

## Green Deal v příkladech

ZDENĚK BOCHNÍČEK

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

### Abstrakt

*Príspevek se věnuje zamýšleným změnám struktury zdrojů energie, jak jsou plánovány v rámci Zelené dohody pro Evropu. Pomocí jednoduchých kvantitativních výpočtů jsou hodnoceny obnovitelné zdroje energie a jejich potenciál v ČR. Pozornost je věnována akumulaci energie i elektromobilitě.*

*Z prezentovaných číselných odhadů jednoznačně plyne, že cíle Zelené dohody jsou nesplnitelné a snaha o jejich naplnění povede k významnému snížení životní úrovně obyvatel EU.*

### Úvod

Klimatické změny a reakce společnosti pro zmírnění jejich dosahu jsou jedním z hlavních témat současnosti a jako takové pronikají i do školního vzdělávání. Obecně se však jedná o problematiku velmi obtížnou. Transport infračerveného záření atmosférou je velmi komplikovaný proces a ještě mnohem složitější je predikce vlivu zvyšování koncentrace skleníkových plynů na klima Země. Tyto části problematiky lze do výuky zařadit pouze jako sdělení informací bez možnosti je na elementarizované úrovni přesvědčivě zdůvodnit.

Riziko možných nepříznivých změn klimatu nutí společnost uvažovat o akcích, které by očekávané negativní důsledky potlačily. Jedná se zejména o zdroje energie, které významným způsobem přispívají k navýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Na rozdíl od velmi komplikované nelineární klimatologie je energetika jednoduchá a přímočará. Pokud se spokojíme s přibližnými odhady, lze řadu výpočtů provést na střední nebo dokonce i základní škole tzv. ab initio, tj. ze základních fyzikálních zákonů a všeobecně dostupných dat.

Autor se domnívá, že úkolem fyzikálního vzdělávání je doplnit diskusi o klimatických změnách o konkrétní číselné odhady, které dají jasnější představu o důsledcích reakce společnosti na možné riziko změn klimatu. Důležité přitom je, aby modelové situace poskytovaly dobře představitelná čísla ve známých situacích porovnatelných s běžnými zkušenostmi žáků. Ačkoli si při řešení fyzikálních úloh velmi ceníme pochopení teorie a správnosti postupu

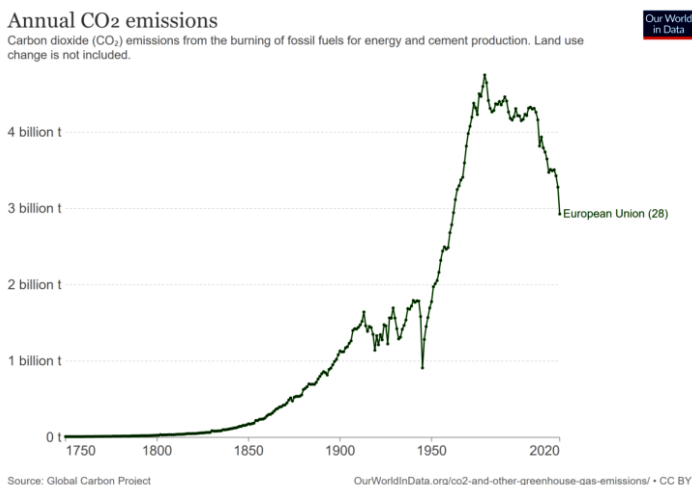
řešení, zde je třeba věnovat pozornost numerickým výsledkům a usazení číselných hodnot do celkového kontextu.

V příspěvku je uvedeno několik vybraných příkladů souvisejících s problematikou energetických zdrojů, které mohou být zařazeny do různých oblastí výuky fyziky. Číselné hodnoty jsou komentovány s přesahem do mezi-předmětových vztahů (základy společenských věd).

K řešení je potřeba znalost jen skutečně elementární matematiky (sčítání, násobení, dělení, procenta ...) a základní pojmy a zákony základní a střední fyziky (mechanická práce, energie a její zachování, výkon, účinnost ...)

### 1 Zelená dohoda pro Evropu (*European Green Deal*)

Zelená dohoda pro Evropu, dále jen GD, je soubor opatření představený v roce 2019 a postupně aktualizovaný s cílem omezit či zcela potlačit antropogenní emise skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého. Konkrétně by do roku 2030 měly být emise sníženy o 55 % ve srovnání s rokem 1990 a v roce 2050 má být dosaženo tzv. klimatické neutrality.



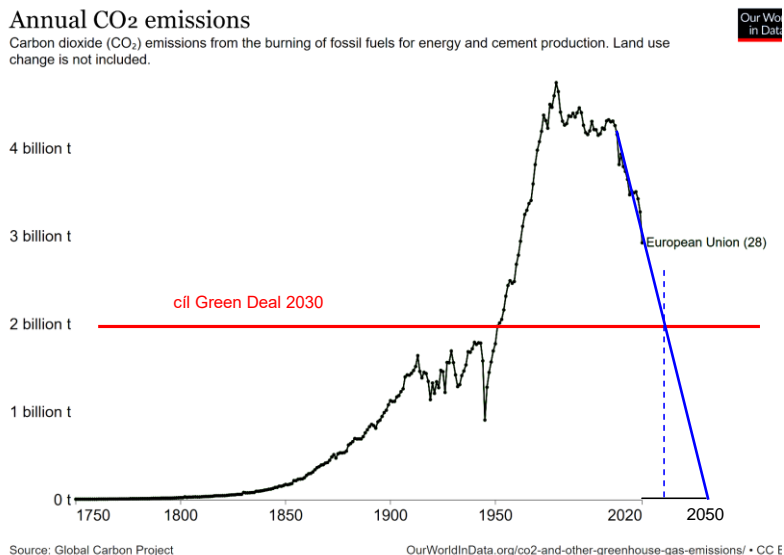
Obr. 1 Historie emisí CO<sub>2</sub> států dnes sdružených v Evropské unii [1]

Historický vývoj emisí CO<sub>2</sub> států Evropské unie je na obr. 1. Strmý poválečný růst spojený s obnovou hospodářství a rychlým ekonomickým rozvojem

je ukončen na počátku 80. let minulého století. Ke stabilizaci emisí došlo pravděpodobně restrukturalizací evropského průmyslu a přenesení energeticky náročných výroby do jiných zemí. Po roce 2005 dochází k výraznému poklesu emisí CO<sub>2</sub> jako zřejmý důsledek rozvoje obnovitelných zdrojů energie, zejména větrných a fotovoltaických elektráren.

Pokud provedeme lineární extrapolaci minulých patnácti let do blízké budoucnosti, vidíme, že extrapoláční přímka v roce 2030 přibližně protíná cíl GD v tomto roce a v roce 2050 dosahuje nulových hodnot emisí (obr. 2). To je však třeba brát jako pouhou náhodu, navíc ovlivněnou koronavirovou epidemií, která obdobně zasáhla celý svět [1].

I když z obr. 2 by bylo možné usoudit, že cíle GD jsou stanoveny realisticky, opak je pravdou. Lineární extrapolace dokazuje nemožnost splnění záměru GD. Nahrazování fosilních paliv obnovitelnými zdroji může být zpočátku relativně snadné, efektivní a laciné, avšak s rostoucím podílem obnovitelných zdrojů je další postup stále náročnější, dražší a méně efektivní. V další kapitole si to ukážeme na jednom příkladu.



Obr. 2 Extrapolace do roku 2035 a 2050

## **2. Solární ohřev vody a vytápění rodinného domu**

Uvažujme situaci, kdy chceme využít energie slunečního záření pro ohřev užitkové vody a případně i pro vytápění domu. Cena i účinnost budou velmi závislé na tom, čeho chceme dosáhnout. Rozeberme tyto tři možnosti:

### **2.1 Svítí slunce, mám, nesvítí, nemám**

Nejsnazší je pořídit si hadici na solární ohřev. Za přibližně 1 500 Kč získáme 1m<sup>2</sup> plochy [2]. I zde však je důležité, jaký podíl solární energie chceme získat. Kdybychom například nainstalovali tento kolektor na střechu budovy s velkým odběrem teplé vody (například hotel) a využívali ji pouze k předeřtání vody vstupující do boileru, pak využijeme 100 % slunečního záření, nebo dokonce i více, protože voda v hadici bude v létě trvale chladnější než okolní teplota a tepelné ztráty budou záporné, což znamená energetický zisk. Investiční náklady se vrátí za několik týdnů horkého léta.

### **2.2 Teplá voda od dubna do září**

V tomto případě je úkol řádově náročnější, dražší, a také méně efektivní. Je třeba si pořídit kompletní solární systém s kolektorem, akumulací nádobou, čerpadlem a řídicí elektronikou. Účinnost klesá zejména kvůli tomu, že v horkých letních měsících je energie nadbytek a nelze ji rozumně využít. Investice 100 tis. Kč, návratnost deset i více let.

### **2.3 Teplá voda i vytápění po celý rok**

Uschovat energii v nějaké podobě po dobu řady měsíců je ještě mnohem náročnější úkol. Moc možností k dispozici není, viz dále. Jednou z nich je horká voda ve velké izolované nádobě.

Uvažujme průměrný nízkoenergetický dům o vytápěné ploše 100 m<sup>2</sup> a spotřebou 30 kWh/m<sup>2</sup> na roční vytápění. Dům obývají čtyři lidé s průměrnou spotřebou teplé vody 40 litrů na osobu a den. Celková spotřeba tepla v období říjen – březen je tedy

$$\begin{aligned} Q &= 100 \text{ m}^2 \cdot 30 \text{ kWh} + 4 \text{ osoby} \cdot 40 \text{ kg} \cdot 35 \text{ }^\circ\text{C} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/kg/}^\circ\text{C} \cdot 180 \text{ dní} = \\ &= 4 \text{ 200 kWh.} \end{aligned}$$

Význam čísel je zřejmý z jejich jednotek. Hodnota  $1,2 \cdot 10^3$  kWh/kg/°C je měrná tepelná kapacita vody přepočtená na kWh<sup>1</sup>. Předpokládáme, že vodu je třeba ohřívat z 15 °C na 50 °C, tedy o teplotní rozdíl 35 °C.

Uvažujme dále, že během léta vyhřejeme vodu v nádrži na 80 °C a během zimy ji ochladíme maximálně na hygienicky přijatelných 50 °C (při nižší teplotě užitkové teplé vody hrozí množení smrtelně nebezpečných legionell). Pro výpočet potřebného množství vody vyjdeme z kalorimetrické rovnice

$$Q = mc\Delta t \Rightarrow m = \frac{Q}{c\Delta t} = \frac{4\,200 \text{ kWh}}{1,2 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/kg} \cdot \text{°C} \cdot 30 \text{ °C}} \doteq 120\,000 \text{ kg.}$$

Vidíme tedy, že potřebujeme nádrž s objemem 120 m<sup>3</sup>, což je krychle o hraně 5 m. Nádrž bude nutné tepelně izolovat. Tepelné ztráty spočítáme ze vztahu

$$Q_z = \lambda \frac{S\Delta t}{d} \tau,$$

kde  $\lambda$  je koeficient tepelné vodivosti (pro polystyrén 0,035 W/m/K),  $S$  je plocha povrchu nádoby (150 m<sup>2</sup>),  $d$  tloušťka izolační vrstvy (předpokládejme 0,5 m),  $\Delta t$  teplotní rozdíl (průměrná teplota vody v nádrži mínus teplota okolní zeminy, tj. 55 °C) a  $\tau$  doba (celý rok). Po dosazení číselných hodnot dostaneme tepelné ztráty v hodnotě přibližně 5 000 kWh, tedy více než energie, kterou v zimě získáme.

Výše uvedený odhad je tedy optimistický a reálně by byla potřeba ještě větší nádoba. Nic na tom nemění ani fakt, že moderní solární kolektory mohou malou část energie poskytnout i během zimního období.

Na celou problematiku se můžeme podívat ještě z jiných úhlů:

### Pohled ekonomický

Pro výše uvedenou tepelnou izolaci by bylo potřeba asi 75 m<sup>3</sup> polystyrénu, což by stálo asi 200 tis. Kč jen za materiál. Nádrž těchto rozměrů by pravděpodobně byla železobetonová. Při tloušťce stěny 30 cm by bylo potřeba 110 tun betonu v ceně asi 100 tis. Kč. K tomu cena armatur, výkopové práce (vzhledem ke konstrukci nádrže by vykopaná jáma musela mít rozměry asi 7×7×7 m<sup>3</sup>),

---

<sup>1</sup> V tomto článku budeme většinou pro energii používat jednotky kWh namísto joule, které jsou pro laika snáze představitelné.

odvoz a uskladnění zeminy atd. Nezapomeňme také na nutnou instalaci relativně velké plochy solárních kolektorů. Odhad celkových nákladů na 1 mil. Kě pravděpodobně nebude daleko od skutečnosti.

### **Pohled energetický**

Jen na výrobu betonu bude potřeba více než dvouletá energetická úspora, na výrobu polystyrénu více než roční úspora. Významná bude i energie nutná pro výkop a odvoz zeminy. Tedy několik prvních let bude systém pouze splácet energetický dluh.

### **Pohled urbanistický**

Akumulační nádrž bude možné realizovat je v některých lokalitách.

Představme si, že bychom chtěli do cílového roku 2050 takto zajistit akumulaci energie pro 1 mil. českých domácností. Celkové náklady by byly asi 1 bilion korun a bylo by k tomu potřeba tolik betonu, kolik se v celé ČR vyrobí za šest let. A ziskem bude několik málo procent bezemisní energie z celé potřeby ČR.

## **3 Potenciál obnovitelných zdrojů v ČR**

Pro posouzení realističnosti plánů GD je zcela klíčový odhad potenciálu obnovitelných zdrojů. Budeme počítat, jak by bylo možné zajistit kompletní pokrytí potřeby elektřiny ČR jednotlivými obnovitelnými zdroji: voda, biomasa, vítr, slunce. Samozřejmě nikdy nebudeme využívat pouze jediný zdroj, ale pokud odhadneme například požadavek na 100 % elektřiny z větru, snadno si už libovolný mix jednotlivých zdrojů určíme. Mysleme přitom na to, že elektřina tvoří jen část celkové spotřeby energie ČR (20-25 %).

V roce 2021 byla spotřeba elektřiny v ČR asi 75 000 GWh.

### **3.1 Malá voda**

Malou vodou myslíme průtočné malé vodní elektrárny, které jako jediné lze považovat za primární zdroje energie. Velké přečerpávací elektrárny slouží pouze pro akumulaci a stabilizaci elektrické sítě.

Je velmi snadné odhadnout, kolik bychom získali energie, kdybychom využili veškerou potenciální energii vody, která na naše území naprší. Území ČR je odvodňováno třemi většími řekami s těmito parametry:

Tabulka 1. Parametry řek odtékajících z ČR

Povodí	střední průtok, $Q_m$ (m <sup>3</sup> /s)	střední nadm. výška povodí (m)	nadm. výška ústí (m)
Labe	311	454	117
Odra	62	578	200
Morava	108	400	148

Střední výkon takové hypotetické soustavy spočítáme pro každé povodí takto:

$$\langle P \rangle = Q_m \rho g \Delta h,$$

kde  $\Delta h$  je rozdíl střední nadmořské výšky povodí a nadmořské výšky ústí řeky,  $g$  je tíhové zrychlení a  $\rho$  měrná hmotnost vody (rovnice vychází ze vztahu pro potenciální energii v homogenním tíhovém poli  $E_p = mgh$ ). Celkový výkon dostaneme součtem za jednotlivá povodí

$$\langle P \rangle = \langle P_{\text{Labe}} \rangle + \langle P_{\text{Odra}} \rangle + \langle P_{\text{Morava}} \rangle$$

Po dosazení číselných hodnot pak dostaneme celkový hypotetický výkon 1 600 MW. To je však zcela nereálná hodnota, museli bychom využít každý malý horský potůček (právě na horách jsou toky nejstrmější a ztrácí nejvíce své potenciální energie). Reálný je jen malý zlomek této hodnoty, řekněme 10 %. Pak by byl střední výkon 160 MW a roční výroba 1 400 GWh, tedy asi dvě procenta potřeby elektřiny v ČR.

Na rozdíl od některých jiných evropských zemí (Rakousko, Norsko), mohou vodní elektrárny přispět do energetiky ČR jen velmi malým a v podstatě zanedbatelným podílem.

### 3.2 Biomasa

Výhřevnost suchého dřeva vztažená na jednotku hmotnosti je v podstatě nezávislá na druhu dřeva a činí asi 4,3 kWh/kg [3]. V ČR je průměrný roční přírůstek dřeva 7,8 m<sup>3</sup>/ha, což s uvážením hustoty vyschlého dřeva znamená asi 4 t/ha [4]. Pokud uvážíme účinnost tepelné elektrárny 40 %, snadno pak spočítáme, že pro zajištění elektřiny ČR dřevní hmotou bychom potřebovali pálit přírůstky dřeva z plochy asi 110 000 km<sup>2</sup> lesů. V ČR je v současné době 27 000 km<sup>2</sup> lesů.

Dřevní hmota převážně smrkového lesa není nejvýnosnější energetickou plodinou. Existují násobně výnosnější dřeviny i byliny [5]. Nelze si však dobře představit, že bychom na půdě dnešních lesů tyto plodiny pěstovali.

V práci [6] lze nalézt detailní rozbor dostupného potenciálu biomasy v ČR. Zde uvedený energetický potenciál 27 000 GWh by pravděpodobně postačil pro zimní vytápění většiny domácností v ČR, při výrobě elektřiny by se z biomasy získalo asi 15 % potřeby ČR.

Biomasa tedy může poskytnout násobně více energie než malá voda, ale stále se jedná o minoritní podíl v energetice státu.

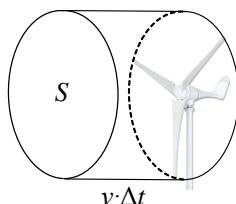
Malé vodní elektrárny a biomasa jsou předvídatelné a v případě biomasy i říditelné zdroje energie. Jejich celkový potenciál je však jen malým zlomkem potřeby ČR.

Zbývá vítr a slunce.

### 3.3 Vítr

Kinetické energie proudícího vzduchu, který za čas  $\Delta t$  projde plochou vrtule větrné elektrárny je rovna (obr. 3)

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\rho Sv\Delta tv^2 = \frac{1}{2}\rho S\Delta tv^3.$$



Obr. 3 K odvození výkonu větrné elektrárny

Tuto energii větrná elektrárna s účinností  $\eta$  promění na elektřinu. Výkon větrné elektrárny je pak roven

$$P = \eta \frac{E_k}{\Delta t} = \frac{1}{2}\eta\rho Sv^3.$$

Maximální teoretická účinnost větrné elektrárny je dána tzv. Betzovým pravidlem [7] a je rovna 59 %. Reálně se účinnosti pohybují v rozmezí 40-50 %; v dalším budeme počítat s 45 %.



Pro získání konkrétních čísel potřebujeme konkrétní situaci. Určíme tedy, kolik větrných elektráren z Jindřichovic pod Smrkem [8] bychom potřebovali pro pokrytí elektřiny ČR. Průměr rotoru těchto elektráren je 44 m.

Výkon větrných elektráren strmě závisí na rychlosti větru (s třetí mocninou). V následující tabulce je nutný počet elektráren pro různé průměrné rychlosti větru.

Tabulka 2. Počet jindřichovických elektráren pro pokrytí potřeby elektřiny ČR

průměrná rychlost větru (m/s)	počet elektráren
5	150 000
6	90 000
7	56 000
8	38 000
10	19 000
12	11 000

Při pohledu na větrné mapy [9] vidíme, že průměrná rychlost větru nad 6 m/s se u nás vyskytuje jen v ojedinělých místech pohraničních hor, tedy na území které chceme spíše využívat pro rekreaci a ne pro energetickou výrobu. Konečně nemusíme spekulovat. Roční výroba jindřichovických elektráren je již dána [10]. Z těchto dat vyplývá, že bychom jich pro pokrytí spotřeby ČR museli mít 120 000.

Na rozdíl od větrných oblastí v Evropě, zejména atlantického pobřeží, jsou v naší republice podmínky pro využití větru nepříznivé. Zbývá tedy poslední možnost: slunce.

### 3.4 Slunce

V ČR dopadne v průměru za rok asi 1 000 kWh/m<sup>2</sup> slunečního záření [11]. Pokud uvažujeme spíše optimistickou účinnost solárních článků 20 %, pak bychom pro pokrytí celkové spotřeby elektřiny potřebovali osadit solárními články asi 400 km<sup>2</sup> plochy. Záření je však během roku velmi nerovnoměrně rozloženo [12], což je všeobecně známá skutečnost.

Energie ze slunce je jediná z obnovitelných zdrojů (alespoň v ČR a většině jiných evropských zemí), která je k dispozici v dostatečném množství. Avšak pouze za předpokladu, že ji bude možné akumulovat, a to jak krátkodobě (den – noc), tak i dlouhodobě (léto – zima). V dalším si tedy všimneme možností akumulace energie.

## 4 Akumulace energie

### 4.1 Nejprve jedna kuriozita

Nedávno se v médiích objevila informace o možnosti gravitační akumulace energie [13]. Princip je jednoduchý: Jeřáb zvedá nebo spouští těžké závaží podle toho, jestli je v daném okamžiku energie přebytek nebo nedostatek.

Potenciál této metody lze velmi názorně spočítat v následujícím příkladu.

Máme k dispozici jeden kilometr hluboký důl, do kterého spouštíme závaží o hmotnosti 1 000 tun (hmotnost přibližně 700 vozů Škoda Octavia). Jakou energii můžeme do takového systému uložit?

Výpočet je velmi jednoduchý. Uložená energie je rovna potenciální energii závaží, tedy

$$E = mgh = 10^6 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1\,000 \text{ m} = 10^{10} \text{ J} .$$

Přes monstróznost tohoto projektu vyrobí jaderná elektrárna Temelín uvedenou energii za pět sekund. Nebo jinak: je to asi jedna sekunda průměrné výroby energie v ČR ze všech zdrojů. Je tedy zcela zřejmé, že ve velké energetice může tato metoda hrát jen marginální roli. Hodila by se spíše do Neználkových příhod vedle sodovkového autíčka [14].

Výsledek této úlohy je skutečně poučný, zejména pro ekologické aktivisty: Temelín je zdroj energie, která by vytáhla 700 Octavií z hloubky 1 000 m za 5 s. Nebude asi snadné, něco takového nahradit vrtulemi nebo lány s řepkou.

### 4.2 Krátkodobá a dlouhodobá akumulace energie

Možností akumulace velkého množství energie není mnoho.

Krátkodobá akumulace

- akumulátorové baterie
- horká voda (v domácích zásobnících)
- vodík (+ syntetická paliva)
- přečerpávací elektrárny
- srandy typu gravitační akumulace, stlačený vzduch apod.

Dlouhodobá akumulace

- vodík (+ syntetická paliva)
- horká voda (velkoobjemové nádrže z odst. 2.3)

Krátkodobá akumulace je menší problém a v některých částech je již nyní velmi dobře vyřešena (kombinované nebo trivalentní boilery v domácnostech).

Přesto je nepředstavitelné, že by například ocelárny v nepřetržitém provozu běžely v noci na baterky. Je to tedy problém, který nemá snadné řešení, my jej však nyní komentovat nebudeme.

Budeme se věnovat dlouhodobé akumulaci z léta na zimu, která je v případě využití solární energie zcela rozhodující. Horká voda je jen drobnost, jedinou možností je tedy vodík, případně jiná syntetická paliva (vyrobena z vodíku).

### **4.3 Vodík**

Vodík je palivo s velmi vysokou hmotnostní výhřevností (120 MJ/kg, trojnásobek nafty), ale kvůli lehké molekule a plynnému skupenství je objemová výhřevnost extrémně malá. Například jeden litr nafty je energeticky ekvivalentní 5 000 litrů vodíku za normálního tlaku. Jedním z největších problémů vodíkové energetiky je tedy jeho skladování. Kompresí i zkapalnění vyžaduje energii, což snižuje účinnost celého procesu.

### **4.4 Akumulace energie ze solárních panelů ve vodíku**

Jak již bylo uvedeno dříve, dopadne za rok na 1 m<sup>2</sup> v ČR asi 1 000 kWh sluneční energie. Se spíše nadsazenou 20 % účinností solárních článků se za rok získá 200 kWh. Účinnost elektrolýzy je asi 70 %, dostaneme tedy 140 kWh energie uložené ve vodíku. Kompresní ztráty dosahují přibližně 10 %, máme tedy 126 kWh ve stlačeném vodíku. Spalováním v tepelné elektrárně nebo palivovým článkem dosáhneme 40-60 % účinnosti. Tímto postupem z původních 1 000 kWh slunečního záření dostaneme 50-75 kWh elektřiny s meziuskladněním ve vodíku. V dalším budeme počítat s 60 kWh.

### **4.5 Plocha solárních článků pro akumulaci energie na zimní spotřebu domácností ČR**

Spotřeba elektřiny všech domácností v období říjen – březen je 8 800 GWh [15].

Předpokládejme, že všech 4,5 mil. domácností žije v průměrném nízkoenergetickém domě s plochou 80 m<sup>2</sup> a energií na vytápění 30 kWh/m<sup>2</sup>. Bude potřeba asi 10 000 GWh.

Průměrná spotřeba teplé vody na osobu je 40 l/den, tj.

$$Q_{TUV} = mc\Delta t = 40 \cdot 4\,200 \cdot 35 \text{ J} = 5,88 \text{ MJ} = 1,63 \text{ kWh}.$$

Pro 10 mil. lidí a 180 dní dostaneme 2 900 GWh.

Celkem potřebujeme pro domácnosti akumulovat více než 21 000 GWh<sup>2</sup>. Pro letní akumulaci bychom tedy museli mít asi 350 km<sup>2</sup> solárních článků. **Jen pro akumulaci na zimu.** Současně by musely být k dispozici další solární články na letní okamžitou spotřebu a krátkodobou akumulaci na noc a bezeslunečné dny. Navíc spotřeba domácností je jen zlomkem celkové spotřeby státu (20-25 %). Lze tedy odhadnout, že bychom potřebovali cca 1 500 km<sup>2</sup> solárních článků.

Tento odhad nezohlednil, že solární články a větrné elektrárny i v zimě nějakou energii vyrobí, současně pobeží jaderné elektrárny a biomasa může být akumulována především na zimu. Možná se podaří i nějakou energii uspořit a část CO<sub>2</sub> uložit do geologických systémů. Uvažujme tedy, že by stačila pouze polovina výše uvedené hodnoty, což je spíše optimistický předpoklad. Pak by ovšem ve slunečném poledni 750 km<sup>2</sup> solárních článků poskytlo výkon 150 GW, 75 temelínských elektráren. A pro tento výkon by musela být připravena infrastruktura, která by jej zpracovala. Zejména elektrolyzéry, které by vyráběly vodík. To je zcela nerealistické představa, tím více, že by toto vše mělo být k dispozici v roce 2050.

Významný je také pohled ekonomický: Kolik by koncového uživatele stála jedna kWh takto získané elektřiny?

## 5 Elektromobilita

V rozsáhlém článku *Kam kráčíš elektromobilito* z pražského ČVUT [16] autoři analyzují emise CO<sub>2</sub> různých druhů pohonu automobilů (benzín, nafta, elektřina) s ohledem na celý cyklus včetně výroby. Úspora emisí CO<sub>2</sub> závisí na energetickém mixu výroby elektřiny v daném státě. Ukazuje se, že pro Českou republiku do 250 tis. najetých kilometrů není elektromobil lepší, než turbodiesel.

### 5.1 Potřeba elektřiny pro elektromobilitu ČR

V roce 2019 byla spotřeba benzínu a nafty 5 mil. tun, což v energii představuje 60 000 GWh. S uvažováním účinnosti spalovacího motoru (40 %) je to 24 000 GWh mechanické práce produkované spalovacími motory. Pokud za-

---

<sup>2</sup> Ve skutečnosti je toto číslo zatíženo jistými systematickými chybami. Část spotřeby elektřiny se v domácnostech využívá i na topení a ohřev teplé vody. Tato spotřeba se tedy ve výpočtu objevuje dvakrát, Na druhé straně se počítá, že všechny domy jsou v nízkenergetickém standardu, což zdaleka není pravda. Je tedy spíše pravděpodobné, že reálná hodnota bude ještě vyšší.

počteme další ztráty spojené s elektromobilitou (15 % ztrát při dobíjení, 5 % v rozvodu a 5 % ve vlastním elektromotoru, celkem tedy 23 %), pak by pro kompletní elektromobilizaci našeho vozového parku byly potřeba další dvě temelínské elektrárny (výroba JETE v roce 2019 byla 15 720 GWh). To je pouze optimální situace, kdy je odběr přizpůsoben okamžité výrobě. Reálně musí být k dispozici jistá rezerva, což by počet nutných JETE zvyšovalo.

### 5.2 Plocha solárních článků pro akumulaci energie na zimní provoz elektromobilů ČR

Pokud předpokládáme, že by byla zimní spotřeba energie v dopravě jednou třetinou celoroční spotřeby, tj. 8 000 GWh mechanické práce, pak postupem z odstavce 4.4 s uvážením dalších ztrát (odstavec 5.1) zjistíme, že bychom potřebovali **jen pro akumulaci energie na zimu** ve vodíku téměř 200 km<sup>2</sup> solárních článků.

### 5.3 Zákaz prodeje automobilů se spalovacím motorem

Evropský parlament nedávno schválil zákaz prodeje osobních vozidel a dodávek se spalovacími motory od roku 2035 [17]. Bylo to velmi chybné rozhodnutí, které značně negativně ovlivní život v Evropě. Elektromobil má v porovnání s vozem se spalovacím motorem řadu nevýhod, které jsou tak zřejmé, že je ani nemá smysl zde vyjmenovávat. Velmi náročná infrastruktura pro dobíjení elektromobilů a v podstatě nemožnost zajištění dostatku elektřiny v bezemisním módu evropské energetiky dělá z náhrady spalovacích motorů ze 100 % elektromobily jen utopickou vizi.

Existuje jediný skutečně racionální důvod k úplnému přechodu k elektromobilitě: **Znemožnit široké veřejnosti přístup k individuální dopravě.** Osobní vozy by tak zůstaly vyhrazeny pouze pro elity, pro které by nastal skutečný ráj poloprázdných silnic a měst.

Racionální přístup by bylo akceptovat skutečnost, že v dohledné době je nemožné se zcela zbavit závislosti na fosilních palivech a ponechat jejich využití v těch oblastech, kde jejich náhrada je nejvíce obtížná. Individuální osobní doprava je touto oblastí. Navíc spalovací motory dosáhly velmi vysokého stupně rozvoje s vynikající filtrací škodlivých emisí (mimo CO<sub>2</sub>). Turbodiesel svou účinností konkuruje špičkovým tepelným elektrárnám a kritika, které musí čelit, je zcela absurdní.

Smysluplnější by bylo využít akumulátorové baterie například v kombinaci se solárními panely jako zdroj energie domácností. Ve vlastním provozu zcela bezemisní metoda, i když nepřináší řešení pro dlouhodobou akumulaci.

## **6 Závěr a výhled do budoucnosti**

Cíle GD jsou zcela iluzorní a nebude možné je naplnit. Vystává tedy otázka, jak je to možné, že se téměř půlmiliardový subkontinent ústy svých nejvyšších představitelů k něčemu takovému zavázal. Jednou z možných příčin je nekompetence lidí, kteří nejsou schopni situaci realisticky posoudit a žijí v jakémsi utopickém nadšení podobně jako přírodovědně nevzdělání ekologičtí aktivisté. Ve prospěch této hypotézy hovoří některá dřívější rozhodnutí či plány. Nejkriklavější je záměr zakázat tzv. neúsporné varné konvice a jiné domácí spotřebiče [18]. Varné konvice jsou nejefektivnějším způsobem, jak si v domácnosti ohřát vodu. Srovnatelné jsou pouze indukční vařiče. Zakázat právě tyto spotřebiče ukazuje na naprostou nekompetenci zodpovědných lidí.

Země EU emitují necelých 10 % celosvětových emisí CO<sub>2</sub>. I kdyby se cíle GD podařilo částečně naplnit, dopad na globální klima bude zanedbatelný. Ale cena, kterou za to zaplatí obyvatelé Evropy, bude značná. Horší dostupnost a vysoká cena energie významně zhorší životní úroveň obyvatel a konkurenceschopnost evropského průmyslu. Přichází bída a bude tím větší, čím déle a úporněji se touto cestou půjde.

## **Literatura**

- [1] <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- [2] <https://eshop.flidr.cz/solarni-hadice-eolo-sl-cerna-32-mm-30m-baleni>
- [3] <https://www.avydon.cz/vyhrevnost-dreva>
- [4] <https://lesy.cz/drevo/>
- [5] <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/98-prehled-energetickych-plodin-jejich-vlastnosti-a-prepocty-jednotek>
- [6] <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energie-1-zdroje>
- [7] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Betzovo\\_pravidlo](https://cs.wikipedia.org/wiki/Betzovo_pravidlo)
- [8] <https://www.jindrichovice.cz/cs/web/obec/rozvoj/vetrne-elektrarny/>
- [9] <https://www.frigomont.cz/mapy-vetrovych-oblasti>
- [10] Dvě elektrárny dohromady v roce 2004 vyrobily 1200 MWh a v roce 2005 1085 MWh. Tyto, ani pozdější informace již na webu nejsou k dispozici. Podle osobního dotazu autora na místě byla data odstraněna z důvodů negativních reakcí veřejnosti.

- [11] <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [12] <https://www.viridiansolar.co.uk/resources-1-2-seasonal-variation-solar-energy.html>
- [13] <https://www.solarninovinky.cz/video-energy-vault-spousti-do-provozu-prvni-baterii-v-podobе-jerabu-s-ucinnosti-85/>
- [14] <https://www.promaminky.cz/pohadky/ke-cteni-30/neznalkovy-prihody-jak-neznalek-jezdil-v-sodovkovem-aute-8536>
- [15] <https://www.nazeleno.cz/jak-se-meni-spotreba-elekriny-behem-dne-i-celeho-roku/>
- [16] <https://www.fs.cvut.cz/verejnost/pr-media/pribehy-z-ustavu/kam-kracis-elektromobilito/>
- [17] <https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-evropa-evropsky-parlament-schvalil-zakaz-prodeje-aut-se-spalovacim-motorem-od-roku-2035-40399504>
- [18] <https://www.novinky.cz/clanek/ekonomika-unie-se-chysta-zakazat-neusporne-varne-konvice-feny-a-topinkovace-351484>