečných studií dopadu na životní prostředí, jak se to stalo již u několika projektů v Číně.

Dalším výrazným producentem elektrické energie z energie vody je Indie. Zde je instalovaný výkon kolem 34 GW. Je zde elektrárna Tehri, která se nachází na řece Bhagirathi, což je řeka vlévající se do posvátné řeky Gangy. Elektrárna má v současné době instalováno 1 000 MW v přehradní části spuštěné v roce 2006 a dalších 400 MW v průtočné části elektrárny, které by měly začít pracovat v roce 2012. Dokončení poslední části elektrárny o výkonu 1 000 MW se plánuje na rok 2016 a bude se jednat o přečerpávací elektrárnu.

Elektrárna se nachází v oblasti Himálajského podhůří, kde bylo v roce 2001 velké zemětřesení o síle 6,8 stupně magnitudy, ale přehradní hráz by měla vydržet zemětřesení o síle 8,4 stupně magnitudy.

Indie má ještě další velké elektrárny například na řekách Krishna, Satluj a Koyna. Na řece Krishna se nachází elektrárna Srisaïlam, kde je 770 MW instalováno v sedmi Francisových turbínách a 900 MW je jako přečerpávací elektrárna. Elektrárna Nathapa Jhakri nacházející se na řece Satluj má instalovaný výkon 1 500 MW a je zde 6 Francisových turbín. Dílo na řece Koyna se skládá ze čtyř částí a má celkovou kapacitu 1 920 MW.

Ve výstavbě jsou elektrárny Upper Siang o budoucím instalovaném výkonu 11 000 MW. Jedná se o několik elektráren na horním toku řeky Siang postavených v rozmezí 15 – 20 let. Další rozestavěná elektrárna je Subansiri Lower. Má být dokončena v roce 2014 a instalovaný výkon bude 2 000 MW.

Mezi deseti největšími producenty elektrické energie z energie vody je také Japonsko, které má instalováno více než 27 GW. Největší elektrárna v Japonsku je Okutataragi, která má instalovaný výkon 1 932 MW. Jedná se o přečerpávací elektrárnu, která je jednou z největších na světě. Jsou zde dvě přehrady. Horní s názvem Kurokawa se nachází na řece Ichi a dolní je Tataragi. Elektrárna byla stavěna již v letech 1970 až 1974.

Další velkou přečerpávací elektrárnou je Kazunogawa s přípravou na instalovaný výkon 1 600 MW, ale v provozu jsou dnes pouze dvě 400 MW Francisovy turbíny, spuštěné v roce 1999.

Ve výstavbě je také elektrárna Kannagawa, která po svém dokončení bude největší přečerpávací elektrárnou v Japonsku. V současné době je v provozu jedna její turbína o výkonu 470 MW, po dokončení všech šesti stejně velkých turbín bude mít kapacitu 2 820 MW. Druhá turbína by měla jít do provozu v roce 2012 a zbylé v dalších osmi letech.

Další velké elektrárny jsou například taky ve státě Pákistán. Ten se pohybuje kolem 20. místa v produkci hydroenergetiky. Největší elektrárna Tarbela se nachází na řece Indus 50 km od města Islámábád. Provoz zde byl zahájen v roce 1974 a instalovaný výkon je 3 478 MW. Na řece Indus nebo na jejích přítocích jsou v provozu i jiné velké elektrárny. Některé další jsou ve výstavbě nebo v projektech.

Velké elektrárny mají i státy Tádžikistán nebo Írán. V Tádžikistánu je elektrárna Nurek nacházející se na řece Vakhsh. Elektrárna pracuje od roku 1980. Kapacita byla menší,

ale po modernizaci se zvětšila na 3 000 MW s využitím devíti Francisových turbín. Irán má tři elektrárny, které se nachází na řece Karun. Jedna má instalovaný výkon 2 000 MW, druhá 2 228 MW a třetí 1 000 MW, ale její kapacita je 2 000 MW. První byla postavena v roce 1976 a poslední v roce 2005. [9]

4.4.3 Vodní energie v Jižní Americe

Největším producentem elektřiny z vodní energie v Jižní Americe je Brazílie. Je to také třetí největší producent na světě. Nejvíce využívaná je řeka Paraná spolu se svými přítoky. Elektrárna Itaipu leží na hranici s Paraguayí. Jedná se o největší vodní areál v provozu, jelikož v roce 2009 vyrobila 91,6 TWh elektrické energie, zatímco největší elektrárna na světě Tři soutěsky vyrobila pouze 79,4 TWh. Instalovaný výkon je 14 000 MW, který je vytvořen 20 Francisovými turbínami. Je zde 10 generátorů vyrábějících elektřinu o frekvenci 50 Hz pro Paraguay a dalších 10 generátorů vyrábí elektřinu pro Brazílii o frekvenci 60 Hz. Spuštění jednotlivých turbín probíhalo postupně v letech 1984 až 1991, kdy bylo spuštěno 18 turbín. Poslední dvě byly nainstalovány v roce 2007. Podle smluv mezi Brazílií, Paraguayí a Argentinou může být ale spuštěno jen 18 jednotek naráz a dvě jsou v režimu oprav. Elektrárna byla v roce 1994 zvolena jako jeden ze sedmi moderních divů světa.



Obr. 67: Elektrárna Itaipu na řece Paraná [9]

Na řece Paraná je ještě elektrárna Ilha Solteira s instalovaným výkonem 3 444 MW. Je zde 20 generátorů s Francisovými o různých velikostech. Elektrárna byla dokončena v roce 1973. Další je elektrárna Itumbiara nacházející se na řece Paranaíba, což je hlavní zdroj vody pro Paraná. Instalovaný výkon je 2 082 MW a je zde šest Francisových turbín, z nichž poslední byla nainstalována v roce 1981. V povodí řeky Paraná je ještě několik elektráren, které mají výkon větší než 1 000 MW.

Druhou největší elektrárnou Brazílie je elektrárna Tucuruí s instalovaným výkonem 8 370 MW. Jedná se o betonovou gravitační přehradu na řece Tocantins. Provoz této elektrárny byl zahájen v roce 1984, kdy byla dokončena první fáze. Druhá fáze byla zahájena v roce 1998 a ukončena byla v roce 2007, kdy bylo spuštěno 11 Francisových turbín o velikosti 375 MW. Další řekou, kde je několik elektráren, je São Francisco. Jedná se o komplex tří přehradních nádrží a pěti elektráren s názvem Paulo Afonso. Celkový instalovaný výkon je zde 4 279,6 MW pomocí 23 generátorů. Je zde elektrárna Apollonius Sales se čtyřmi Francisovými turbínami o celkovém výkonu 400 MW. Paulo Afonso I, II, III mají hráz vysokou 20 m a dlouhou 4,7 km. V Paulo Afonso IV pracuje šest generátorů s Francisovými turbínami s celkovým instalovaným výkonem 2 462,4 MW.

Na stejné řece je ještě elektrárna Xingó. Sypaná hráz je vysoká 140 m. Generátory byly uvedeny do provozu v letech 1994 až 1997. Celkový výkon je 3 162 MW pomocí šesti generátorů.

Ve výstavbě je také komplex Belo Monte, který by po dokončení měl mít instalovaný výkon 11 233 MW. Další jsou elektrárny na řece Madeira, které by měly tvořit komplex čtyř elektráren společně se dvěma elektrárnami v Bolívii. Názvy elektráren jsou Jurau s 3 300 MW a Santo Antonio s 3 150 MW.

Venezuela má instalovaný výkon kolem 15 GW, ale má více vyrobené elektrické energie než například Japonsko s instalovaným výkonem kolem 27 GW, což ji posouvá na osmé místo ve vyrobené elektřině z vodních zdrojů. Venezuela je stát, u kterého převládá vyrobená elektřina pomocí vodních zdrojů. Největší elektrárnou je Guri. Přehrada je betonová gravitační dlouhá 7,4 km, vysoká 162 m a nachází se na řece Caroni zhruba 100 km od ústí do řeky Orinoko. Jsou zde dvě strojovny, každá s deseti generátory. První fáze byla dokončena v roce 1978 s instalací 10 generátorů. Druhá etapa byla dokončena v roce 1986. Od roku 2000 zde probíhá modernizace. Celkový instalovaný výkon je 10 235 MW.

Na stejné řece, asi 59 km od přehrady Guri, je i elektrárna Carzachi, kde je betonová gravitační přehrada. Instalovaný výkon je zde 2 160 MW. Je zde 12 Kaplanových turbín a poslední z nich byla nainstalována v roce 2006. Je zde také elektrárna Macagua tvořená ze třech částí o celkovém výkonu 3 152 MW. V první a druhé části jsou Francisovy turbíny a ve třetí Kaplanovy. První část byla dokončena roku 1961 a další dvě části v roce 1996. V současné době je elektrárna Macagua I v rekonstrukci.

Ve výstavbě je ještě elektrárna Tocoma, která bude mít instalovaný výkon 2 160 MW pomocí deseti Kaplanových turbín. Předpokládané dokončení je v roce 2014. Toto bude poslední velký projekt v dolní části řeky Caroni.

V Paraguayi je instalováno 99,9 % v obnovitelných zdrojích a pouze 0,1 % ve fosilních. Využívá se elektrická energie z již zmiňované elektrárny Itaipu, kde je pro Paraguay instalovaná polovina elektrárny (7 000 MW). Další zdroj je vodní elektrárna Yacyretá, která je na hranici s Argentinou. Tato elektrárna má instalovaný výkon 3 100 MW, ale do roku 2011 běžela pouze na 60 % z důvodu nižší hladiny o 7 m. Paraguay odebírá pro svoji potřebu 900 MW. První turbína začala pracovat v roce 1994 a všechny naprogramované jednotky začaly společně pracovat v roce 1998. Je zde tedy dvacet Kaplanových turbín. Poslední vodní elektrárnou v Paraguayi je Acaray o instalovaném výkonu 210 MW. [9]

4.4.4 Vodní energie v Rusku

Rusko je pátý největší výrobce elektrické energie z hydroenergetiky. Instalovaný výkon je kolem 50 GW. Velké elektrárny se nacházejí především na řece Jenisej a na jejím přítoku Angara. Další oblastí je povodí řeky Volha, kde se také nachází největší evropská vodní elektrárna.

Největší vodní elektrárna v Rusku, a také šestá největší na světě, je Sajano-Shushenskaja nacházející se na řece Jenisej. Elektrárna byla uvedena do provozu v roce 1978. Závod měl instalovanou kapacitu 6 400 MW v deseti generátorech. Je to zaoblená gravitační přehrada. V roce 2009 zde byla záplava a došlo k poškození strojovny a výbuchu transformátoru. Elektrárna se postupně opravuje a je v provozu jen několik jednotek. V polovině roku 2011 byly v provozu turbíny 3, 4 a 5, které pracují při plném výkonu a turbína 6 byla v rezervě. Všechny turbíny by měly být opraveny do roku 2014.

Druhá největší vodní elektrárna v Rusku je také na řece Jenisej a nazývá se Krasnojarskaja. Je to gravitační přehrada 30 km od Krasnojarsku. Stavěná byla v letech 1956

až 1972, kdy dosáhla výkonu 6 000 MW. Po stavbě se v této oblasti změnilo klima, což bylo možno pozorovat na ledu. Před stavbou zde byl led na řece zhruba 169 dní v roce, ale po postavení přehrady zde led není a je tomu tak i 300 km po proudu.

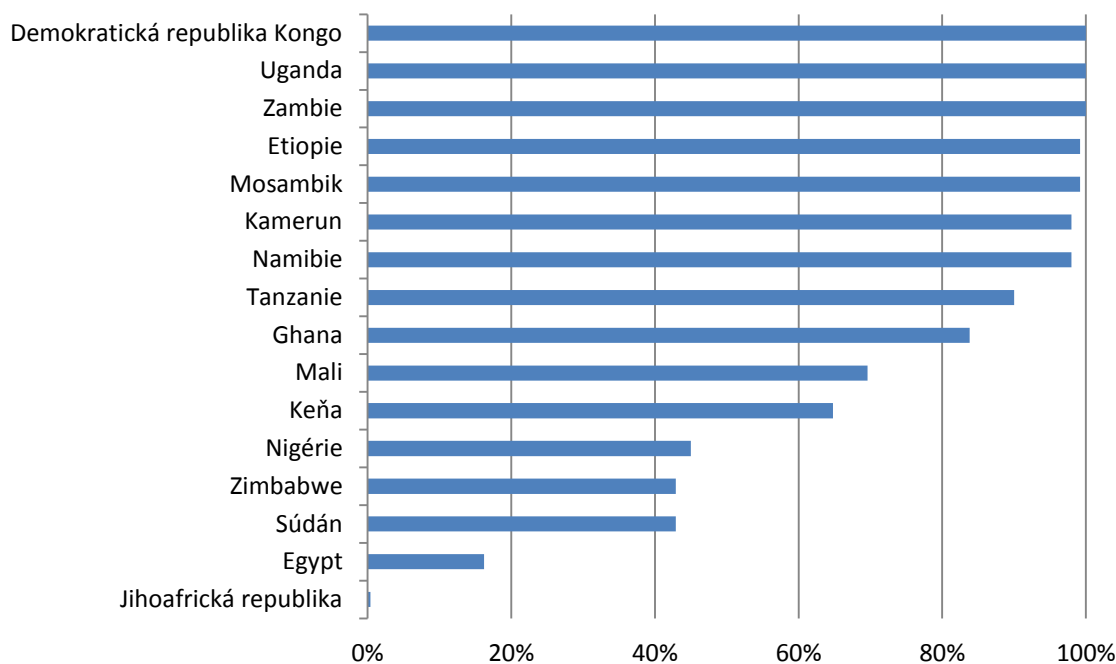
Na řece Angara, což je přítok řeky Jenisej, jsou další tři velké elektrárny. Je zde Bratskaja elektrárna s instalovaným výkonem 4 500 MW. Je to gravitační hráz a jedná se o druhý stupeň kaskády na této řece. Její plné uvedení do provozu bylo v roce 1967 a v té době to byla největší elektrárna na světě. Elektrárna skrývá 18 Francisových turbín o velikosti 250 MW. Třetím stupněm je elektrárna Ust Ilimsk o velikosti 3 840 MW. Stavba probíhala od roku 1963 a v roce 1980 byla uvedena do provozu. Je zde šestnáct Francisových turbín. První stupeň kaskády je teprve ve výstavbě a nazývá se Boguchany. Výstavba zde byla zahájena v roce 1980, ale roku 1994 byla pozastavena z důvodu nedostatku finančních prostředků. Pokračování prací bylo zahájeno v roce 2007 a první generátory by měly pracovat již v průběhu roku 2012. Celkové dokončení je plánováno na další rok. Bude zde devět 330 MW turbín, což dává celkový instalovaný výkon 2 970 MW.

Na nejdelší evropské řece Volze je největší Volgogradská elektrárna, vystavěná v roce 1961. Je to poslední z kaskády elektráren na řekách Volha a Kama před ústím do Kaspického moře. Instalovaná kapacita je 2 582,5 MW pomocí 22 turbín. Další velká elektrárna v kaskádě je Zhiguliovskaja. Stavěla se v letech 1950 až 1957. V současné době má instalovaný výkon 2 320 MW pomocí dvaceti Kaplanových turbín.

Jedna velká elektrárna Bureya je také na Dálném východě na stejnojmenné řece. Stavba byla zahájena v roce 1979, ale kompletní dokončení proběhlo až v roce 2009. Je zde šest turbín a celkový instalovaný výkon je 2 010 MW. [9]

4.4.5 Vodní energie v Africe

Africký kontinent je obdařen velkým potenciálem vodní energie, ale bohužel většina z těchto zdrojů dosud nebyla dostatečně prozkoumána a využita. Využívaná vodní energie je kolem 7 % dostupného potenciálu, což je velmi málo ve srovnání například s Evropou, kde je 65 %. Důvodem jsou vysoké investice, nedostatek vhodných domácích trhů a kvalifikovaných pracovních sil. Obrázek (Obr. 68) ukazuje, jak jsou africké země závislé na výrobě elektrické energie pomocí vodních zdrojů.



Obr. 68: Procentní podíl vyrobené elektrické energie z vodních zdrojů v afrických státech

Největší elektrárna v Africe se nachází v Egyptě v podobě Asuánské přehrady. Egypt je také země s největším instalovaným výkonem ve vodních elektrárnách v Africe. Asuánská přehrada byla postavena v roce 1970. Její schopnost řídit povodně, poskytovat vodu pro zavlažování a vyrábět elektrickou energii je považována za klíčovou věc v industrializaci Egypta. Přehrada se naplnila na svou kapacitu až v roce 1976. Hráz je 3,8 km dlouhá, u základů široká 980 m a na vrcholu 40 m. Výška je 111 m. Elektrárna má 12 Francisových turbín s generátory o celkovém instalovaném výkonu 2 100 MW. Voda z přehrady se také hojně využívá pro zavlažování.

Další zemí s velkým instalovaným výkonem je Demokratická republika Kongo. Jsou tu dvě velké přehrady, které mají celkový instalovaný výkon 1 775 MW. Nazývají se Inga I a Inga II. Jsou zde také projekty na vytvoření dalších dvou přehrad Inga III a Grand Inga, která by byla největší na světě s instalovaným výkonem 36 GW a mohla by dodávat elektrickou energii pro více zemí Afriky. Muselo by ovšem dojít k propojení linek mezi jednotlivými státy.

Výrazným producentem elektrické energie z vodních zdrojů je také Mosambik. Zde je druhá největší africká vodní elektrárna Cahora Bassa. Je to čtvrté největší uměle vytvořené jezero v Africe. Přehrada se nachází na řece Zambezi. Instalovaný výkon je 2 075 MW a elektrárna funguje od roku 1975.

Větší přehradní nádrží než je Cahora Bassa, je přehrada Kariba nacházející se rovněž na řece Zambezi. Zde je ovšem menší elektrárna o instalovaném výkonu 1 320 MW. Elektrárna se nachází na hranici mezi státy Zambie a Zimbabwe. Byla postavena v letech 1955 až 1959 a jedná se o dvakrát zaoblenou betonovou hráz. Oba státy mají svou vlastní elektrárnu. Zimbabwe má zde instalovaný výkon 615 MW a pracuje se na rozšíření na 1 080 MW, které by mělo být dokončeno v roce 2012. Na straně Zambie je elektrárna s instalovaným výkonem 705 MW.

V Ghaně na řece Volta je také velká přehradní nádrž. Zde jsou tři elektrárny o celkovém instalovaném výkonu 1 580 MW. Největší ze třech elektráren je Akosombo s instalovaným výkonem 1 020 MW. Na tento výkon byla elektrárna upravena v roce 2006. Zahájení výroby bylo však již v roce 1965. [9] [92]

4.5 Energie moře

4.5.1 Energie mořských vln

Vývoj výroby elektrické energie z mořských vln je téměř na počátku a zatím není výroba příliš rozšířena, nebo zařízení má malou instalovanou kapacitu. Po světě je několik zařízení u západního pobřeží Evropy. Dále se také provádějí testy např. v Austrálii, Spojených státech amerických nebo Číně.

4.5.2 Energie přílivu

Přilivová energie byla využívána již od roku 1100 n. l. v anglických a francouzských mlýnech. První přílivová elektrárna byla spuštěna v roce 1913 v Anglii a nesla jméno Dee Hydro Station. Od roku 1960 pracuje významnější přílivová elektrárna v Saint Malo na severozápadním pobřeží Francie. Jedná se o princip přehradní přílivové elektrárny. Tato elektrárna má instalovaný výkon 240 MW.

Největší elektrárna tohoto druhu pracuje v Jižní Koreji na severozápadě země v zátocě Sihwa. Je zde instalováno deset 24,5 MW turbín. Elektřina je zde generována pouze přílivem a při odlivu elektrárna nepracuje. Voda v zátocě měla být využívána pro zemědělství, ale ukázalo se znečištění vytvořeného jezera v důsledku zamezení dostatečného proudění. Spuštění provozu bylo v roce 2011.



Obr. 69: Přílivová elektrárna Sihwa, Jižní Korea [105]

V Jižní Koreji je ještě elektrárna Uldolmok, která se nachází na jihu země. Elektrárna byla uvedena do provozu v roce 2009 s výkonem 1 MW a další 0,5 MW část byla spuštěna v roce 2011. Do roku 2013 se plánuje zvýšení na 90 MW. V elektrárně se využívají GHT turbíny stojící v proudu o rychlosti 6,5 m/s. Elektrárna se nachází v úžině o šířce 300 m, kde je rychlost větší, než na otevřeném moři.

Další elektrárnou stejného typu jako elektrárna ve Francii je elektrárna Anapolis Royal Generatio Station v zátocě Fundy v Novém Skotsku. Je to jediná přílivová elektrárna v Kanadě a také v Severní Americe. Tato elektrárna má instalovaný výkon 20 MW. Její stavba byla započata v roce 1880 a dokončena po 4 letech. Cyklus výroby elektřiny trvá u této elektrárny pouze 5 hodin a opakuje se dvakrát denně.

V zálivu Fundy se angažují i společnosti, jejichž zařízení pracuje na principu průchodu vodní masy přes vrtule podobné větrným elektrárnám. Tyto projekty jsou spíše ve fázi návrhu případně testování. Jedno takové zařízení se testuje v úžině Minas, kde bylo instalováno několik turbín na konci roku 2009, jelikož v úžinách dostává voda větší rychlost. [93]

V Rusku je ještě menší elektrárna o instalovaném výkonu 1,7 MW. Zde byla stavba započata již v roce 1968, ale byla přerušena a pokračovala až v roce 2004. Stavba se nachází

na poloostrově Kola. Rozsah přílivu a odlivu zde není největší na světě a dosahuje průměrné hodnoty 5,6 m.

Přílivová elektrárna se nachází také v Číně. Zde je elektrárna pracující na principu přehrad. Celková instalovaná kapacita je 3,2 MW, jelikož jsou zde tři 0,7 MW turbíny společně s jednou 0,6 MW a jednou 0,5 MW. Maximální rozpětí přílivu je zde 8,39 m.

V Jižní Koreji je v současné době ve výstavbě světově největší přílivová elektrárna. Lokalizace je na severozápadě v zátocě Incheon. Bude zde elektrárna s instalovaným výkonem 1 320 MW pomocí 44 stejně velkých turbín. Plánované dokončení je na rok 2017.

Další navrhované projekty jsou například jihokorejská přílivová elektrárna v zálivu Garorim. Kapacita by měla být 520 MW a byla schválena v roce 2008.

Další je například ruská elektrárna v zálivu Penzhin v severovýchodním rohu Ochotského moře. Výstavba elektrárny v zálivu Kutch v Indii by měla být započata v roce 2012 a dokončena koncem roku 2013. Velikost elektrárny bude 50 MW. Obě tyto elektrárny by měly pracovat s pomocí velkých vrtulí poháněných vodou při přílivu a odlivu. [9] [94]

4.6 Biomasa

Biomasa je jedním z nejstarších zdrojů energie pro člověka. Pokud nepočítáme potraviny, využívá lidstvo biomasu jako zdroj energie od doby, kdy se naučilo rozdělovat a udržovat oheň, což je minimálně desítky tisíc let. Ještě v 19. století byla biomasa dominantním zdrojem energie, ale pak začaly převažovat fosilní zdroje.

4.6.1 Biomasa v Severní Americe

Severní Amerika je po Evropě druhým největším producentem elektrické energie z biomasy. Je zde také světově největší producent, což je USA s 67 800 TWh vyrobené elektrické energie v roce 2010. Největší elektrárnou v USA je Rumford Cogen nacházející se ve státě Maine. Tato elektrárna používá jako palivo dřevo a uhlí. V provozu je od roku 1990. V tomto státě jsou i další elektrárny na biomasu. Jedná se o dvě téměř identické elektrárny Ashland a Livermore Falls. Obě mají 39,6 MW a soustředí se na spalování dřevěného odpadu. V elektrárnách jsou vždy dva bubnové kotle. Stavby byly dokončeny v letech 1992 a 1993 a vlastní je společnost Alternative Energy.



Obr. 70: Elektrárna na biomasu Rumford Cogen [96]

Dalším významným místem v USA je stát Kalifornie. Zde je spousta menších elektráren. Největší z nich jsou Delano, Colmac a Wheelabrator Shasta. Delano je elektrárna spalující zemědělský a dřevěný odpad. Instalovaný výkon ve dvou částech je 57,1 MW. Jsou zde fluidní kotle a elektrárna pracuje od roku 1993. Colmac je 47 MW elektrárna používající jako palivo především komunální a zemědělský odpad, funguje od roku 1992. Wheelabrator Shasta využívá tři kotle a instalovaný výkon je 54 MW. Spalují se především zbytky z lesní produkce.

Další velké elektrárny jsou v Minnesotě. Zde je 70 MW elektrárna Hibbard, která spaluje jak uhlí, tak dřevěný odpad. Uhlí se podílí asi 20 % tepelného výkonu. Jsou tu dva bloky, které byly původně postaveny jako klasické tepelné elektrárny, ale v roce 1987 se po pětileté odstávce začalo spalovat dřevo. Druhou elektrárnou je Fibrominn, která je specifická spalováním drůbežího trusu spolu s dalšími zemědělskými odpady.

Také v Texasu se v roce 2011 objevila první elektrárna na biomasu. Dováží se sem odpad z lesů, pil a údržby zeleně v obcích. Elektrárna má instalovaný výkon 50 MW. Ve státě New York je u Niagarských vodopádů 52 MW elektrárna. Zde se jako palivo používá dřevo, které se sváží zhruba z 80 km okruhu, a také odpad z pneumatik, což tvoří kolem 30 %.

Ve Spojených státech se také využívají bioplynové stanice, které odebírají exkrementy od hovězího dobytka z farem. Tyto jednotlivé zdroje vyprodukují malé množství elektrické energie. Nacházejí se především na středozápadě, severovýchodě a v Kalifornii. Většina produkce plynu se používá na generování elektrické energie.

Velký rozvoj zažívají také biopaliva. Většina aut dnes může využívat směsi s 10 % bioethanolu.

V Kanadě bylo v roce 2010 vyrobeno z biomasy 6 690 TWh elektrické energie. Největší kanadská elektrárna je Celgar Mill s instalovaným výkonem 100 MW. Zde se zpracovává palivo zvané černý louh, které vzniká při výrobě papíru. Elektrárna je v provozu v provincii Nová Kolumbie od roku 1990 a v roce 2010 byla přidána 48 MW část. Další elektrárna je v provincii Nový Brunswick. Jmenuje se Edmundston Mill 3 a instalovaný výkon je 44,5 MW. Elektrárna pracuje od roku 1997 a palivem je dřevěný odpad. Většina dalších provozoven zpracovává také dřevěný odpad, případně se kombinuje s dalšími zdroji energie, jako je například zemní plyn. [95] [96] [97]

4.6.2 Biomasa v Jižní Americe

Největším producentem energie z biomasy je v Jižní Americe stát Brazílie. Více než milion brazilských občanů pracuje na výrobě biomasy a vzniklá energie představuje zhruba čtvrtinu energetického mixu. Pro výrobu se využívá především dřevo a dřevní odpad, nebo zbytky ze zemědělství. Nově také vzniká pěstování rychlerostoucích dřevin na plantážích. Tento druh pěstování dřeva ovšem není příliš levný a je jen málo využíván. Elektrárna Piratini má instalovaný výkon 10 MW a jako palivo používá právě dřevěný a zemědělský odpad. Toto byla jedna z prvních elektráren v Brazílii určených na biomasu a byla zprovozněna v roce 2001. Další zařízení je například Petribu Paulista s 8 MW otevřené v roce 2004. Výroba elektřiny z biomasy a odpadů v Brazílii roste velkým tempem a v letech 2006 až 2010 se téměř zdvojnásobila. V roce 2010 byla vyrobená elektrická energie 26 600 TWh.

V Brazílii je také velice rozvinuta výroba bioethanolu. Program na výrobu této látky začal v roce 1975, kdy začaly stoupat ceny ropy. Ideální pro výrobu je cukrová třtina, které je na území Brazílie dostatek. Jsou zde velké plochy orné půdy s příznivým klimatem. Většina aut v Brazílii může běžně jezdit na směsi obsahující 25 % ethanolu a výrobci dnes vyrábějí i vozidla, která mohou být provozována na směsi obsahující i více ethanolu. Brazílie je druhým největším producentem ethanolu na světě. Produkce roste rychleji než domácí poptávka, a tudíž je ethanol vyvážen například do Spojených států amerických. Další vyráběnou látkou z biomasy je také bionafta. [9] [97]

4.6.3 Biomasa v Asii a Oceánii

Největší producent elektrické energie z biomasy v této oblasti je Japonsko. V roce 2010 bylo vyrobeno 20 666 TWh elektrické energie. Japonsko je státem s největším tepelným zpracováním tuhého komunálního odpadu. Tohoto odpadu je zde dostatek z důvodu hustého

zaldnění. Mimo tuhý komunální odpad se využívá odpadů z lesního hospodářství, jelikož na ostrovech je zhruba $\frac{3}{4}$ zalesněné plochy. Zalesněná plocha je většinou hornatého charakteru, a proto zde není možno pěstovat energetické plodiny.

Ke zpracování tuhého komunálního odpadu je v Japonsku největší zařízení Maishima s instalovaným výkonem 32 MW. Nachází se ve městě Osaka a bylo spuštěno v roce 2001. Další podobné zařízení je ve městě Fukuoka a instalovaný výkon je 29,2 MW. Zařízení se nazývá Tobu.

V Japonsku je více než 60 kotlů spalujících biomasu. Další zařízení používají spoluspalování biomasy a uhlí. Největší elektrárna na dřevěnou biomasu je zde Kawasaki o instalovaném výkonu 33 MW. Tato elektrárna byla otevřena v roce 2011. Druhá největší elektrárna na dřevní biomasu je Gonoike s instalovaným výkonem 21 MW. Další elektrárnou je Agatsuma, otevřená také v roce 2011. Instalovaný výkon má 13,6 MW a je to třetí největší elektrárna na biomasu v Japonsku. První 10 MW elektrárna byla Iwakuni, která byla zprovozněna v roce 2006. Elektrárna Miyazaki je elektrárna na spalování drůbežího trusu a má instalovaný výkon 11,35 MW. Byla spuštěna v roce 2005. [96] [98]

5 Souhrn obnovitelných zdrojů energie ve světě

Fotovoltaika je jednou z nejvíce se rozvíjejících technologií v posledních letech a předpokládáný je i její velký rozvoj do budoucna. Instalovaný výkon po celém světě roste podle exponenciální řady. V současnosti je velký instalovaný výkon v USA, kde je naplánována řada projektů i v nadcházejících letech. Dobré sluneční podmínky jsou především v oblasti států Kalifornie a Nevada. V současné době jsou také velké elektrárny v Kanadě, kde se i přes nepříliš výhodné přírodní podmínky tyto elektrárny vystavěly z důvodu příznivých legislativních podmínek. Velkou měrou budou v budoucnu přispívat k vyrobené elektrické energii z fotovoltaiky také státy Čína a Indie, které plánují megalomanské projekty na svém území. Tyto státy se počítají mezi rozvojové země a z toho důvodu zde začal rozvoj této energie v posledních pár letech.

Solární tepelné elektrárny potřebují mít velmi silné přímé sluneční záření pro výrobu elektrické energie, proto se mohou tyto elektrárny nacházet jen na určitých místech světa. Solární tepelné elektrárny se využívají ve Spojených státech amerických, kde byla tato technologie poprvé zkoumána. A to již v roce 1981. Příhodná oblast je Mohavská poušť, kde je několik těchto zařízení, a další jsou ve výstavbě nebo v projektové dokumentaci. Druhou významnou oblastí je poušť Sahara spolu s Blízkým východem, kde se plánuje projekt DESERTEC. V této oblasti je v současné době postaveno několik solárních tepelných elektráren, které jsou většinou přidružené k dalšímu druhu výroby elektrické energie. Pro zprovoznění projektu jsou očekávány stavby dalších elektráren tohoto druhu na tomto území.

Nejvýhodnější lokality pro vznik geotermální energetiky jsou v oblasti Ring of Fire nacházející se na pobřeží Tichého oceánu a na ostrovech této oblasti. Větší rozvoj geotermální energetika zaznamenala v osmdesátých letech minulého století. V současné době probíhá další vlna rozvoje. Státem, který má největší instalovaný výkon na světě, je USA. Zde se geotermální oblasti nacházejí převážně v Kalifornii. Největší elektrárny této lokality byly postaveny právě v osmdesátých letech. V USA je v současné době velké množství projektů v různých fázích vývoje rozšiřující geotermální energii i do jiných oblastí USA. Další jsou státy Střední Ameriky, které vyrábějí 10 – 25 % elektrické energie právě z geotermálních zdrojů. Velmi významnou oblastí jsou také tichomořské ostrovy v čele s Filipínami, Indonésií a Novým Zélandem. V těchto oblastech bylo nejvíce instalovaného výkonu přidáno v devadesátých letech minulého století a tento trend pokračuje i v současnosti. Plánované je další zvyšování instalovaného výkonu se záměrem mít více vyrobené elektřiny než Spojené

státy americké. Vývoj probíhá také v Indii a Africe, kde by mohly v následujících letech být spuštěny nové elektrárny.

Energie větru se rozvíjí ve větší míře až v 21. století. Velmi výrazný vývoj zaznamenala Asie, kde se na první místo v instalovaném výkonu dostala Čína. Velký rozvoj je také v Indii a Japonsku. Největší větrné farmy se nacházejí ve Spojených státech amerických, což je stát s druhým největším instalovaným výkonem. Elektrárny jsou převážně v Texasu a Kalifornii. V Severní Americe má další instalovaný výkon nejen Kanada, ale i Mexiko, kde ovšem začíná rozvoj až v posledních letech. Z Jižní Ameriky se o větrnou energetiku zajímá především Brazílie, kde jsou dvě hlavní oblasti. Jedna je na jihu země a druhá na severovýchodě. Tyto větrné elektrárny doplňují vyrobenou elektřinu z vodních elektráren, jelikož byla zjištěna největší aktivita větrných elektráren v období, kdy je méně srážek. Větry „Roaring Forties“ vanoucí na jižní polokouli dávají dobré podmínky pro využívání větrných elektráren v Austrálii a na Novém Zélandě. Vývoj začíná také na africkém pobřeží Atlantiku a v Egyptě.

Vodní energie se začala využívat již v 19. století na Niagarských vodopádech. Na tomto místě se postupně vyvíjelo několik elektráren, které dodávají elektřinu jak do USA, tak do Kanady. Kanada je druhým největším výrobcem elektrické energie z vodních zdrojů. Je zde velký projekt James Bay. V USA je hojně využívána kaskáda na řece Columbia. Většina největších elektráren v Severní Americe byla postavena již v období 1950 až 1980. Největším producentem v hydroenergetice je Čína, kde je elektrárna s největším instalovaným výkonem na světě. Jedná se o elektrárnu Tři soutěsky. V Číně je řada dalších velkých elektráren. Jejich výstavba probíhala převážně v devadesátých letech minulého století a také v 21. století. V této oblasti je plánováno ještě velké množství projektů. Indie a další země Středního východu mají také velké elektrárny. Překvapující je Japonsko, které má velký instalovaný výkon, přestože zde nejsou žádné opravdu velké řeky. Velký instalovaný výkon je v přečerpávacích elektrárnách. Jižní Amerika má také velké vodní elektrárny. Je zde elektrárna Itaipu s největším množstvím vyrobené energie za rok. V této oblasti je největším producentem Brazílie, ale například Paraguay vyrábí téměř 100 % elektrické energie z vodních zdrojů. Elektrárny v této oblasti jsou přistavovány téměř rovnoměrně od osmdesátých let. Velmocí ve výrobě elektrické energie je i Rusko, kde se nacházejí největší elektrárny na řekách Jenisej a Volha. V Africe jsou některé státy velice závislé na elektrické energii z vodních zdrojů. Je tu

několik velkých elektráren pracujících již od sedmdesátých let. V některých státech je plánované i rozšíření výroby elektřiny, což ovšem přináší velké počáteční investice.

Energie moře se v současnosti nejvíce využívá ve formě přílivu. Největší instalovaný výkon je v Jižní Koreji, kde je také největší elektrárna. Zde byly elektrárny vybudovány v několika posledních letech. Starší elektrárna je v Kanadě v zálivu Fundy. V plánech jsou další elektrárny pracující na principu proudu vody v nějaké úžině. Vlnové elektrárny jsou teprve na svém počátku a dochází spíše k testování různých technologií.

Biomasa je poměrně starý zdroj energie, ale elektřina se z tohoto zdroje vyrábí poměrně krátkou dobu. Největším producentem mimo Evropu jsou Spojené státy americké. Dalším producentem elektřiny z biomasy je Kanada. Biomasa jako zdroj energie se v těchto oblastech ve větší míře využívá přibližně od roku 1990. Brazílie je také producentem biomasy pro energetické účely. Vyrábí se zde jak elektrická energie, tak biopaliva. V Japonsku se využívá tuhý komunální odpad z měst a dřevní odpad pro výrobu elektřiny. Takto vyráběná elektřina je záležitostí až několika posledních let.

Závěr

Na základě prvního bodu zadání diplomové práce jsem vysvětlil základní principy obnovitelných zdrojů energie. Jsou zde popsány základy o solární energii, geotermální energii, energii větru, energii vody na pevnině a v moři a dále také energii uložené v biomase.

Druhá a třetí část se zaměřuje na analýzu přírodních, technických a legislativních podmínek vzniku výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v určitých lokalitách na planetě Zemi mimo Evropskou unii. Z analýzy přírodních podmínek vyplývá, že každý druh obnovitelných zdrojů má jiná místa, která jsou pro využití výhodná. Dále také závisí na technické a ekonomické způsobilosti tyto druhy využívat. V neposlední řadě zde též působí různé politické a finanční pobídky pro nové i stávající investory do těchto druhů energie v určitých státech, jelikož i lepší legislativní podmínky mohou dát příležitost vzniku využívání určitého druhu energie navzdory horším přírodním podmínkám.

Poslední část je zaměřena na oblasti, ve kterých se daný druh energie využívá. Jsou zde stručně popsány největší elektrárny a nastíněn vývoj využívání těchto energií.

Velmi významnou oblastí mimo Evropu jsou Spojené státy americké, které se snaží využívat různé druhy obnovitelných zdrojů. Jsou tu výhodné nejen přírodní podmínky, ale i ekonomické podmínky, jelikož USA jsou vyspělý stát. Vodní energie se na tomto území využívá již více než sto let. Velké elektrárny byly stavěny již v druhé polovině dvacátého století. V oblasti využívání dalších druhů obnovitelných zdrojů se USA snažily být vždy na jednom z předních míst.

V současné době se o obnovitelné zdroje také velice zajímají rozvojové země v Asii, hlavně Čína a Indie. Čína zaujímá první místo ve výrobě elektrické energie z vodní a větrné energetiky. Tyto druhy energie se zde začaly využívat ve větší míře v posledních dvaceti letech.

Využívání obnovitelných zdrojů má před sebou velkou budoucnost, protože lidstvo se bude muset snažit nahradit fosilní zdroje. Jelikož je v dnešní době poměrně rychlý vývoj různých technických zařízení, bude, podle mého názoru, také docházet ke zvýšení efektivity výroby elektrické energie z těchto zdrojů.

Seznam použité literatury

- [1] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-010-2802-X.
- [2] KAMINSKÝ, Jaroslav a Mojmír VRTEK. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 1998, 96 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [3] ŠEVČÍKOVÁ, Lenka a Sylva KMÍNOVÁ,. *Pasivní solární energie*. [online]. 2004 [cit. 2011-12-06]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/01_Pozemni%20stavitelstvi/1_03_Prostredi%20v%20budovach/Sevcikova_Lenka.pdf.
- [4] *EkoWATT : Centrum pro obnovitelné zdroje a úsporu energie* [online]. 2011 [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie>
- [5] *Alternativní zdroje energie* [online]. 2011 [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz>
- [6] *Bestservis.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <http://www.bestservis.cz/fotovoltaika.htm>
- [7] *Schéma sluneční elektrárny* [online]. 2001 [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <http://www.energyweb.cz/web/schemata/slunecni/index.htm>
- [8] *Geotermální energie - Zdroje energie* [online]. 2008 [cit. 2012-01-28]. Dostupné z: <http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/10/geotermalni-energie.html>
- [9] *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 2012 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org>
- [10] *Anatomie Země*. 3. vyd. Překlad Jaroslav Sládek. Praha: Albatros, 1995, 121 s. Radost z vědění. ISBN 80-000-0181-0.
- [11] SLÁDKOVÁ, Veronika. *Vliv obnovitelných zdrojů na flóru, faunu a krajinný ráz*. Západočeská univerzita v Plzni, 2011. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [12] ŠKORPIL, Jan a Milan KASÁRNÍK. *Obnovitelné zdroje energie I.: vodní elektrárny*. 2. vyd., přeprac. Překlad Jaroslav Sládek. V Plzni: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2000, 126 s. Radost z vědění. ISBN 80-708-2675-4.
- [13] *Vodní elektrárny* [online]. 2005 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.elektrarny.xf.cz>
- [14] SOUKUP, Michal. *Moderní technologie pro využívání obnovitelných zdrojů energie*. Západočeská univerzita v Plzni, 2010. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.

- [15] Týden.cz: *Mořské elektrárny využívající energii vln* [online]. 2009 [cit. 2012-02-03]. Dostupné z: http://www.tyden.cz/rubriky/veda-a-technika/technologie/morske-elektrarnyvyuzivaji-energii-vln_107881.html
- [16] *Ústav botaniky a zoologie: Energie moří, oceánů a oceánobiologie* [online]. 2007 [cit. 2012-02-03]. Dostupné z: http://botzool.sci.muni.cz/study/ekologie_mori
- [17] *Ekologické bydlení* [online]. 2009 - 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu>
- [18] *Czech RE Agency: Biomasa* [online]. 2011 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/biomasa>
- [19] JÍLEK, David. *Elektrická výzbroj obnovitelných zdrojů energie*. Západočeská univerzita v Plzni, 2010. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [20] *Tenza* [online]. 2012 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/aktivity/energetika/energeticke-stavby/bioplynove-stance>
- [21] *Katharine Hamnett: Concentrated solar power* [online]. 2011 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: <http://www.katharinehamnett.com/Campaigns/Concentrated-Solar-Power/REPORT>
- [22] *TZB-info: Solární články z krystalického křemíku* [online]. 2006 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3553-solarni-clanky-z-krystalickeho-kremiku-zakladni-technologie-soucasne-fotovoltaiky>
- [23] ŠMOLÍK, Pavel. *Autonomnost solárních systémů*. UTB Zlín, 2010. Dostupné z: http://dspace.knihovna.utb.cz/bitstream/handle/10563/11170/%C5%A1imon%C3%ADk_2010_dp.pdf?sequence=1. Diplomová práce. UTB Zlín.
- [24] *Ekoblog.cz: Koncentrátorové solární články* [online]. 2008 [cit. 2012-02-09]. Dostupné z: <http://www.ekoblog.cz/?q=node/182>
- [25] *WREN: Renewable Energy* [online]. 2011 [cit. 2012-02-09]. Dostupné z: <http://www.wren-renewableenergy.com>
- [26] *OSEL.CZ: Sluneční tepelné elektrárny* [online]. 2011 [cit. 2012-02-09]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=5664>
- [27] *Geothermal Energy Association* [online]. 2011 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.geo-energy.org>
- [28] *Geothermal Energy: Geothermal Energy Slide Show* [online]. 2000 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://geothermal.marin.org/geopresentation>

- [29] Dupont Energy Consulting [online]. 2012 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://dupontconsulting.wordpress.com>
- [30] ČSVE: Větrné elektrárny [online]. 2012 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/cz/detail-kategorie/z-ceho-se-sklada-vetrna-elektrarna/82>
- [31] NOVOTNÝ, Martin. *Návrh zdroje elektrické energie se Darriusovým motorem*. Vysoké učení technické v Brně, 2008. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=10630. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [32] ZEMĚPIS: Klimatické poměry Severní Ameriky [online]. 2011 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.zemepis.com/klimasa.php>
- [33] Regionální geografie Asie: Přírodní podmínky [online]. 2011 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: http://geo-asie.upol.cz/uploads/prednasky_ke_stazeni/Prirodni_pomery.pdf
- [34] Photobucket: World precip annual [online]. 2011 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: http://i116.photobucket.com/albums/o21/Kadu_album/World_precip_annual.png
- [35] Renewable Energy Resources: Ocean Energy [online]. 2009 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.geni.org/globalenergy/library/renewable-energy-resources/ocean.shtml>
- [36] Pedagogická fakulta MU: Elektrotechnika 1 [online]. 2011 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: www.ped.muni.cz/wtech/elearning/ELE/Vyroba_elektricke_energie.ppt
- [37] Pelamis Wave Power [online]. 2012 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.pelamiswave.com>
- [38] Alternative Energy News: Seagen Tidal Power Installation [online]. 2007 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.alternative-energy-news.info/seagen-tidal-power-installation>
- [39] Engineer Live [online]. 2012 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: http://www.engineerlive.com/Power-Engineer/Engines_Turbines/Submerged_tidal_turbine_goes_with_the_flow_on_green_energy/22172
- [40] VTM.cz: Zkrocení přílivu [online]. 2008 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://vtm.zive.cz/clanek/zkroceni-prilivu>
- [41] GCK Technology [online]. 2011 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.gcktechnology.com/GCK/pg2.html>
- [42] FAO: Global Forest Resources Assessment [online]. 2005 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.fao.org/forestry/fra/41256/en>
- [43] BŘICHNÁČ, Pavel. *Vývoj zemědělského půdního fondu ve světě*. Univerzita Karlova, 2005/2006. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/~brichnac/skola/ukol_1.pdf. Cvičení z ekologické geografie. Univerzita Karlova.

- [44] OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Michal BRANC. *Metodická příručka ke studiu - Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka2.pdf>
- [45] JAKUBES, Jaroslav, Helena BELLINGOVÁ a Michal ŠVÁB. *Moderní využití biomasy*. Česká energetická agentura, 2006. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>
- [46] *PVRESOURCES: large-Scale Photovoltaic Power Plants* [online]. 2012 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.pvresources.com/PVPowerPlants/Top50.aspx>
- [47] *ThomasLloyd* [online]. 2012 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.thomas-lloyd.de/projekte/starwood-solar-sault-ste-marie-ssm-ii>
- [48] *NRG Solar: Avenal Solar Project* [online]. 2011 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: http://nrgsolarenergy.com/Factsheet_Website/avenal.html
- [49] *Newscontent* [online]. 2011 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://newscontent.cctv.com/news.jsp?fileId=120151>
- [50] *China Longyuan Power Corporation Lmtted* [online]. 2011 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.clypg.com.cn/en/latestnews/latestnews/270231.shtml>
- [51] *CDM* [online]. 2011 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/BVQI1288260653.12/view>
- [52] *DNA: Dayli News and Alalysis* [online]. 2011 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: http://www.dnaindia.com/india/report_solar-power-plant-in-ahmedabad-asia-s-biggest_1597912
- [53] *DeshGujarat* [online]. 2010 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://deshgujarat.com/2010/12/30/modi-lays-stone-for-500-mw-solar-park-at-patan-districts-charanka>
- [54] *Thailand Business News* [online]. 2011 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://thailand-business-news.com/news/headline/34015-thailand-plans-to-rev-up-solar-power#.T2YK4hEf4tx>
- [55] *TRUenergy* [online]. 2011 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: http://www.truenergy.com.au/malleesolarpark/TRU_MlduraSolar.pdf
- [56] *The Age* [online]. 2010 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.theage.com.au/environment/energy-smart/massive-solar-energy-plant-scores-100m-funding-20100921-15kow.html>
- [57] *Moree Solar Farm* [online]. 2011 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.moreesolarfarm.com.au/Project.htm>
- [58] BENEŠOVÁ, Zuzana. DESERTEC - slunešní energie z pouští. *PRO-ENERGY*. 2009, č. 4. Dostupné z: <http://pro-energy.cz/clanky12/2.pdf>

- [59] *Flickr* [online]. 2010 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/worldbank/4841552793/in/photostream>
- [60] *Leccos: Anemometr* [online]. 2011 [cit. 2012-01-28]. Dostupné z: <http://leccos.com/index.php/clanky/anemometr>
- [61] *SolarPACES* [online]. 2011 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: http://www.solarpaces.org/Tasks/Task1/egypt_kuraymat.htm
- [62] *India PRwirw* [online]. 2012 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.indiaprwire.com/pressrelease/oil-energy/2011082495744.htm>
- [63] *Tomorrow is Greener* [online]. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.tomorrowisgreener.com/the-los-humeros-ii-geothermal-power-plant-comes-online-in-2012-mexico>
- [64] *IGA: International Geothermal Association* [online]. 2010 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: http://www.geothermal-energy.org/109,welcome_to_our_page_with_data_for_mexico.html
- [65] *ThinkGeoEnergy* [online]. 2009-2011 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://thinkgeoenergy.com/archives>
- [66] *Orkustofnun* [online]. 2011 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.os.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-12-42.pdf>
- [67] *Nicaragua Living* [online]. 2010 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.nicaliving.com/node/17602>
- [68] *World Industry Information* [online]. 2011 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.industryabout.com>
- [69] *Cleandex* [online]. 2008 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.cleandex.ru/articles/2008/06/23/geothermal-energy>
- [70] *MapaOnline.cz: Mapa Filipín* [online]. 1993 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://mapaonline.cz/mapa-filipin>
- [71] *Vista Pinas* [online]. 2011 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://www.vistapinas.com>
- [72] *Power Technology* [online]. 2011 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://www.power-technology.com>
- [73] *IGA: International Geothermal Association* [online]. 2010 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: http://www.geothermal-energy.org/210,welcome_to_our_page_with_data_for_indonesia.html

- [74] *Stanford School of Earth Sciences: Geothermal resources in the Pasific islands* [online]. 2011 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2011/mccoy.pdf>
- [75] *UNEP: United Natiols Environment Programme* [online]. 2011 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.unep.org/climatechange/finance/TransactionSupport/InvestmentAdvisoryFacilityIAF/SupportedProjects/GeothermalPowerPlantonVanuatu/tabid/29702/Default.aspx>
- [76] *KenGen* [online]. 2012 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.kengen.co.ke>
- [77] *Renewable Energy World* [online]. 2010 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/12/the-big-list-2010s-biggest-renewable-energy-projects>
- [78] *Ormat Technologies* [online]. 2011 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.ormat.com/news/latest-items/ormat-technologies-recieves-us-310-million-commitment-letter-refinance-and-expand->
- [79] *ZeeNews* [online]. 2010 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: http://zeenews.india.com/news/econews/india-s-first-geothermal-power-plant-to-come-up-in-ap_652051.html
- [80] *EAI: Catalyzing Cleantech in India* [online]. 2012 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.eai.in/ref/ae/geo/geo.html>
- [81] *REVE: Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos* [online]. 2010 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=5948
- [82] *Q-klub Příbram: Větrná elektrárna* [online]. 2011 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.quido.cz/objevy/vitr.htm>
- [83] *CDM* [online]. 2010 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1218552183.25/view>
- [84] *GWEC: Global Wind Energy Council* [online]. 2012 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.gwec.net>
- [85] *EcoSources.info* [online]. 2008 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.ecosources.info/en/topics/Darrieus_vertical_axis_wind_turbine
- [86] *The Ramblings of a Bush Philosopher: Wind farms in Victoria* [online]. 2011 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://ramblingsdc.net/Australia/WindVic.html>
- [87] *AGL* [online]. 2012 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.agk.com.au/macarthur/index.php/the-project>

- [88] *The Canadian Encyclopedia: James Bay Project* [online]. 2012 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/james-bay-project>
- [89] *TV Freak: Nikola Tesla* [online]. 2011 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: http://www.tvfreak.cz/art_doc-F4157FB82841DD67C12578EF003E1CF8.html
- [90] *Niagara Falls Thrunder Alley: History* [online]. 2012 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.niagarafrontier.com/power.html>
- [91] *The Last Columnist: China's Three Gorges Dam* [online]. 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://thelastcolumnist.com/home/chinas-three-gorges-dam-environmental-destruction-for-sale>
- [92] EL-GAZZAR, Mohamed, Yassin Mohamed IBRAHIM a Maher Aziz BEDROUS. Hydro and nuclear power for African less-carbon development. 2007. Dostupné z: www.worldenergy.org/documents/p001273.doc
- [93] *Annapolis Valley Vocation: Annapolis Tidal Power Plant* [online]. 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.annapolis-valley-vacation.com/tidal-power-plant.html>
- [94] *Greendiary* [online]. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.greendiary.com/entry/5-largest-tidal-power-projects-proposed-green-future>
- [95] *Energimyndigheten: Renewable energy in the U.S. - Biogas* [online]. 2008 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.energimyndigheten.se/Global/Engelska/News/biogas.pdf>
- [96] *Power plant around the world* [online]. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.industcards.com>
- [97] *EIA: U.S. Energy Information Administration* [online]. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=6&pid=38&aid=12&cid=regions&syid=2006&eyid=2010&unit=BKWH>
- [98] *Biomass Power and Thermal* [online]. 2011 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://biomassmagazine.com/articles/5550/biomass-power-pillar-of-a-new-japan>
- [99] *Geothermal Energy Resources of India* [online]. 2011 [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <http://www.geos.iitb.ac.in/geothermalindia/pubs/IBC/IBCTALKweb.htm>
- [100] *SEIA: Solar Energy Industry Association* [online]. 2012 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: http://www.seia.org/cs/research/industry_data
- [101] *IREC: Interstate Renewable Energy Council* [online]. 2010 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: http://irecusa.org/wp-content/uploads/2010/07/IREC-Solar-Market-Trends-Report-2010_7-27-10_web1.pdf

[102] *Stanford School of Earth Sciences: Repeat microgravity and leveling surveys at Leyte geothermal producing field* [online]. 2005 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2005/apuada.pdf>

[103] *Save.me: Geothermal power plants in the world today* [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.save.me/geothermal-power-plants-in-the-world-today>

[104] *Solaripedia* [online]. 2009 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: http://www.solaripedia.com/13/163/1482/roscoe_wind_farm.html