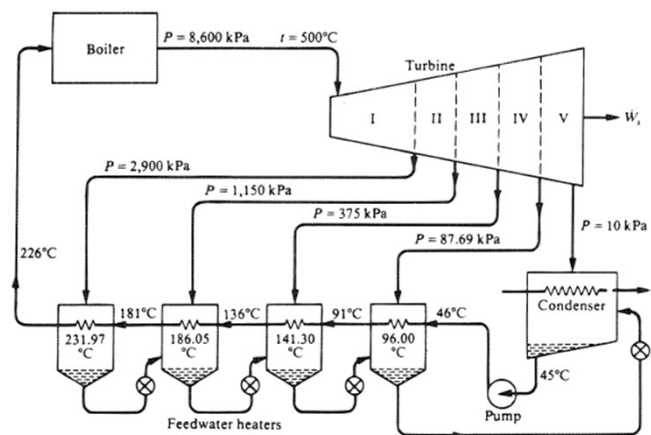




CTU
UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01





CTU

UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

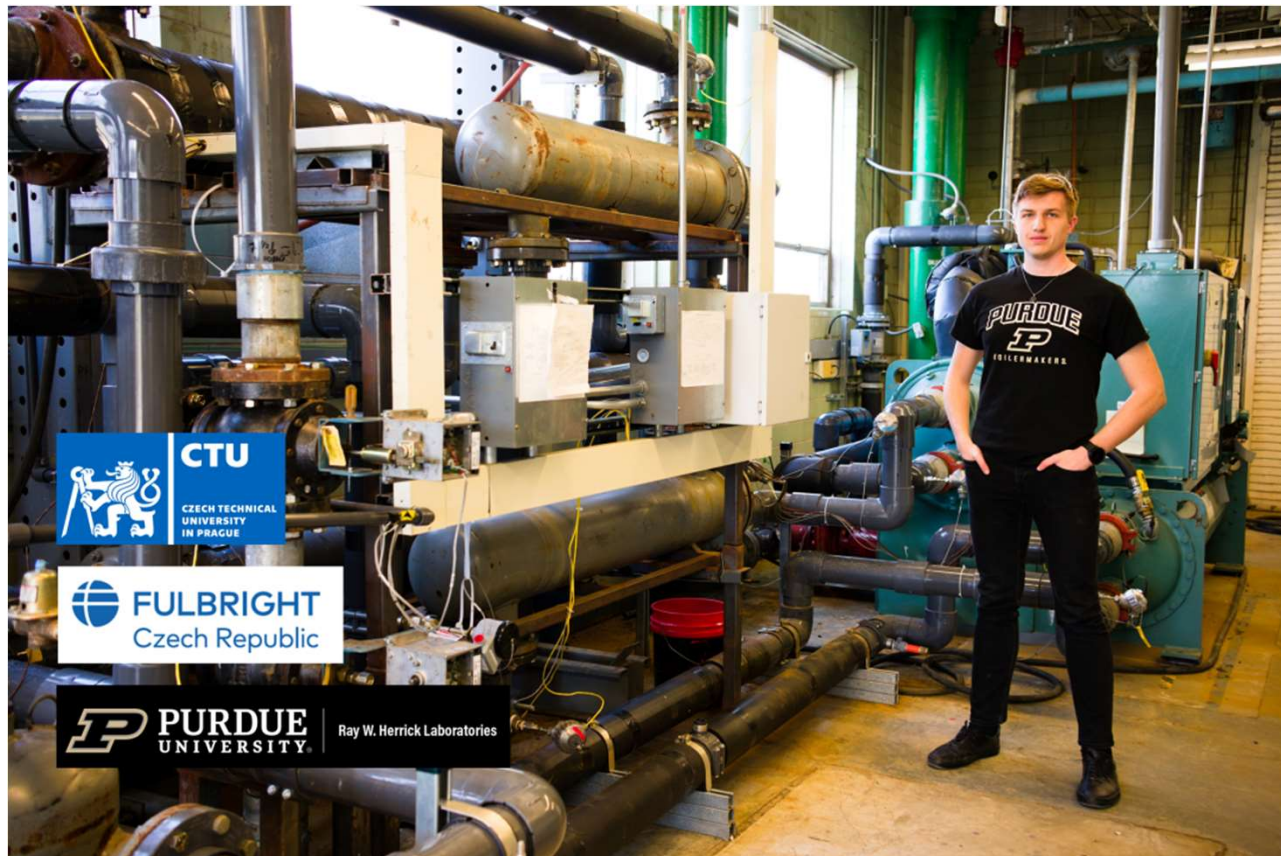
Jan.Spale@cvut.cz

K nalezání většinu týdne
v ČVUT UCEEB v Buštěhradě
u Kladna

- tým Energetické systémy
Budov – např. mikroelektrárna
Wave či S.A.W.E.R;

- zabývám se
decentralizovanými
energetickými systémy a
průmyslovými tepelnými
čerpadly

Na FS (B1-523, Maščuch,
Novotný) se zdržuji pravidelně
ÚT, ST, sporadicky i jiné dny



<https://janspale.github.io/teaching/>



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Představení



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Podmínky k udělení zápočtu a další pravidla cvičení:

- nemám ambice kontrolovat docházku na cvičení a počítat absence,
- 2 zápočtové testy:
 - „Midterm“ **6.11.** během 7. cvičení
 - „final“ **18.12.** na posledním cvičení + udělení zápočtu
 - vždy obdobné příklady těm ze cvičení a otázky na věci, co na cvičení zazněly
- pro zápočet potřebujete splnit **v průměru alespoň 70%, a zároveň nesmíte mít pod 50% ani z jednoho z testů**
- každý z testů je možné **právě jednou** opakovat
- zápočty z předchozích let uznávám, ozvěte se o zápočet před Vánoci
- budu-li z pracovních důvodů mimo, zaskočí kolega Ing. Vocol
- nebudete-li moct dorazit na cvičení, na YouTube jsou nahraná všechna cvičení z *doby covidové*
www.tinyURL.com/ZPE-cvika



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Prerequisites – aneb co očekávám, že znáte a umíte:

- Termomechanika
- Mechanika tekutin
- Integrace/derivace
- Základy fyziky
- Pokročile ovládat jakýkoliv výpočetní program z následujících (od 3. cv. budete potřebovat ntb na cv):
 - MS Excel
 - Python (NumPy)
 - MATLAB
- TROJČLENKA



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Sylabus, aneb co se za 1170min/20hod (13*90) naučíte:

- Základní informační nástroje pro sledování národních energetických bilancí
- Výpočet spotřeby paliv, přepočet paliva na různé stavy
- Komínová ztráta
- Tepelné oběhy v energetice – Carnot, Diesel, Otto, Rankine, Brayton a další pánové
- Průmyslová intenzifikace parametrů tepelných oběhů
- Tepelná čerpadla a chladicí zařízení – základy funkce a výpočty
- Palivové články a elektrolýza
- Větrná a vodní energetika
- Sestavit energetickou bilanci modelovaného objektu!

Literatura: 1) Thermodynamics – an engineering approach, Yunus Cengel

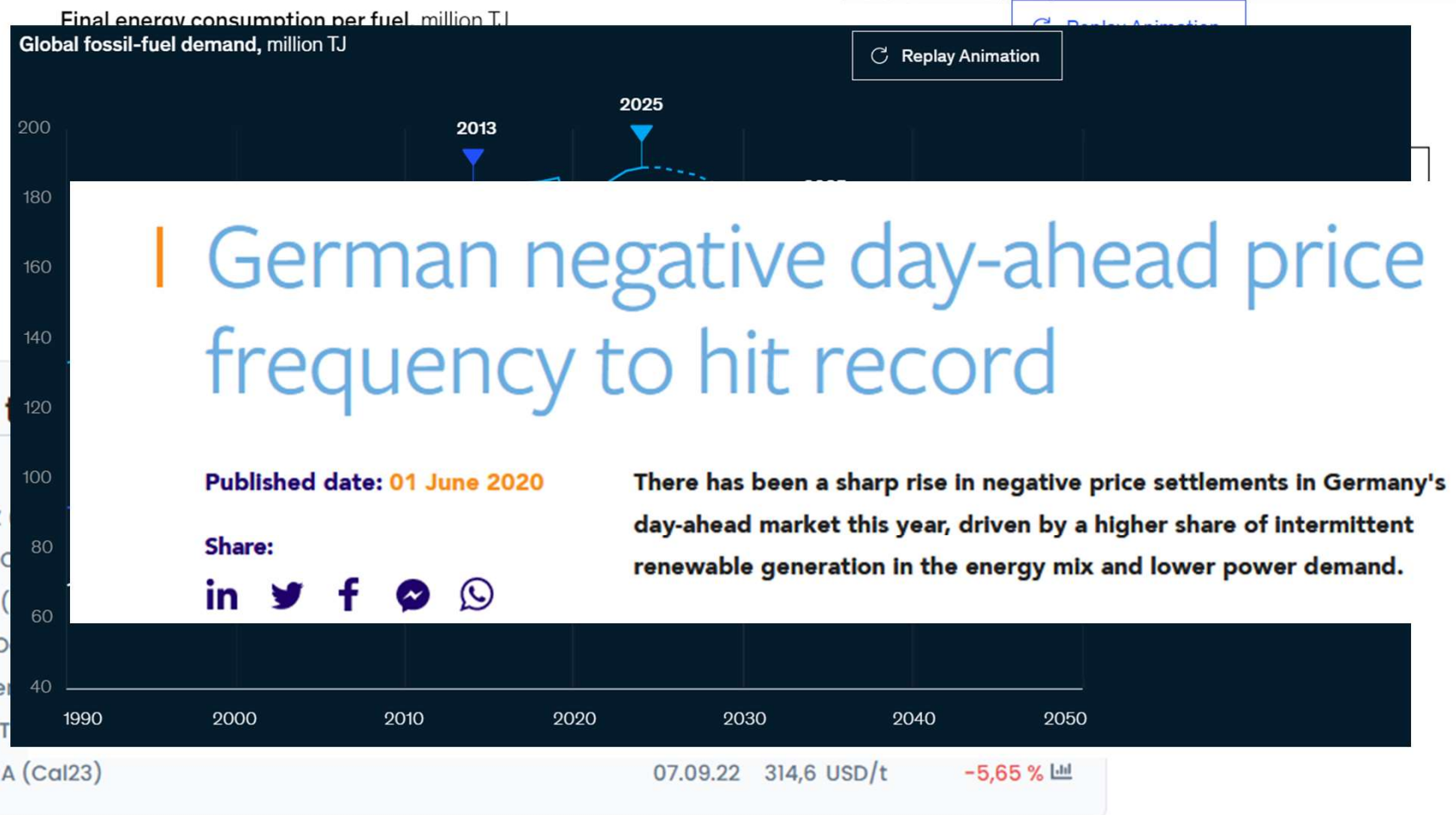
https://iunajaf.edu.iq/Gradual/Publicationoflectures/uploadsPdf/pdfcoffee.com_engineering-thermodynamics-by-cengel-boles-and-kanoglu-9th-edition-pdf-free.pdf%20-%202023.01.13%20-%2006.32.12pm.pdf



CTU
UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

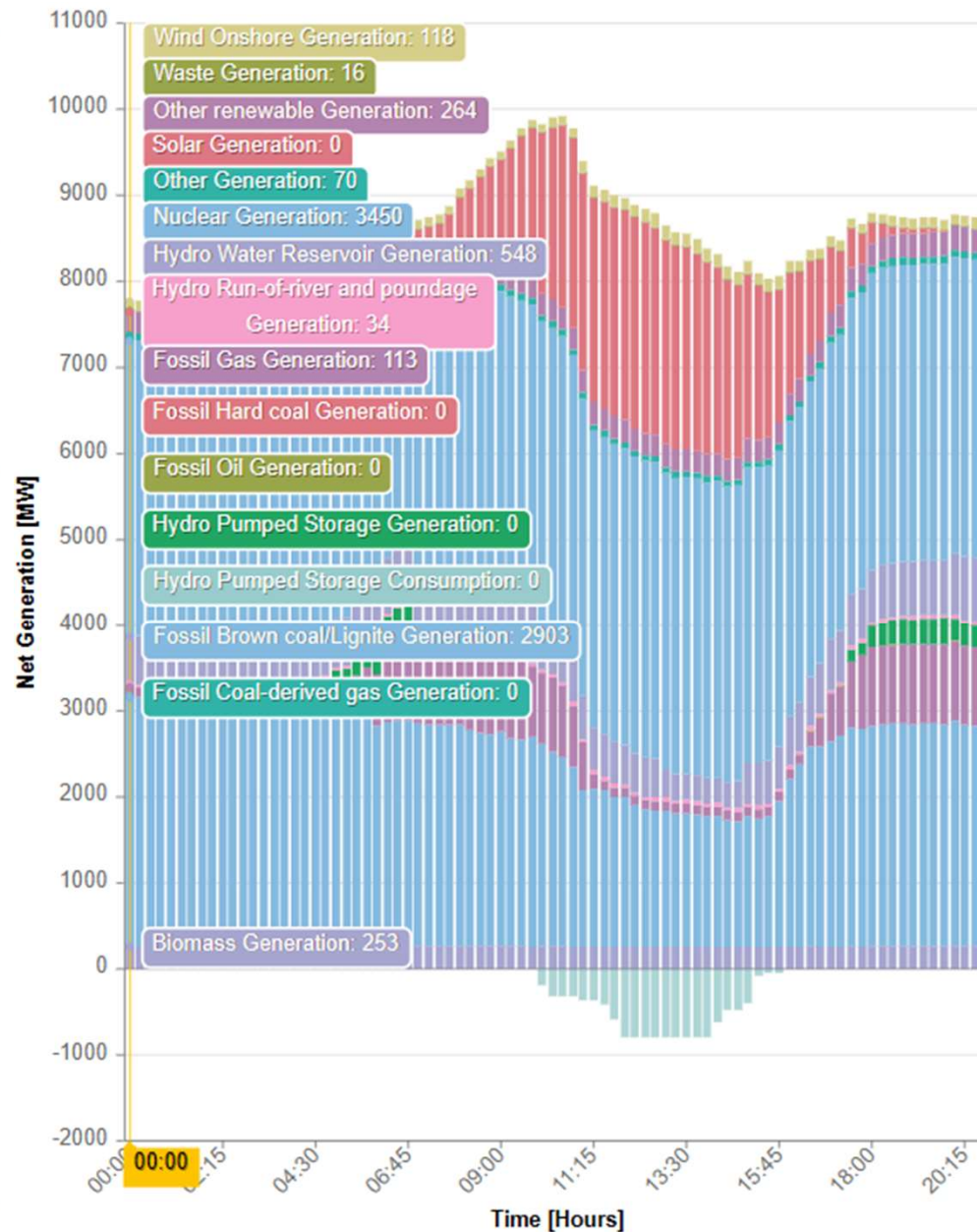


6



CTU

UCEEB



Stav CZ grid 19.9.2024

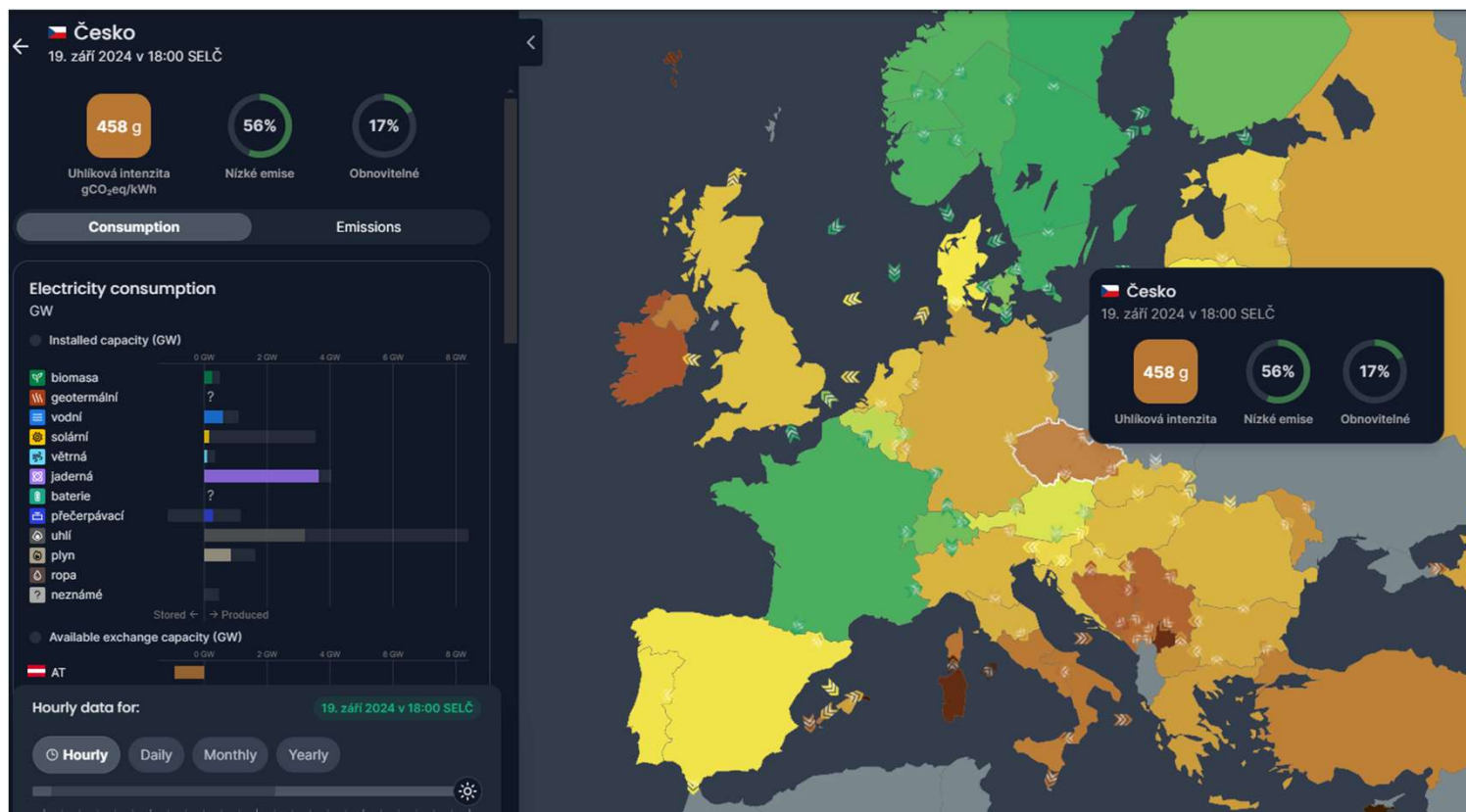
<https://transparency.entsoe.eu/>

Celoevropská (ENTSO-E) přenosová síť
a její statistika dle typu a názvu zdrojů
v hodinovém rozlišení



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01



Data z ENTSO-E a IPCC 2014

<https://app.electricitymaps.com/map>



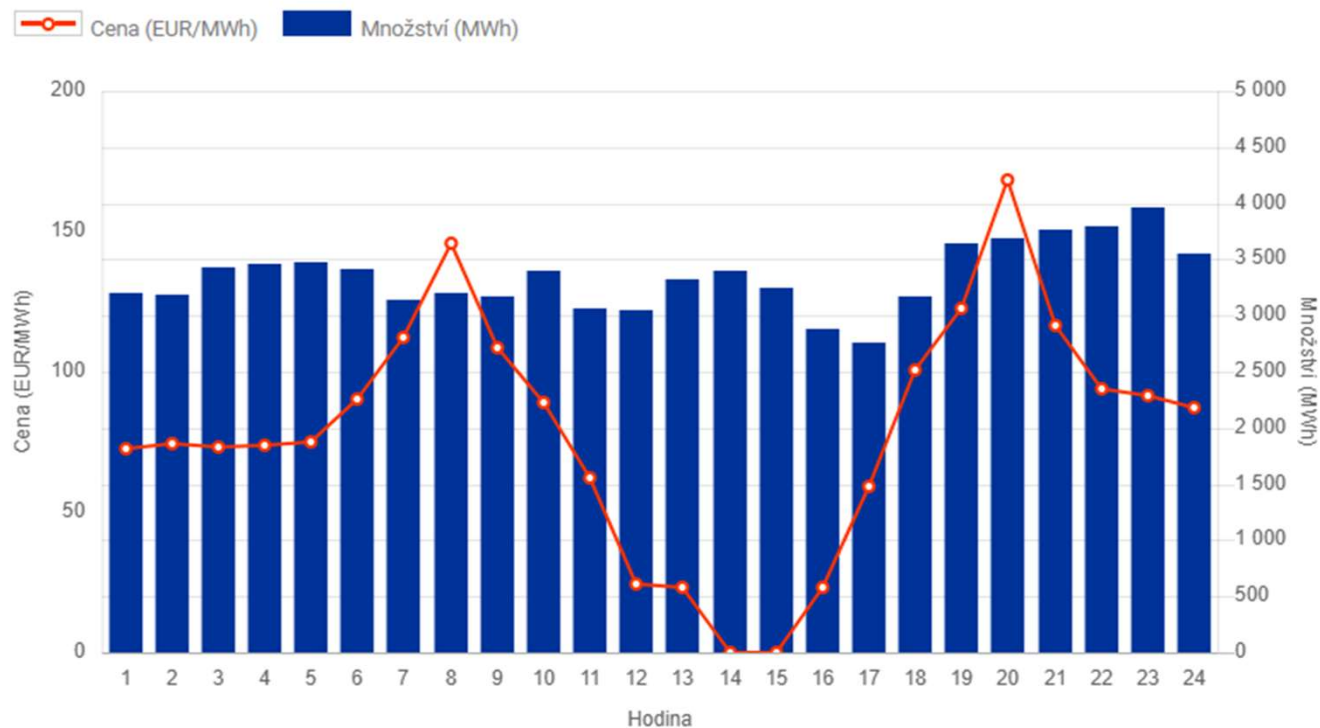
CTU

UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Výsledky denního trhu ČR - 20.09.2024



<https://www.ote-cr.cz/cs>

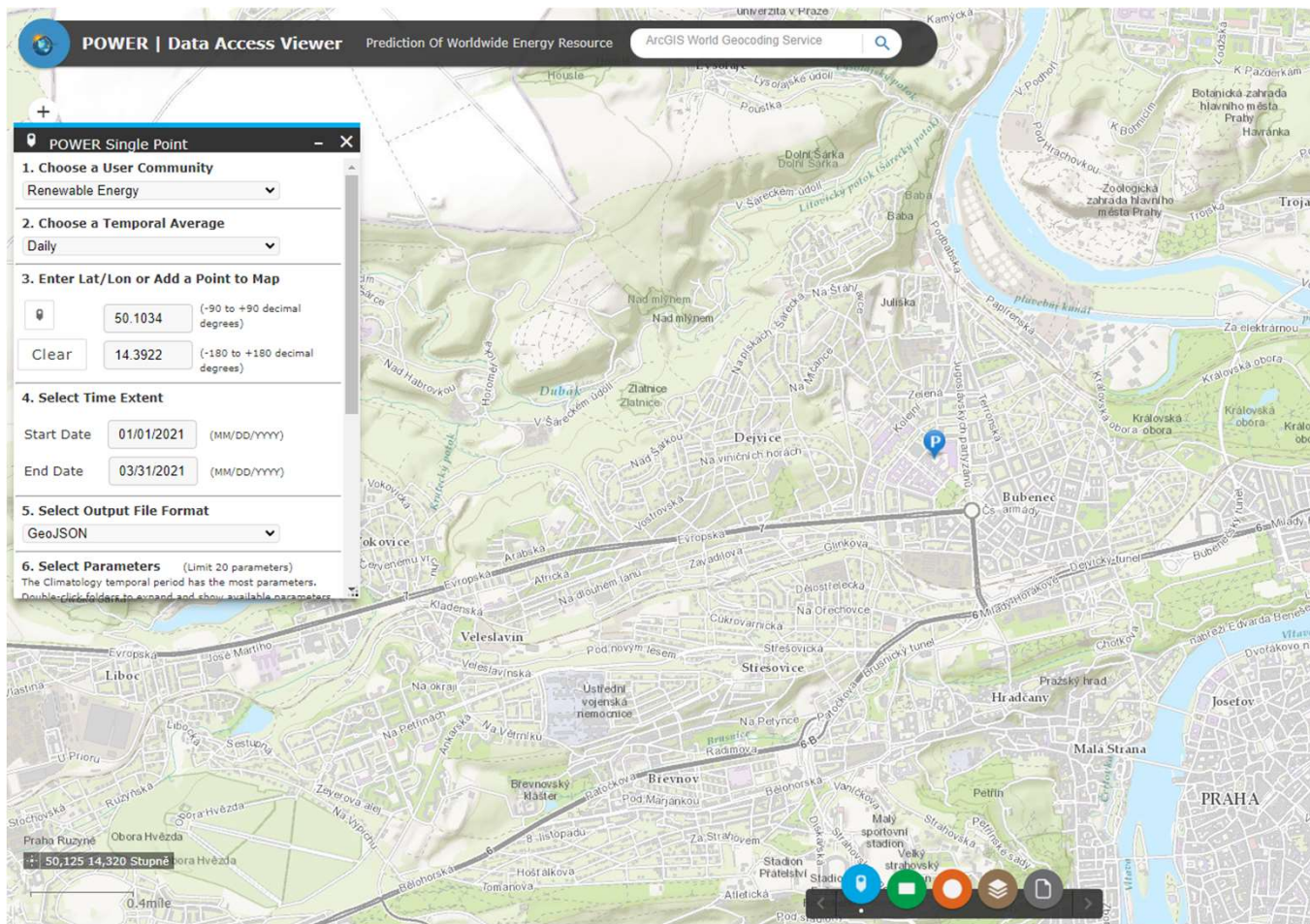


CTU

UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01



<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

POWER NASA
Gov – weather,
ren.en. data



CTU

UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

Legal notice | Cookies | Contact | English

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 50.103, 14.391
Elevation (m): 226
PVGIS ver.: 5.2

Use terrain shadows:
☒ Calculated horizon
☐ Upload horizon file

Download CSV: [Download CSV](#)
Download JSON: [Download JSON](#)

GRID CONNECTED

TRACKING PV
OFF-GRID
MONTHLY DATA
DAILY DATA
HOURLY DATA
TIME

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database*
PVGIS-SARAH2

PV technology*
Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]*
1

System loss [%]*
1

Fixed mounting options

Mounting position*
Free-standing

Slope [°]*
35

Azimuth [°]*
0

☐ PV electricity price

PV system cost (your currency)
Interest [%/year]
Lifetime [years]

Visualize results

Download CSV: [Download CSV](#)
Download JSON: [Download JSON](#)

PV GIS - PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/



CTU

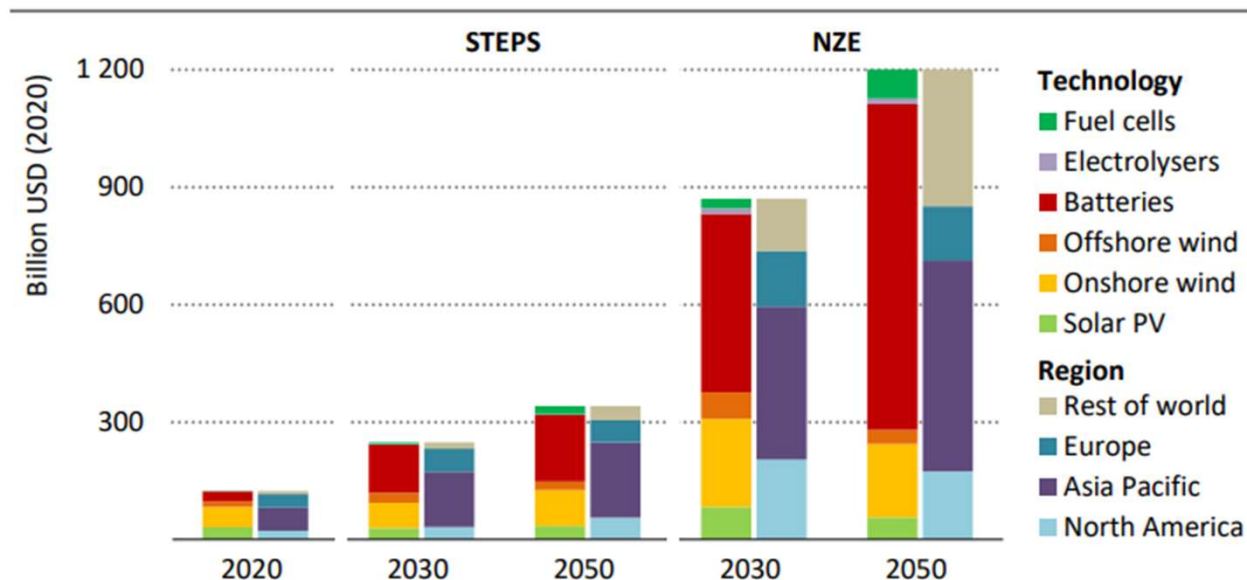
UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

<https://www.iea.org/topics/world-energy-outlook>

Figure 1.3 ▶ Estimated market size for selected clean energy technologies by technology and region, 2020-2050



IEA. All rights reserved.

There is explosive growth in clean energy technologies over the next decade in the NZE, leading to a clean energy market worth a cumulative USD 27 trillion by 2050



CTU

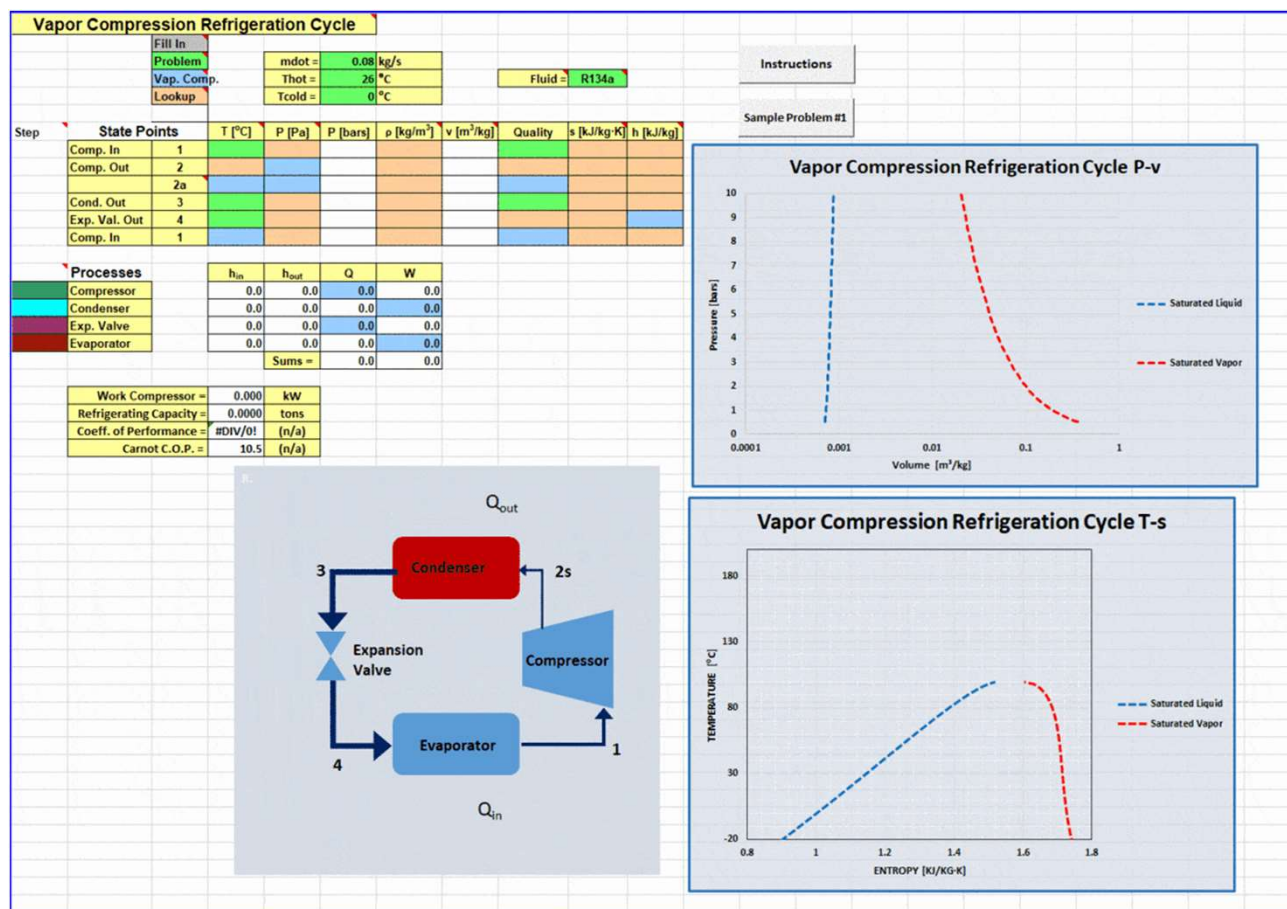
UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

<https://sourceforge.net/projects/coolprop/>

CoolProp





ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Citační manažery (Word, LaTeX)

<https://www.mendeley.com/>

<https://www.zotero.org/>

<https://www.citavi.com/en>



Všechny mají Word Plugin nebo LaTeX plugin

Všechny obsahují ISO 690 (CZ)

Všechny jsou freeware a naprosto doporučuji pro Projekty, DP aj.



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Textové editory, vychytávky

<https://mathpix.com/>



Overleaf – WISYWIG LaTeX editor

<https://www.overleaf.com/project>





CTU

UCEEB

ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Energie

Skalární fyzikální veličina charakterizována jako schopnost hmoty (pole) konat práci.

Druhy energie:

- Mechanická
 - Kinetická
 - Potenciální
 - Gravitační potenciální energie
 - Potenciální energie pružnosti
 - Tlaková potenciální energie
- Elektrická (elektromagnetická)
- Energie záření
- Energie vln
- Vnitřní energie
 - Teplo – chaotický pohyb elementárních částic
 - Jaderná energie
 - Chemická energie (energie chemické vazby – paliva)
 - Klidová energie částic



ZDROJE A PŘEMĚNY ENERGIE

CVIČENÍ 01

Energie

Skalární fyzikální veličina charakterizována jako schopnost hmoty (pole) konat práci.

Zdroje energie

- ?
- ??
- ???
- „Zdroje“ energie:
 - Neobnovitelné – fosilní paliva (uhlí, ropa, zemní plyn, bitumenové písky, břidlicový plyn aj.)
 - Obnovitelné – energie vodní, geotermální, větrná, sluneční...
- Zdroje „energie“:
 - Výtopna
 - Elektrárna
 - Teplárna
 - ...



CTU

UCEEB

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

PŘÍKLAD 1 – ROČNÍ SPOTŘEBA RŮZNÝCH PZE

Uvažujte rodinný dům s roční potřebou tepla 18 MWh. Určete velikost spotřeby jednotlivých zdrojů pro pokrytí dané potřeby při uvažování vstupních parametrů uvedených v tabulce.



**CTU****UCEE**

1 Wh = 3600 J

1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J $M_{UO_2} = 270$ g/mol $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹

PŘÍKLAD 1 – ROČNÍ SPOTŘEBA RŮZNÝCH PZE

Uvažujte rodinný dům s roční potřebou tepla 18 MWh. Určete velikost spotřeby jednotlivých zdrojů pro pokrytí dané potřeby při uvažování vstupních parametrů uvedených v tabulce.

PZE	LHV, ...	Účinnost	Roční spotřeba
Koks	29,5 MJ/kg	75%	2 929 kg/rok
Černé uhlí	26,4 MJ/kg	73%	3 362 kg/rok
Hnědé uhlí	17,1 MJ/kg	68%	5 573 kg/rok
Hnědé uhlí energetické	11,9 MJ/kg	67%	8 127 kg/rok
Dřevo palivové	13,8 MJ/kg	68%	6 905 kg/rok
Komunální odpad	8,9 MJ/kg	61%	11 936 kg/rok
LTO	42,3 MJ/kg	89%	1 721 kg/rok
Zemní plyn	33,5 MJ/Nm ³	95%	2 036 Nm ³ /rok
Uranové palivo (UO ₂)	204 MeV/fission	4%	0,022 kg/rok
Solární kolektor	1 070 kWh/m ² /rok	25%	67 m ²

$$m_{rok} = \frac{Q_{potřeba,rok}}{Q_i \cdot \eta_{kotel}}$$

1 kg UO₂:

$$m_{UO_2} = 1 \text{ kg}$$

$$m_{U_{235}O_2} = m_{UO_2} \cdot w_{U_{235}} = 0,04 \text{ kg}$$

$$m_{U_{235}} = m_{U_{235}O_2} \cdot \frac{M_{U_{235}}}{M_{UO_2}} = 0,0348 \text{ kg}$$

$$n_{U_{235}} = \frac{m_{U_{235}}}{M_{U_{235}}} = 0,1481 \text{ mol}$$

$$N_{U_{235}} = n_{U_{235}} \cdot N_A = 8,92E+22 \text{ at}$$

$$E_{1kg,UO_2} = N_{U_{235}} \cdot E_{1fission} = 1,82E+25 \text{ MeV}$$
$$2 915 612 \text{ MJ/kg}$$

Spotřeba uranového paliva za rok:

$$m_{rok} = \frac{Q_{potřeba,rok}}{E_{1kg,UO_2}}$$

Plocha solárních kolektorů

$$A_{kolektor} = \frac{Q_{potřeba,rok}}{E_{S \text{ záření,rok,m}^2} \cdot \eta_{kolektor}}$$



SLOŽENÍ A VLASTNOSTI PALIVA

Složení paliva

- Hořlavina $h - C, S, H, N, O$
- Popel A
- Voda W

$$h + A + W = 1$$

Stav paliva

- Původní – horní index r
- Bezvodý – horní index d
- Hořlavina – horní index daf

$$\text{např. } A^r = (1 - W^r) \cdot A^d$$

Přepočet	$\cdot r$	$\cdot d$	$\cdot daf$
$r =$		$1 - W^r$	$1 - W^r - A^r$
$d =$	$\frac{1}{1 - W^r}$		$1 - A^d$
$daf =$	$\frac{1}{1 - W^r - A^r}$	$\frac{1}{1 - A^d}$	

Spalné teplo Q_s , HHV (MJ/kg)

= množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením 1kg paliva při ochlazení spalin na teplotu 20 °C, přičemž dochází ke kondenzaci vodní páry ve spalinách

Výhřevnost Q_i , Q_n , LHV (MJ/kg)

= množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením 1 kg paliva při ochlazení spalin na teplotu 20 °C, přičemž veškerá voda zůstane ve formě vodní páry

$$Q_i^r = Q_s^r - 2453 \cdot (W^r + 9H^r)$$



CTU

UCEEB

PŘÍKLAD 2 – PŘEPOČTY MEZI STAVY PALIVA

Přepočítejte palivo s charakteristikami dle tabulky níže do původního stavu a přibližně určete výhřevnost pomocí empirických vztahů.





PŘÍKLAD 2 – PŘEPOČTY MEZI STAVY PALIVA

Přepočítejte palivo s charakteristikami dle tabulky níže do původního stavu a přibližně určete výhřevnost pomocí empirických vztahů.

$$X^r = (1 - W^r - A^r) \cdot X^{daf}$$

Podle Dulonga:

$$Q_i = 33,9 \cdot C^r + 120,6 \cdot \left(H^r - \frac{O^r}{8} \right) + 10,5 \cdot S^r - 2,45 \cdot W^r$$

Podle Vondráčka:

$$Q_i = (37,2 - 2,596 \cdot C^{daf}) \cdot C^r + 90,96 \cdot H^r + 10,47 \cdot S^r - 11,3 \cdot O^r - 2,45 \cdot W^r$$

Podle Ú12115:

$$Q_i = 34,75 C^r + 95,3 H^r - 10,9(O^r - S^r) - 2,45 W^r$$

	daf	r
W		52,44%
A		11,23%
C	62,48%	22,70%
H	5,86%	2,13%
S	1,68%	0,61%
N	1,35%	0,49%
O	28,63%	10,40%

Dulong	7,48	MJ/kg
Vondráček	7,62	MJ/kg
Skripta Ú12115	7,54	MJ/kg



CTU

UCEEB

PŘÍKLAD 3 – KOMÍNOVÁ ZTRÁTA

Zjednodušeným způsobem určete ztrátu citelným teplem spalin pro dřevo s výhřevností 15 MJ/kg. Ze stechiometrických výpočtů vyplynulo množství vzduchu pro dokonalé spalování 4,05 Nm³/kg_{pal}. Teplotu okolí uvažujte 20 °C, teplotu spalin 150 °C, resp. 200 °C. Pro přebytek vzduchu volte hodnoty 1; 1,5 a 2. Pracujte s konstantní hodnotou měrné tepelné kapacity 1,005 kJ/kg.

$$M_{air} = 29 \text{ g/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K.mol}$$

$$p_N = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$T_N = 273,15 \text{ K}$$

$$\alpha = \frac{m_{air,real}}{m_{air,min}}$$





PŘÍKLAD 3 – KOMÍNOVÁ ZTRÁTA

Zjednodušeným způsobem určete ztrátu citelným teplem spalin pro dřevo s výhřevností 15 MJ/kg. Ze stechiometrických výpočtů vyplynulo množství vzduchu pro dokonalé spalování 4,05 Nm³/kg_{pal}. Teplotu okolí uvažujte 20 °C, teplotu spalin 150 °C, resp. 200 °C. Pro přebytek vzduchu volte hodnoty 1; 1,5 a 2. Pracujte s konstantní hodnotou měrné tepelné kapacity 1,005 kJ/kg.

$$M_{air} = 29 \text{ g/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K.mol}$$

$$p_N = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$T_N = 273,15 \text{ K}$$

$$\alpha = \frac{m_{air,real}}{m_{air,min}}$$

ΔH_z	T_flue	150 °C	200 °C
$\alpha (1)$	1	815,3 kJ/kg _{pal}	1128,9 kJ/kg _{pal}
	1,5	1157,6 kJ/kg _{pal}	1602,9 kJ/kg _{pal}
	2	1499,9 kJ/kg _{pal}	2076,9 kJ/kg _{pal}

Z_k	T_flue	150 °C	200 °C
$\alpha (1)$	1	5,4%	7,5%
	1,5	7,7%	10,7%
	2	10,0%	13,8%

η_{kotel}	T_flue	150 °C	200 °C
$\alpha (1)$	1	94,6%	92,5%
	1,5	92,3%	89,3%
	2	90,0%	86,2%

$$r_{air} = \frac{R}{M_{air}}$$

$$p_N v_N = r_{air} T_N \rightarrow m_{air,min} (kg_{air}/kg_{pal}) = \frac{V_{air,min} (Nm^3/kg_{pal})}{v_N}$$

$$\Delta H_z = c_p \cdot (T_{flue} - T_o) \cdot m_{flue}$$

$$m_{flue} (kg_{flue}/kg_{pal}) = (1 + m_{air,min}) + (\alpha - 1) \cdot m_{air,min}$$

$$Z_k = \frac{\Delta H_z}{Q_i}$$

$$\eta_{kotel} = 1 - \sum Z_i = 1 - Z_k = \frac{Q_i - \Delta H_z}{Q_i}$$