

# Dekarbonizace elektřiny v ČR

Adam Bílek

18.10.2023



# O čem se dnes budeme bavit?

1. Z čeho dnes vyrábíme elektřinu?
2. Otázka spotřeby
3. Odlišné druhy zdrojů a stabilita sítě
4. Z čeho můžeme v ČR vyrábět nízkoemisní elektřinu?
5. Jaké jsou scénáře dekarbonizace?
6. Fosilní phase-out a kapacitní platby

# EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR PODLE SEKTORŮ

Celkové emise České republiky za rok 2021.



## Co znamená CO<sub>2</sub>eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkuje přímo emise CO<sub>2</sub>, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH<sub>4</sub>) a oxidu dusného (N<sub>2</sub>O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplicí efekt (ekvivalent CO<sub>2</sub>).

VERZE 2023-10-03 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/emise-cr](https://faktaoklimatu.cz/emise-cr)

Emise z lesnictví a využití půdy nezobrazujeme.  
zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

## Z čeho v ČR dnes vyrábíme elektřinu?

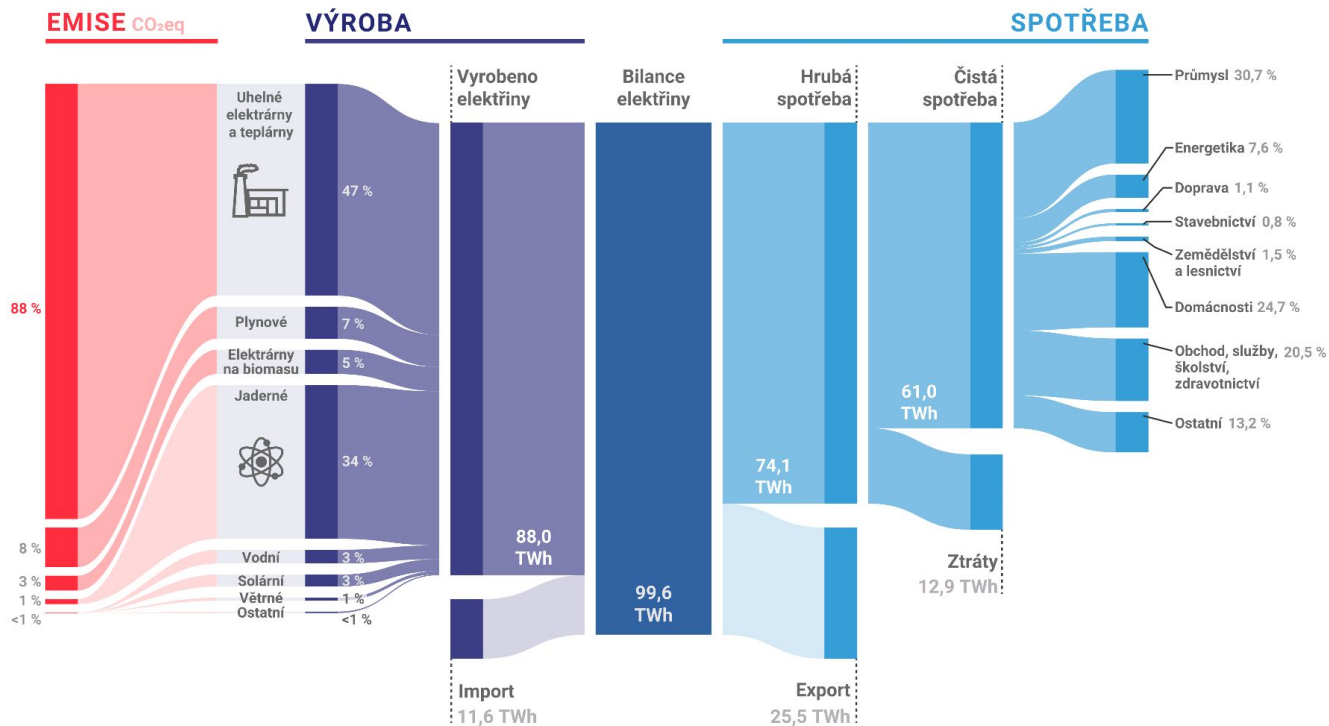
- Uhlí 43,4 %
- Jádro 36,4 %
- Zemní plyn 7,8 %
- Biomasa 6,2 %
- Slunce 3 %
- Hydro 2,4 %
- Vítr 0,8 %

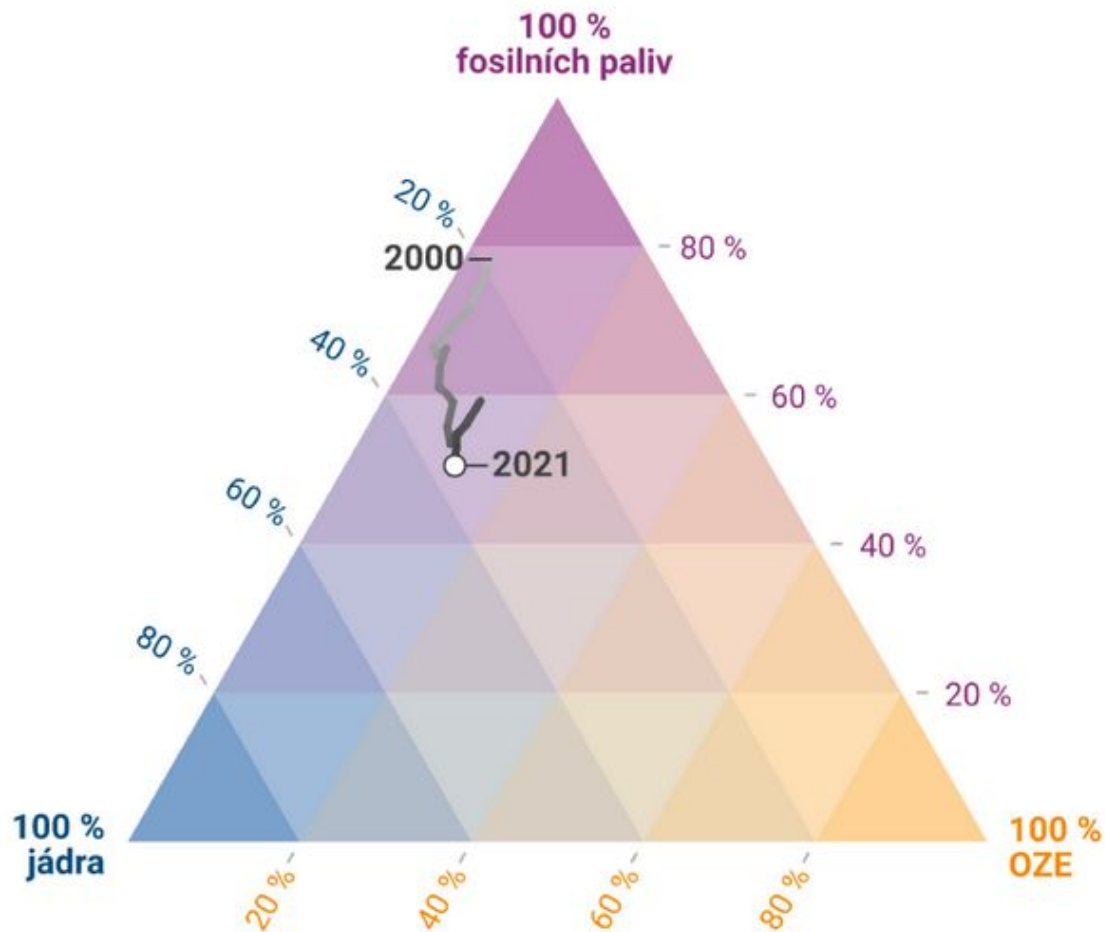
## Z čeho v ČR dnes vyrábíme elektřinu?

- Uhlí 43,4 % ~ 820 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Jádro 36,4 % ~ 12 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Zemní plyn 7,8 % ~ 490 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Biomasa 6,2 % ~ 230 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Slunce 3 % ~ 48 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Hydro 2,4 % ~ 24 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Vítr 0,8 % ~ 11 g CO<sub>2</sub>/kWh

# ELEKTŘINA V ČR: VÝROBA, SPOTŘEBA A EMISE

V roce 2018 produkovaly uhelné zdroje naprostou většinu emisí v rámci české elektroenergetiky.





## Fosilní paliva

50,5 %

## Jádro

36,7 %

## Obnovitelné zdroje

12,8 %

## Hrubá roční výroba

83,7 TWh

## Čistý export

11,1 TWh

## Emisní intenzita

406,0 kg CO<sub>2</sub>eq/MWh

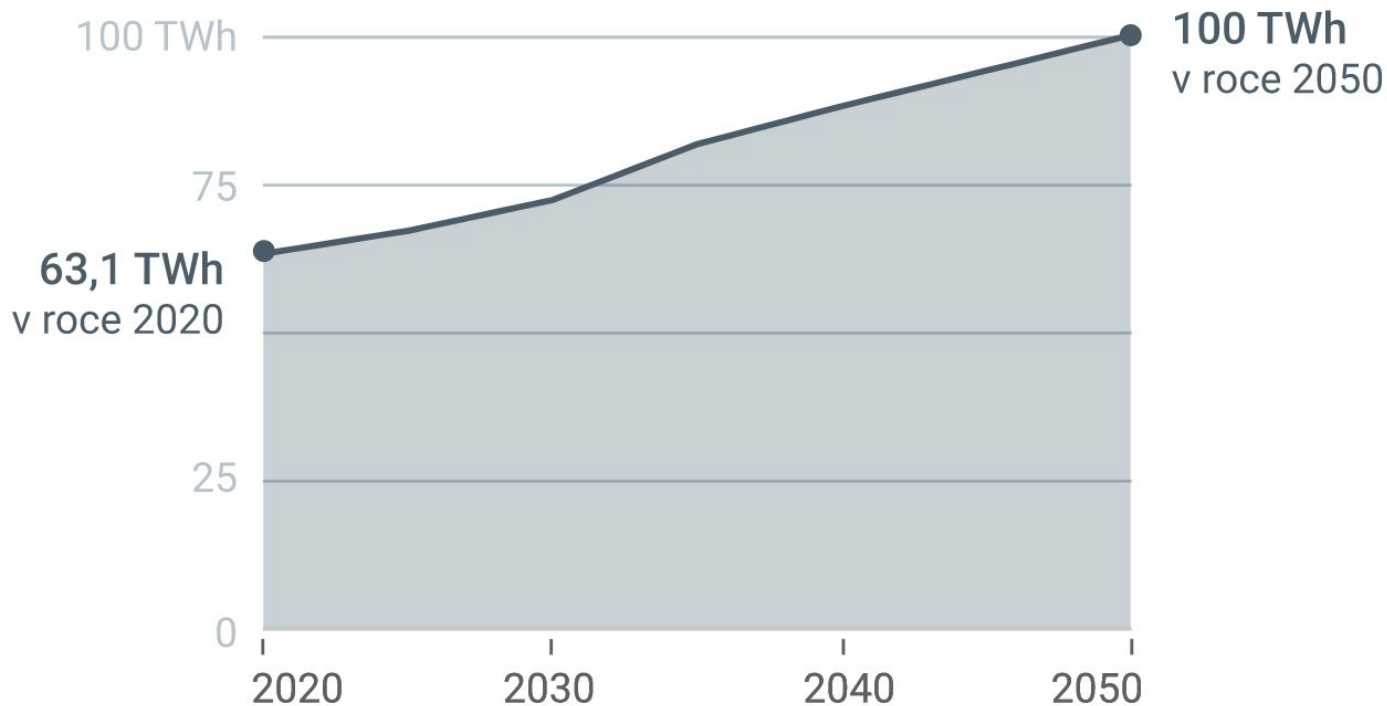
## Jak to bude se spotřebou elektřiny?

→ Bude stagnovat, růst či klesat?



# SPOTŘEBA ELEKTŘINY V DALŠÍCH DEKÁDÁCH POROSTE

Ilustrativní vývoj spotřeby elektřiny\* v ČR v dalších dekádách.



\* Součet čisté spotřeby a ztrát v sítích

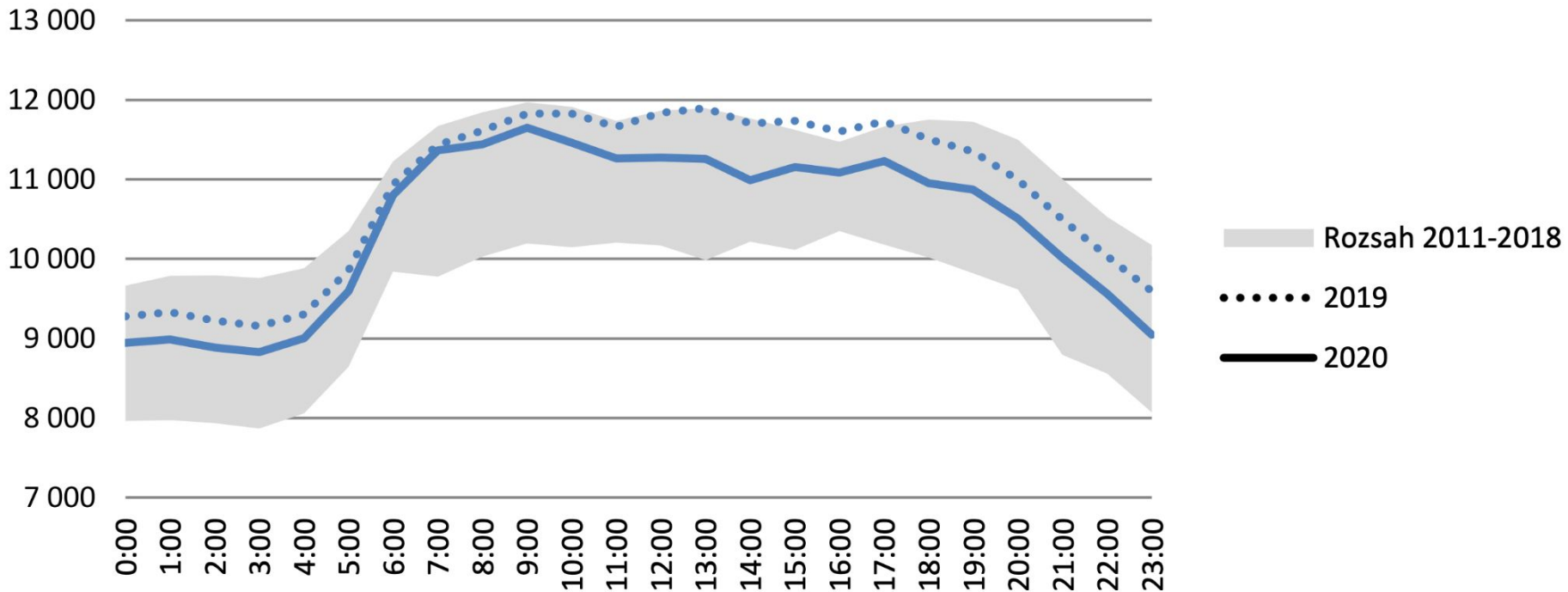
## Nárůst spotřeby elektřiny

- Nárůst spotřeby elektřiny je spojen s dekarbonizací jiných oblastí
- Elektrifikace (dopravy, průmyslu, tepla)
- Kde tu elektřinu vezmem?

## Zdroje elektřiny a stabilita

- Stabilní výroba (uhlí, jádro)
- Flexibilní výroba (plyn, biomasa)
- Proměnlivá výroba (slunce, vítr)
- Ukládání (baterie, přečerpávací elektrárny)
- Výroba a spotřeba musí být perfektně vybalancovaná
- **Zajištění kompletní stability dodávek elektřiny jako klíčový cíl**

## Průběh spotřeby brutto ve dnech ročního maxima (MW)



# Slunce

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050



Na potenciální výrobu 100 TWh ročně stačí okolo 2,5 % území ČR.

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● zralá

V pokročilé fázi škálování. Nadále probíhá intenzivní výzkum a vývoj.

## NÁKLADY (EUR / MWh)



Odhad platí v případě velké instalace solárních zdrojů v ČR. Další náklady souvisejí s jejich integrací do sítě a vyrovnáváním výkyvů ve výrobě.

## FLEXIBILITA VÝROBY

Výroba se řídí počasím

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

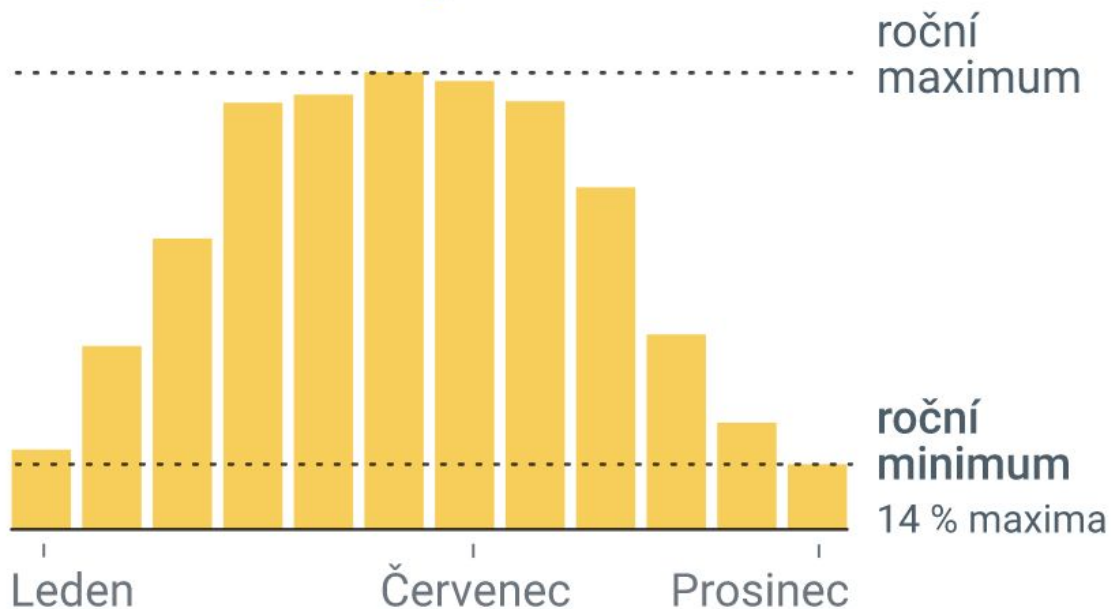
☀ na jaře a v létě

75 % roční výroby spadá do letní poloviny roku (duben–září). V červnu se ze slunce vyrobí asi 4x více elektřiny než v prosinci.

# VÝROBA V PRŮBĚHU ROKU

Průměrná výroba po měsících za roky 2015–2020

## Solární elektrárny



# Vítr

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050

rok 2020 | 0,7

rok 2050  až 10–30

Technický potenciál okolo 70 TWh za rok je omezen mírou přijetí větrných elektráren obyvateli ČR.

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● zralá

V pokročilé fázi škálování, nadále probíhá intenzivní vývoj.

## NÁKLADY (EUR / MWh)

 50–60

Odhad platí pro pozemní vítr v ČR. Další náklady ale souvisejí s integrací do sítě a vyrovnáváním výkyvů ve výrobě.

## FLEXIBILITA VÝROBY

Výroba se řídí počasím

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

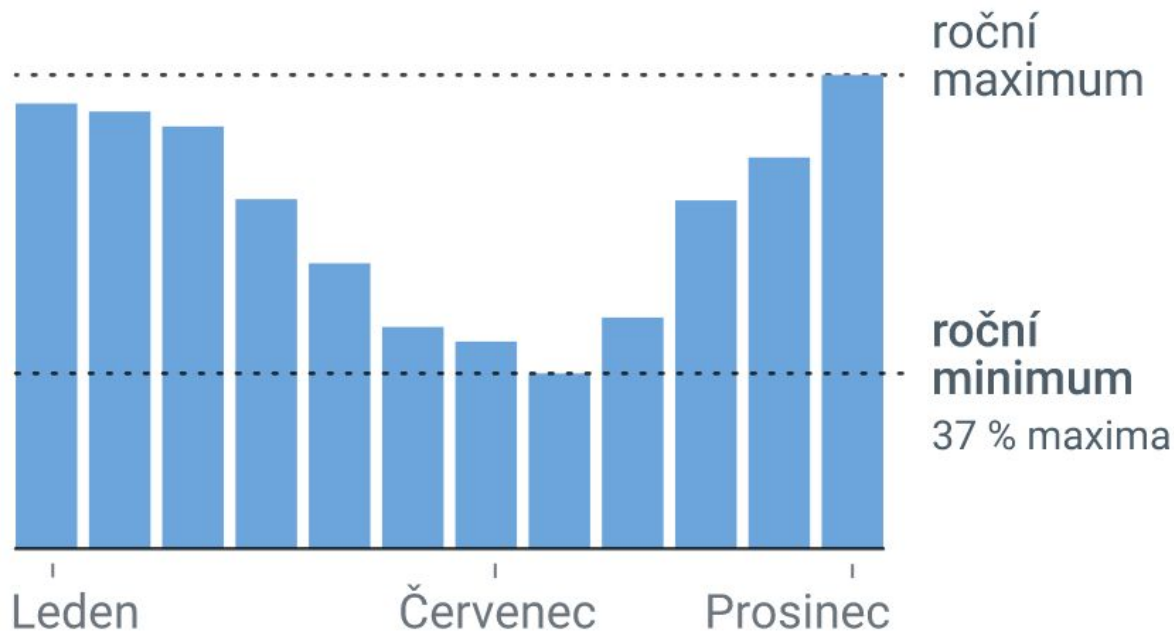
 na podzim a v zimě

65 % roční výroby spadá do zimní poloviny roku (říjen–březen). V prosinci se z větru vyrobí asi 2,5× víc elektřiny než v srpnu.

# VÝROBA V PRŮBĚHU ROKU

Průměrná výroba po měsících za roky 2015–2020

## Větrné elektrárny





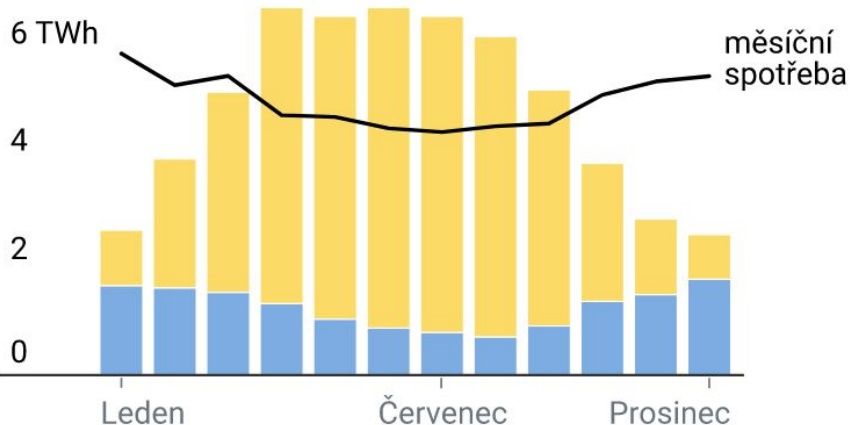
# SOUČASNÁ PŘEVAHA SLUNCE V ČR NEVEDE K SEZÓNĚ VYVÁŽENÉ VÝROBĚ

V ČR potřebujeme zásadně posílit využívání větrných zdrojů.

■ Solární elektrárny   ■ Větrné elektrárny   ~ Spotřeba

## PŘEVAHA SLUNCE

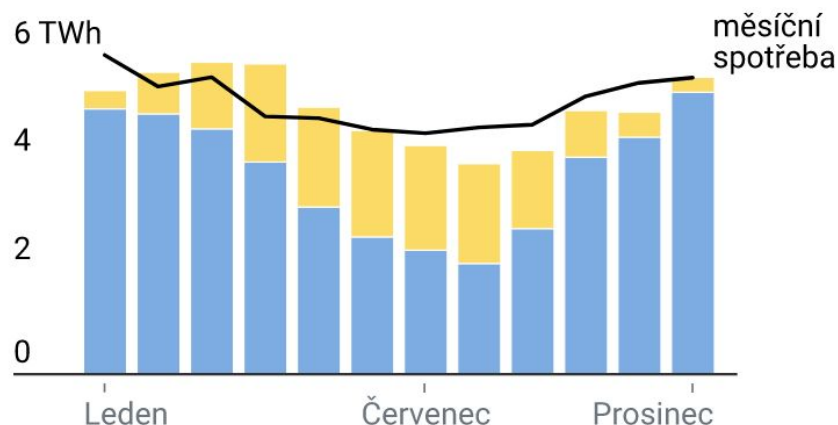
Vyžaduje sezónní akumulaci



15 TWh z **větru** a 45 TWh ze **slunce**

## PŘEVAHA VĚTRU

Výroba zhruba odpovídá spotřebě

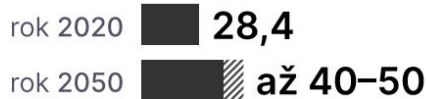


45 TWh z **větru** a 15 TWh ze **slunce**

# Konvenční jádro

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050



Potenciál dvou stávajících lokalit je až okolo 50 TWh za rok. Otevírání nových lokalit je mimořádně složité.

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● zralá

Design reaktorů se stále vyvíjí. Se stavbou současné generace reaktorů III+ máme ale zatím v Evropě poměrně málo zkušeností.

## NÁKLADY (EUR / MWh)



Platí při rozpočítání investice na prvních 60 let provozu. Dalších případných 20 let provozu je pak cena nižší.

## FLEXIBILITA VÝROBY

● střední

Moderní reaktory dokáží za provozu flexibilně snižovat výkon, třeba až k 25 % instalovaného výkonu.

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

❄️ mírně více v zimě

Pokud se plánované odstávky bloků rozloží v letním období.

# V ZIMĚ SPOTŘEBU TĚŽKO POKRYJEME ZE SLUNCE A VĚTRU

Sezónní výroba v ČR v roce 2050 při výrazném rozvoji solární a větrné energetiky.

STABILNÍ VÝROBA

■ Jádru

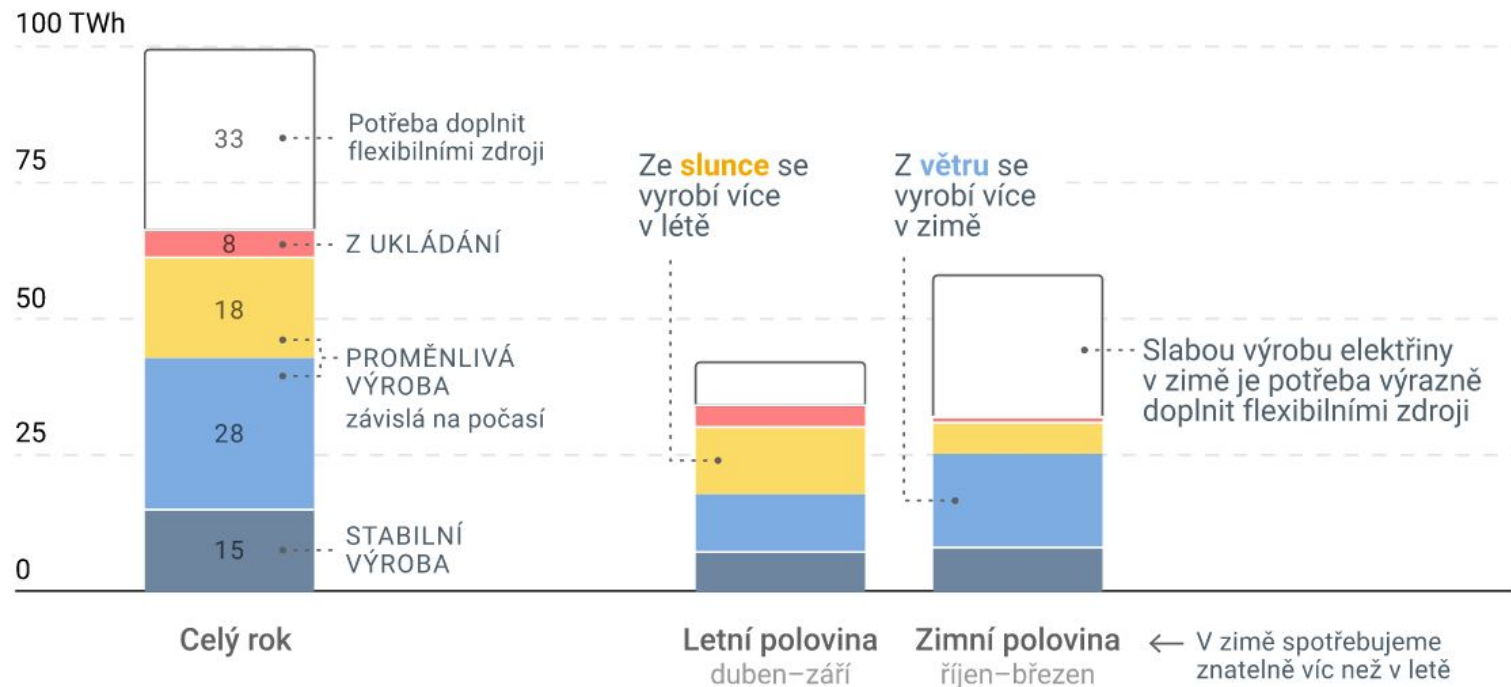
PROMĚNLIVÁ VÝROBA

■ Slunce ■ Vítr

Z UKLÁDÁNÍ

■ Krátkodobé

(baterie, přečerpávací elektrárny)



# Hydro

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050

rok 2020 | **2,1**

rok 2050 | **až 2,3**

Mírný rozvoj lze čekat nanejvýš u malých vodních elektráren.

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● **zralá**

Efektivita je blízko teoretickému limitu, další podstatný vývoj není možný.

## NÁKLADY (EUR / MWh)

● **40–100**

Cena velice závisí na lokalitě, u malých elektráren může být i výrazně vyšší.

## FLEXIBILITA VÝROBY

● **střední**

Velmi rychlá regulace výkonu. Přehrada ale nemůže zadržet vše, musí garantovat určitý průtok. Nelze tak zacházet flexibilně s celým objemem roční výroby elektřiny.

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

● **mírně více na jaře**

Výroba kolísá během roku: závisí na množství srážek. Podobně mohou kolísat i celé roky a lišit se od dlouhodobého průměru až o  $\pm 20\%$ .

# Biomasa

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050

rok 2020 | **4,7**  
rok 2050 ■ až **10–25**

Potenciál rozvoje biomasy záleží na jejím dalším využívání (mimo výrobu elektřiny).

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● **zralá**

Výroba bioplynu i spalování biomasy jsou rozšířené a zralé technologie. Nadále probíhá intenzivní vývoj, obzvláště u pokročilých biopaliv.

## NÁKLADY (EUR / MWh)

-----●----->  
**100–200**

Různá – záleží na typu biomasy a udržitelnosti celého procesu. Obecně je ale tato výroba elektřiny poměrně drahá.

## FLEXIBILITA VÝROBY

● **vysoká \***

\* V ČR dnes neumožňuje velkou flexibilitu. Lze ji ale využívat výrazně flexibilněji, obzvláště ve formě biometanu.

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

Nezávislé na sezóně

# Malé modulární reaktory

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050

rok 2020 × 0

rok 2050  až 10–30 ?

Část potenciálního rozvoje závisí na tom, zda veřejnost přijme reaktory v dalších lokalitách (například jako náhradu některých dnešních tepláren).

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● prototypy

Desítky různých typů reaktorů jsou ve vývoji, v této dekádě se očekává významný posun. První SMR běží v Číně a v Rusku, po světě jsou schvalovány nebo se staví další.

## NÁKLADY (EUR / MWh)

 100–200 ?

Na relevantní odhad cen je příliš brzy. Může ještě trvat desítky let, než bude ve srovnání s konvenčním jádrem levnější.

## FLEXIBILITA VÝROBY

● vysoká

Ještě vhodnější na vyrovnávání proměnlivé výroby ze slunce a větru než konvenční jádro.

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

Nezávislé na sezóně

# Uhlí nebo plyn s CCS (Zachytávání CO2)

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050

rok 2020 × 0

rok 2050  až 10–40 ?

Omezením potenciálního rozvoje je kapacita úložišť (ve střední Evropě zatím neexistují).

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● prototypy

V provozu je pouze jedna elektrárna s CCS (v Kanadě). Chybí trvalá úložiště uhlíku – ve střední Evropě se chystají jen demonstrační projekty.

## NÁKLADY (EUR / MWh)

 50–500 ?

Bez ceny paliva (a uhlíku) jsou odhady v rozsahu 40–100 EUR. Cena zemního plynu může přidat až stovky EUR navíc.

## FLEXIBILITA VÝROBY

● vysoká

Vhodné na vyrovnávání výkyvů ve výrobě, zejména v případě zemního plynu s CCS.

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

Nezávislé na sezóně

# Zelený nebo modrý vodík

## VÝROBA V ČR (TWh)

a potenciál rozvoje do roku 2050

rok 2020 × 0

rok 2050 ■ až 10–20 ?

Potenciál rozvoje závisí na dostupnosti zeleného vodíku. V současnosti se ho celosvětově vyrábí velmi málo.

## ZRALOST TECHNOLOGIE

● prototypy

Dnes umíme spalovat směs vodíku a zemního plynu (s 50–75 % vodíku). Probíhá intenzivní vývoj turbín na spalování 100% vodíku.

## NÁKLADY (EUR / MWh)

100–200 ?

Z toho cena paliva (zeleného vodíku) tvoří dnes 70–150 EUR. Další desítky EUR přidá stavba a provoz vodíkových elektráren.

## FLEXIBILITA VÝROBY

● vysoká

Ideální pro vyrovnávání výkyvů ve výrobě (rychlá regulace výkonu, nízké investiční náklady, vysoká cena paliva).

## SEZÓNÍ VARIABILITA

Kdy se vyrábí více?

Nezávislé na sezóně



## Co z toho vyplývá?

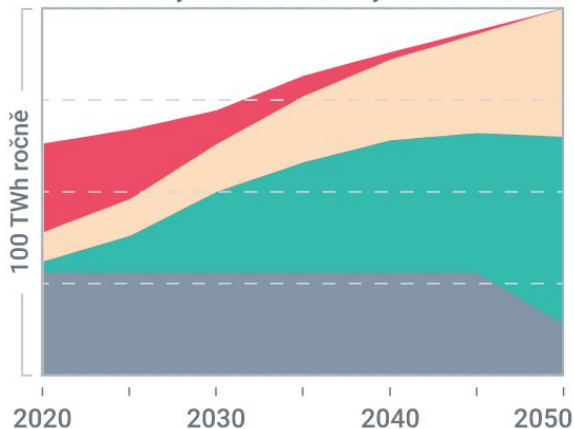
- Potřeba masivního rozvoje solární, ale zejména větrné elektřiny
- Držet nebo lehce navýšit jádro
- Budovat infrastrukturu a podporu pro nízkoemisní flexibilní zdroje (vodík, biomasa, malé modulární reaktory, CCS)
- Jak to může vypadat?

# Úspěšné scénáře

■ Jádno ■ Slunce a vítr ■ Nízkoemisní flexibilní zdroje ■ Fosilní zdroje ■ Import

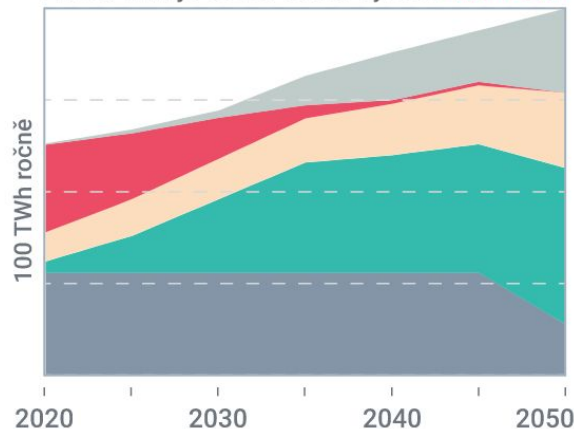
## SLUNCE A VÍTR + ZELENÝ VODÍK

Z fos. zdrojů se za 30 let vyrobí **256 TWh**



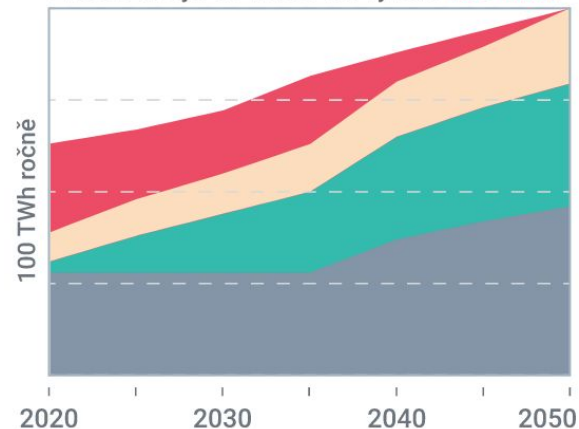
## SLUNCE A VÍTR + IMPORT

Z fos. zdrojů se za 30 let vyrobí **246 TWh**



## SLUNCE A VÍTR + JÁDRO

Z fos. zdrojů se za 30 let vyrobí **409 TWh**

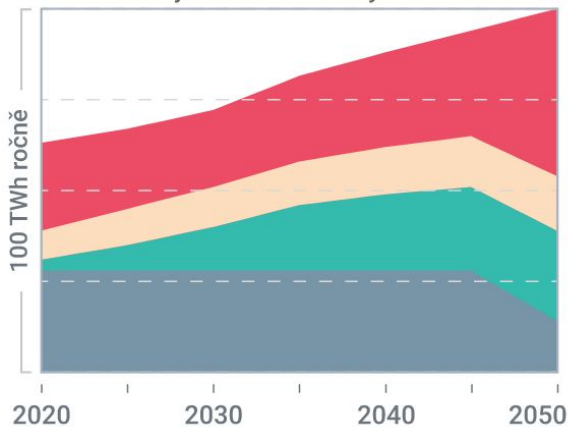


# Neúspěšné scénáře

■ Jádno ■ Slunce a vítr ■ Nízkoemisní flexibilní zdroje ■ Fosilní zdroje

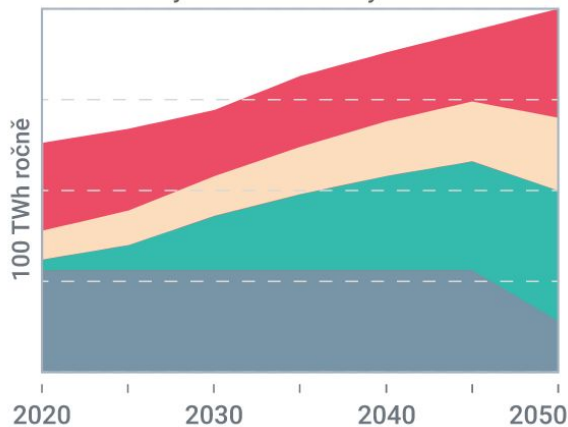
## MÁLO VĚTRNÝCH ZDROJŮ

Z fos. zdrojů se za 30 let vyrobí **819 TWh**



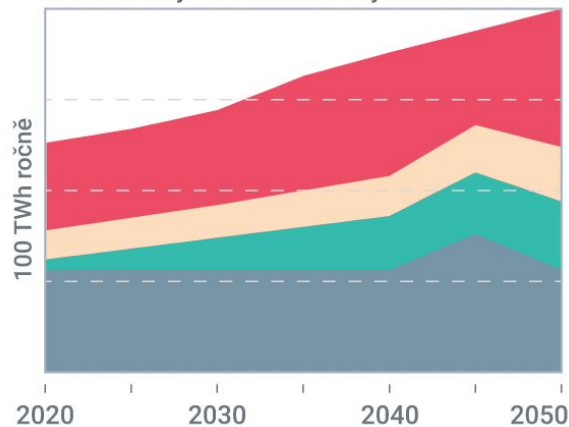
## SELHÁNÍ JADERNÝCH STAVEB

Z fos. zdrojů se za 30 let vyrobí **656 TWh**



## ZPOŮDĚNÍ JÁDRA BEZ SLUNCE A VĚTRU

Z fos. zdrojů se za 30 let vyrobí **898 TWh**



## Fosilní phase-out a otázka kapacitních plateb

- Rozdíl 100% x 99% fosilního phase-out
- Držení fosilní rezervy
- Hrozba fosilního lock-in?
- Platby za vyrobenou elektřinu x platby za kapacitu

## Co z toho vyplývá?

- Je nutné a možné výrazně navýšit podíl OZE, zejména větru
- Spotřeba elektřiny poroste
- Kompletní phase-out fosilních paliv může trvat dlouho, ale výrazné omezení je možné dříve
- Počítá se každá kilowatthodina

# Děkuji za pozornost!

Adam Bílek

[adam.bilek@faktaoklimatu.cz](mailto:adam.bilek@faktaoklimatu.cz)

