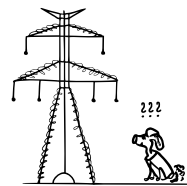


Úloha VIII.3 ... Viktorovy nové plány

10 bodů

Viktor by chtěl začít podnikat v energetice, a tak ho napadlo postavit si síť elektráren. Původně chtěl umístit solární panely na Jupiter, pak si ale uvědomil, že by to bylo velmi složité. Zaměřil se tedy na zdroje energie dostupné na Zemi. Začal počítat, kolik energie bychom mohli ještě vytěžit z toho, co pochází přímo ze Země, a jestli by se mu takové podnikání vůbec vyplatilo. Udělejte to také a odhadněte, kolik energie je na Zemi k dispozici bez pomoci Slunce či dějů odehrávajících se nad povrchem Země. Nezapočítávejte tedy zdroje jako sluneční svit, vítr nebo vodu. Viktor plánuje začít co nejdřív, proto uvažujte pouze současné a ověřené technologie.



Energie se v dnešní době získává z mnoha zdrojů. My můžeme podle zadání počítat jen s těmi, které mají svůj původ v Zemi a nejsou závislé na Slunci nebo jiných vesmírných tělesech. To je například uhlí a palivo do jaderných elektráren, také ale třeba geotermální energie.

Nejvíce energie dnes pochází z tepelných elektráren, hlavně z těch, které spalují uhlí. Odhadované množství uhlí na Zemi, které ještě současnými metodami můžeme vytěžit, je $1,2 \cdot 10^{15}$ kg.¹ To není všechno uhlí, které je na Zemi, protože ne ke všem zdrojům uhlí se můžeme s dnešními technologiemi dostat a zároveň nemusela být některá naleziště dosud objevena. Tepelná účinnost uhelných elektráren se pohybuje kolem 33 %.² To znamená, že na užitečnou energii se přemění pouze 33 % tepla, které uhlí při spalování uvolní. Kolik tepla uhlí spálením uvolní spočítáme ze vztahu

$$Q = Hm,$$

kde H je výhřevnost, která je obecně pro uhlí přibližně $H_{\text{uhlí}} = 2 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. Tímto výpočtem nám vyjde, že z uhlí na Zemi můžeme získat přibližně $0,33 \cdot 1,2 \cdot 10^{15} \cdot 2 \cdot 10^7 \text{ J} \approx 7,9 \cdot 10^{21} \text{ J}$.

Podobně můžeme spočítat energii, kterou lze získat ze zemního plynu a ropy. Zemního plynu můžeme vytěžit³ ještě přibližně $2,1 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$. Spálením jednoho m^3 se uvolní až 40 MJ energie.⁴ Účinnost elektráren na zemní plyn dosahuje až 60 %. Ze zemního plynu tak dostaneme přibližně $5 \cdot 10^{21} \text{ J}$. Významným zdrojem zemního plynu by v blízké budoucnosti mohl být hydrát metanu, který se ve velkém množství nachází na dnech oceánů. Jeho těžení je ale problematické a v současnosti neověřené, proto s tímto zdrojem zemního plynu podle zadání nepočítáme.

Vytěžením veškeré dostupné ropy bychom dostali $1,7 \cdot 10^{12}$ barelů,⁵ kde jeden barel odpovídá 6 GJ uvolněné energie.⁶ Účinnost ropných elektráren se pohybuje kolem 31 %. Po využití vši ropy bychom tak dostali celkem $3,2 \cdot 10^{21} \text{ J}$ energie.

Dalším typem elektráren jsou elektrárny jaderné. Nejčastějším palivem do jaderných elektráren je uran, podle odhadů by se ze Země mohlo vytěžit ještě $8,0 \cdot 10^9 \text{ kg}$ uranu.⁷ Jaderné elektrárny vyrobí $1,6 \cdot 10^{11} \text{ J}$ energie na jeden kilogram přírodního uranu,⁸ takže po využití vše-

¹<https://www.eia.gov/international/data/world/coal-and-coke/coal-reserves>

²<https://www.pcienergysolutions.com/2023/04/17/power-plant-efficiency-coal-natural-gas-nuclear-and-more/>

³<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=52&t=8>

⁴<https://www.aer.ca/data-and-performance-reports/statistical-reports/alberta-energy-outlook-st98/natural-gas/natural-gas-methodology>

⁵<https://www.worldometers.info/oil/>

⁶<https://www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/energy-conversion-calculators.php>

⁷<https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production>

⁸<https://www.euronuclear.org/glossary/fuel-comparison/>

ho uranu bychom dostali $1,3 \cdot 10^{21}$ J. Existují už i první experimentální jaderné elektrárny na thorium, nejsou ale zatím ověřené, proto je započítat nemůžeme.

Ze Země pochází i geotermální energie, což je vlastně teplo zevnitř Země. Na celý povrch Země se sice dostává 47 TJ^9 každou sekundu, ne na všech místech Země se ale dají postavit geotermální elektrárny. Za rok činí získaná geotermální energie přibližně $92 \text{ TWh} = 3,3 \cdot 10^{17} \text{ J}^{10}$. Takto můžeme energii čerpat prakticky neomezenou dobu, pro výpočet ale řekněme, že nás zajímá jen dalších 30 let. Za tuto dobu dostaneme $9,9 \cdot 10^{18} \text{ J}$.

Ostatní významné zdroje energie už nemůžeme započítávat, protože ke svému provozu potřebují přímo nebo nepřímo Slunce nebo jiné vesmírné objekty. Například vodní elektrárny potřebují k provozu Slunce, aby probíhal koloběh vody a elektrárnou mohla protékat voda. Elektrárny spalující biomasu jsou zase závislé na Slunci kvůli tomu, že rostliny potřebují k růstu Slunce.¹¹

Sečtením energií ze všech uvažovaných zdrojů dostaneme odhad celkové energie, kterou můžeme ze Země získat, a to $1,7 \cdot 10^{22} \text{ J}$. Na Zemi se ročně spotřebuje $6,7 \cdot 10^{20} \text{ J}^{12}$, tímto tempem by nám tak energie ze Země vystačila asi na 25 let.

V současnosti se neobnovitelné zdroje podílí na veškeré produkci energie zhruba ze dvou třetin¹³ a odhaduje se, že zásoby fosilních paliv, dle konkrétního druhu, vystačí na 50 až 150 let.¹⁴ S novými technologiemi a posílením zastoupení obnovitelných zdrojů se očekává, že budou tato čísla spíše růst. Efektivita elektráren se zvyšuje a začínají se stavět první jaderné elektrárny na thorium. Bude možné vytěžit více surovin nebo je těžit z jiných zdrojů. Vytvíjí se ale i úplně nové typy elektráren, především jaderné fúzní elektrárny, které budou jako palivo používat vodík, který lze získat z vody nebo metanu.

Max Menčík

max.mencik@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastrešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

⁹<https://se.copernicus.org/articles/1/5/2010/>

¹⁰<https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/use-of-geothermal-energy.php>

¹¹Je nutné však uznat, že rozdělení zdrojů energie na ty, které potřebují Slunce a které ne, je poněkud ošemetné. Například uhlí vzniklo z pradávných stromů, které by bez Slunce také nevyrostly ...

¹²<https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

¹³<https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-renewables>

¹⁴<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2019/cislo-10/jak-dlouho-lidstvu-vyrzi-soucasne-energeticke-zdroje.html>