

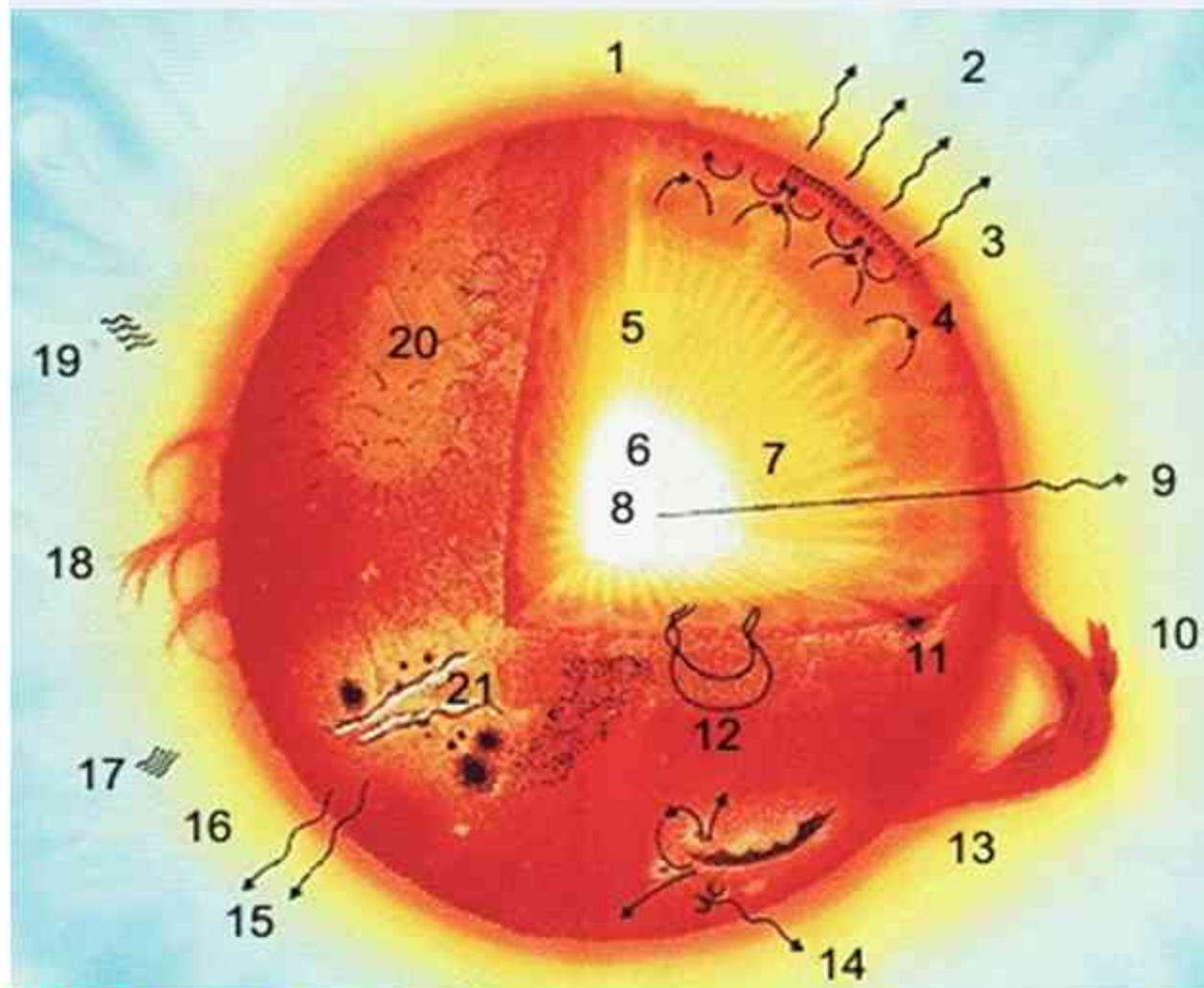
2. Solární větrná a vodní energie

Základy energetiky

Vyučující

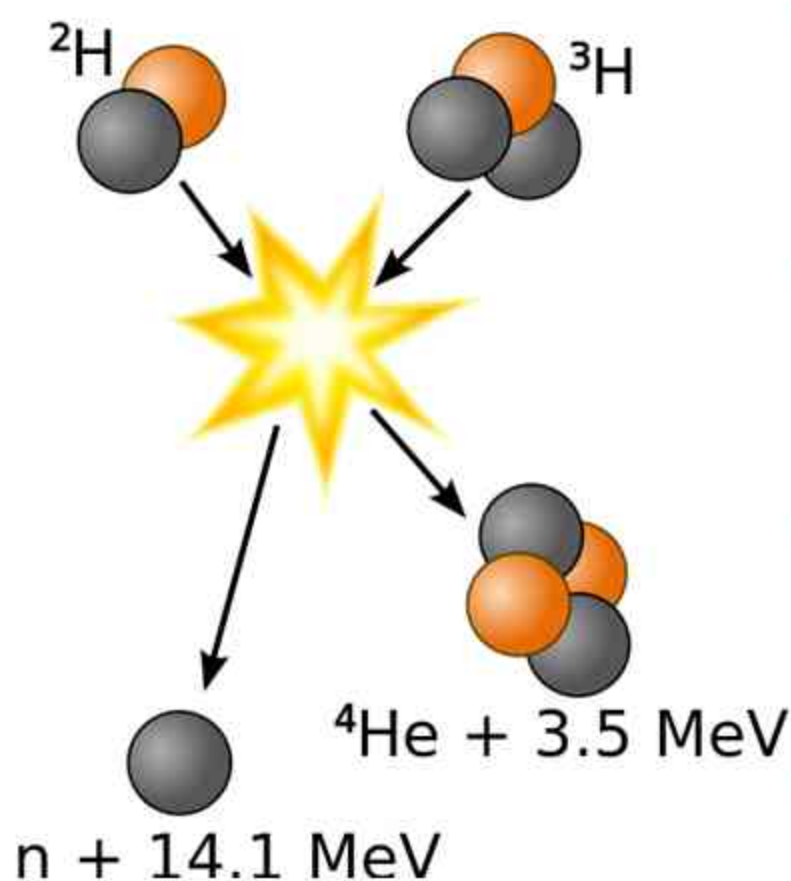
Luděk Jelínek

Slunce



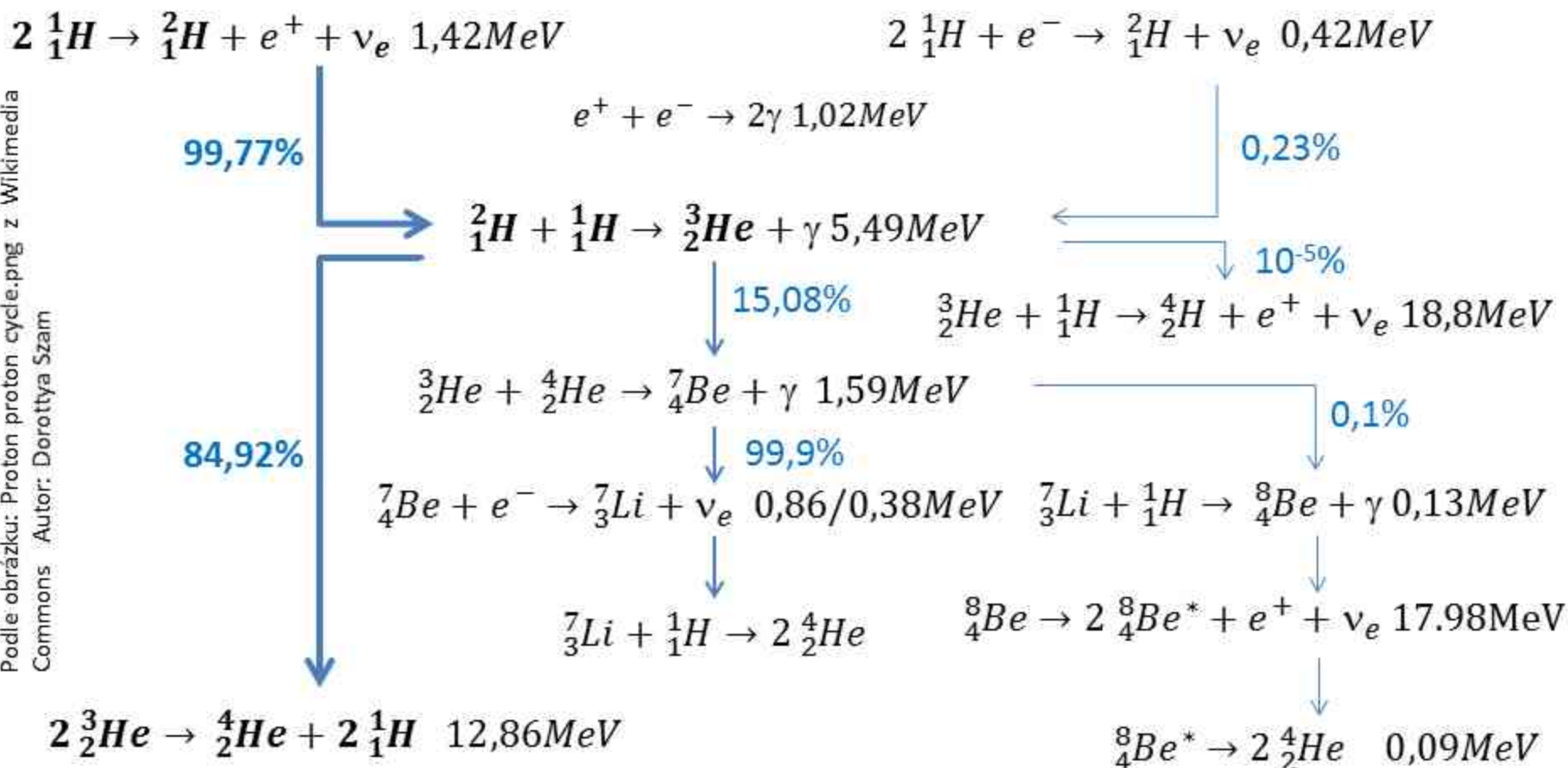
1. **Fotosféra** (6000K)
2. Vis, IR a UV záření
3. Turbulentní konvekce
4. **Konvektivní zóna**
5. 2 100 000 K
6. **Jádro** (14 500 000 K)
7. **Oblast zářivé rovnováhy**
8. Termonukleární reakce
9. Neutrino
10. Protuberance
11. Skvrna
12. Magnetická smyčka
13. Světlé skvrny a krátkodobé magnetické oblasti
14. RTG záření
15. RTG a γ -záření
16. Energetické částice
17. /19. Radiové vlny
18. Koronální smyčky
20. Koronální díry
21. Chromosférická erupce

Zdroj sluneční energie - jaderná fúze



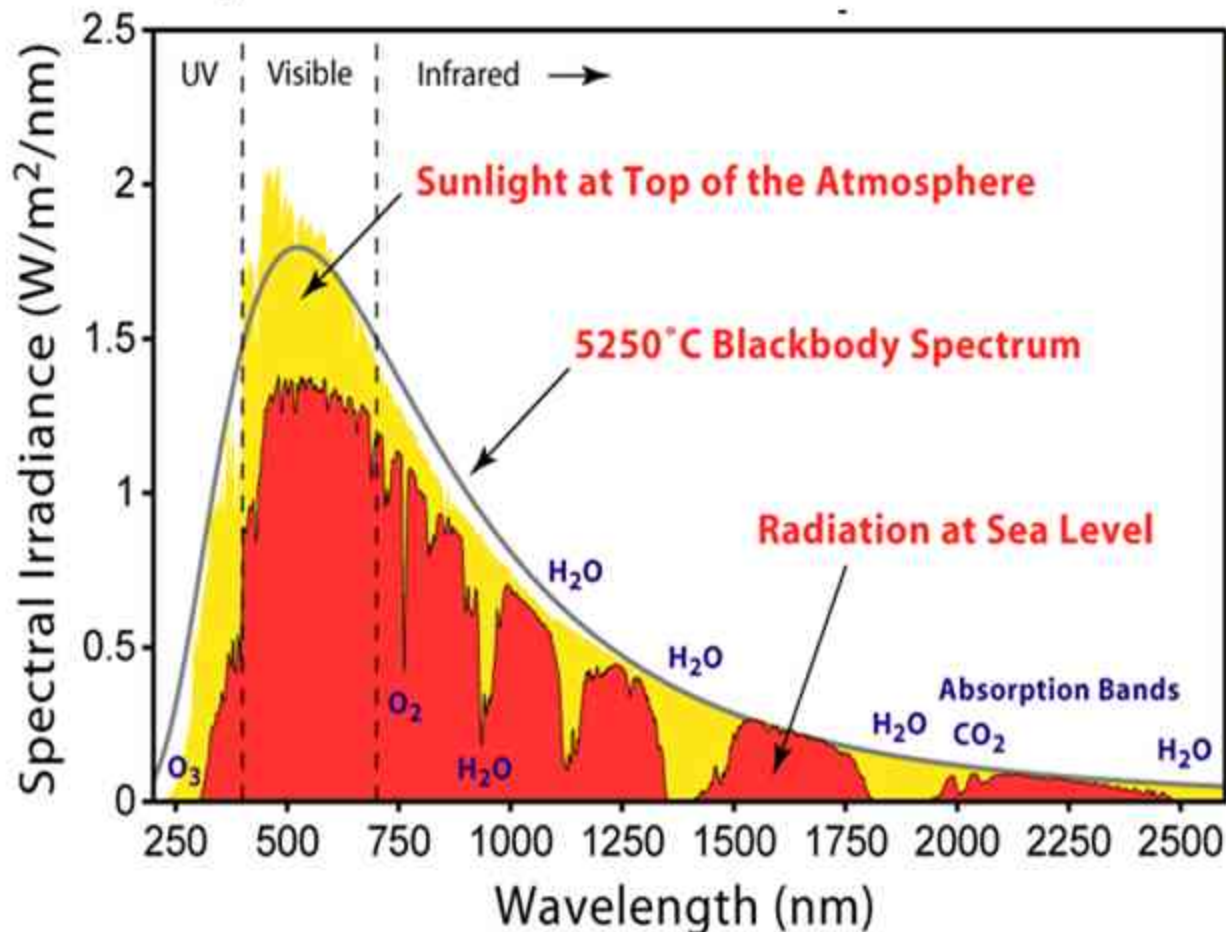
- Jaderná fúze se zjednodušeně zapisuje jako reakce deuteria a tritia, ve skutečnosti však jde o složitější reakce
- Jadernou fúzi probíhající v jádru slunce popisuje proton-protonový cyklus (viz dále)
- Kapalné deuterium bylo použito pouze v prvním designu termonukleární nálože (Ivy Mike)
- Pro moderní termonukleární nálože se používá jako palivo deuterid lithný (Castle Bravo)

Proton-protonový cyklus



Sluneční spektrum

Zdroj obrázku: Wikimedia Commons



Prvkové složení slunce

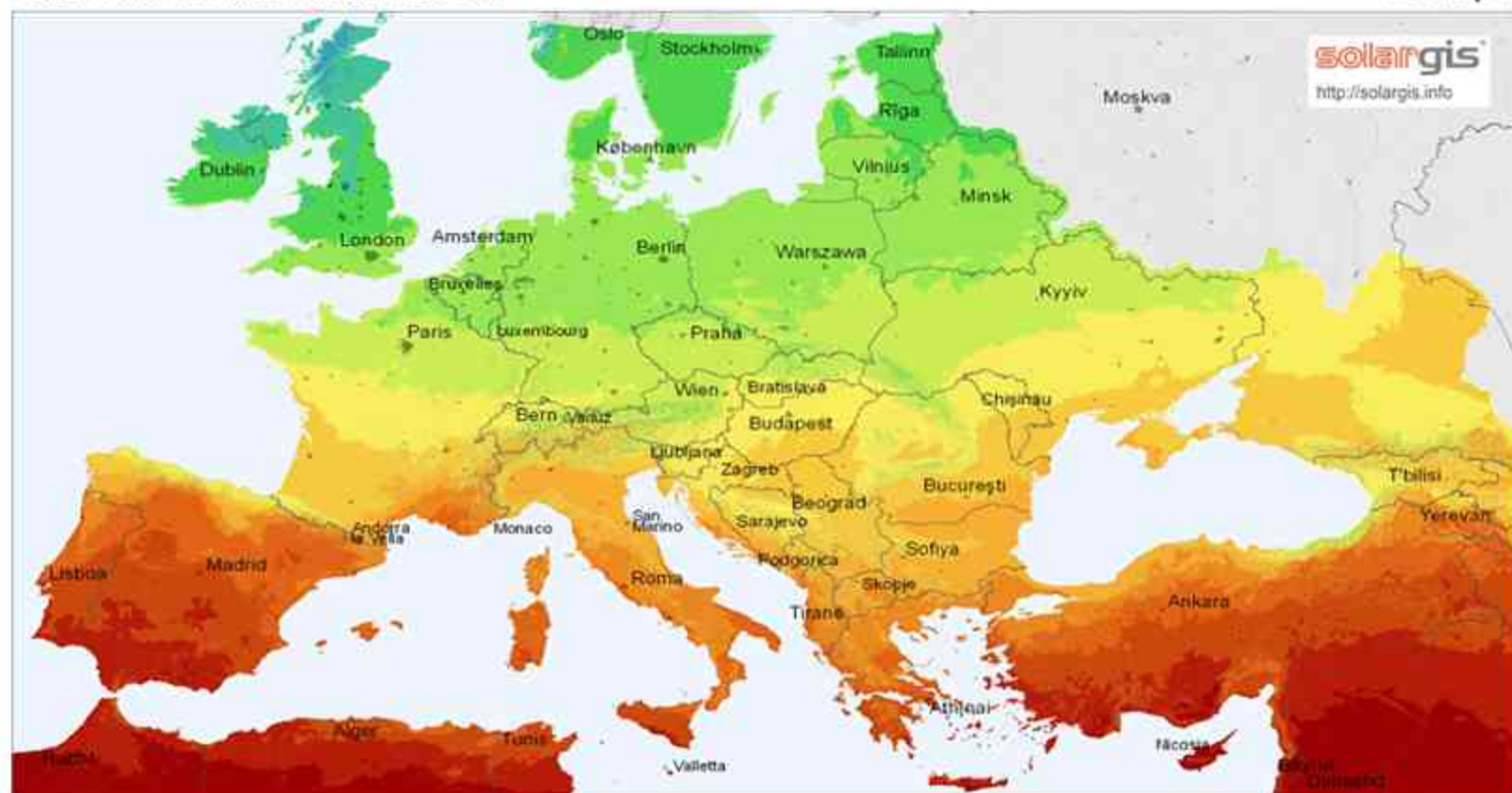
Prvek	mol. %	hm. %
H	91,2	71,0
He	8,7	27,1
O	0,078	0.97
C	0,043	0.40
N	0,0088	0.096
Si	0,0045	0.099
Mg	0,0038	0.076
Ne	0,0035	0.058
Fe	0,0030	0.14
S	0,0015	0.040

Data: Chaisson, E. and McMillan, S.,
Astronomy Today, 3rd Ed., Prentice-Hall (1999)

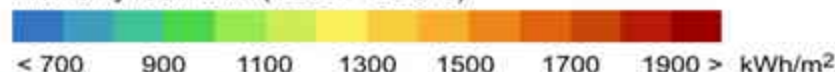
Dopadající sluneční záření

Globální horizontální záření

Evropa

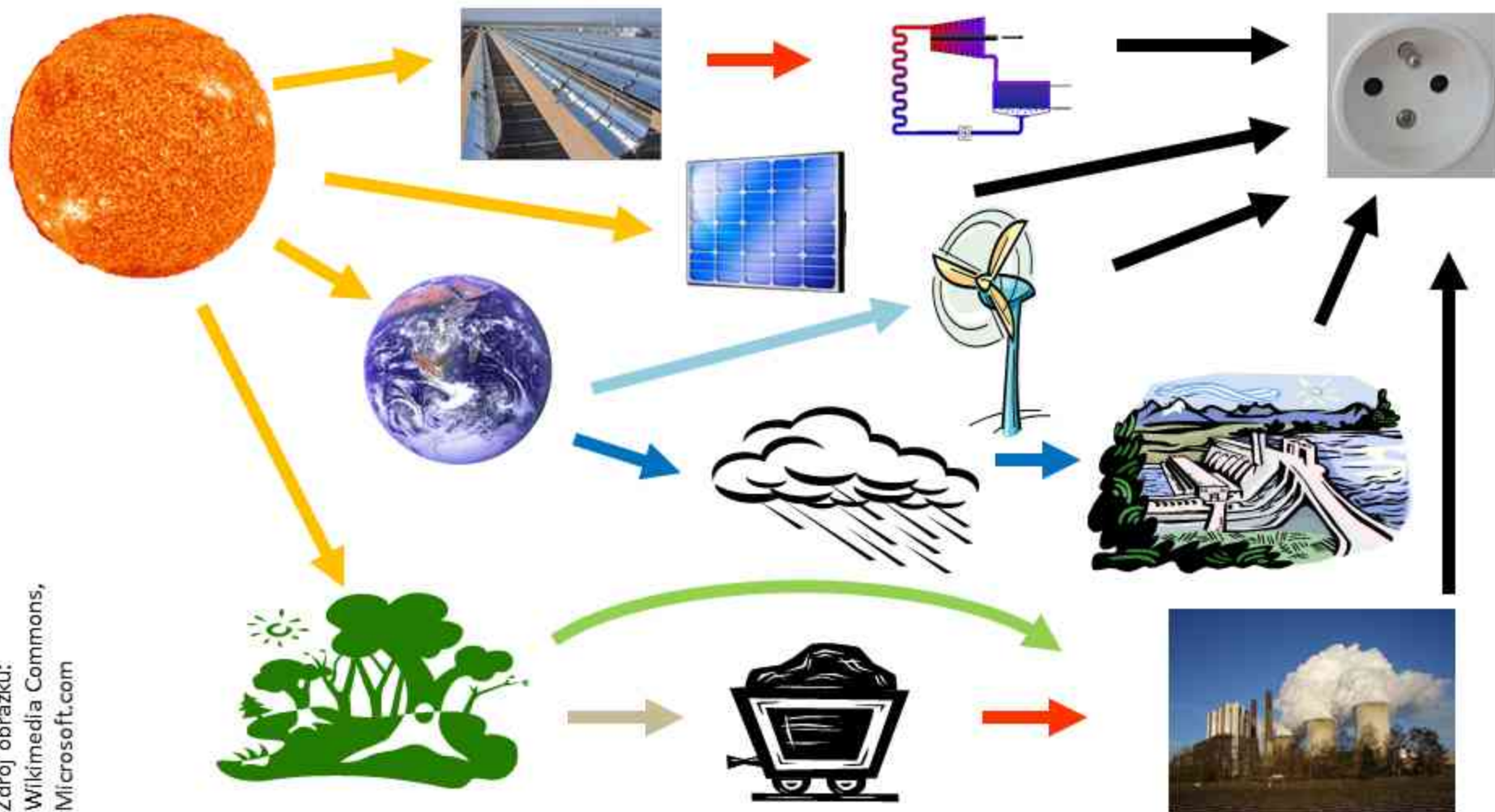


Průměrný roční úhrn (4/2004 - 3/2010)



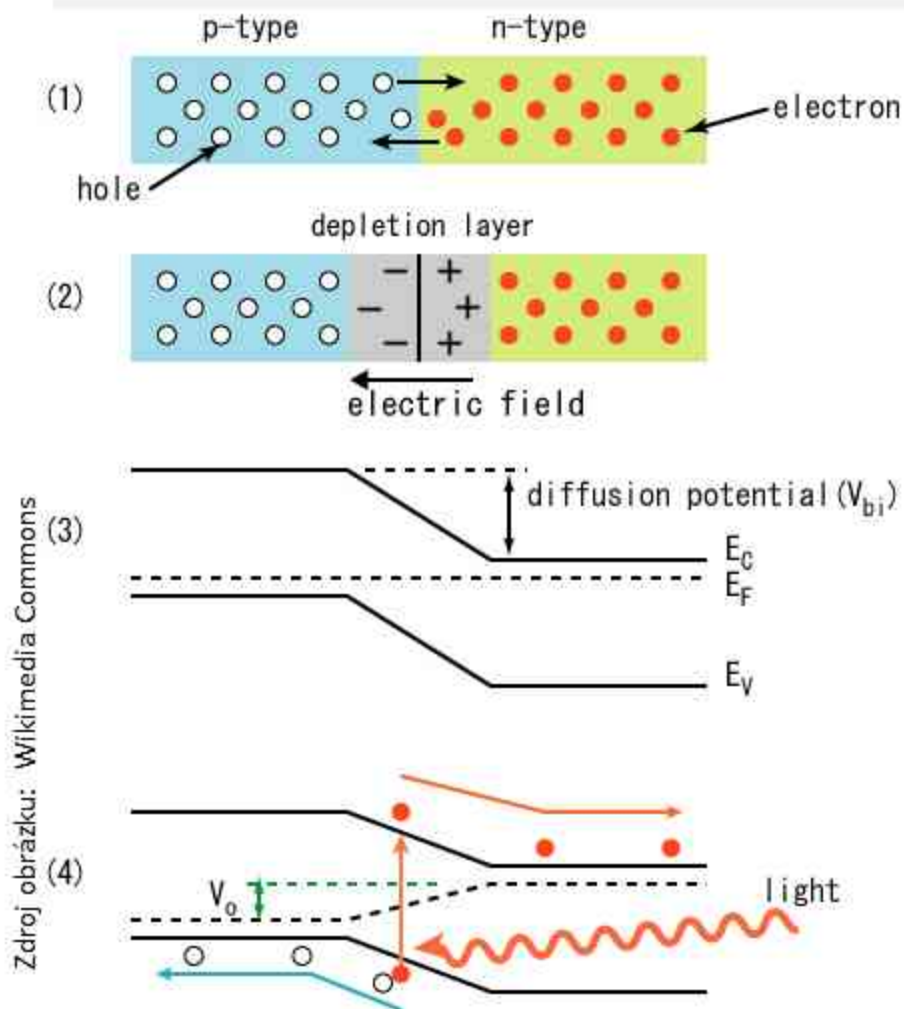
© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

Přeměna sluneční energie



Zdroj obrázků:
Wikimedia Commons,
Microsoft.com

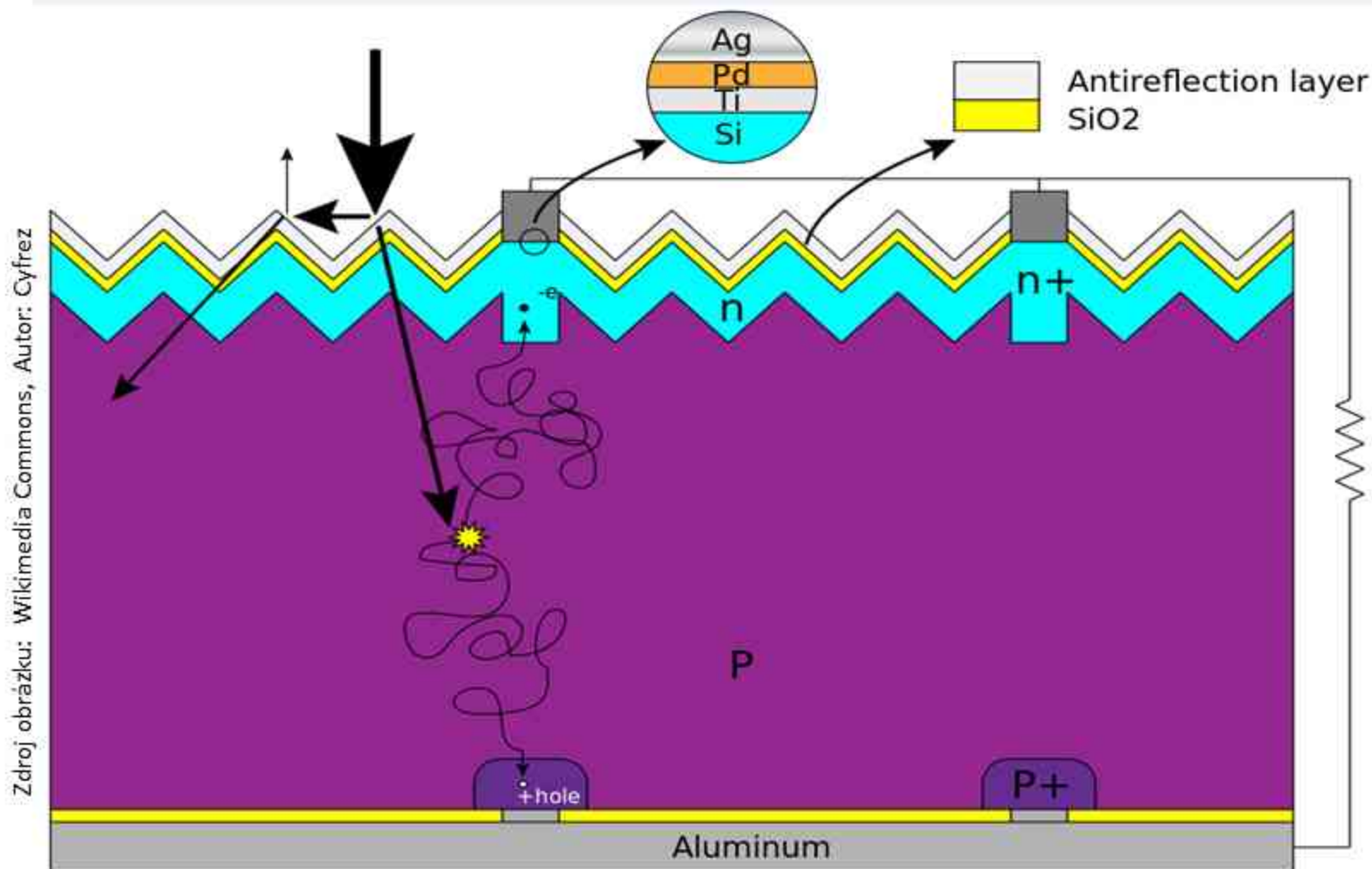
Fotoelektrický jev



- Vytržení valenčního elektronu kvantem záření
- Poprvé pozorováno při ionizaci plynů
- 1921 Nobelova cena pro A. Einsteina
- V praxi většinou Si články s PN přechodem

Zdroj obrázku: Wikimedia Commons

Si solární článek



Účinnost běžných FV článků

Typ solárního článku	Typická efektivita	Maximální naměřená efektivita článků za běžných podmínek	Maximální naměřená efektivita článků v laboratoři
	(%)	(%)	(%)
Monokrystalický křemík	12-16	22	25
Multikrystalický křemík	11-14	16	20
Amorfní křemík	5-7	10	13
Telurid kadmennatý	10	12	16

Zdroj: Mastný, P., Studijní podklady předmětu Malé zdroje elektrické energie, 2011, Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně

Solární panely - otočné

Zdroj obrázků: Wikimedia Commons, Autor: Achim Raschka

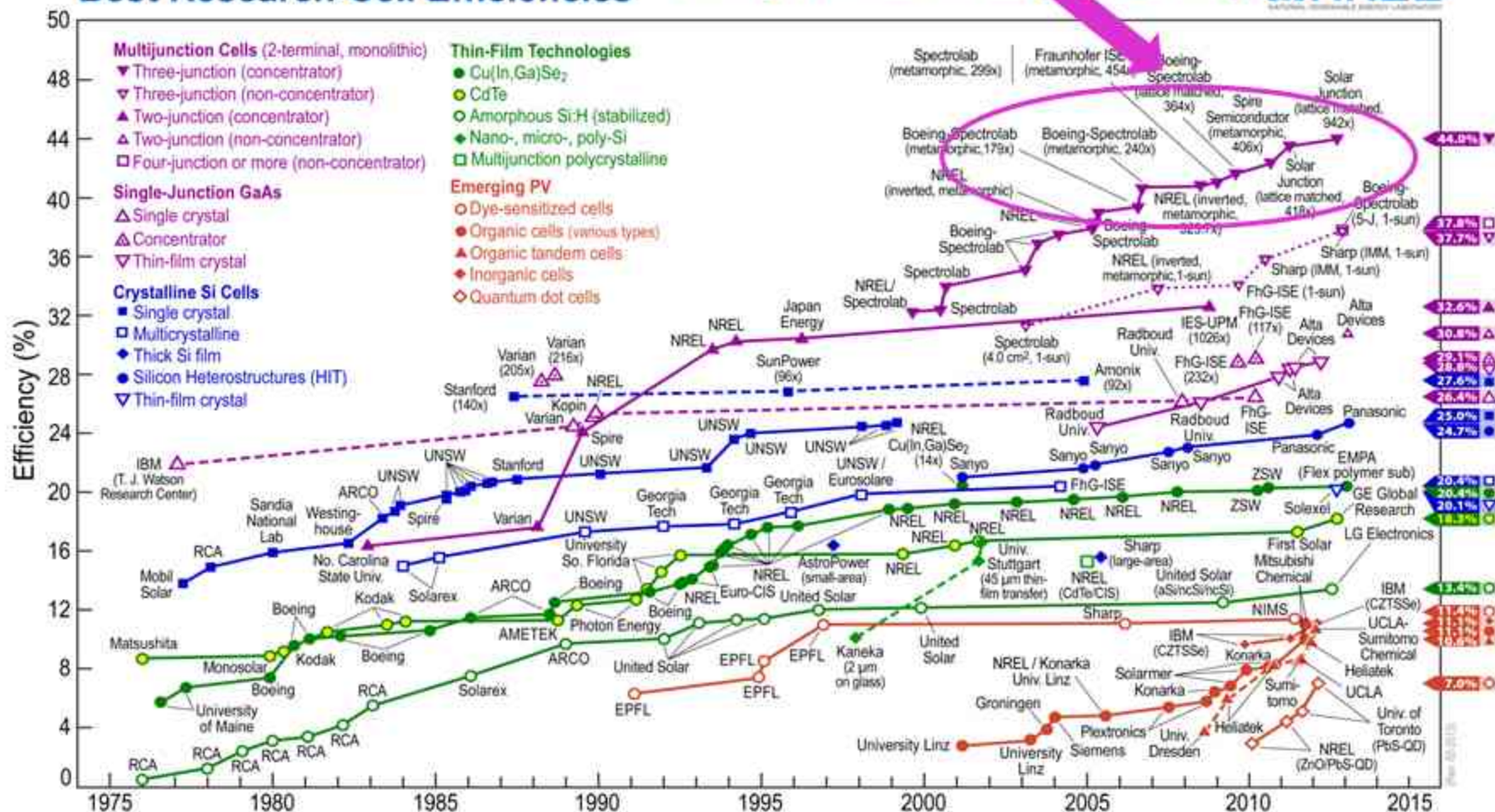


Účinnost experimentálních FV článků

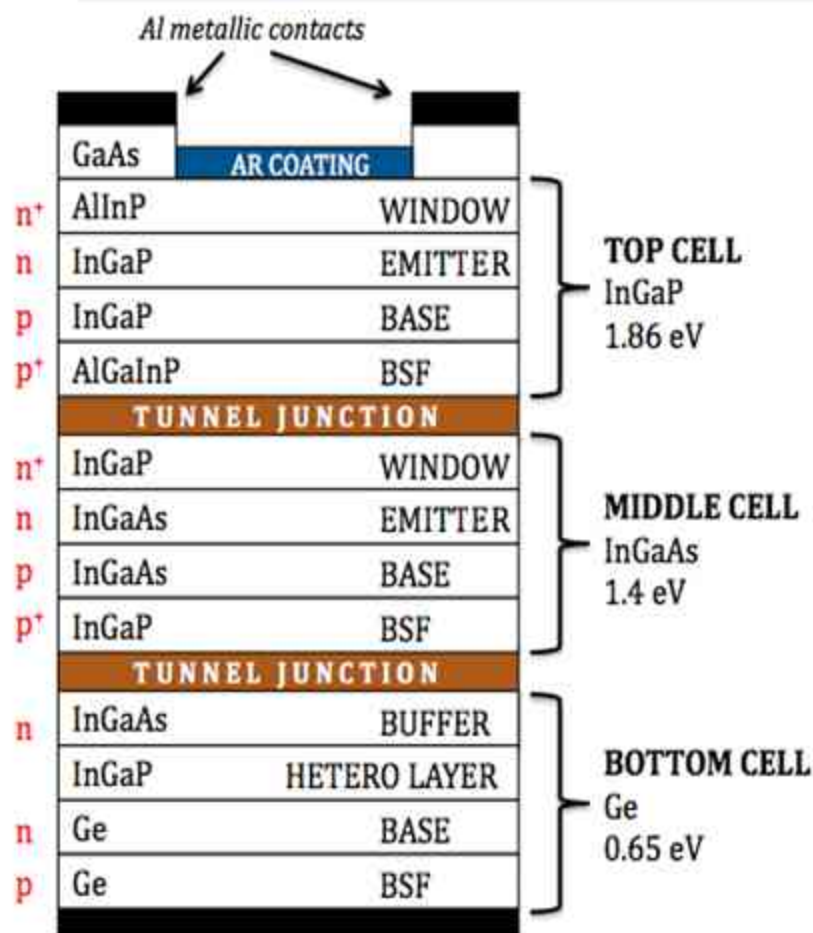
Nejvyšší účinnost: Více-přechodové články s koncentrátory (viz dále)



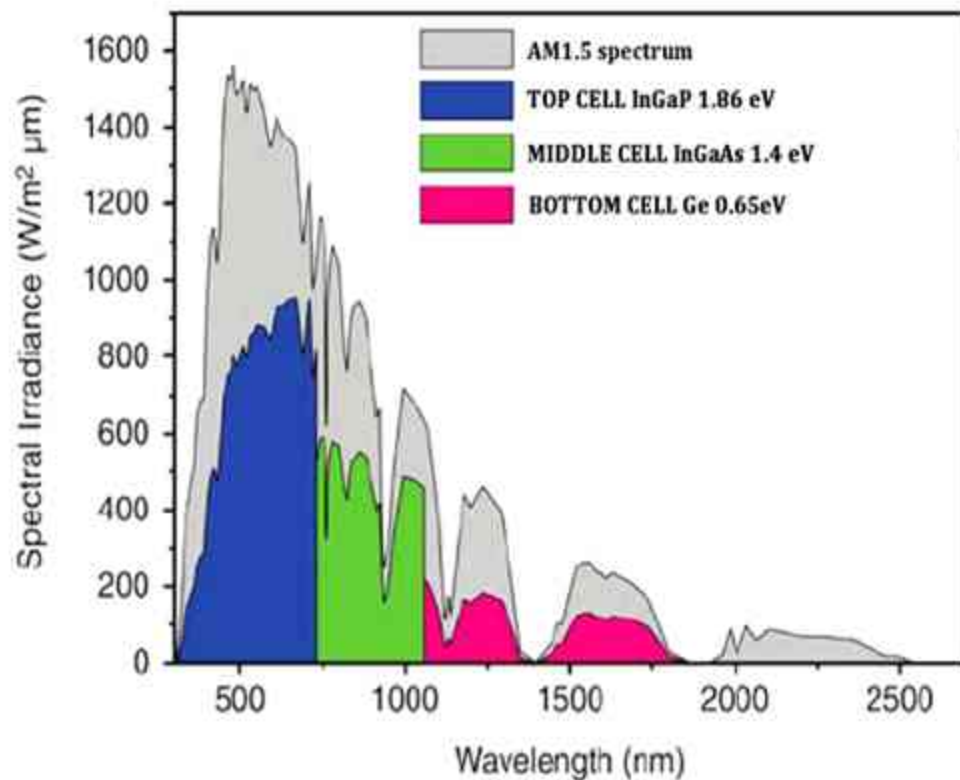
Best Research-Cell Efficiencies



Více-přechodový (multijunction) solární článek



(a)

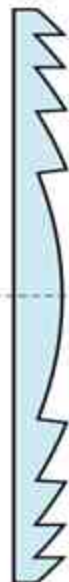


(b)

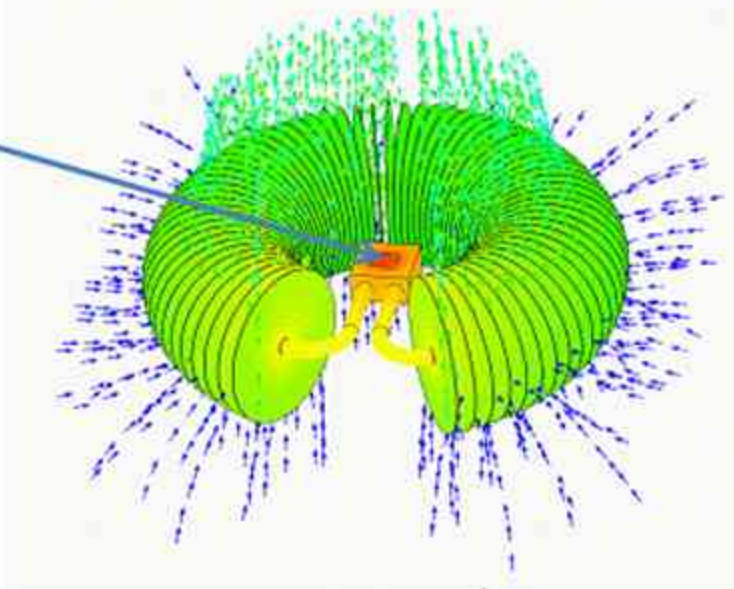
Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Ncouniot

Koncentrační FV články

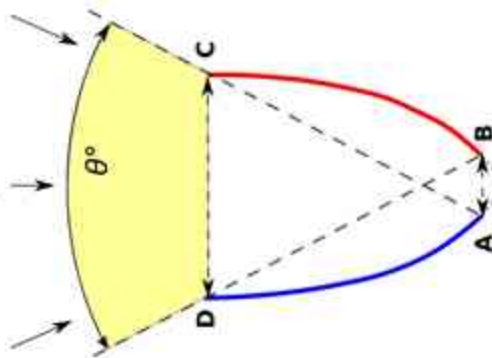
- Chlazený více-přechodový solární článek s vysokou účinností
- Koncentrace světla
 - Refraktory
 - Fresnelova čočka
 - Reflektory
 - Parabolické zrcadlo
 - Parabolický žlab
 - Nezobrazovací optika (non-imaging optics)
 - Např. složený parabolický koncentrátor



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: PKP



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Metalomer



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Centralamerica

Využití tepelné energie

Solúcar PS-10

624 heliostatů o ploše 120 m²

Věž 112 m

10 MW_e

Parní turbína sytá pára 275°C

Účinnost 17%



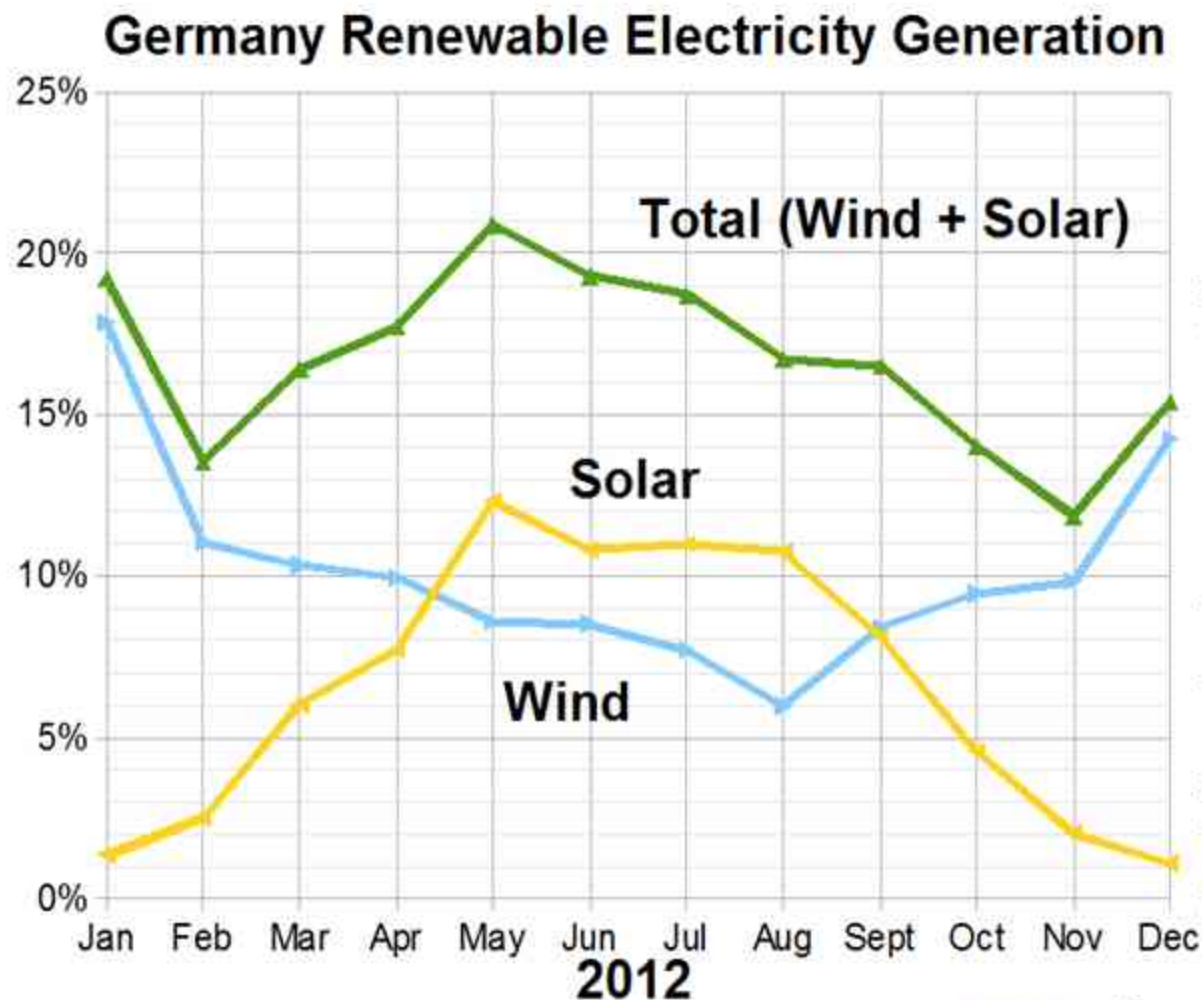
Solúcar PS-10 a PS-20



Zdroj Obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Koza1983

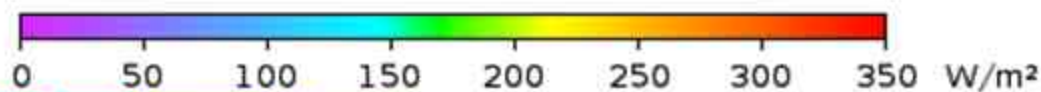
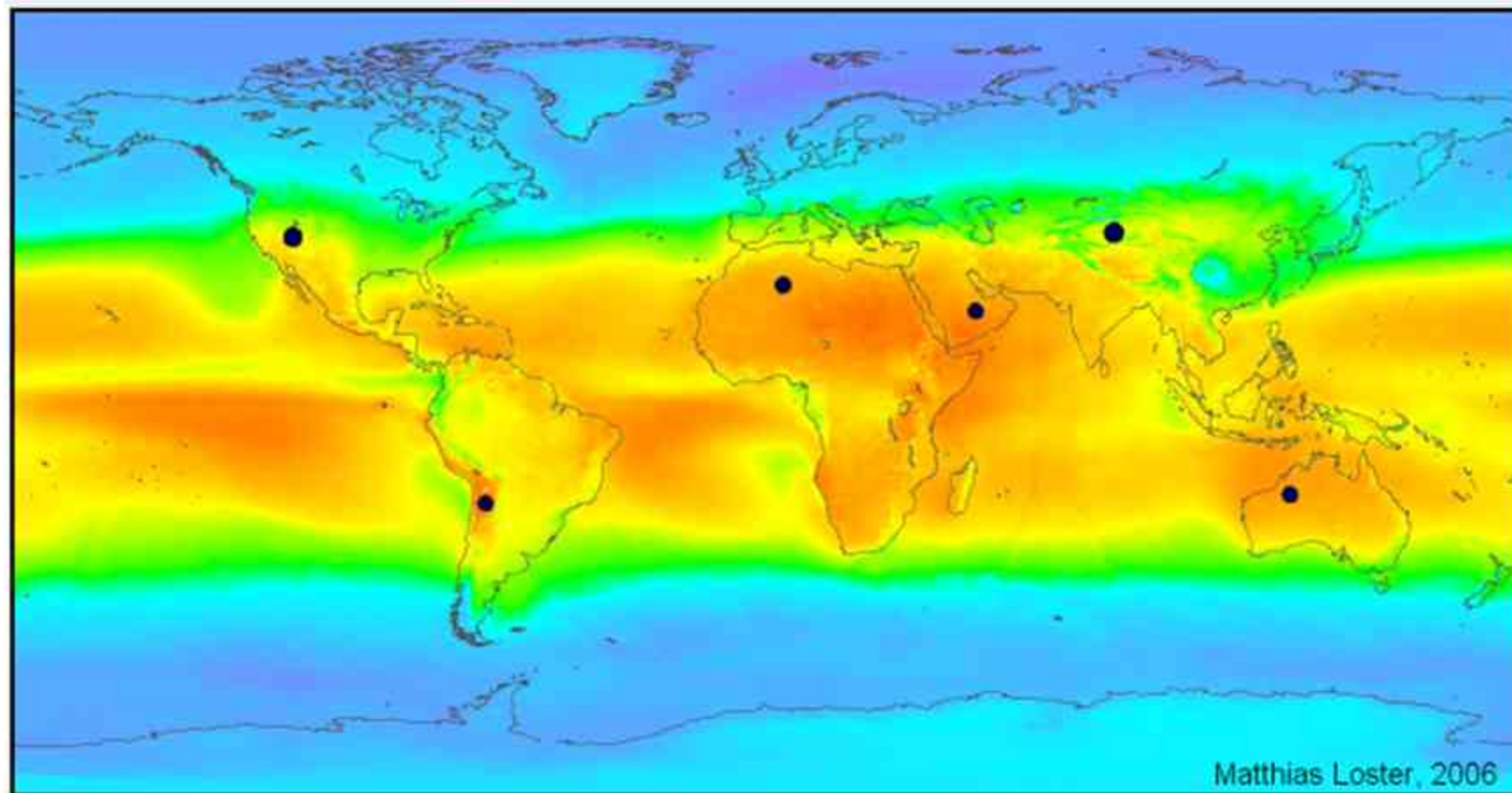
Větrná energie

- Větrná energie je výsledkem působení sluneční energie a rotace země na atmosféru
- Podobně jako solární energie není možné ji získávat kontinuálně
- Rozložení v roce je ale rozdílné než u solární energie



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Delphi234

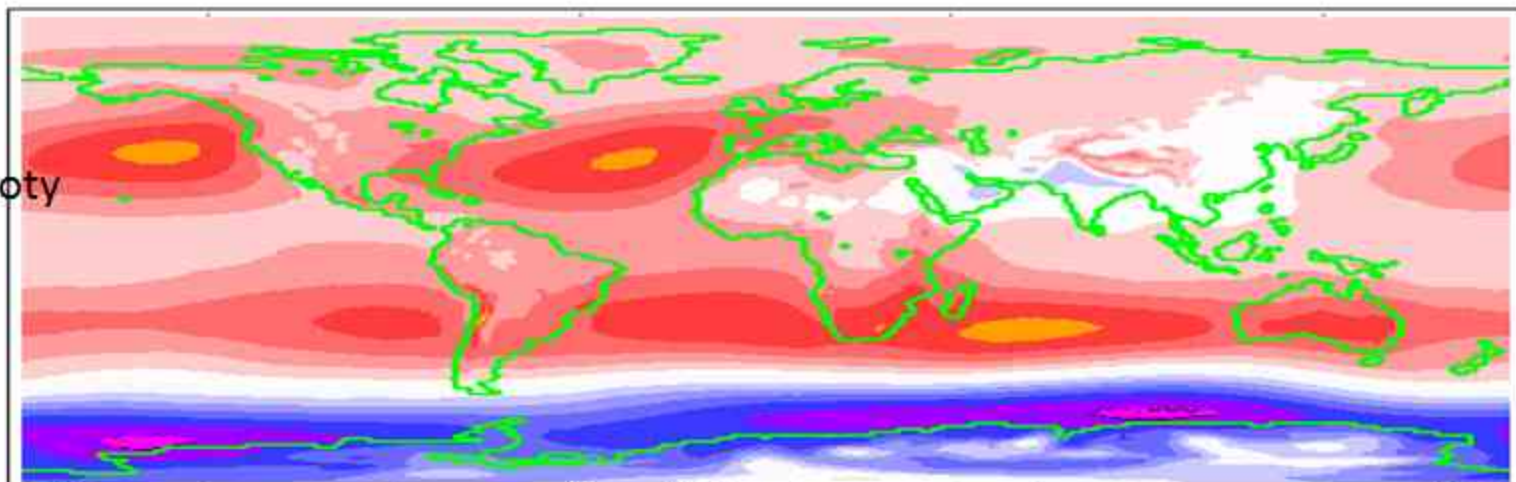
Nerovnoměrný ohřev země



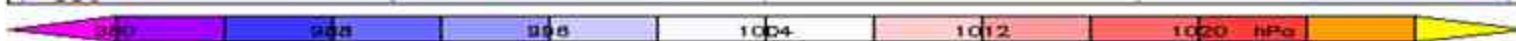
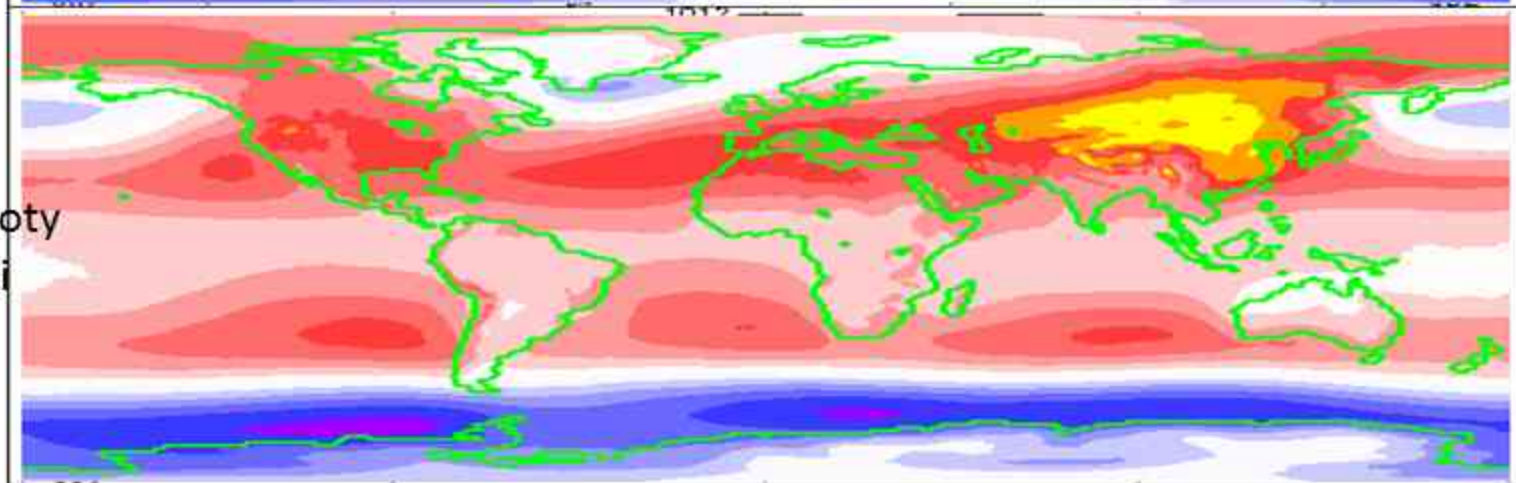
$$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$$

Rozdíly tlaku

Střední hodnoty
v 6-8. měsíci



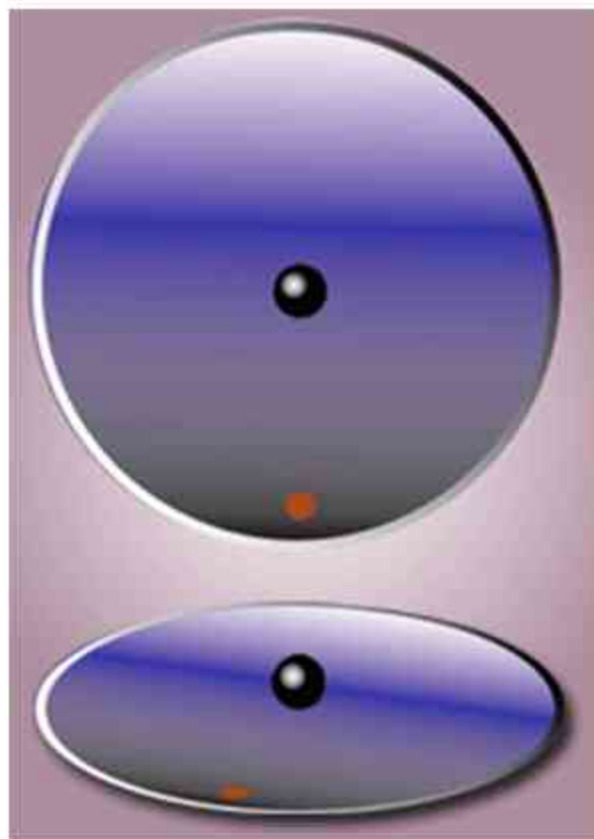
Střední hodnoty
v 12-2. měsíci



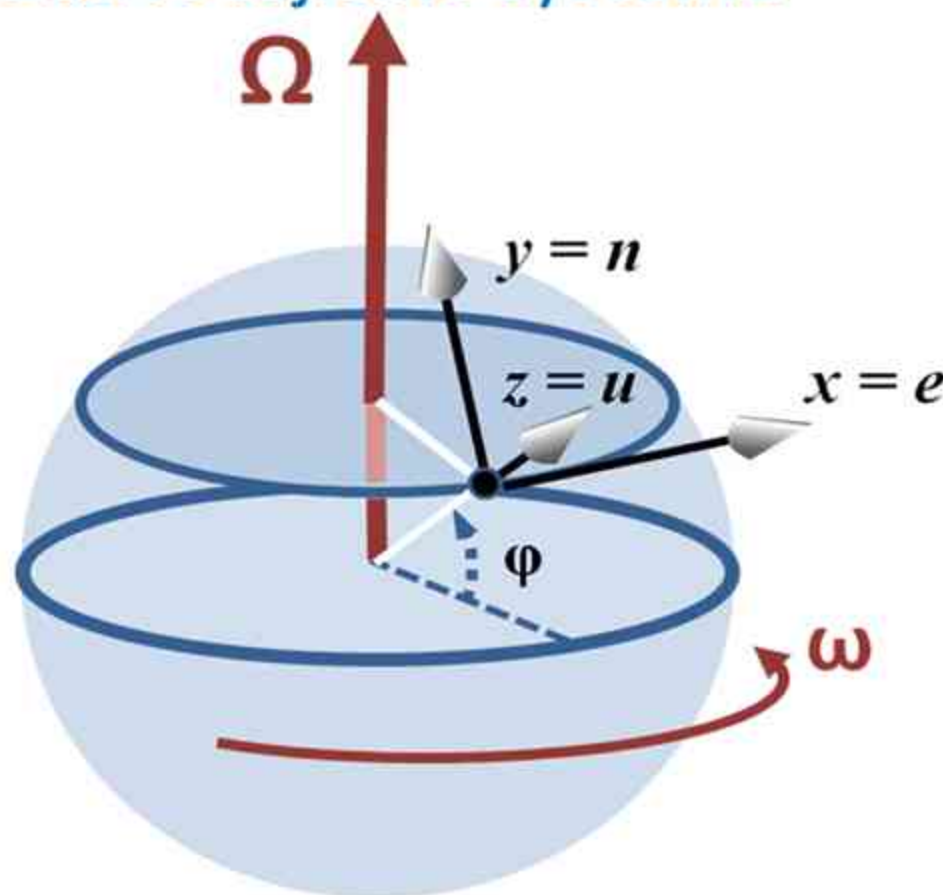
Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: William M. Connolley

Coriolisova síla

- Zdánlivá síla z pohledu rotujícího systému

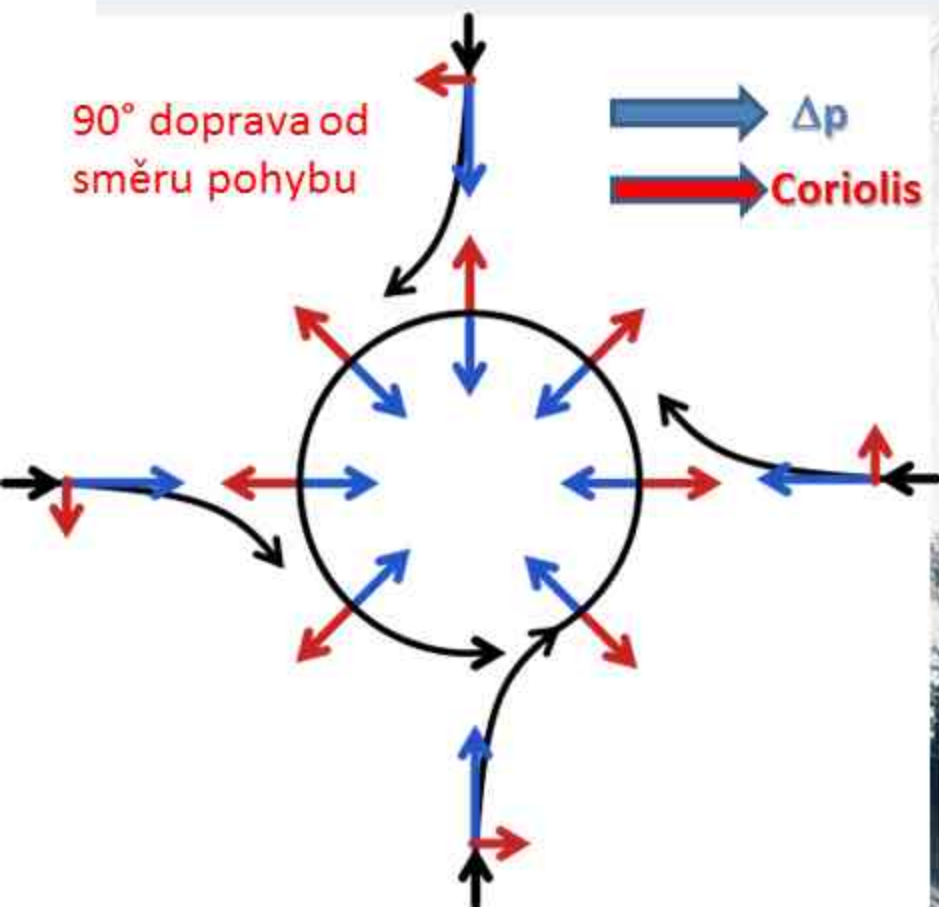


Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Hubi



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Brews Ohare

Talková níže

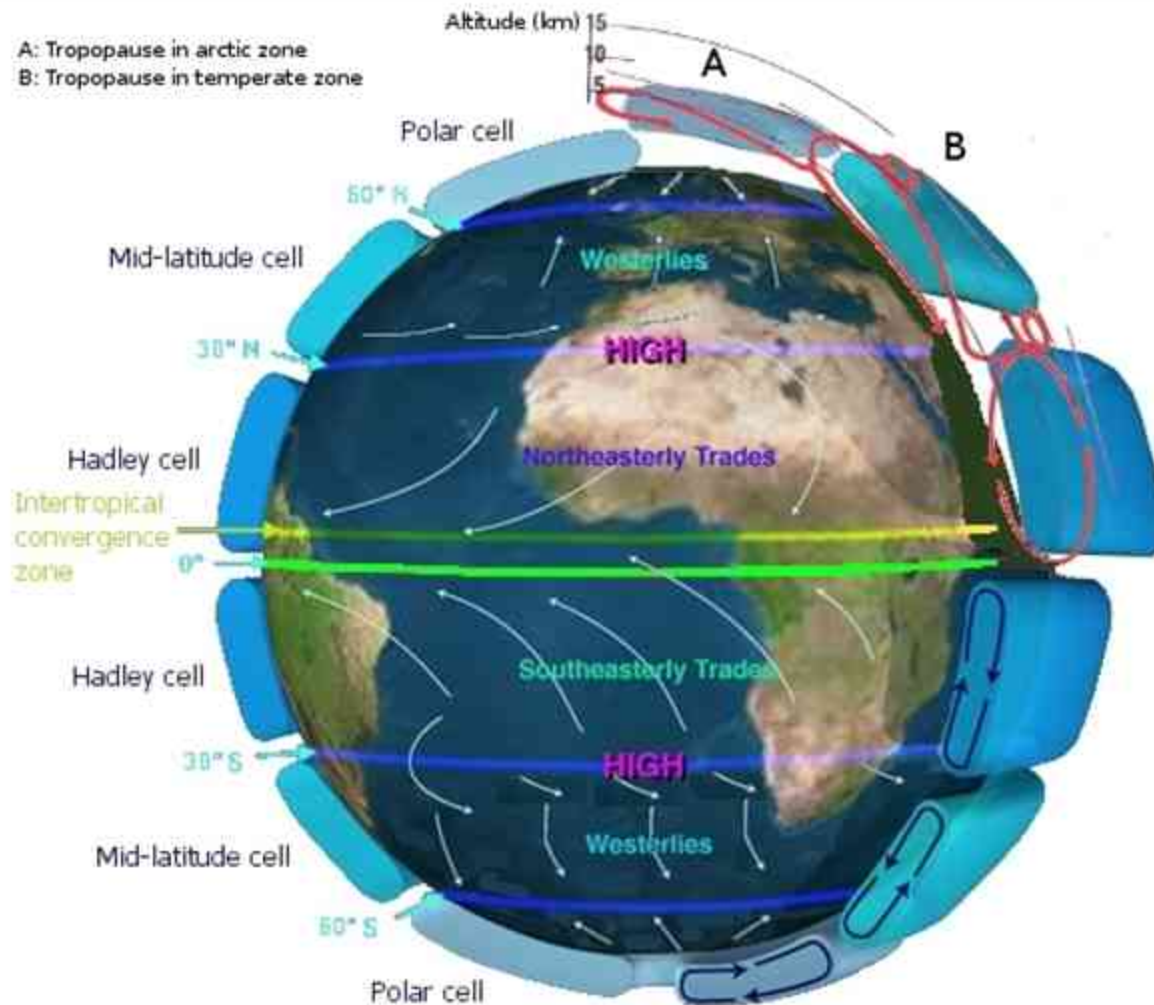


Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: OGRE



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: NASA

Cirkulace vzduchu



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: NASA

Větrné elektrárny u nás

- Park Pchery 2 x 3 MWe
- Průměr rotoru: 100 m
- 3 listy, s proměnným úhlem náběhu
- Rotace: 5 – 18 rpm
- Plocha rotoru: 7917 m²
- Výška osy rotoru: 88 m
- Dodavatel: ČKD Blansko Wind, a.s.
- Technologie: WinWinD – WWD-3 (Finsko)
- Zprovoznění: duben 2008

Zdroj obrázku a dat popisku : Wikimedia Commons, Autor: Miaow Miaow, Data: <http://www.vtepchery.cz/> a <http://www.winwind.com/>



Větrné elektrárny - offshore

- Zatím se jeví jako ideální řešení
- Jejich ukotvení do mořského dna je možné použít pro elektrárny využívající přílivové proudy
- Na obrázku je park ku je park Thornton Bank v Oostende v Belgii
- Výška 157m (184m od dna moře)
- **Průměr rotoru: 126m**
- Délka lopatky: 61.5m
- Plocha rotoru: 12.469m²
- **Výkon turbíny : 5MW**
- Výrobce: REpower

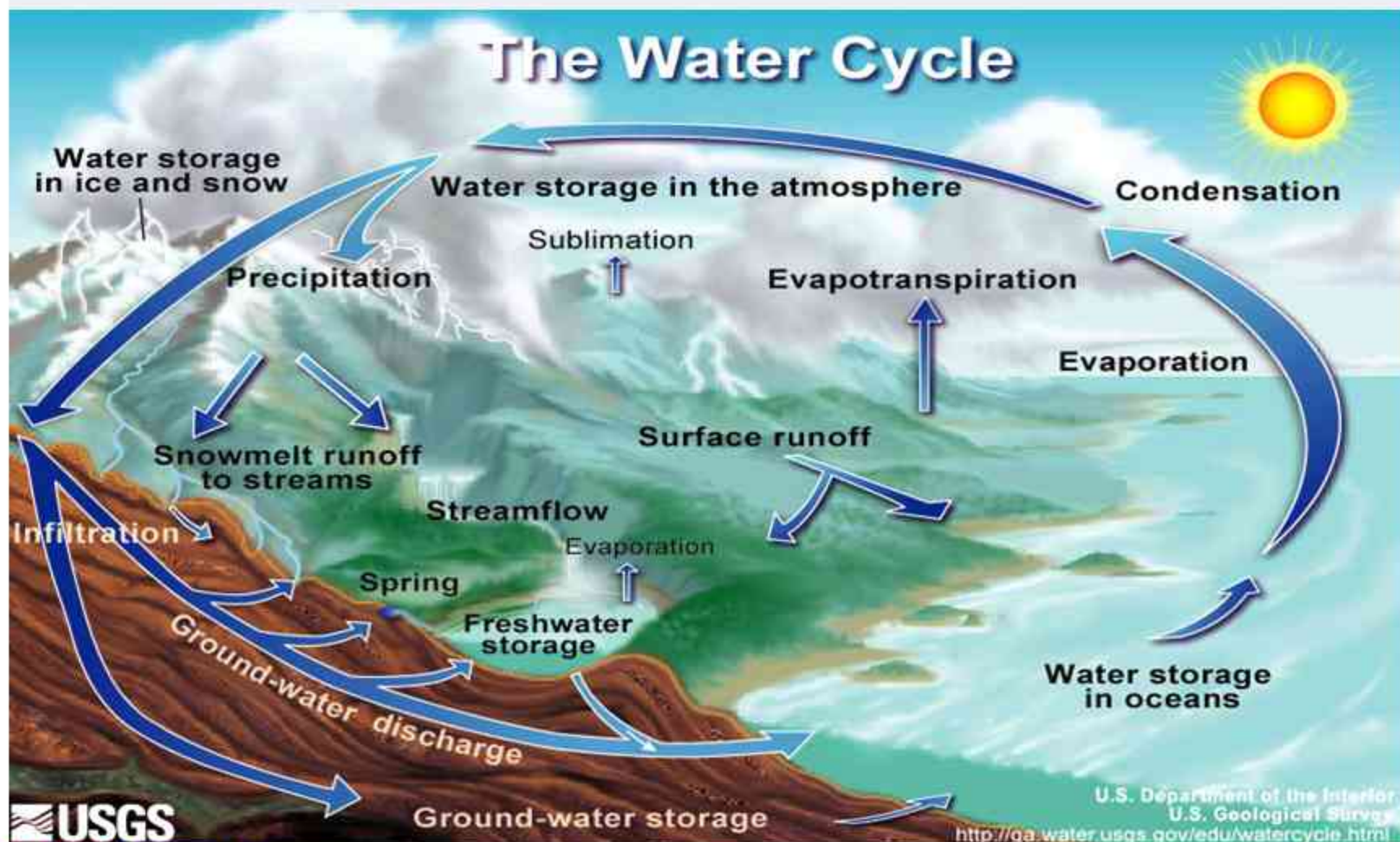


Zdroj obrázku a dat popisku : Wikimedia Commons,
Autor: Hans Hillewaert

Vodní elektrárny

- Klasické přehradní elektrárny – zdrojem energie j koloběh vody daný hlavně odparem z oceánů a srážkami
- Přečerpávací elektrárny, „skladují“ elektrickou energii čerpáním vody mezi dvěma nádržemi a kryjí tak energetické špičky
- Přílivové elektrárny – byly probrány v první přednášce

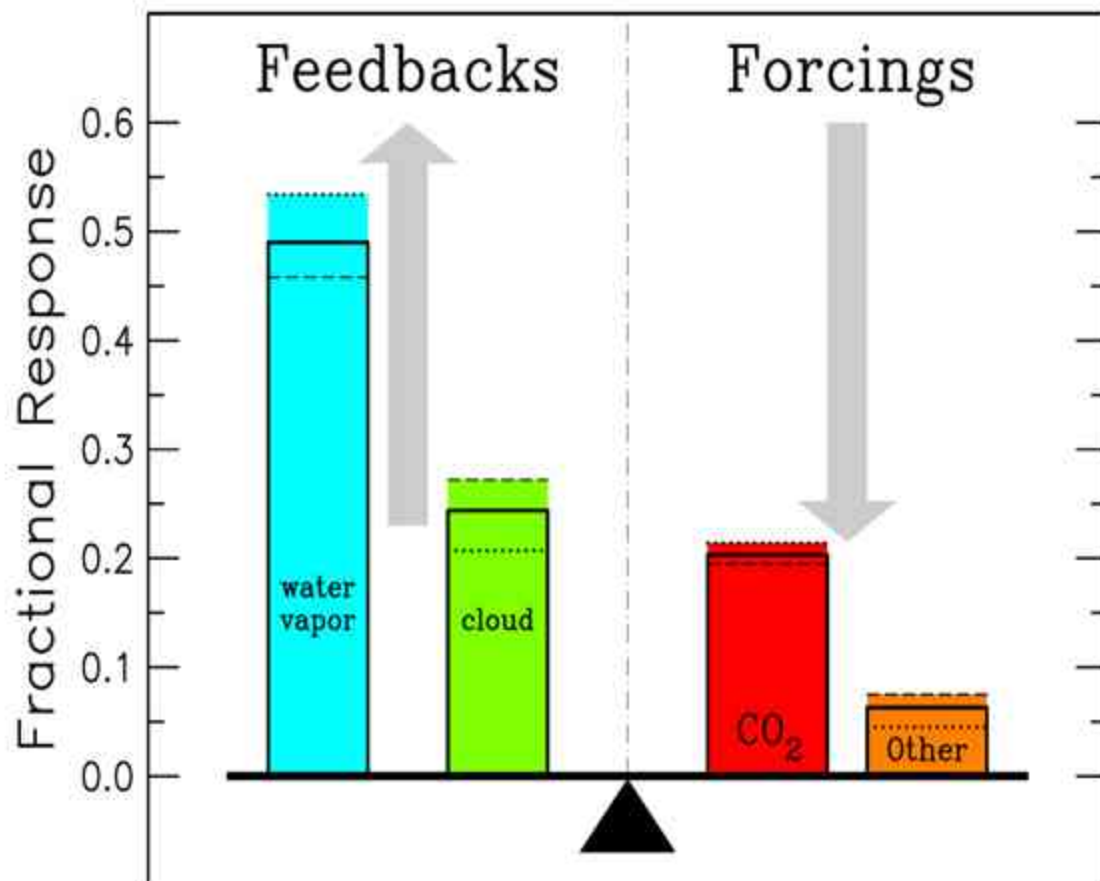
Koloběh vody



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: USGS

Vsuvka: Vodní pára je skleníkový plyn

- Voda je zodpovědná za zhruba 50% skleníkového efektu
- 25% pak připadá na oblačnost
- 20% na oxid uhličitý



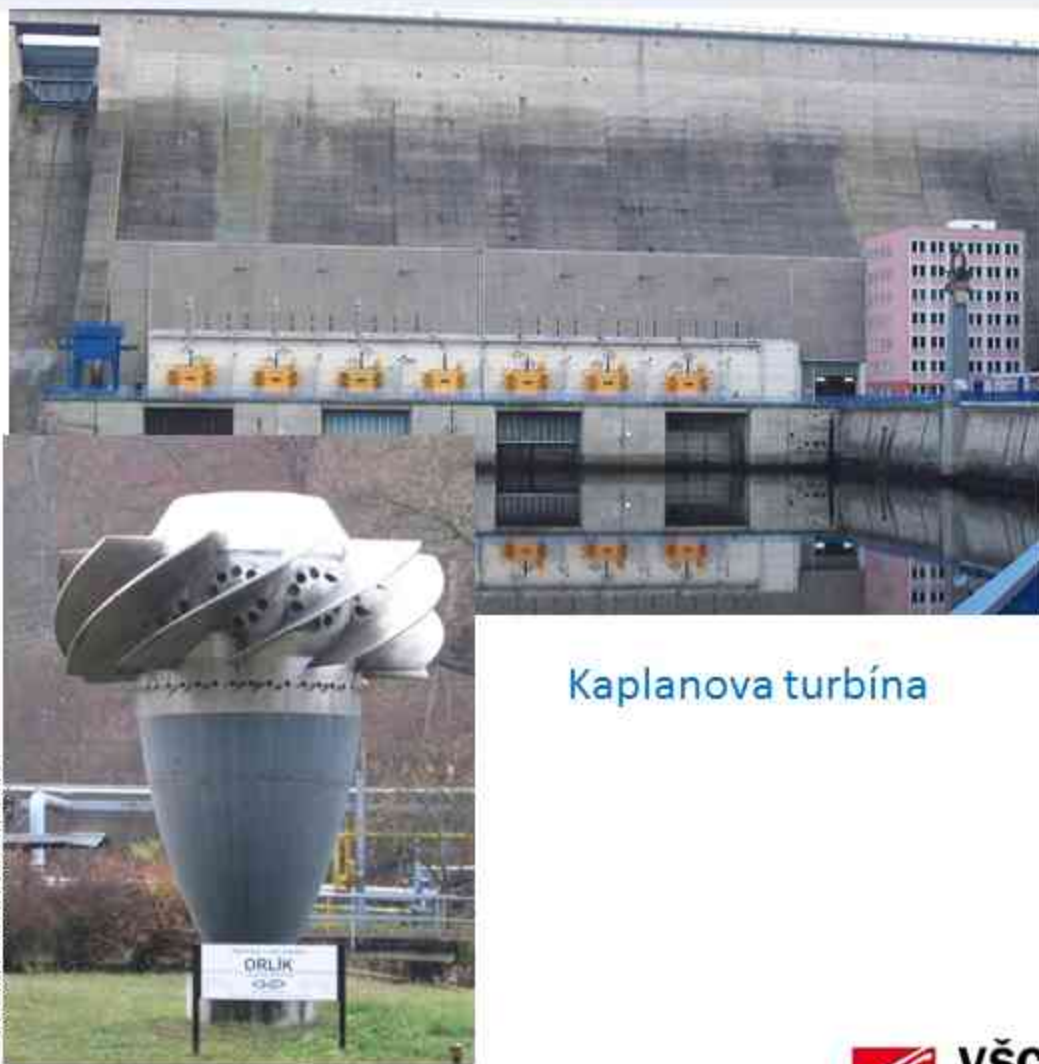
Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: NASA,
Data: Ruedy, R.L. Miller, and A.A. Lads, : J. Geophys. Res. 2010, **115**, D20106

Přehradní elektrárny (výběr)

- Orlík
 - 4 x 91 MW
 - spád 70,5 m
- Slapy
 - 3 x 48 MW
 - spád 56 m
- Štěchovice
 - 2 x 11,25
 - Přehrada 22,5 m
- Vrané
 - 2 x 6,94 MW

Data: www.cez.cz

Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: John commons



Kaplanova turbína

Zdroj obrázku: Wikimedia Commons, Autor: Jarba

Přečerpávací elektrárny

- Dlouhé Stráně
 - 2 x 325 MW
 - Francisovy turb.
 - spád 510,7 m
- Dalešice
 - 4 x 112,5
 - Reverzní Francisovy turb.
 - spád 90m
- Štěchovice II
 - 1 x 45 MW
 - Reverzní Francisovy turb.
 - spád 220 m

Data: www.cez.cz



Zdroj obrázků: Wikimedia Commons,
Autor: Karel Beneš



Zdroj obrázků: Wikimedia
Commons, Autor: U.S.
Bureau of Reclamation