

OBNOVITELNÉ  
ZDROJE  
ENERGIE A  
SKUPINA ČEZ





# OBSAH

<b>SOUČÁST VYVÁŽENÉHO ENERGETICKÉHO MIXU</b>	<b>5</b>
<b>ČEZ A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE</b>	<b>6</b>
Z rodného listu obnovitelných zdrojů	7
<b>ENERGIE VODY</b>	<b>9</b>
K principu vodní elektrárny	10
Hydroenergetika akciové společnosti ČEZ	11
Akumulační a průtočné elektrárny	12
Malé vodní elektrárny Skupiny ČEZ	14
Velké přečerpávací vodní elektrárny	19
<b>VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE</b>	<b>23</b>
Principy získávání energie ze slunečního záření	24
Využití solární energie v České Republice	26
Fotovoltaické elektrárny Skupiny ČEZ	28
<b>VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY</b>	<b>31</b>
Princip větrné elektrárny	32
Perspektivy větrné energetiky v ČR	33
Skupina ČEZ a větrné elektrárny	34
Jak dál v rozvoji větrné energetiky	35
Větrná energetika a Evropská unie	35
<b>BIOMASA A BIOPLYN</b>	<b>37</b>
Zdroje biomasy	38
Zdroje bioplynu	40
<b>ZELENÁ ENERGIE</b>	<b>42</b>







# SOUČÁST VYVÁŽENÉHO ENERGETICKÉHO MIXU

Za obnovitelné zdroje energie jsou v podmínkách ČR považovány nefosilní přírodní zdroje energie, jako je energie vody, větru, slunečního záření, biomasy a bioplynu, energie prostředí využívaná tepelnými čerpadly, geotermální energie a energie kapalných biopaliv. Pokud by praotec Čech došel až k moři, mohli bychom tuto skupinu zdrojů rozšířit i o využití energie obrovských vodních mas.

Obnovitelné zdroje energie mají ve vyváženém energetickém mixu České republiky své pevné místo. Věda a technika nacházejí stále nové možnosti, jak efektivitu využívání obnovitelných zdrojů zvýšit. Skupina ČEZ s pokročilými aplikacemi drží krok a vhodná řešení přebírá do své praxe. Využití obnovitelných zdrojů chce jako jednu z cest minimalizace nebezpečí ohrožení klimatu Země skleníkovým efektem podporovat i v budoucnu.

Obnovitelným zdrojem s největším energetickým potenciálem využívaným Skupinou ČEZ je vodní energetika, největší šance z hlediska dalšího rozvoje se dávají biomase, především dřevní štěpce a dalším rostlinným produktům lesního a zemědělského původu. Vyplývá to z faktu, že technická řešení většiny

vybraných, zpravidla teplárensky zaměřených výroben Skupiny ČEZ, umožňují poměrně úspěšně spalovat biomasu ve směsi s uhlím. Portfolio zdrojů Skupiny ČEZ samozřejmě doplňují také zdroje na bázi využití energie slunce, větru a bioplynu.

Maximální využívání obnovitelných zdrojů je i jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Podle výsledků průzkumu provedeného statistickým úřadem EU Eurostat považuje zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na bilanci spotřeby energie za jeden z prioritních úkolů svých vlád 90 % občanů členských zemí. Evropská unie si v rámci své energetické politiky stanovila cíl zvýšit podíl hrubé spotřeby energie z obnovitelných zdrojů na úroveň 20 % do roku 2020. Česká republika si jako indikativní cíl vůči EU stanovila dosažení hrubé spotřeby více než 13 % energie z obnovitelných zdrojů v roce 2020.



■ První větrná elektrárna ČEZ na Dlouhé Louce u Litvínova (1993). Dnes již neexistuje.

■ ■ Větrné elektrárny typu Re power MM92 vyrábějící 100% čistou elektřinu ve Věžnici na Vysočině patří ve své kategorii ke světové špičce.

## ČEZ A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Využívání obnovitelných zdrojů energie – s výjimkou velkých vodních elektráren a velkých zdrojů spalujících biomasu – se ve Skupině ČEZ věnuje dceřiná společnost ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. Tato společnost provozuje na dvacet vodních elektráren, více než deset fotovoltaických elektráren a dvojici větrných farem a bioplynových stanic. Hlavním záměrem je připravit a vybudovat další zařízení využívající obnovitelné zdroje, která by přispěla ke splnění platných závazků České republiky vůči evropské unii ohledně zvyšování podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě.

### Záměry do budoucna

Skupina ČEZ má na racionálním využívání obnovitelných zdrojů dlouhodobý zájem. Zaměření mateřské společnosti ČEZ, a. s., a z větší části i ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o., se z hlediska výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů i nadále soustředí na využití vodní energie, energie ze spalování biomasy, energie větru, slunce a bioplynu. Současně se v hydroelektrárnách a malých vodních elektrárnách přistupuje k uplatňování programu zvyšování účinnosti zpracování hydropotenciálu. Do roku

2022 by mělo dojít k navýšení výroby elektřiny z vodních elektráren minimálně o 60 GWh ročně.

V blízké budoucnosti lze očekávat zejména:

- vyšší využití zařízení instalovaných v rámci ekologizace výroby elektřiny na konci 90. let 20. století (rozšíření spalování biomasy fluidní technologií)
- dosažení konkrétních výsledků synergického působení v rámci Skupiny ČEZ jako důsledku sloučení subjektů zabývajících se obdobnými aktivitami
- celkové zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny ve zdrojích Skupiny ČEZ s cílem pomoci naplnit dosavadní ambiciózní cíle indikované ČR vůči EU.

## Z RODNÉHO LISTU OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Prapůvodním zdrojem téměř veškeré energie na Zemi je Slunce. Po miliony let dodávalo energii rostlinám, které pak zuhelnatěly a daly vzniknout fosilním palivům. Když je spálíme, uvolníme Sluncem konzervovanou energii. Bohužel jednorázově. Dalším původním zdrojem energie jsou na Zemi radioaktivní prvky, které se k nám dostaly při výbuchu pradávné supernovy v době vzniku naší planety. I těch

## Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v zařízeních Skupiny ČEZ (v GWh)

výrobní zařízení	2007	2008	2009	2010
vodní, sluneční a větrné elektrárny	1 663	1 548	2 104	2 325
spalování biomasy	249	327	327	336
<b>obnovitelné zdroje energie celkem</b>	<b>1 912</b>	<b>1 875</b>	<b>2 431</b>	<b>2 661</b>

je k dispozici jen omezené množství. Nezbyvá tedy, než hledat další alternativní zdroje energie, které by uspokojily energetické potřeby lidstva po celou dobu jeho předpokládané existence.

Za existenci všech obnovitelných zdrojů můžeme poděkovat Slunci. To nám poskytuje nejen tepelnou energii, ale i energii světelnou, kterou můžeme ve fotovoltaických systémech přeměnit na elektřinu. Ohřevem zemského povrchu a atmosféry vytváří vrstvy vzduchu s různou teplotou, hustotou a tlakem, jejichž vyrovnáváním vzniká vítr. Díky slunečnímu teplu se vypařuje voda a dochází k neustálému koloběhu vody na Zemi; ten také disponuje využitelným energetickým potenciálem. Energii nabízejí i teplotní rozdíly povrchu a hlubiny oceánů, vlnobití vyvolané větrem nebo dmутí oceánů vyvolaná slapovými silami Měsíce a Slunce.

K obnovitelným zdrojům se počítají také geotermální zdroje, které vznikají z tepla uvolňovaného rozpadem radionuklidů a dalšími exotermickými pochody probíhajícími v zemské kůře. I ty děkují za svou energii procesům, v nichž hrálo Slunce v souvislosti se vznikem naší galaxie podstatnou roli.

Využití obnovitelných zdrojů v České republice rok od roku roste. Největší podíl na výrobě z obnovitelných zdrojů v rámci ČR drží stále vodní elektrárny, v posledních letech zaznamenává významný nárůst také výroba z biomasy a slunečního záření. Vodní elektrárny, i když z hlediska výroby elektřiny nehrají v rámci energetické mixu ČR důležitou roli, mají velký význam pro operativní vyrovnávání okamžité energetické bilance v elektrizační soustavě ČR.







# ENERGIE

## VODY

Vodní elektrárny využívají stále se obnovující energii vody, kterou Slunce přemísťuje z moří a povrchu Země do atmosféry. Ve vodních tocích se akumuluje a nabízí obrovský energetický potenciál. Zatímco energie získávaná vodním kolem sloužila pro velmi pestrou paletu nejrůznějších lidských činností, moderní vodní turbíny nacházejí své uplatnění takřka výhradně při výrobě elektřiny. Hydroenergetika je perspektivní především v oblastech prudkých toků s velkými spády.

V českých zemích má využívání vodní energie dlouholetou tradici. Od přímého mechanického pohonu zařízení mlýnů, pil a hamrů až k přeměně na elektrickou energii. V ČR však přírodní poměry nejsou pro budování velkých vodních energetických děl ideální. Naše toky nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody. Proto je podíl výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách na celkové výrobě v ČR poměrně nízký. V rámci obnovitelných zdrojů však u nás hrají prim.

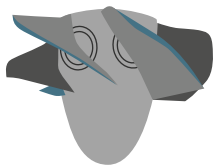
Významným posláním vodních elektráren v ČR je sloužit jako doplňkový zdroj výroby elektrické energie a využívat především své schopnosti rychlého na-

jetí na velký výkon a tedy operativního vyrovnání okamžité energetické bilance v elektrizační soustavě ČR.

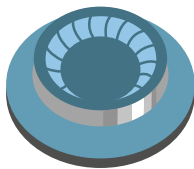
Podle metodiky EU se vodní elektrárny nad hranicí instalovaného výkonu 10 MW (hranice pro tzv. malé vodní elektrárny) mezi zařízení vyrábějící elektřinu z obnovitelných zdrojů nepočítají, nicméně z hlediska jejich významu pro elektroenergetiku ČR a především pro zachování životního prostředí si i ony zaslouží naší pozornost. Ze stejného důvodu se zmiňujeme také o přečerpávacích vodních elektrárnách, které také nepatří do kategorie výroby z obnovitelných zdrojů energie. Většina velkých vodních elektráren je součástí tzv. vltavské kaskády, jejich provoz je automatický a jsou řízeny z centrálního dispečinku ve Štěchovicích.

## ✓ Základní typy moderních vodních turbín

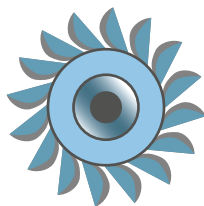
### ✓ Řez akumulační vodní elektrárnou



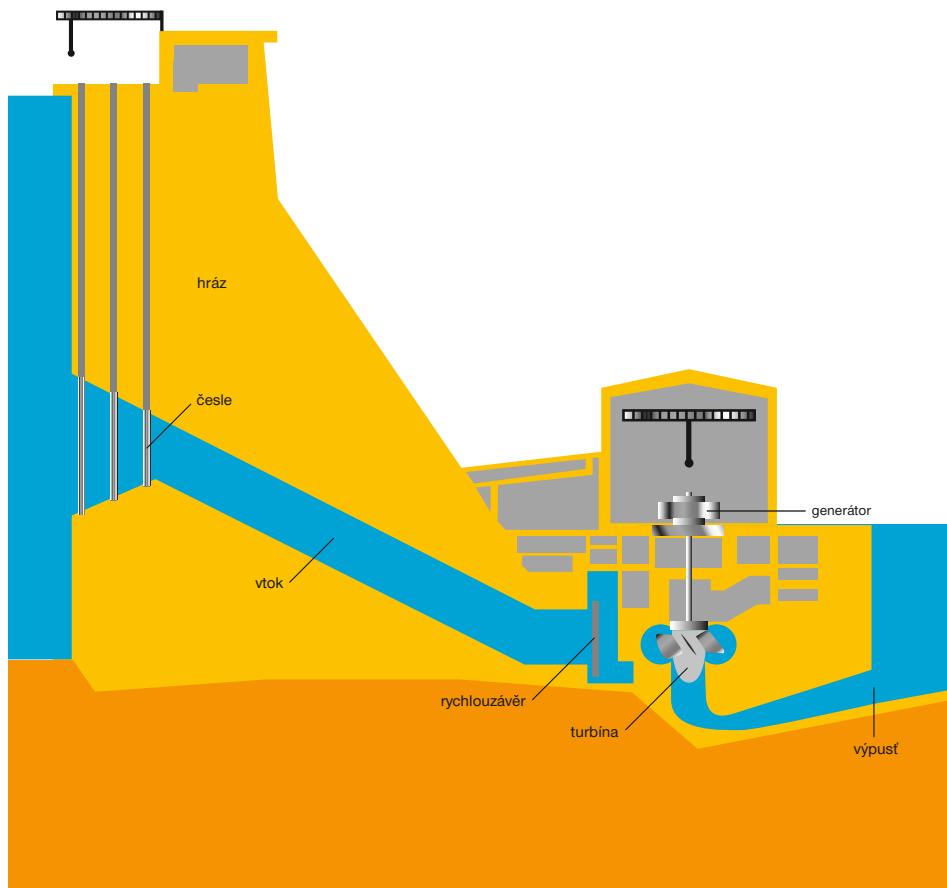
Kaplanova



Francisova

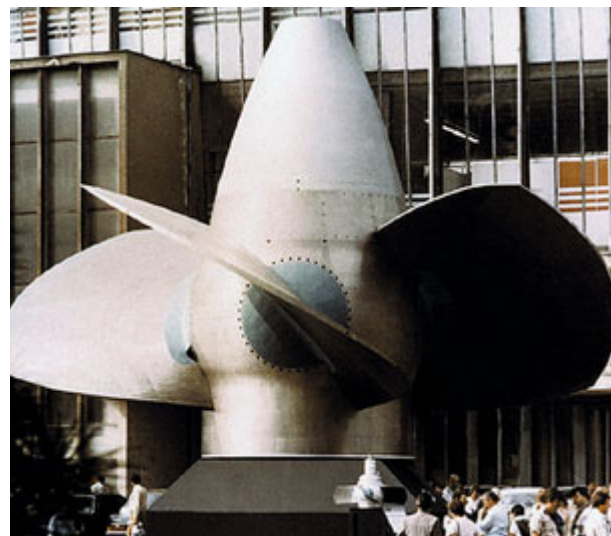


Peltonova



## K PRINCIPU VODNÍ ELEKTRÁRNY

Voda přitékající přivodním kanálem roztáčí turbínu, která je na společné hřídeli s generátorem elektrické energie. Dohromady tvoří tzv. turbogenerátor. Mechanická energie proudící vody se tak mění na základě elektromagnetické indukce (v otáčející se smyčce elektrického vodiče v magnetickém poli se indukují střídavé elektrické napětí) na energii elektrickou; ta se transformuje a odvádí do míst spotřeby. Výběr turbíny závisí na účelu a podmínkách celého vodního díla (elektrárny včetně vodní nádrže, řečiště či jiného zařízení usměrňujícího proud vody). Nejčastěji se osazují turbíny reakčního typu (Francisova nebo Kaplanova turbína), a to v bohaté paletě modifikací. V podmínkách našich řek se nejčastěji používají Kaplanovy turbíny s nastavitelnými lopatkami. Kaplanova turbína je v podstatě reakční přetlakový stroj, který dosahuje několikanásobně vyšší rychlosti než je rychlost proudění vody. Je vhodná pro velká množství vody a pro menší spády. Pro vysoké spády (někdy až 500 m) se používá akční Peltonova turbína. Je to rovnotlaký stroj, jehož obvodová rychlost otáčení je nižší než rychlost proudění. Voda vstupuje do turbíny pouze v některých částech jejího obvodu a nezahltí celý obvod – vodu na lopatky tvaru misek přivádějí



trysky. V přečerpávacích vodních elektrárnách se používá reverzní Francisova turbína s přestavitelnými lopatkami, která při zpětném chodu funguje jako čerpadlo. V malých vodních elektrárnách se převážně zabydlela malá horizontální turbína Bánkiho spolu s upravenou jednoduchou turbínou Francisovou.

### **Přednosti vodních elektráren**

Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu, nevyžadují suroviny, jsou bezodpadové a vysoce bezpečné. Pružným pokrýváním spotřeby a schopností akumulace energie (v přečerpávacích elektrárnách) zvyšují efektivnost provozu elektrizační soustavy. Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci prostředí (prokysličování vodního toku). Akumulační nádrže vodních elektráren zlepšují kvalitu vody, slouží jako zdroj pro odběr průmyslové vody a vody určené pro závlahy a pro úpravu na vodu pitnou. Snižují nebezpečí a následky povodní, zvyšují minimální průtoky a zlepšují plavební podmínky. Značná část těchto nádrží má nezanedbatelnou funkci rekreační.

### **První vodní elektrárny**

V českých zemích se vodní energetika podílela na historicky prvních krocích elektrizace

u nás. Nejstarším zařízením tohoto typu v Čechách byla vodní elektrárna v Písku, vybudovaná v roce 1888. Byla zřízena v návaznosti na velký úspěch propagačního osvětlení centra města Františkem Křížikem 23. června 1887 (Písek se stal prvním městem v Čechách se stálým veřejným elektrickým osvětlením). Také v Praze existovaly již na začátku 20. století dokonce dvě vodní elektrárny – na Těšnově a na Štvanici. Těšnovská byla roku 1929 zrušena, štvanická je po rekonstrukci dodnes v provozuschopném stavu.

## **HYDROENERGETIKA AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI ČEZ**

Vodní energetika byla významnou součástí již předchůdce dnešní akciové společnosti, koncernu České energetické závody. Tvořily ji především výroby postupně instalované jako součást vltavské kaskády a další přehradní díla osazená vodními turbínami na Labi, Ohři, Dyji, Moravě a Jihlavě. Později byly pro potřeby pokrytí špičkových výkonů v elektrizační soustavě ČR (Československa) postaveny na Moravě přečerpávací vodní elektrárny Dalešice a Dlouhé Stráně. Na jejich dolních nádržích postupně vznikaly malé vodní elektrárny. K historicky nejstarším a významným

malým vodním elektrárnám provozovaným v českých zemích patří elektrárna Želina z roku 1908.

V nejbližších letech se v rámci ČEZ, a. s., nepočítá s žádným rozšířením vodních zdrojů, důraz bude kladen zejména na modernizaci a zvyšování účinnosti stávajících zdrojů.

### **Další výroby Skupiny ČEZ**

Vznikem rozšířené Skupiny ČEZ se původní portfolio hydroenergetiky ČEZ, a. s., rozšířilo o 12 elektráren, z toho 11 malých vodních elektráren, o celkovém instalovaném výkonu přibližně 48 MW. Při započtení dalších osmi malých vodních elektráren, původně začleněných do samostatné dceřiné organizace HYDRO-ČEZ, a. s., tak je od roku 2006 ve Skupině ČEZ mimo potenciál vodních elektráren mateřské organizace v rozsahu téměř 1900 MW k dispozici navíc přibližně 63 MW.

V akumulačních a průtočných vodních elektrárnách Skupiny ČEZ bylo v roce 2010 vyrobeno více než 2 TWh elektrické energie, z toho výroba v malých vodních elektrárnách Skupiny ČEZ představovala více než 200 000 MWh. Akumulační a průtočné vodní elektrárny energetické společnosti ČEZ se na celkové výrobě podílely roční produkcí přes 1,3 TWh. Z hlediska všech obnovitelných zdrojů Skupiny ČEZ mají vodní elektrárny na výrobě elektrické energie největší podíl.

## Přehled vodních elektráren provozovaných Skupinou ČEZ

Elektrárna	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu
<b>Akumulační a průtočné vodní elektrárny</b>		
Lipno I	120	1959
Orlík	364	1961–1962
Kamýk	40	1961; 2008
Slapy	144	1954–1955
Štěchovice I	22,5	1943–1944
Vrané	13,88	1936; 2007
Střekov (SČE)	19,5	1936
<b>Malé vodní elektrárny</b>		
Lipno II	1,5	1957
Hněvkovice	9,6	1992
Kořensko I	3,8	1992
Kořensko II	0,98	2000
Želina	0,64	1994
Mohelno	1,2; 0,56	1977; 1999
Dlouhé Stráně II	0,16	1996
Přelouč	2,34	1927
Spálov	2,4	1926
Hradec Králové I	0,75	1926
Práčov	9,75	1953
Pastviny	3	1938
Obříství	3,36	1995
Les Království	2,12	1923
Předměřice nad Labem	2,1	1953
Pardubice	1,96	1978
Spytihněv	2,6	1951
Brno Kníničky	3,1	1941
Brno Komín	0,21	1923
Vydra (ZČE)	6,4	1939
Hracholusky	2,55	1964
Čeňkova Pila	0,1	1912
Černé jezero I	1,5	1930
Černé jezero II	0,04	2004
Černé jezero III	0,37	2005
Bukovec	0,63	2007
Mělník	0,59	2010
<b>Přečerpávací vodní elektrárny</b>		
Štěchovice II	45	1948, 1996
Dalešice	480	1978; 2008
Dlouhé Stráně I	650	1996

## AKUMULAČNÍ A PRŮTOČNÉ ELEKTRÁRNY

Nejznámějšími vodními elektrárnami jsou tzv. akumulacioní vodní elektrárny. Charakteristické jsou pro ně přehradní hráze zadržující vodu a vytvářející jezera. Tato vodní díla kromě akumulace vody pro výrobu elektrické energie stabilizují průtoky říčním korytem, chrání před povodněmi a podporují plavební možnosti toku. Hráze mohou být tzv. gravitační, tj. postavené z obrovského množství sypaného materiálu, který vzdoruje tlaku vody svou hmotností a objemem, nebo klenbové, kde tlaku vody čelí železobetonová, protiproudě vyklenutá skořepina. Hráz bývá protknuta kontrolními chodbami, v nichž se průběžně měří eventuální změny stavby a průsaky. Přelití vodní masu brání spodní výpusti a horní přelivy. Pod hrází je tzv. vývařišť, do něhož odchází voda od turbín a do něhož ústí výpustě. Pod velkými vodními díly se většinou staví ještě tzv. vyrovnávací nádrže, jejichž úkolem je vyrovnávat hladinu vody mezi stavem kdy protéká voda turbínami a kdy nikoli. Tyto nádrže v korytě řeky stabilizují průtok. V jezeře nad hrází bývá vtokový objekt opatřen česlemi, které zajišťují, aby se na turbínu nedostaly mechanické nečistoty. Umístění vlastní budovy elektrárny může být různé podle konfigurace terénu, výškových



**▣ Vodní elektrárny jsou i vyhledávaným místem vodáků (lipenská přehrada)**



a spádových možností a množství vody. Existují elektrárny postavené na břehu pod hrází, zabudované přímo do tělesa hráze, jinde je elektrárna vystavěna hluboko v podzemí a voda se k ní přivádí tlakovým potrubím a odvádí se podzemním kanálem.

Průtočné elektrárny využívají říční proud na jezích, pro některé se staví derivační kanály, které zkracují vodní tok a voda tak získává větší spád.

### **Slapy**

Elektrárna je vybavena třemi Kaplanovými turbínami pro spád 56 m. Vyrábí špičkovou elektrickou energii a podílí se na řízení výkonové bilance energetické soustavy. Na plný výkon dokáže najet za 136 vteřin. Betonová gravitační hráz o výšce 65 metrů vytváří jezero o ploše 14 km<sup>2</sup> a objemu 270 mil. m<sup>3</sup>. Strojovna elektrárny je umístěna přímo v tělese hráze. Elektrická energie z generátorů o napětí 10,5 kV je vyvedena přes transformátory do rozvodny 110 kV.

### **Orlík**

Středotlaká vodní elektrárna Orlík je největší akumulací elektrárnou Skupiny ČEZ. Významně se podílí jak na řízení celostátní energetické soustavy, tak na výrobě elektrické energie. V elektrárně jsou instalovány čtyři Kaplanovy turbíny pro spád 70,5 m. Jedno desetiložkové kolo – v době uvedení do provozu světová rarita – bylo oceněno na

světové výstavě EXPO 58 v Bruselu zlatou medailí. Dnes jsou soustrojí vybavena moderními osmilopatkovými koly s vyšší účinností. Orlická přehrada zadržuje 720 mil. m<sup>3</sup> vody a vytváří největší akumulací nádrž v ČR; ta je s Lipenským jezerem rozhodující pro víceleté řízení průtoků na Vltavě i na dolním Labi. Hladina nádrže zabírá plochu 26 km<sup>2</sup> a vzdouvá Vltavu v délce 70 km, Otavu 22 km a Lužnici v délce 7 km od ústí. Betonová hráz má výšku 91,5 m, koruna je dlouhá 450 m.

### **Kamýk**

Vodní elektrárna Kamýk je nízkotlakou průtočnou a vyrovnávací elektrárnou. Hlavní energetický význam elektrárny spočívá především v umožnění špičkového provozu elektrárny Orlík. Pracují zde čtyři soustrojí s Kaplanovými turbínami. Nádrž nad elektrárnou v délce 10 km slouží hlavně pro vyrovnání kolísavého odtoku z elektrárny Orlík. Vodní dílo je vybaveno plavební komorou.

### **Vrané**

Posledním stupněm vltavské kaskády je nízkotlaká špičková elektrárna Vrané, která byla v roce 1936 vybudována jako první velká vodní elektrárna na Vltavě. Nádrž v délce 12 km na Vltavě a 3 km na Sázavě vyrovnává spolu s nádrží ve Štěchovicích špičkový odtok z elektrárny Slapy. Kromě toho slouží jako spodní nádrž pro přečer-

pávací vodní elektrárnu Štěchovice II. V letech 1978–1980 a v roce 1994 byla soustrojí elektrárny vybavena dvěma Kaplanovými turbínami a další technologické prvky byly modernizovány.

### **Střekov**

Hlavním účelem současného využití vodního díla Střekov v Ústí nad Labem je kromě získávání elektrické energie zajištění potřebných hloubek a vyhovujících podmínek pro lodní dopravu. Kromě toho střekovská elektrárna umožňuje bezpečný rybí přechod. Střekovskou nádrž tvoří jezero dlouhé 19,5 km. Voda z ní uvádí do pohybu tři vertikální Kaplanovy turbíny. Aby se zabránilo znečištění vody, byla ve střekovské elektrárně v roce 1999 vybudována jímka pro vylitý olej z transformátorů a tlumivéky a byly vyměněny olejové vypínače na bezolejové. Mimo to byla uvedena do provozu čistička odpadních a splaškových vod.

### **Štěchovice I**

Betonová přehrada s žulovým obkladem je 22,5 m vysoká, 120 m dlouhá s pěti přelivnými hrazenými poli. Kapacita přelivů (24 000 m<sup>3</sup>/s) bezpečně zvládla i katastrofální povodeň v srpnu 2002. Nádrž vodního díla o délce 9,4 km zadržuje 11,2 mil. m<sup>3</sup> vody. Končí pod elektrárnou Slapy. Slouží především k vyrovnávání kolísavého odtoku ze špičkové elektrárny Slapy. Spolu s nádrží ve Vraném vyrovnává odtok z celé

vltavské kaskády. Plavební komora při pravém břehu umožňuje plavcům překonat spád až 20,1 m. Středotlaká akumulární pološpičková elektrárna Štěchovice I je vybavena dvěma soustrojími s Kaplanovými turbínami.

### Lipno I

Elektrárna je vybavena dvěma plně automatizovanými soustrojími s Francisovými turbínami. Je provozovaná bezobslužně pouze s dohledem jednoho pracovníka na směně. Najetí obou strojů na plný výkon do tří minut umožňuje rychlou reakci na potřeby energetické soustavy. Nádrž elektrárny s rozlohou téměř 50 km<sup>2</sup> představuje svou plochou naše největší umělé jezero. Kromě regulace odtoku a výroby elektrické energie je jezero využíváno k rekreaci, sportu, plavbě a rybaření. Vlastní technologie elektrárny je umístěna v podzemní kaverně dlouhé 65, široké 22 a vysoké 37 metrů, která je vylámana v hloubce 160 m pod terémem v blízkosti hráze. Přístup do podzemí je šikmým tunelem o délce 210 m a sklonu 45°.

## MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY SKUPINY ČEZ

Do kategorie tzv. malých vodních elektráren patří zdroje elektrické energie s instalovaným

výkonem do 10 MW. Většina z nich slouží jako sezónní zdroje – průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou kolísavé a silně závislé na počasí a na ročním období. Z hlediska většího energetického využití jsou významné pouze malé vodní elektrárny Hněvkovice, Kořensko a Mohelno. Řada malých vodních elektráren dodnes dokládá zručnost a schopnost našich předků využívat energii vody.

### Kořensko

Nízkotlaká jezová elektrárna Kořensko byla postavena společně s elektrárnou Hněvkovice. Hlavní funkcí vodního díla je udržovat stálou hladinu, a tím odstranit hygienické a estetické závady v městské aglomeraci Týna nad Vltavou, způsobené kolísáním hladiny zdrže Orlík. Energetický význam této elektrárny spočívá ve využití hydropotenciálu pomocí dvou soustrojí o instalovaném výkonu 1,9 MW (horizontální Kaplanovy turbíny). Do savek elektrárny jsou zaústěny řízené odpady z Jaderné elektrárny Temelín.

### Hněvkovice

Nádrž o obsahu 22,2 mil. m<sup>3</sup> vody (vodní hladina pokrývá 312 ha) vzdouvá hladinu řeky v délce 18,6 km. Slouží jak k využívání hydroenergetického potenciálu, tak jako rezervoár technologické vody pro areál temelínské elektrárny. V elektrárně jsou instalována dvě soustrojí s Kaplanovými turbínami (2 × 4,8 MW).

### Mohelno

Středotlaká malá vodní elektrárna Mohelno se soustrojími o výkonu 1,2 MW a 0,6 MW je součástí vodního díla přečerpávací vodní elektrárny Dalešice. Její nádrž slouží k vyrovnání odtoku z dalešické elektrárny i jako spodní nádrž pro čerpání vody pro tuto přečerpávací vodní elektrárnu. Zároveň je zásobárnou pro odběr chladicí vody Jaderné elektrárny Dukovany a pro ředění jejich odpadních vod. Elektrárna je plně automatizována a její provoz je řízen z dalešické elektrárny.

### Želina

Malá vodní elektrárna Želina představuje dnes již historickou raritu, kterou v roce 1908 vybudovalo město Kadaň na řece Ohři. Voda k ní byla přiváděna 166 metrů dlouhou podzemní štolou. V roce 1991 bylo rozhodnuto o rekonstrukci jezu Želina a obnově malé vodní elektrárny do původního stavu. Ve spolupráci s Památkovým ústavem byla obnovena historická budova a elektrárna byla doplněna o novou rozvodnu, transformovnu, generátory a převod elektrické energie o napětí 22 kV. Dnes je vybavena dvěma horizontálními dvojitými Francisovými turbínami o jmenovitém výkonu 300 kW a 150 otáčkách za minutu. Malá vodní elektrárna Želina je ukázkou příkladného vztahu Skupiny ČEZ k technickým památkám a obnovitelným zdrojům energie.



### Černé jezero

Největší jezero České republiky – Černé jezero na Šumavě – inspirovalo ve 20. letech 20. století vrchního technického radu Zemského úřadu v Praze ke stavbě první přečerpávací vodní elektrárny v tehdejším Československu. Investorem byly Západočeské elektrárny, projektantem a dodavatelem technologie Škodovy závody v Plzni. V budově elektrárny je umístěna Peltonova turbína o instalovaném výkonu 1500 kW. Hráz na řece Úhlavě uzavírá spodní nádrž s obsahem 25 000 m<sup>3</sup>. Od roku 1960 je čerpadlový provoz omezen.

### Vydra

Malá vodní elektrárna Vydra je situována poblíž soutoku řek Vydry a Křemelné mezi obcemi Rejštejn a Srní na Sušicku. Řeka Vydra má na svém horním toku velký spád a značnou část roku i dost vody. Stavba elektrárny byla zahájena v roce 1937, v roce 1939 byla zprovozněna jako průtočná a do úplného provozu byla uvedena teprve po dokončení akumulární nádrže v lednu 1942. Voda z historického Vchynicko-Tetovského kanálu je u Mechova odváděna podzemním přivaděčem do akumulární nádrže o objemu 67 000 m<sup>3</sup> u bývalé osady Sedlo. Ve strojovně jsou dvě soustrojí skládající se z Francisovy horizontální turbíny o výkonu 3,2 MW a třífázového generátoru.





- ▣ Malá vodní elektrárna Černé jezero
- ▣ Interiér vodní elektrárny Kořensko
- ▣ Malá vodní elektrárna Mohelno



### Čeňkova Pila

Na místě, odkud se dříve plavilo dřevo převážně do Dlouhé Vsi, kde se pak zpracovávalo na pile nebo vázalo do vorů, zřídil v polovině 19. století významný pražský podnikatel Čeněk Bubeníček vodní pilu a sklad dřeva. V roce 1908 prošla pila modernizací a byla zde instalována tři vodní kola – dvě poháněla dva typy ketrů pro zpracování různého druhu dřeva, třetí sloužilo pro pohon dřevoobráběcích strojů. Později požádala obec Kašperské Hory hejtmanství v Sušici o povolení k výstavbě elektrárny. Projekt a dodávka elektrické části strojů byly objednány u firmy Brown-Boveri Wien. Vybavení elektrické části soustrojí, např. generátor o výkonu 96 kW, samočinný regulátor napětí, ochrana proti přepětí apod., bylo na tehdejší dobu velmi moderní. Strojní část je vybavena horizontální Francisovou turbínou o výkonu 125 koní od firmy J. M. Voith AG.

### Práčov

Vodní elektrárna Práčov, ležící v srdci Železných hor, byla jednou z prvních hydrotechnických staveb u nás po skončení 2. světové války. Svou rozlehlostí zasahovala do katastrálního území šesti obcí. Hydrocentrála disponovala jedním vertikálním soustrojím skládajícím se z Francisovy spirálové turbíny a z trojfázového alternátoru. V rámci modernizace byla v roce





2001 instalována nová vertikální Francisova turbína s výkonem 9750 kW.

### **Přelouč**

Malá vodní elektrárna Přelouč plní na 116. říčním kilometru řeky Labe funkci průtočné elektrárny. Elektrárna byla vybavena čtyřmi Francisovými vertikálními turbínami firmy Josef Prokop, synové – Pardubice. Dvě původní turbíny jsou stále provozovány, ale dvě Francisova turbosoustrojí byla v roce 2003 nahrazena soustrojím s turbínami Kaplanovými o výkonu 677 kW.

### **Spálov**

Stavba malé vodní elektrárny Spálov na řece Jizeře prošla v březnu 1998 celkovou modernizací. Ve strojovně byly postaveny dva stejné, symetricky uspořádané agregáty sestávající z horizontálních Francisových turbín o instalovaném výkonu 2 MW. V rámci modernizace byly nahrazeny dvěma vertikálními turbínami Kaplanovými o výkonu 1,2 MW. Nová soustrojí byla přifázována v roce 1999.

### **Pastviny**

Pastvinská malá vodní elektrárna pracující jako přečerpávací vodní elektrárna vynikala ve své době několika primáty. V době své výstavby byla největší přečerpávací vodní elektrárnou a první elektrárnou v bývalém Československu,

kteřá neměla vrchní stavbu strojovny (soustrojí bylo volně pod širým nebem, šlo o elektrárnu tzv. švédského typu). Naposledy bylo soustrojí v čerpadlovém režimu 9. 3. 1964. V roce 2000 proběhla modernizace a v elektrárně byla instalována středotlaká Francisova turbína s instalovaným výkonem 3000 kW.

---

## **mezi malé vodní elektrárny patří zdroje s instalovaným výkonem do 10 MW**

---

### **Obříství**

Vodní elektrárna Obříství byla postavena u labského jezu 4 km před soutokem Labe s Vltavou. Stala se první, skutečně moderní nízkospádovou elektrárnou na českém území. Její technologii navrhlo a realizovalo konsorcium rakouských firem J. M. Voith AG a AEG Austria GmbH. V elektrárně pracující se spádem hladin 1,5–3,8 m jsou instalována dvě horizontální turbosoustrojí s přímoproudými Kaplanovými turbínami typu PIT, kdy jsou převodovky a generátory umístěny v šachtě uprostřed nátoku do turbíny. Maximální hltlost turbíny řízené průmyslovým počítačem je 120 m<sup>3</sup>/s.

### **Les Království**

V průběhu 1. světové války byla před Dvorem Králové nad Labem postavena přehrada Les Království, ke které byla dostavěna vodní elektrárna. Pracovala v ní dvě horizontální Francisova turbosoustrojí s kotlovými turbína-

mi. Elektrárna byla postavena na maximální hltlost 12 m<sup>3</sup>/s, ale z důvodu časté poruchovosti turbín byla celková hltlost omezena na 9 m<sup>3</sup>/s. V roce 2005 proběhla celková rekonstrukce a oba původní turbogenerátory nahradila dvě moderní turbosoustrojí s horizontálními Francisovými turbínami s celkovou

hltností 12 m<sup>3</sup>/s a výkonem 2120 kW. Původní turbíny byly odprodány Národnímu technickému muzeu a Městskému úřadu Dvůr Králové nad Labem.

### **Předměřice nad Labem**

Elektrárna byla postavena a uvedena do provozu stejně jako její dvojče, vodní elektrárna Smiřice, v letech po 2. světové válce. Po dvaceti letech nahradila vodní elektrárnu, která spolu s jezem stála původně asi 200 m proti proudu řeky Labe a byla rozbořena velkou vodou v roce 1932. Nová elektrárna má jedno vertikální turbosoustrojí s Kaplanovou turbínou a pomaluběžným generátorem, připojeným přímo bez převodu na hřídel turbíny. Instalovaný výkon této velmi spolehlivé elektrárny je 2100 kW.

### **Pardubice**

Pardubická vodní byla první vodní elektrárnou s velkým horizontálním turbosoustrojím, která



byla na území tehdejší ČSSR navržena a postavena. Její koncepce generovala v letech po uvedení do provozu řadu menších i vážných poruch. Teprve celkovou rekonstrukcí elektročásti, úpravami rychlouzávěru, mazání ložisek turbosoustrojí a chlazení technologie v letech 1998–2001 byla výrazně zvýšena provozní spolehlivost. Projektovaná hltnost  $64 \text{ m}^3/\text{s}$  a instalovaný výkon  $1960 \text{ kW}$  jsou však přesto nedosažitelné. Maximální hltnost je na hranici  $51 \text{ m}^3/\text{s}$  a výkon elektrárny se pohybuje maximálně okolo  $1250 \text{ kW}$ .

### Spytihněv

Snaha po maximálním využití průtoků řekou Moravou ve Spytihněvi si vyžádala osazení elektrárny dvěma turbosoustrojími. Technická koncepce elektrárny byla poplatná celkové atmosféře ve společnosti po roce 1948. Přestože propojování energetické soustavy republiky bylo na vzestupu, byla vodní elektrárna Spytihněv navržena, zřejmě pro případ možného dalšího válečného konfliktu v Evropě a ohrožení zásobování obyvatelstva v oblasti elektrinou z propojené energetické soustavy, pro start tzv. „ze tmy“. Elektrárna je osazena dvěma vertikálními soustrojími s Kaplanovými turbinami. Z neznámých důvodů byla postavena na návrhový spád pouze  $3,8 \text{ m}$  a instalovaný výkon  $1920 \text{ kW}$  přesto, že výška jezu a tvar koryta řeky Moravy pod jezem umožňují dosažení spádu hladin přes  $6 \text{ m}$  a výkonu až



3000 kW. Po zvýšení spádu v 70. letech a oteplovací zkoušce obou generátorů v 90. letech minulého století je elektrárna provozována na maximální výkon 2600 kW.

### Brno Kníničky

Vodní elektrárna Kníničky pod brněnskou přehradou v Brně-Bystřici byla koncipována jako špičkový zdroj, určený k vykrývání zvýšené spotřeby elektrické energie v čase ranních a večerních energetických špiček. Je osazena jedním vertikálním turbosoustrojím s Kaplanovou turbínou, vyrobenou firmou Storek. Turbína pracuje optimálně při hltnosti 17–18 m<sup>3</sup>/s. Technologické zařízení, až na suché transformátory, je původní.

### Hracholusky

Součástí přehradní hráže Hracholusky je vodní elektrárna. Sypaná přehradní hráz se začala stavět v roce 1959, dokončena a uvedena do provozu byla v roce 1964. Vodní elektrárna Hracholusky se pro západočeskou energetiku stala náhradou za malou vodní elektrárnu Pňovany, která byla vybudováním nového vodního díla zatopena. V elektrárně je instalována Kaplanova turbína ČKD Blansko s hltností 11,5–13 m<sup>3</sup>/s.

### Bukovec

Malá vodní elektrárna Bukovec, uvedená do provozu v roce 2007, stojí na konci obnove-

ného derivačního kanálu řeky Berounky. Je průtočná a využívá hydrostatický potenciál řeky vytvořený pevným jezem na hranici katastrů plzeňských předměstí Bukovec a Boilevec. Elektrárna je energeticky bezobslužná s automatickým provozem. Dvě Kaplanovy horizontální a plně regulovatelné turbíny mají společný instalovaný výkon 630 kW. Projektovaná roční průměrná výroba elektřiny je 2 400 000 kWh.

### Mělník

Malá vodní elektrárna Mělník je umístěna na pozemku uhelné elektrárny vedle výtokového objektu chladicí vody, jejíž energii využívá. Projekt se začal připravovat v roce 2007, stavba byla dokončena v prvním pololetí 2010. Samotná vodní elektrárna je z převážné části situována pod zem.

Podle odhadů specialistů společnosti ČEZ Obnovitelné zdroje vyrobí elektrárna o instalovaném výkonu 590 kW ročně 2,9 milionu kWh elektřiny a pokryje tak roční spotřebu více než 800 domácností.

K malým vodním elektrárnám ČEZ, a. s., patří i **Lipno II** (1 Kaplanova turbína), **Dlouhé Stráně II** (1 Francisova turbína), **Hradec Králové I** (2 Francisovy turbíny), **Brno Komín** (2 Kaplanovy turbíny) a **Veselí nad Moravou** (2 Francisovy turbíny).

## VELKÉ PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY

Elektrizační soustava státu musí mít v každém okamžiku k dispozici přesně tolik elektrické energie, kolik je jí třeba. Spotřeba elektrické energie přitom během dne i v delších obdobích kolísá. Elektrickou energii sice nelze v čistém stavu skladovat, funkci akumulace však účinně pomáhají řešit přečerpávací vodní elektrárny. Pro stabilizaci elektrické sítě je tento typ elektráren nezastupitelný. Velkou předností přečerpávacích vodních elektráren je – stejně jako ostatních vodních elektráren – schopnost přifázování do elektrifikační sítě s plným výkonem v několika minutách. Přečerpávací vodní elektrárna je v principu soustava dvou výškové rozdílné položených vodních nádrží spojených tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s elektrickým generátorem. V době energetické potřeby generátor v tzv. turbínovém režimu vyrábí pomocí spádu vody v potrubí elektřinu, v době útlumu stejná turbína v tzv. čerpadlovém režimu vodu z dolní nádrže přečerpává do nádrže horní, kde její potenciální energie čeká na své optimální využití v době špičkové spotřeby. Na každou akumulovanou kWh, kterou z přečerpávací elektrárny odebíráme, je třeba k načerpání vody do horní nádrže vynaložit asi 1,4 kWh.

- ▣ Přecherčpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně
- ▣ Přecherčpávací vodní elektrárna a vodní dílo Dalešice
- ▣ Přecherčpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně – dolní nádrž
- ▣ Průtočná vodní elektrárna Štěchovice I

Horní nádrž může být uměle vybudovaná na výše položeném místě (např. nádrž na vrchu Homole nad Štěchovicemi nebo horní nádrž přecherčpávací elektrárny Dlouhé Stráně), nebo ji tvoří jezero nad hrází akumulací elektrárny (např. Dalešice). Princip přeměny mechanické energie v elektrickou je stejný jako u ostatních vodních elektráren.

### Dlouhé Stráně

Příkladem přecherčpávací vodní elektrárny je elektrárna Dlouhé Stráně v Jeseníkách. Výškový rozdíl hladin nádrží je 535 m. Elektrárna Dlouhé Stráně, ležící v katastru obce Loučná nad Desnou u Šumperka, je držitelem tří „nej“: Je vybavena největší reverzní vodní turbínou v Evropě (nominální výkon 325 MW),

a kolísání její hladiny dosahuje 22,2 m. Výstavba elektrárny byla zahájena v květnu 1978. Na počátku 80. let však byla pozastavena. V roce 1985 byl modernizován projekt, rozhodnutí elektrárnu dokončit padlo až po roce 1989. Do provozu byla uvedena roku 1996. Součástí přecherčpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně je vyrovnávací elektrárna.

### Dalešice

Přecherčpávací vodní elektrárna Dalešice je po přecherčpávací vodní elektrárně Dlouhé Stráně – pokud jde o instalovaný výkon – druhou největší vodní elektrárnou v České republice. Spolu se schopností najet na plný výkon do 60 sekund plní významnou úlohu při regulaci výkonu celostátního energetického systému

průtok řeky Jihlavy pod vodním dílem. Snižuje povodňové špičky, zajišťuje sedimentaci nečistot z horního toku a nařazení odpadních vod z jaderné elektrárny. Pozitivní vliv na kvalitu vody se projevuje kromě jiného přítomností raků a pstruhů pod navazující vyrovnávací nádrží Mohelno. Jezero o ploše 480 ha je využíváno i k rekreačním účelům. V přecherčpávací vodní elektrárně jsou nainstalována čtyři soustrojí s reverzními Francisovými turbínami.

### Štěchovice II

Přecherčpávací vodní elektrárna Štěchovice II byla vybudována jako druhý článek vltavské kaskády. Do února 1991, kdy byla pro zastaralost odstavena, vyrobila 1 650 000 MWh převážně špičkové energie. Současná elektrárna využívá původní horní nádrž na Homoli, z velké části původní ocelové přivaděče i části elektroizolovaného zařízení. Dvě původní soustrojí nahradilo soustrojí jedno s reverzní Francisovou turbínou typu FR-180 a motogenerátorem o výkonu 45 MW. Moderní rychloběžné soustrojí je umístěno v podzemní strojovně vybudované v asi 45 metrů hluboké jámě.

## pro stabilizaci elektrické sítě jsou přecherčpávací elektrárny nezastupitelné

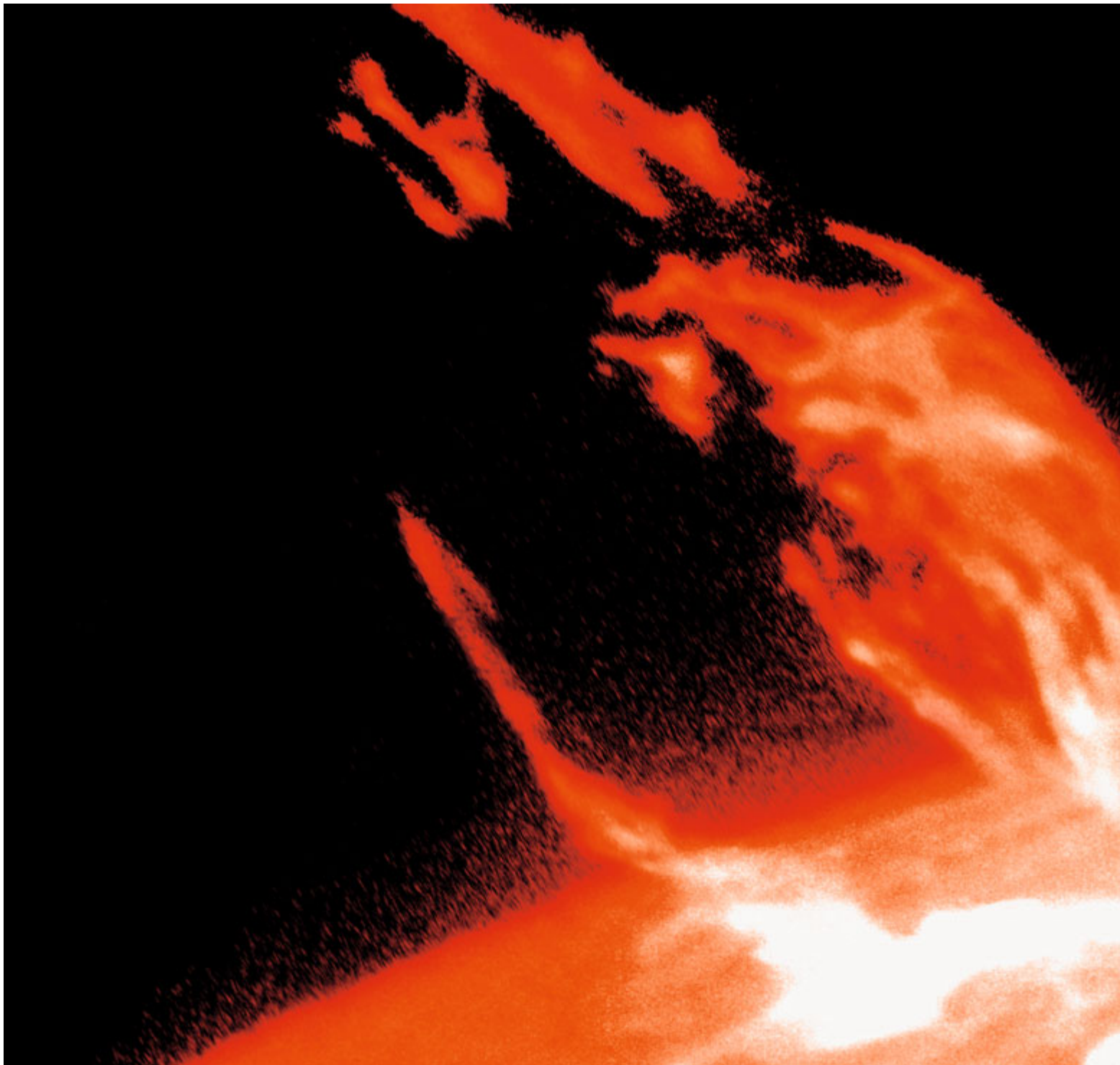
je elektrárnou s největším spádem v České republice (510,7 m) a z vodních elektráren v Čechách má největší celkový instalovaný výkon (2 × 325 MW). Technologická zařízení elektrárny jsou umístěna v podzemí. Horní nádrž o objemu 2,72 mil. m<sup>3</sup> vody, ležící na hoře Dlouhé Stráně v nadmořské výšce 1350 m, je s podzemní elektrárnou spojena dvěma přivaděči o délce 1547 m a 1499 m, každý pro jedno soustrojí. Dolní nádrž na říčce Divoká Desná o objemu 3,4 mil. m<sup>3</sup> má výšku hráze 56 m

i jako okamžitá výkonová rezerva. Vodní dílo Dalešice bylo vybudováno v sousloví s výstavbou blízké Jaderné elektrárny Dukovany. Pro její provoz dodává nádrž Dalešice tzv. technologickou vodu. Sypaná roklivá hráz s jílovým těsněním o výšce 100 m a délce 350 m je nejvyšší svého druhu v ČR. Je vybavena hydrotechnickými zařízeními pro převádění velkých vod a vypouštění nádrže. Přehrada vytváří spád a užitečný objem vody pro práci přecherčpávací vodní elektrárny a dlouhodobě vyrovnává







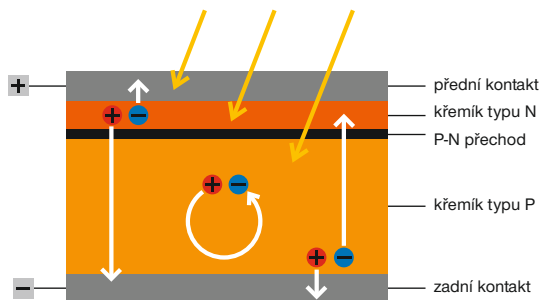


# VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE

Sluneční výkon, tzv. zářivost Slunce, je  $3,8 \times 10^{23}$  kW. Jde o těžko představitelný výkon, který 40 bilionkrát přesahuje teoretickou spotřebu lidstva. Dnes však z něj dokážeme využít pouze část. Z celkového dopadajícího záření 180 tisíc terawattů se asi čtvrtina odráží zpět do kosmického prostoru, necelá pětina je pohlcena v atmosféře a téměř polovina se přemění v teplo na povrchu Země. Asi půl promile (90 terawattů) se mění přes fotosyntézu zelených rostlin a fytoplanktonu v chemickou energii uschovanou v biomase. Zachycená sluneční energie je pak vyzařována jako tepelné infračervené záření do kosmického prostoru. Množství energie, které získáváme z celkové energie slunečního záření, je asi jako kapka vody v Niagarských vodopádech.

Přímé využití energie slunečního záření patří z hlediska ochrany životního prostředí k nečistším a nejšetrnějším způsobům výroby elektřiny. Jde o energetický zdroj, kterého je a dlouho bude v přírodě dostatek. Elektřina ze slunečního záření se v současnosti vyrábí ve více než stovce zemí po celém světě. Na konci roku 2009 činil

celosvětový instalovaný výkon 21 GW. Z téměř 90 % se na tomto čísle podílely Německo, Japonsko a Spojené státy. Optimistické předpovědi kalkulující s postupným odevznáváním současné ekonomické recese počítají pro rok 2015 se 72 GW instalovaného výkonu. Skupina ČEZ je nejen provozovatelem nových fotovoltaických elektráren ale současně rozvíjí aktivity také v projektech výzkumu, vývoje a testování nových energetických technologií. Před nedávnem ČEZ a společnost ELMARCO oznámily zahájení společného projektu, jehož cílem bude zavedení ekonomicky výhodných solárních panelů, které jako první na světě k výrobě energie využívají nanovláken. První etapou je testování těchto panelů v reálných podmínkách a porovnání výkonu klasických křemíkových a nových „nanovlákených“ panelů, založených na technologii vyvíjené firmou ELMARCO.“ Rozvoj v této oblasti je přímo úměrný vývoji stále nových aplikací, jejichž přínosem je především výrazně vyšší energetická účinnost.



## PRINCIPY ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE ZE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

Elektrinu lze získat ze sluneční energie přímo i nepřímo. Přímá přeměna využívá fotovoltaického jevu, při kterém se v určité látce působením světla uvolňují elektrony, nepřímá je založena na získání tepla.

### Fotovoltaické články

Pro výrobu slunečních článků se užívá polovodičových materiálů. Nejrozšířenějším je křemík, jehož technologie byla do velké dokonalosti vypracována zejména v souvislosti s potřebami mikroelektroniky. Polovodič může mít vodivost buď typu N způsobenou přítomností příměsí dodávajících volné elektrony (negativní nosiče náboje), nebo typu P spojenou s přítomností příměsí zachycujících elektrony, po kterých v polovodiči zbudou „volná místa“, jež se chovají jako kladné (pozitivní) nosiče náboje. Díky elektronickým vlastnostem obou polovodičů vzniká na rozhraní mezi nimi na tzv. P-N přechodu samovolně rozdíl potenciálů (tzv. difuzní), přičemž polovodič typu N je kladný, P záporný. Dopadne-li do oblasti přechodu světelné kvantum, předá svou energii látce: některý elektron díky tomu přejde na vyšší energetickou hladinu a zanechá za sebou „volné místo“, které se chová

jako kladný náboj. Oba náboje z vytvořeného páru se v důsledku difuzního rozdílu potenciálů od sebe oddělí – elektron je přitahován do oblasti typu N, „volné místo“ opačným směrem. Dopadají-li na článek proud světla, je těchto nábojů mnoho, vzniká na něm napětí a při uzavřeném elektrickém obvodu protéká proud.

Fotovoltaický článek je tvořen nejčastěji tenkou destičkou z monokrystalu křemíku, použít lze i polykrystalický materiál. Destička je z jedné strany obohacena atomy trojmocného prvku (např. boru), z druhé strany atomy pětímocného prvku (např. fosforu). Fotovoltaický panel z monokrystalického křemíku o rozměru jeden metr čtvereční může mít v letní poledne výkon až 190 W. Abychom dosáhli potřebného napětí (na jednom článku je cca 0,5 V), zapojují se sluneční články za sebou. Velikost proudu fotovoltaického článku závisí na dopadající energii ze slunečního záření. Sério-paralelním zapojením mnoha článků vzniká fotovoltaický panel. Rozměry jednoho článku bývají například 10 × 10 cm, články se zapojují do panelů o výkonech od 10 do 315 W.

**Nevýhodou** fotovoltaických článků je stále jejich poměrně vysoká cena (díky vědeckému pokroku a výzkumu ovšem cena fotovoltaických panelů neustále klesá a účinnost roste), závislost na denním a ročním období, nutnost průběžného čištění povrchů panelů (zaprášením se snižuje účinnost). Průměrný počet ho-

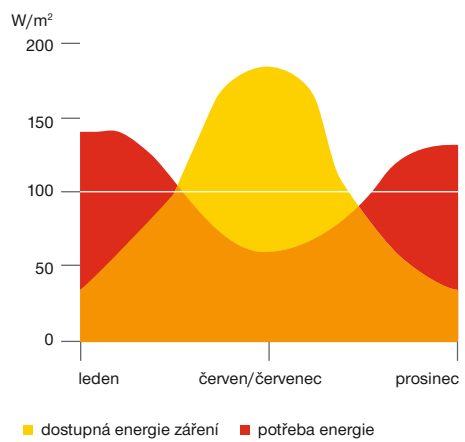
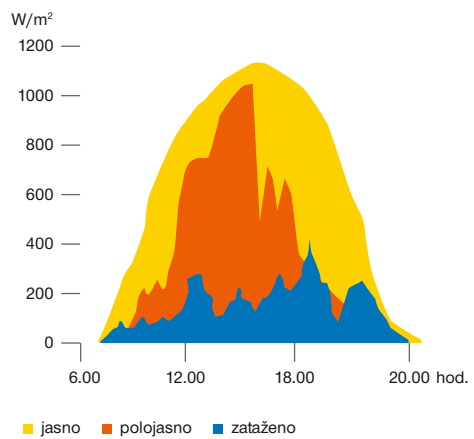
din slunečního svitu se v ČR pohybuje pouze okolo 1460 h/rok.

**Výhodou** je to, že sluneční články mohou fungovat jako zdroje elektřiny na těžko přístupných místech, na ostrovech, v horách, oázách, v kosmu. Mohou se jimi pokrýt fasády domů, nebo se mohou umístit na stožáry, či mořské bóje. Doplnují se akumulátory, které se za slunečního počasí nabíjejí.

Aplikace slunečních článků jsou velmi rozsáhlé – od napájení hodinek či kapesních kalkulaček přes uplatnění na satelitech a vesmírných sondách až po energetické využití. Dnes nejrozšířenější a nejperspektivnější princip přeměny solární energie na elektrickou „ve velkém“ je přímá přeměna v polovodičových fotovoltaických panelech. Solární elektrárny z polovodičových panelů se instalují po celém světě od malých systémů s maximálními výkony řádově jednotek kilowattů až po elektrárny s maximálními výkony několika desítek MW. Stejnospřemý elektrický proud lze použít k napájení spotřebičů, k dobíjení akumulátorů či k výrobě vodíku elektrolýzou vody a k akumulaci energie v této formě. Pomocí měničů lze stejnosměrný proud měnit na střídavý. Tyto malé fotovoltaické systémy i větší elektrárny mohou být konstruovány jako ostrovní nebo síťové. Ostrovní systémy nejsou napojeny na rozvodnou síť a zásobují jen malou oblast, někdy to může být i jeden spotřebič. Naproti tomu síťové



☑ Denní průběh záření (střední Evropa, duben) a rozložení dostupibilní sluneční energie během roku



systemy jsou napojeny na veřejnou rozvodnou síť a v době přebytku vlastního výkonu mohou elektrickou energii dodávat do sítě. Moderní měniče je se sítí sfázují automaticky.

### Termoelektrický článek

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

### Skleník

Nejjednodušším zařízením, v němž se sluneční energie mění v teplo, je každému známý skleník. Získané teplo se ale nevyužívá pouze v zahradnictví, ale i na mnoha jiných místech, kde je nositelem tepla třeba teplý vzduch, olej, voda či jiná tekutina. Pomocí skleníkového jevu se slunečním zářením ohřívá voda pro domácnost, vytápějí se byty, čerpá se voda ze studní apod.

### Sluneční ohřivač vody – kolektor

Sluneční teplo lze pomocí slunečních kolektorů účinně využít k lokálnímu ohřevu vody. Odhaduje se, že na přelomu tisíciletí se ve světě používaly kolektory o celkové ploše 8 milionů metrů čtverečních, což je větší plocha, než je stopadesátinásobek území České republiky.

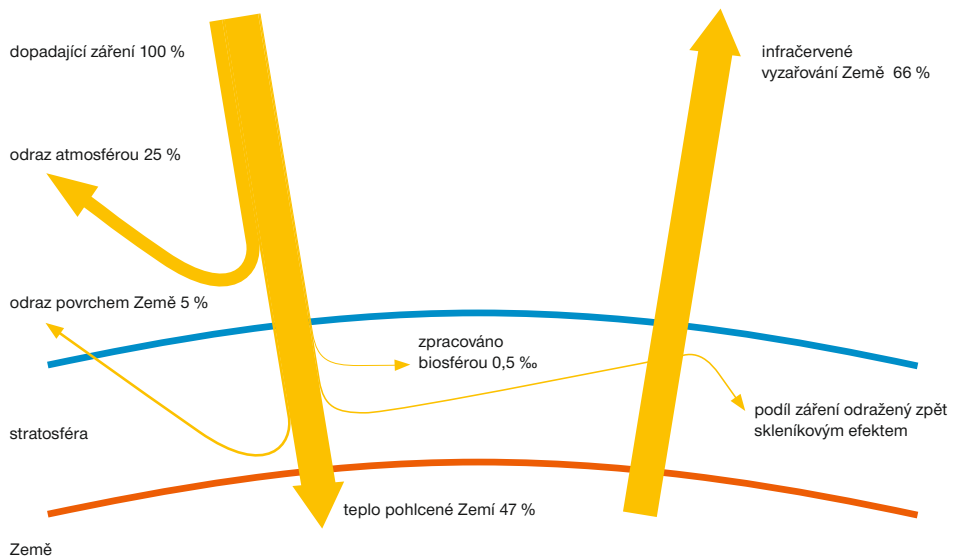
Nejrozšířenějším typem plochého slunečního kolektoru je uzavřená, tepelně izolovaná schránka, jejíž horní stěnu tvoří sklo propouštějící sluneční paprsky. Sklo musí vydržet vysoké teploty a většinou je opatřeno antireflexní vrstvou. Uvnitř schránky je absorbér, tj. vrstva (většinou černá kovová deska), která se zářením zahřeje až na 120 °C. K absorpční vrstvě je připojen systém trubek obsahujících teplotnosné médium nebo plyn. Nejčastěji jím bývá voda, olej nebo vzduch. Absorbér může být ovinut i okolo trubek. Dno a boky schránky jsou vystlané tepelnou izolací, např. skelnou vatou, polyuretanem. Teplotnosná látka předá teplo výměníku, nebo se může použít přímo – např. voda ohřívána pro použití v bazénu. Nejjednodušší průtokové kolektory k ohřívání vody v rodinných bazénech mají tvar dutých matrací z černého plastu nebo pryže, rozdělených uvnitř na labyrint komůrek, jimiž je proháněna voda.

Kolektory pro ohřev vody a vytápění se montují na jižní část střechy nebo na venkovní stojany,

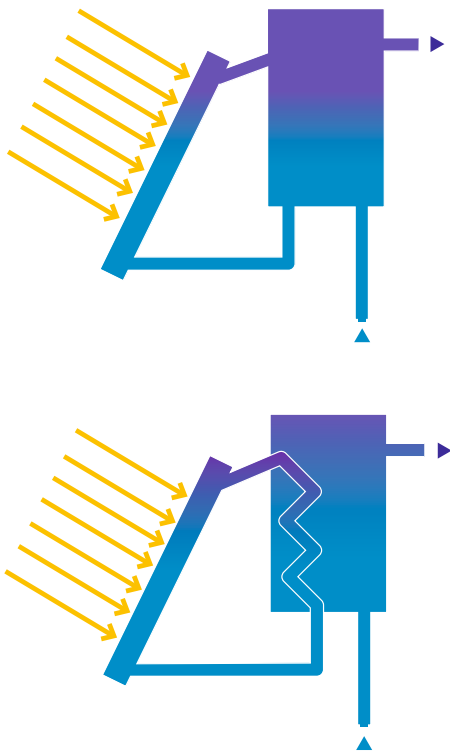
nejlépe v létě se sklonem 30 °, po ostatní dobu se sklonem 50–60 °, od vodorovné roviny. Dokáží využít až 50 % energie dopadajícího slunečního světla. V našich klimatických podmínkách zachytí kolektor denně asi 5 kWh, což vystačí k ohřátí 100 l vody na 50 °C. Sluneční systémy pro ohřev vody pro použití v domácnosti je výhodné kombinovat se zásobníkem s možností ohřevu ústředním vytápěním nebo elektřinou, tak, aby se daly používat i v zimě. Sluneční teplo koncentrované různými důmyslnými systémy zrcadel je základem i některých experimentálních energetických zařízení ve světě. Na území naší republiky však nejsou tak dobré zeměpisné a meteorologické podmínky, aby zde bylo vhodné sluneční tepelnou elektrárnu postavit.

## VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE

Celková roční dávka sluneční energie, která dopadá na naše území, je asi 1000 kWh/m<sup>2</sup>. V našich podmínkách je fotovoltaický systém o výkonu 1 kW schopen za rok vyrobit cca 700 až 1000 kWh elektrické energie. V průběhu poslední dekády minulého století se využití solární energie v ČR omezilo



☑ Schéma jednoduchého slunečního ohříváče vody



- ☑ Část fotovoltaické elektrárny, kterou provozuje společnost ČEZ Obnovitelné zdroje v lokalitě Žabičce, vyrobí ročně elektřinu pokrývající spotřebu 1500 domácností na jihu Moravy
- ☑ Auto na solární pohon

na ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách bez připojení na rozvodnou síť. Obrat nastal po roce 2000, kdy státní správa a místní samospráva podpořily fotovoltaiku, a to jak formou dotací vývoje a výzkumu, tak konkrétních demonstračních projektů. Příkladem je vládou schválený Národní program na podporu úspor a využívání obnovitelných zdrojů energie nebo Státním fondem životního prostředí vyhlášený program Slunce do škol.

Podobně jako ostatním obnovitelným zdrojům pomohlo rozvoji fotovoltaických instalací v ČR schválení zákona č. 180/2005 Sb.

o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Zhruba od poloviny roku 2009 byl tento efekt kombinován s celosvětově klesající cenou modulů.

V České republice byly zejména pro rok 2010 vyhlášeny extrémně výhodné výkupní ceny, což vedlo k boomu výstavby slunečních elektráren. Zatímco začátkem roku 2007 fungovalo podle údajů Energetického regulačního úřadu v celé České republice 28 slunečních elektráren o celkovém instalovaném výkonu 0,35 MW, konec roku 2009 už byl ve znamení více než 6 tisíc elektráren o celkovém instalovaném výkonu přesa-

hujícím 460 MW. Na konci roku 2010 pak suma výkonů fotovoltaických instalací atakovala hranici 2 tisíc MW.

## FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY SKUPINY ČEZ

Příkladem pionýrské instalace fotovoltaických článků je i první česká fotovoltaická elektrárna o výkonu 10 kW a o celkové účinné ploše 75 m<sup>2</sup> účinné plochy umístěná v areálu Jaderné elektrárny Dukovany. Problémem zůstává přenos elektřiny na velké vzdálenosti od místa spotřeby.

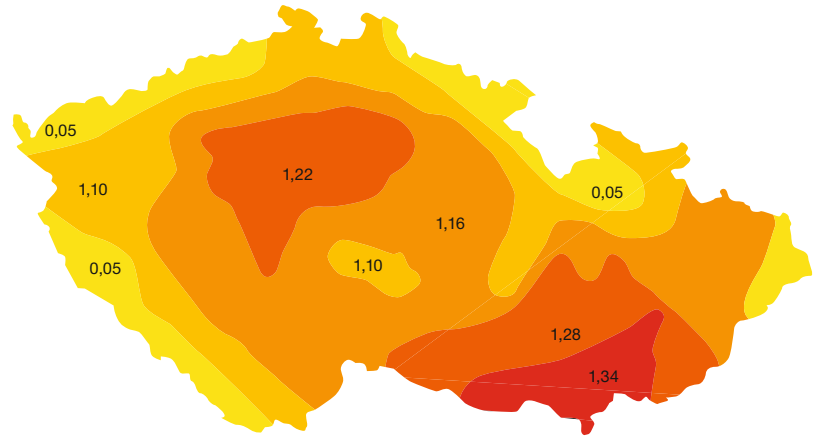
### Šance sluneční energie

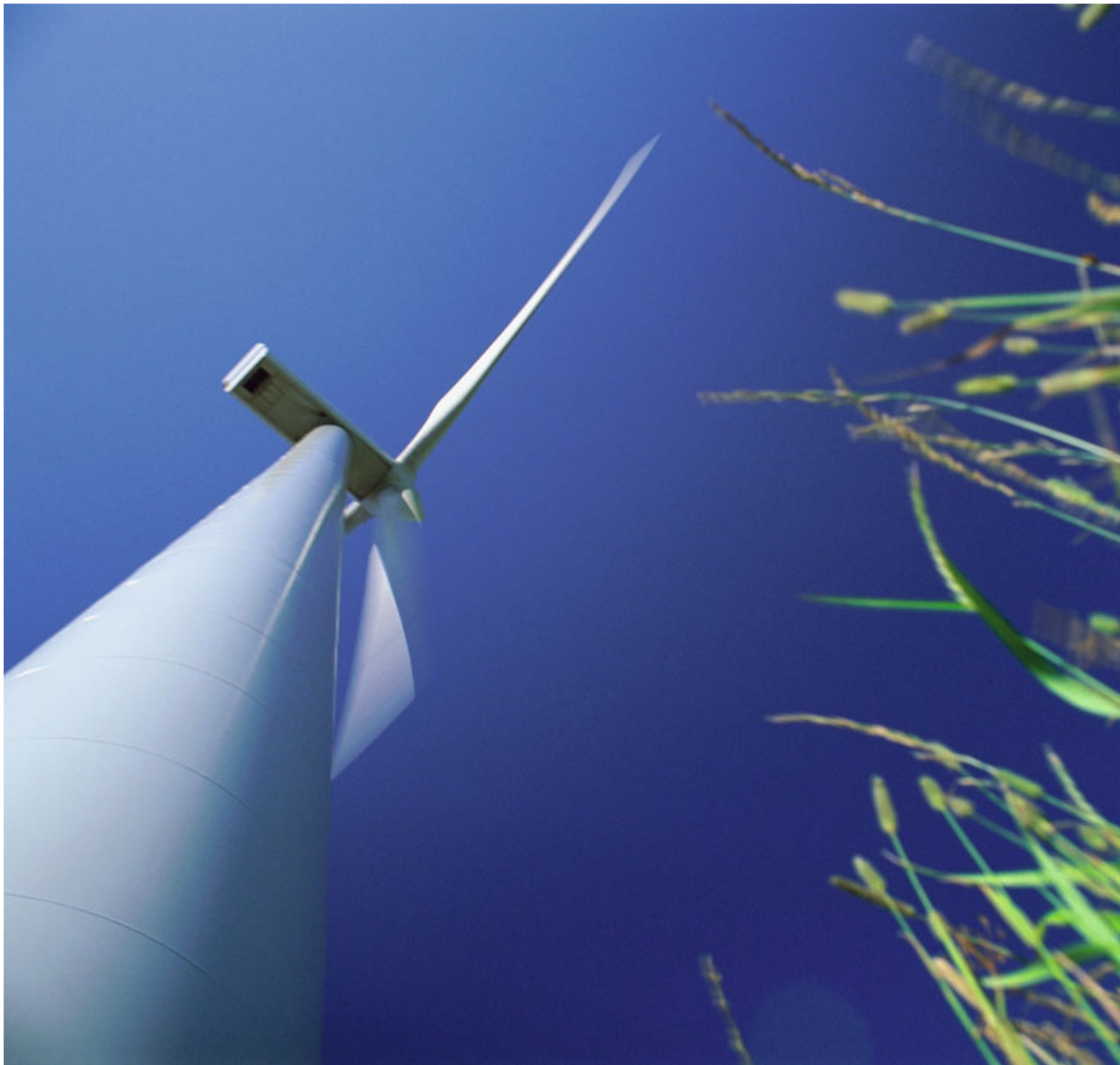
Na Zemi je asi 22 milionů km<sup>2</sup> pouští, které nelze využít ani v zemědělství, ani k chovu dobytka (Sahara, Kalahari, Atakama). Jejich obrovské rozlohy však mohou být alespoň zčásti využity k přeměně sluneční energie na elektřinu nebo k rozkladu vody na vodík a kyslík. Pro Evropu je nejbližší Sahara, která má rozlohu 7 milionů km<sup>2</sup>. Jednoduchý výpočet ukáže, že jen z jedné desetiny Sahary by dnešní technikou bylo možné získat až asi 50 terawattů, což je 5krát více, než lidstvo potřebuje. Problémem zůstává přenos elektřiny na tak velké vzdálenosti do místa spotřeby.





Mapa slunečního záření v ČR  
(údaje v MWh sluneční energie za rok)



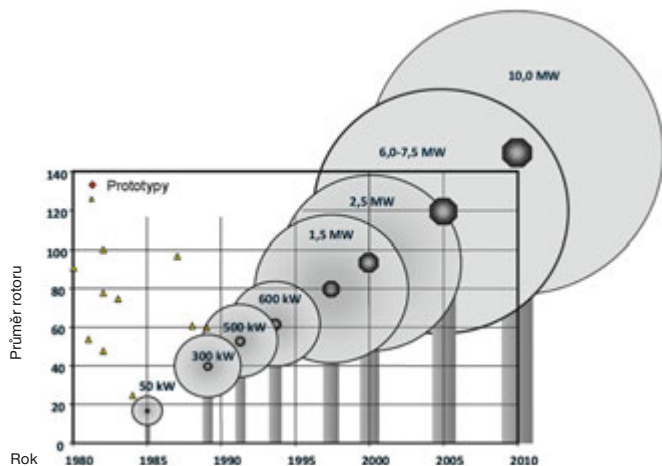


# VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

Větrnou energii používá lidstvo od dávnověku. Vítr poháněl plachetnice, větrné mlýny, vodní čerpadla. S větrnými motory se setkáváme už ve starověké Číně. Ve větrných mlýnech se větrná energie využívala v minulosti i na území našeho státu. Historicky je postavení prvního větrného mlýna na území Čech, Moravy a Slezska doloženo již v roce 1277 v zahradě Strahovského kláštera v Praze. Největší rozkvět doznalo větrné mlynářství v Čechách ve 40. letech 19. století, na Moravě a ve Slezsku o něco později. Celkem bylo na území dnešní ČR evidováno a je historicky ověřeno 879 větrných mlýnů. Období využívání větrných turbín pro pohon vodních čerpadel spadá u nás do prvního dvacetiletí 20. století. Začátek výroby novodobých větrných elektráren se datuje na konec 80. let minulého století. Jejich rozkvět proběhl v letech 1990–1995, poté následovalo období stagnace (29 % ze všech 24 větrných elektráren postavených do roku 1995 patřilo do skupiny s nevyhovující nebo vysoce poruchovou technologií, 21 % těchto zařízení bylo vybudováno v lokalitách s nedostatečnou zásobou větrné energie). Podobně jako ostatním

obnovitelným zdrojům pomohlo rozvoji větrných elektráren v ČR schválení zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Zatímco začátkem roku 2004 byl v tuzemsku ve větrných elektrárnách instalován celkový výkon 11,5 MW, o tři roky později to již bylo 117,5 MW a na konci roku 2010 celkem 215 MW. V současné době větrné elektrárny pracují zhruba na stovce lokalit v ČR, jejich nominální výkon se pohybuje od malých výkonů (300 W) pro soukromé využití až po 3 MW. Mezi výrobce patří i jedna česká firma (Wikov Wind), většina strojů instalovaných v současnosti v ČR ale pochází zejména z Německa a Dánska. K rozvoji větrných elektráren v evropském i světovém měřítku dochází od konce 20. století, průkopnické instalace se uskutečnily v Dánsku a v USA. Celosvětově bylo ke konci roku 2010 ve větrných elektrárnách instalováno téměř 195 000 MW.





## PRINCIP VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

Vítr vzniká v atmosféře na základě rozdílu atmosférických tlaků jako důsledku nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu. Teplý vzduch stoupá vzhůru, na jeho místo se tlačí vzduch studený. Zemská rotace způsobuje stáčení větrných proudů, jejich další ovlivnění způsobují morfologie krajiny, rostlinný pokryv, vodní plochy. Některá místa na zemském povrchu mají lepší větrné podmínky, jiná horší.

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídla letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby byla energie větru co nejvíce využita.

Otáčky rotoru zpomaluje tření mechanických součástí a vzdušné víry za lopatkami. Konce lopatek se pohybují rychleji než středové části a výsledná účinnost tedy závisí také

na součiniteli rychloběžnosti, což je poměr rychlosti otáčení lopatek a rychlosti větru. Součinitel rychloběžnosti se zvyšuje snížením počtu lopatek. Moderní větrné turbíny mají 3 lopatky, nejlepší dosahovaná účinnost je 45 %.

### Konstrukce, technické podmínky ekonomického provozu

Existuje několik typů větrných elektráren, s horizontální osou otáčení a počtem listů od jednoho až po několik desítek nebo s vertikální osou otáčení (např. Savoniovy či Darrieovy). V současné době jsou nejrozšířenější větrné elektrárny s třílistým rotorem o výkonu 1,5–7,5 MW a průměrem 80–120 m, které pracují v rozmezí rychlosti větru 3–30 m/s a otáčkami 5–20 ot/min. Listy rotoru jsou roztáčeny vztahovými silami větru, proto se gondoly elektráren natáčejí proti směru větru. Rotační síla je z rotoru přenášena hřídelem přes převodovku do generátoru (popř. bez převodovky - při použití multipólového generátoru), který přeměňuje mechanickou energii na elektrickou. Ve strojovně umístěné v gondole se dále nachází zejména systém natáčení jednotlivých lopatek rotoru - pro optimalizaci výkonu elektrárny a systém natáčení celé gondoly - pro natáčení elektrárny proti směru větru. Gondola je posazena na tubusu, který musí být dostatečně vysoký, neboť rychlost větru s výškou nad zemí vzrůstá a zároveň se snižuje množství turbulen-

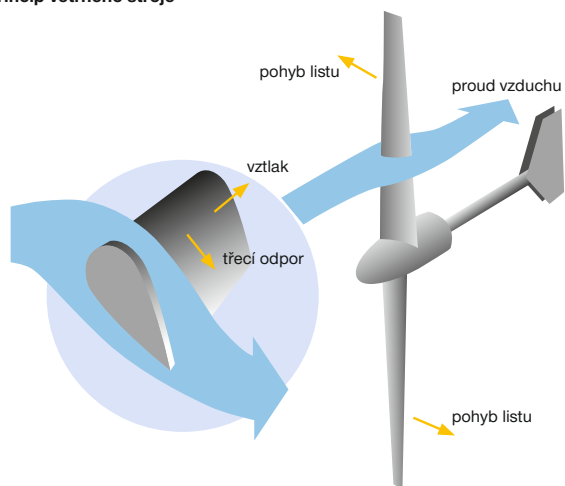
cí způsobených terénními nerovnostmi. V současnosti se výška tubusů větrných elektráren pohybuje v rozmezí 70–130 m.

„Energeticky“ využitelný je vítr o rychlosti 4 až 30 m/s (tj. 15 až 110 km/h). Pomocí fyzikálních rovnic lze vypočítat, že získaný výkon je úměrný třetí mocnině rychlosti větru. Při větším větru než 30 m/s se elektrárna zastavuje, aby nedošlo k nadměrnému zatížení elektrárny. V takovém případě se rotor zabrzdí a lopatky se nastaví vůči větru nejužším profilem, tzv. do praporu. Jmenovitý výkon 2–7,5 MW dosahují při rychlostech větru kolem 12–15 m/s, tzv. startovací rychlost větru je 3 m/s. Nejpriznivější větrné podmínky bývají u pobřeží moře, nebo ve vyšších nadmořských výškách - zde ale vzniká na elektrárnách v zimě námraza. Proto jsou elektrárny vybaveny systémy na její detekci, které elektrárnu odstaví a nedochází tak k negativním průvodním jevům námrazy. V současné době se větrné elektrárny umísťují na lokality s průměrnou roční rychlostí větru nad 6 m/s (ve výšce osy rotoru), při které dosahují roční výroby nad 4 mil. kWh elektrické energie.

### Vliv na životní prostředí je minimální

Vůči životnímu prostředí je větrná energetika výrazně šetrná. Neprodukuje tuhé či plynné emise ani odpadní teplo, nezatěžuje okolí od-





pady, ke svému provozu nepotřebuje vodu. Nepředstavuje ani významný zábor zemědělské půdy a nároky na plochu staveniště jsou minimální.

V mnoha případech bývá ochránci přírody nadhodnocován negativní vliv akustických emisí na okolí. Jde o hluk, jehož zdrojem je strojovna, a také o hluk aerodynamický vznikající interakcí proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a vznikem vzduchových vírů za hranou listů. Tento hluk je snižován konstrukčními úpravami profilu listů vrtule.

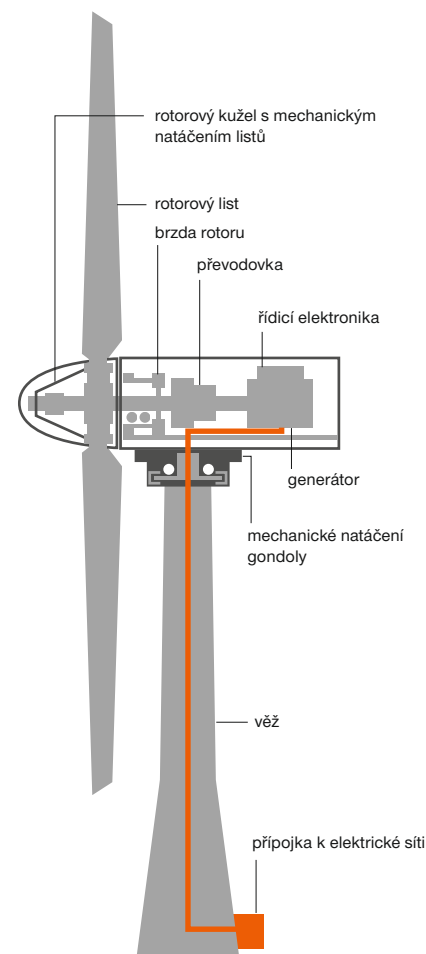
## PERSPEKTIVY VĚTRNÉ ENERGETIKY V ČR

Zatímco na konci roku 2004 pracovaly větrné elektrárny v ČR s celkovým instalovaným výkonem o něco málo vyšším než 11 MW (vyrobily necelých 10 GWh elektrické energie), na konci roku 2010 bylo instalováno přes 215 MW a vyrobeno 335,5 GWh elektřiny. V posledních letech se objevilo několik optimistických scénářů ohledně výroby z větrných elektráren. Závěrečná zpráva tzv. Pačesovy komise počítá koncem roku 2012 s dokončenými větrnými elektrárnami o instalovaném výkonu 490 MW. S nezanedbatelným podílem výroby z větrných elektráren v portfoliu obnovitelných zdrojů

České republiky počítá také Národní akční plán připravený Ministerstvem průmyslu a obchodu v roce 2010. Dosavadní tempo rozvoje větrné energie v České republice ovšem zdaleka neodpovídá těmto představám - zejména kvůli často zdlouhavému a netransparentnímu průběhu povolovacích řízení.

Nepravidelnost větru způsobuje, že i moderní zařízení určená k využívání jeho energie dosahují kapacitního faktoru v ČR okolo 25 %, tzn. že větrné elektrárny dosahují předpokládaného výkonu po 25 % roční doby. Při této účinnosti vyrobí jedna 2 MW elektrárna průměrně 4 200 MWh, což odpovídá průměrné roční spotřebě 1200–1300 domácností.

Pro výstavbu větrných elektráren se počítá s plochami v nadmořských výškách zpravidla nad 600 m, technologický rozvoj však již umožňuje vyrábět elektřinu z větru efektivně i v mimohorských oblastech. Až na výjimky se nicméně vhodné lokality nacházejí v horských pohraničních pásmech Krušných hor a Jeseníků, popř. v oblasti Českomoravské vrchoviny. Místa, kde jsou příznivé větrné podmínky, leží převážně v oblastech, které patří mezi zákonem chráněné. Odhaduje se, že z tohoto důvodu odpadá 60–70 % vhodných ploch pro výstavbu větrných elektráren. V současné době, kdy výška stožárů dosahuje až 100–150 metrů, se otevírá možnost využití i zalesněných ploch.





■ Větrné elektrárny ČEZ u Janova pocházejí z produkce české společnosti Wikov Wind

Množství elektrické energie vyrobené tímto způsobem v roce 2010 by stačilo bilančně pro více než 90 tisíc z celkových pěti milionů českých domácností. Podle odborných studií má největší potenciál větrné energie oblast severních Čech, Vysočiny a severní Moravy, následuje jižní Morava a západní Čechy. Nejméně „větrné“ jsou jižní Čechy.

## SKUPINA ČEZ A VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

První větrná elektrárna ČEZ, a. s., byla uvedena do provozu v listopadu 1993 v Dlouhé Louce nad Osekem u Litvínova v Krušných horách. Tato demonstrační elektrárna (typ EWT 315 kW) sloužila především k řadě zkoušek a měření v podmínkách dané nadmořské výšky (870 m n. m.). Do Skupiny ČEZ patříly také větrná farmy v lokalitách Mravenečník a Nový Hrádek.

Od roku 2009 provozuje ČEZ prostřednictvím dceřiné společnosti ČEZ Obnovitelné zdroje moderní větrné elektrárny v lokalitách Janov a Věžnice. V prvním případě jde o premiérovou instalaci dvojice strojů domácího producenta, společnosti Wikov Wind. Dva stroje typu W 2000 SPG o jednotkovém instalovaném výkonu 2 MW by ročně měly vyrobiť

až 8 milionů kWh elektrické energie, a pokrýt tak spotřebu 2 300 domácností. V lokalitě Věžnice vyrábějí 100% čistou energii dvě větrné elektrárny typu REpower MM92. Generálním dodavatelem projektu byla společnost ŠKODA PRAHA Invest. Elektrárny by ročně měly vyprodukovat až 9 milionů kWh elektrické energie, a pokrýt tak spotřebu téměř 3 tisíc domácností. Na celkové výrobě elektrické energie v ČR v roce 2010 se výroba z větrných elektráren podílí asi 0,4 procenty. Větrná energetika bude z hlediska výroby elektrické energie v dohledné době nadále doplňkovým zdrojem, nicméně by měla mít své stálé místo v energetickém mixu ČR.

## VĚTRNÁ ENERGETIKA A EVROPSKÁ UNIE

Program rozvoje větrné energetiky přijaly země Evropských společenství již v roce 1980. Začaly stanovením technických a hospodářských možností v jednotlivých členských zemích a zpracováním jejich větrných energetických atlasů. Také v posledních letech instalace větrných elektráren ve světě zaznamenávají významné přírůstky. Na konci roku 2010 byly světovou jedničkou Spojené státy s více než 35 000 MW, následovaly

Německo a Čína (obě přes 25 000 MW) a Španělsko (více než 19 tisíc MW). Evropská komise předpokládá, že do roku 2020 stoupne podíl větrné elektřiny na celkové produkci na 12,1 %. Standardem se již staly turbíny o výkonu větším než jeden megawatt, v roce 2003 byly postaveny první pětimestawattové stroje a jsou plánovány generátory o dvojnásobném výkonu využívající supravodiče. Jejich lopatky budou měřit 90 metrů a při provozu opiší plochu 2,5 hektaru, tedy menšího pole. Počítá se s nimi hlavně pro přímořské a mořské větrné farmy. Dynamický vývoj ve světě ukazuje, že se jedná o perspektivní zdroj elektrické energie. Vítr navíc v kombinaci s ukládáním energie nabízí velký potenciál pro ostrovní systémy, výrobu vodíku a další využití.





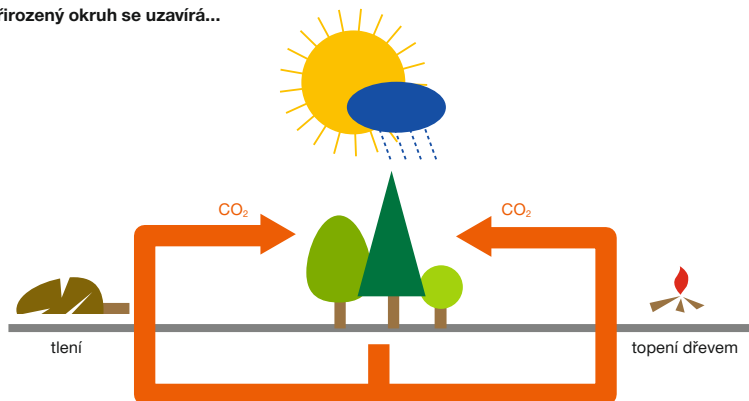


# BIOMASA A BIOPLYN



Zdrojem energeticky využitelné energie je i sluneční energie uložená v organických materiálech – v biomase. Z hlediska energetického využití jde v podmínkách České republiky většinou o dřevo (či tříděný odpad), slámu a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat, či o energeticky využitelný tříděný komunální odpad nebo plynné produkty vznikající při provozu čistíren odpadních vod. Před vstupem do vlastního energetického zařízení musí být biomasa obvykle speciálně upravena. Metody těchto úprav závisí především na požadovaném druhu a kvalitě hmoty vstupující do vlastního energetického zařízení. Při záměru využít biomasu v rámci energetiky je třeba uvážit, zda půjde pouze o výrobu tepla, nebo o kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. V každém případě však platí, že spalování biomasy má jednu velkou výhodu – nezatěžuje životní prostředí nadměrnou produkcí oxidu uhličitého. Při spalování dojde k produkci stejného množství této látky, které rostlina spotřebuje při svém růstu. Navíc lze popel vznikající při spalování čisté, resp. samostatné biomasy využít jako vysoce kvalitní hnojivo.

Poměrně velký potenciál má v českých podmínkách i energetické využití bioplynu. Elektřina se v současnosti vyrábí zejména při kogeneraci bioplynu. Uložené organické materiály bez přístupu vzduchu produkují při tzv. fermentaci bioplyn s vysokým obsahem metanu. Samotné fermentory (nádoby, v nichž dochází k produkci bioplynu) jsou utěsněny. Ten je následně využit jako palivo k výrobě elektřiny. Při kogeneračním procesu je současně využita energie pro výrobu elektřiny a ztrátové teplo je k dispozici k dalšímu použití. Pokud je spolu s teplem a elektřinou produkován i chlad, hovoříme o trigeneraci. Samotné palivo (tedy kukuřičná siláž a řepné řízky a kořínky) je uloženo ve skladech a dostatečně překryto těsnícím materiálem. Samotné fermentory (nádoby, v nichž dochází k produkci bioplynu) jsou pod střechou a tím utěsněny.



## ZDROJE BIOMASY

Zdroje biomasy můžeme rozdělit podle původu na:

- přírodní – např. dřevní odpad, kůra, rychle rostoucí rostliny a dřeviny, sláma,
- průmyslové – kejda a chlévská mrva pro produkci bioplynu, odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, z dřevařských provozoven, kapalná biopaliva,
- komunální – kaly z čistíren odpadních vod, bioplyn ze skládek odpadů, organický komunální odpad.

### Způsoby získání energie z biomasy

- Spalování (dřevo, dřevní odpad, sláma, atd.). Pokud ke spalování dochází za přístupu vzduchu, jde o prosté hoření; v případě zahřívání paliva bez přístupu vzduchu se uvolňuje dřevoplyn, který se spaluje podobně jako ostatní plynná paliva.
- Zpracování na kvalitnější paliva tzv. fytopaliva (pelety, brikety, bioplyn, etanol, bio-nafta).

### Spalování a zplyňování

Spalování biomasy je nejstarší thermochemická konverze biomasy, při které dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny (a jiné látky) a při následné oxidaci se uvolňuje energie,  $\text{CO}_2$  a voda. Oproti spalování fosilních

paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci  $\text{CO}_2$ , který patří mezi tzv. skleníkové plyny. Produkce  $\text{CO}_2$  ze spalování biomasy je neutrální, protože množství tohoto plynu uvolněné do ovzduší spalováním je přibližně stejné jako to, které je zpětně vázáno do rostlin v zemědělských a lesních porostech nebo na tzv. energetických plantážích. Nízký je rovněž obsah uvolňovaných oxidů síry (0 až 0,1 % síry má dřevo nebo sláma oproti hnědému uhlí, které obsahuje někdy i více než 2 %). Množství vznikajícího  $\text{NO}_x$  lze kontrolovat např. úpravou teploty spalování.

Biomasa je velmi složité palivo, protože podíl těkavé hořlaviny je velmi vysoký (u dřeva je 70 %, u slámy 80 %) a vzniklé plyny mají různou spalovací teplotu. Proto se stává, že ve skutečnosti hoří pouze část paliva. Podmínkou dokonaleho spalování je vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a prostor dostatečný k tomu, aby všechny plyny dobře shořely tam kde mají a nestávalo se, že budou hořet až v komině.

Dřevo se pro energetické použití tzv. štěpkuje, piliny se lisují do pelet a briket. Sláma se používá jak obilná, tak z olejin, např. z řepky, lisuje se či se z ní také vyrábějí brikety a granule. Do seznamu povolených „energetických rostlin“ patří celá řada jednoletých, dvouletých i vytrvalých druhů, jako je např. laskavec, konopí seté, sléz přeslenitý, pupal-

ka dvouletá, komonice bílá, mužák prorostlý, čičorka pestrá nebo z hlediska energetického využití nejperspektivnější šťovík krmný – Uteuša. Využití lze i rychle rostoucí topoly, vrby, olše, akát, platan apod.

### Výhřevnost

Podstatným parametrem efektivního energetického využití biomasy je výhřevnost dřeva a dalších rostlinných paliv; ta kolísá nejen podle druhu dřeva či rostliny, ale navíc i s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější. Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou snižuje svůj obsah vody na 20 % za jeden rok, řepková sláma za stejných podmínek na 13 %. Průměrná výhřevnost dokonale suché rostlinné biomasy je 18,6 MJ/kg, v praxi se ale pohybuje v důsledku různých vlivů okolo 10–15 MJ/kg (pro srovnání: průměrná výhřevnost černého uhlí je 24–29 MJ/kg, topného oleje 42 MJ/kg).

Obsah energie v jednom kilogramu dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 kWh na jeden kilogram dřeva.

typ konverze biomasy	způsob konverze biomasy	energetický výstup	odpadní materiál nebo druhotná surovina
termochemická konverze – suché procesy	spalování	teplo vázané na nosič	popeloviny
	zplynování	generátorový plyn	dehtový olej uhlíkaté palivo
	pyrolýza	generátorový plyn	dehtový olej pevné hořlavé zbytky
biochemická konverze – mokré procesy	anaerobní fermentace	bioplyn	fermentovaný substrát
	aerobní fermentace	teplo vázané na nosič	fermentovaný substrát
	alkoholová fermentace	etanol, metanol	vykvašený substrát
fyzikálně-chemická konverze	esterifikace bioolejů	metylester biooleje	glycerin

### Výhody užití biomasy

- obnovitelný zdroj energie, neutrální vzhledem k produkci CO<sub>2</sub>
- tuzemský zdroj energie, který je velmi rozšířen
- pěstováním energetických plodin je možné využívat přebytečnou zemědělskou půdu nebo půdu, která se nehodí k potravinářské výrobě
- zbytek po spalování čisté biomasy lze využít jako hnojivo
- možnost spalování tříděných odpadů

### Nevýhody užití biomasy

- větší obsah vody a tudíž nižší výhřevnost
- větší objem paliva, vyšší nároky na skladovací prostory
- nutnost úpravy paliva (sušení, tvarování, atd.) vyžadují investice do nových zařízení
- u výroby a využití bioplynu poměrně vysoké investiční náklady na technická zařízení, což zvyšuje cenu vyrobené energie
- poměrně složitá manipulace s palivem ve srovnání s plynem, elektřinou, lehkými topnými oleji
- nutnost likvidace popela
- omezení dopravních vzdáleností

### Spalovací zařízení

Biomasa se velmi účinně a ekologicky ve velkém spaluje ve formě dřevní štěpky v klasických teplárnách nebo elektrárnách s odběrem

plodina / termín	výhřevnost (MJ/kg)	vlhkost (%)	výnos (t/ha)		
			min.	prům.	opt.
sláma obilovin / VII–X	14	15	3	4	5
sláma řepky / VII	13,5	17–18	4	5	6
energetická fytomasa – orná půda / X–XI	14,5	18	15	20	25
rychlerostoucí dřeviny – zem. půda / XII–II	12	25–30	8	10	12
energetické seno – zem. půda / VI; IX	12	15	2	5	8
energetické seno – horské louky / VI; IX	12	15	2	3	4
energetické seno – ostatní půda / VI–X	12	15	2	3	4
rychlerostoucí dřeviny – antropogenní půda / XII–II	12	25–30	8	10	12
jednoleté rostliny – antropogenní půda / X–XI	14,5	18	15	17,5	20
energetické rostliny – antropogenní půda / X–XII	15	18	15	20	25

Zdroj: Encyklopedie energetiky, vydal ČEZ, a. s., v roce 2003





- ▣ V elektrárně Hodonín byly v posledních letech výrazně zvýšeny objemy spalované biomasy
- ▣ Spalovací zkoušky se uskutečnily i ve fluidních kotlích v Elektrárně Ledvice
- ▣ Přírodní biomasa

tepla spolu s energetickým uhlím, a to např. ve fluidních kotlích s cirkulací spalin středních a velkých výkonů. Pro různé průmyslové aplikace nebo systémy centrálního zásobování teplem se používají kotle nad 100 kW spalující také dřevní štěpku nebo balíky slámy. Často jsou vybaveny automatickým přiřkládáním paliva a dokáží spalovat i méně kvalitní a vlhčí biomasu.

### Tušimice I

Jedním z prvních pokusů o využití biomasy byly v letech 1995 a 1996 úvahy postavit v lokalitě trvale odstavené uhelné Elektrárny Tušimice I energetický blok do 110 MW výkonu vybavený fluidním kotlem na spalování biomasy zemědělského a lesního původu. Průzkum cen potenciálně dodávané biomasy a stav tehdejších výkupních cen elektřiny projektu nepřál a záměr se nedočkal praktické realizace. Již o tři roky nato však dobré zahraniční reference o spoluspalování biomasy dřevního původu s uhlím vedly k prvnímu reálnému ověření této technologie „ve velkém“ v Elektrárně Hodonín, kde se spolu s jihomoravským lignitem začaly spalovat otruby. Dále zde proběhly zkoušky s lesní štěpkou a poté i s dalšími produkty ze zpracování dřeva. Již během roku 2000 bylo v Hodoníně tímto způsobem spáleno více než 2400 tun biomasy. Následovaly spalovací zkoušky u fluidních kotlů v Tišově, Poříčí a Ledvicích. Osvědčilo se také

spoluspalování biomasy v roštových kotlích v Teplárně Dvůr Králové.

Od 31. prosince 2009 je jeden z bloků hodonínské elektrárny určen výhradně ke spalování čisté biomasy. Zařízení disponuje elektrickým výkonem až 30 MW a denně si vyžádá 1200 tun biomasy. Skupina ČEZ také prostřednictvím akvizice získala kombinovaný zdroj na výrobu elektřiny a tepla čistým spalováním biomasy v Jindřichově Hradci. Vyrobené teplo je dodáváno zejména do centrálních rozvodů města Jindřichův Hradec. Zdroj ročně vyrobí čistým spalováním biomasy více než 30 tisíc MWh elektřiny – toto množství zhruba odpovídá spotřebě elektřiny 8 500 domácností za rok.

Skupina ČEZ v roce 2009 vyrobila v domácích elektrárnách z biomasy celkem 327 GWh elektřiny. Zmíněná produkce by pokryla roční spotřebu více než 93 tisíc domácností. Co do objemu výroby je jedničkou Skupiny ČEZ elektrárna Hodonín. Kromě českých elektráren se biomasa úspěšně spoluspaluje také v polských elektrárnách Skawi-na a ELCHO, která patří do Skupiny ČEZ.

## ZDROJE BIOPLYNU

Nejčastěji energeticky využívaný bioplyn pochází ze zemědělských prostředků (hnůj, kej-

da) a odpadového hospodářství (skládky odpadů). Bioplyn se skládá z metanu (40–75 %), oxidu uhličitého (25–55 %), vodní páry (0–10 %), dusíku (0–5 %), kyslíku (0–2 %), vodíku (0–1 %), čpavku (0–1 %) a sulfanu (0–1 %).

### Bioplynové stanice

K výrobě elektřiny z bioplynu slouží tzv. bioplynové stanice, které zpracovávají pestrou paletu materiálů nebo odpadů organického původu prostřednictvím procesu anaerobní digesce bez přístupu vzduchu v uzavřených reaktorech (tzv. fermentorech). Výsledkem procesů, k nimž zde dochází, je bioplyn, jenž je v současnosti nejčastěji využíván k výrobě elektřiny a tepla. Vedlejším produktem je také digestát použitelný jako hnojivo. Bioplynové stanice mohou být zemědělské, kde bývá nejčastěji provozovatelem větší zemědělský podnik, nebo stanice komunální a průmyslové související s čistírnami odpadních vod, kde bývá provozovatelem např. město či průmyslový podnik. Do kategorie bioplynových stanic se ještě řadí skládkový plyn, který je řízeně produkován a jímán ze skládek odpadů. Skupina ČEZ zahájila provoz bioplynové stanice v Číčově (okr. Plzeň-jih). Zařízení o instalovaném výkonu 526 kW by mělo ročně vyrobit zhruba 3 400 MWh elektřiny a pokrýt tak spotřebu tisícovky domácností.





# ZELENÁ ENERGIE

Skupina ČEZ nabízí svým zákazníkům od roku 2006 možnost připojit se k projektu Zelená energie. Zákazníci mají možnost získat certifikát, který jim umožňuje používat značku Zelené energie ve své komunikaci a na obalech výrobků. Zároveň tímto způsobem dávají dobrovolným přihlášením k projektu veřejně najevo svou podporu rozvoje obnovitelných zdrojů.

Díky projektu Zelená energie se každoročně podporují neziskové projekty v kategorii výstavby, výzkumu, vzdělávání a osvěty v oblasti obnovitelných zdrojů energie. Pomohlo se tak již desítkám projektů po celé České republice. Takto Zelená energie pomohla k ekologickému ohřevu vody v Hospici svatého Štěpána v Litoměřicích, podpořila výzkum bioplynu na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě v Brně či vědecko-vzdělávací přednášky na středních školách s názvem Tajemství energie, a mnoho dalších projektů.

■ Jedním z podpořených projektů Zelené energie v oblasti vzdělávání byla i expozice v iQParku v Liberci, která návštěvníkům vysvětluje principy získávání energie z obnovitelných zdrojů.





● vodní elektrárny ■ uhelné elektrárny □ teplárny ▲ jaderné elektrárny ▼ větrné elektrárny ○ fotovoltaické elektrárny ▽ bioplynová stanice ✱ hnědouhelné doly



