

Elektroenergetika České republiky a střední Evropy

aneb: bez jádra ČR dekarbonizovat nepůjde



Michal Macenauer

12. výroční konference o jaderné energetice
6. listopadu 2019

Obsah

Úvod

Bilance střední Evropy

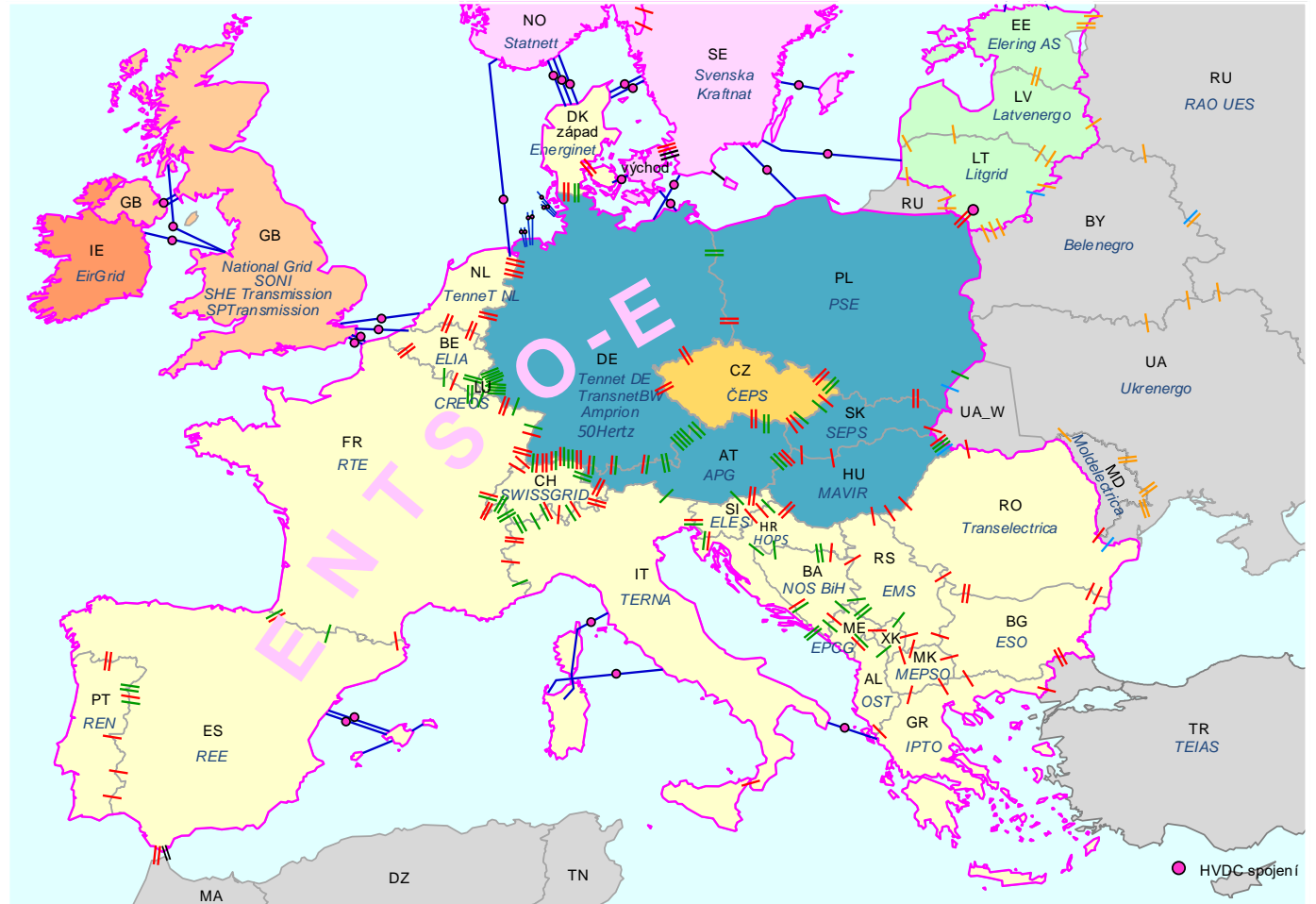
Bilance ČR

Závěry

ČR v regionu střední Evropy (RSE)

- poptávka elektřiny ČR: **6,8 %**
- instalovaný elektrický výkon ČR: **7,6 %**
- pro elektroenergetiku ČR je kontext regionu střední Evropy a rovněž Evropy určující

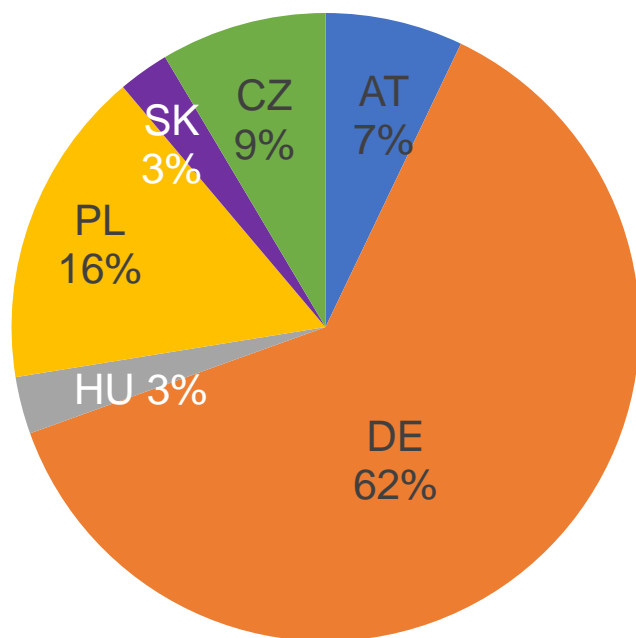
Synchronní zóny
ENTSO-E soustava 43 TSO z 36 zemí (1/2019)
region Kontinentální Evropa region Nordic region Baltic region UK region Ireland
Mezistátní propojení PS
750 kV 400 kV 330 kV 220 kV 110 kV podmořský kabel
ČEPS operátor (TSO)
HVDC spojení



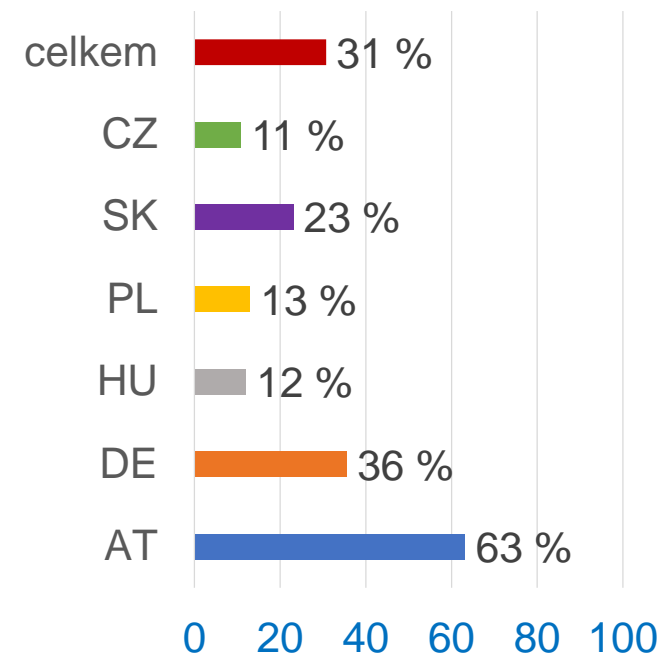
Region střední Evropy (RSE) v roce 2018

- celková výroba: **957 TWh (netto)**
- celková spotřeba: 909 TWh (netto+ztráty)
- netto Pinst: **317 GW**
- netto Pinst OZE: 150 GW

podíl zemí na výrobě elektřiny



podíl OZE na výrobě



Obsah

Úvod

Bilance střední Evropy

Bilance ČR

Závěry

Poptávka elektřiny v regionu střední Evropy

- fakta:

1. **meziroční růst** konečné spotřeby elektřiny 2010 až 2017:

region	0,84 %
---------------	---------------

Německo	0,48 %
---------	--------

2. ekonomický růst vede (i přes snižování náročnosti) k navyšování spotřeby elektřiny

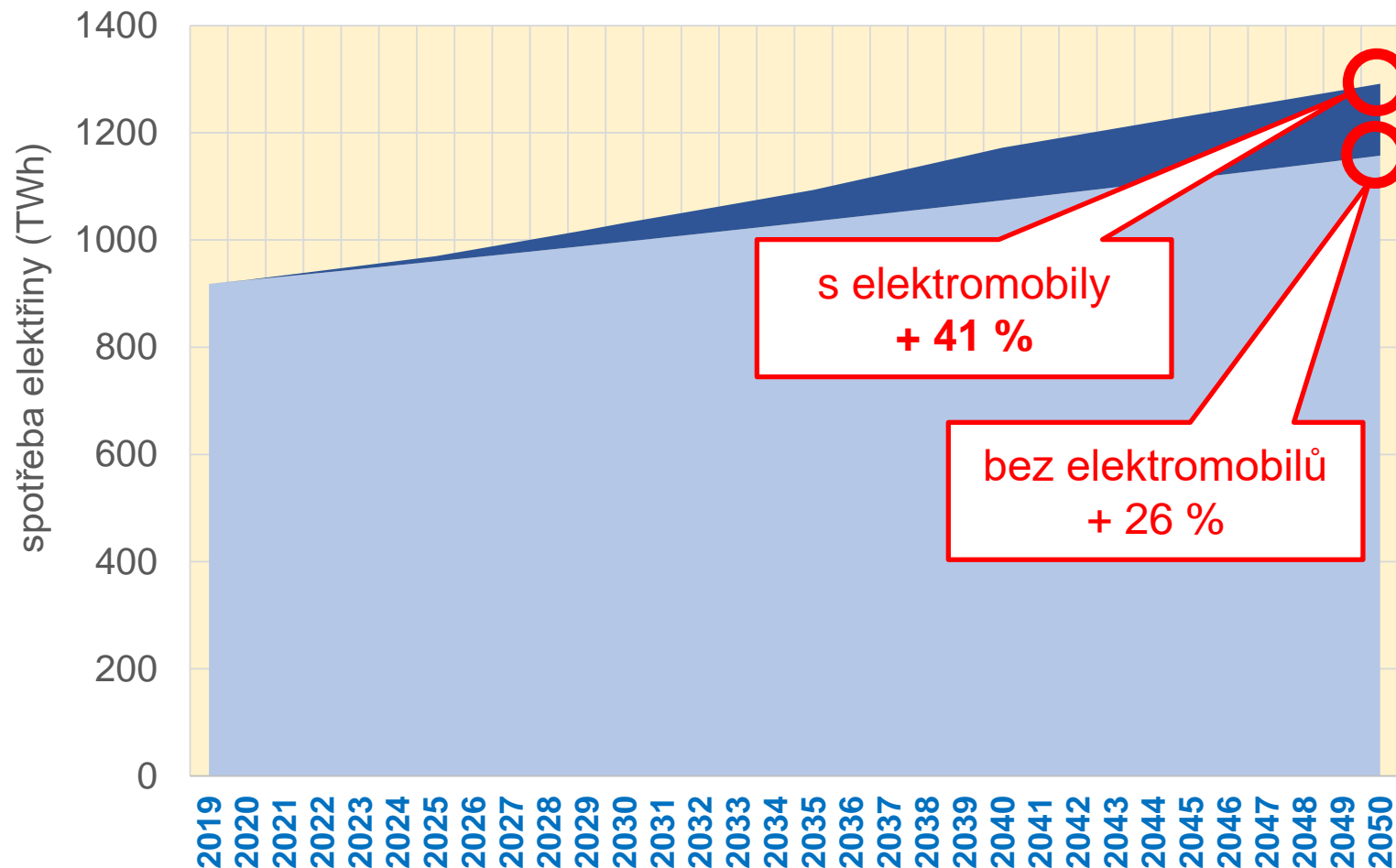
3. dekarbonizace vede k **navyšování podílu elektřiny v konečné spotřebě**

4. **vznikají nové odvětví spotřeby:** elektromobilita, tepelná čerpadla, robotizace a automatizace

Poptávka elektřiny v regionu střední Evropy

- výhled:
 - **převládne růstový trend** běžné poptávky na úrovni 0,75 % meziročně
 - **elektromobilita** bude v regionu v roce 2050 na úrovni **135 TWh**
 - **rizika výhledu jsou značně prorůstová:**
 - jen konečná energetická spotřeba fosilních zdrojů v regionu je **2 600 TWh**
 - náhrada třetiny této energie elektřinou (a poloviny z té třetiny pomocí tepelných čerpadel) bude **nová spotřeba přibližně 550 TWh/r** (více než polovina dnešní) se kterou téměř nikdo nepočítá

Vývoj poptávky elektřiny regionu střední Evropy – invariantní



prediktory

- růst HDP
- růst elektřiny ve vytápění
- robotizace a automatizace
- klimatizace
- elektromobilita
- úspory
- stagnace populace

poptávka elektřiny

- elektromobily
- spotřeba bez elektromobilů

Nabídka elektřiny v regionu střední Evropy

- fakta:

1. do 2025 bude **odstaveno: 45 až 50 GW** točivého výkonu (dle rychlosti dekarbonizace)
2. do 2050 bude **odstaveno: 103 až 142 GW točivého výkonu** (podle cíle snížení emisí)
3. společnost EU chce dekarbonizaci čím dál tím rychleji (Roadmap 2050 již není chiméra)
4. **jediné skutečně nízkoemisní zdroje elektřiny pro velké výroby jsou: FVE, VTE a JE** (biomasa a bioplyn mají omezenou dostupnost a emisivitu cca 250 kg/MWh)

Nabídka elektřiny v regionu střední Evropy

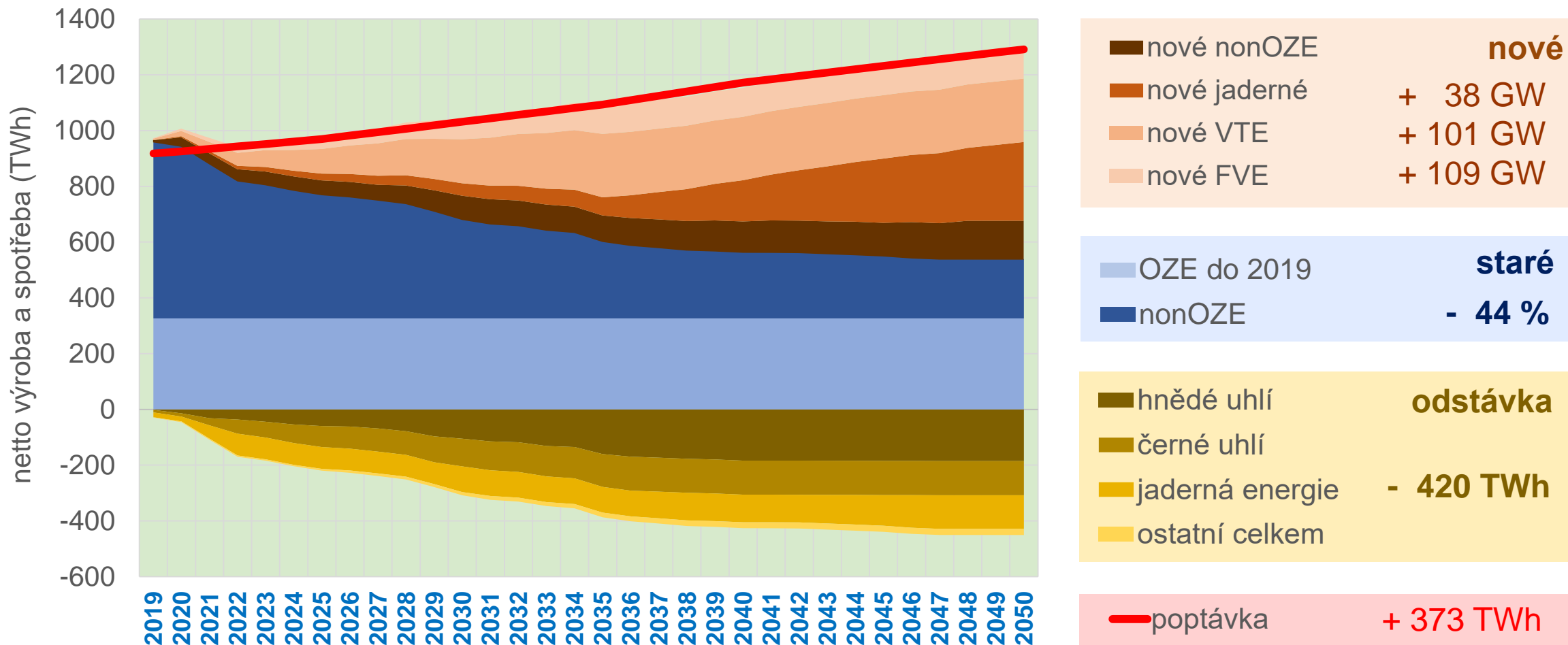
- výhled:
 - do roku 2025 potřeba nalézt **190 až 200 TWh nové výroby elektřiny** (opatrně tedy s řešením bilance ČR dovozem!!!)
 - požadavek dekarbonizace bude sílit přinejmenším následujících 5 let
 - pro volbu mixu bude **rozhodující stav diskurzu globálního oteplování kolem roku 2025** (bude odstaveno přibližně 35 až 40 % výkonu odstavovaného do roku 2050)
 - rizika výhledu jsou především:
 - ekonomická recese
 - sociálně neakceptovatelný růst ceny elektřiny

Dva z možných světů – varianty rozvoje zdrojů elektřiny v regionu střední Evropy

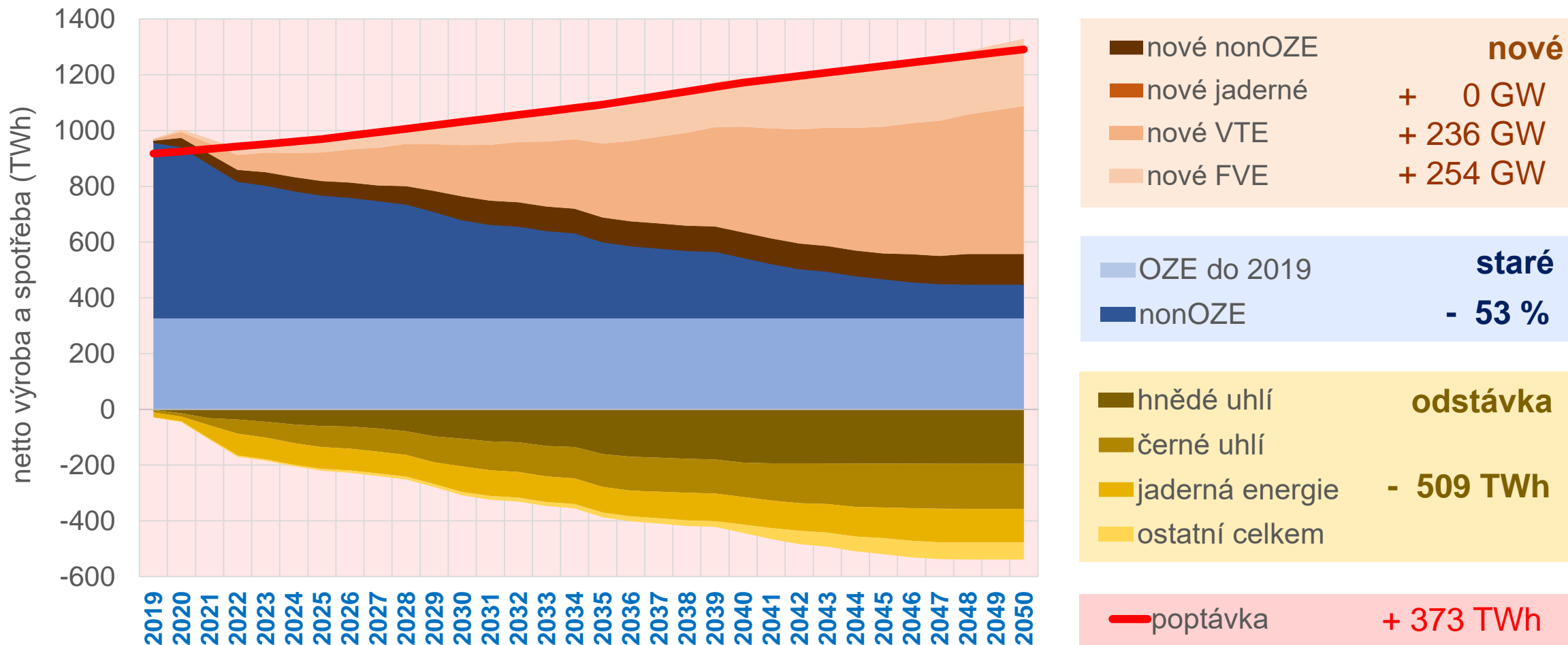
- kritérium diferenciacce variant: **míra a rychlost změn v energetice do roku 2050:**

EVOluce	REVOluce
<p>VÝRAZNÁ DEKARBONIZACE NA 15 % S JÁDREM</p> <p>odstavení velké většiny uhelných zdrojů</p> <p>celkem odstaveno 103 GW</p> <p>Německo téměř bez uhlí a jádra a s málem plynu</p> <p>zbytek regionu rozvoj plynu</p> <p>dorovnání pomocí FVE, VTE a jádra (SMR po 2040)</p>	<p>DEKARBONIZACE RoadMap2050 NA 5 % BEZ JÁDRA</p> <p>odstavení všech uhelných, a většiny plynových zdrojů</p> <p>celkem odstaveno 142 GW</p> <p>Německo bez uhlí, plynu a jádra</p> <p>zbytek regionu bez uhlí, jen s málem plynu a téměř bez jádra</p> <p>dorovnání pomocí FVE, VTE</p>

Elektroenergetická bilance regionu – varianta EVOluce (15 % emisí roku 2005)



Elektroenergetická bilance regionu – varianta REVoluce (5 % emisí roku 2005)



Dva z možných světů – důsledky

- situace pro rok 2050 a region jako **sít'ově dobře propojený a provozně spolupracující celek:**

	EVOluce	REVOluce
FVE+VTE	326 GW (+ 181 %)	606 GW (+ 423 %)
nové jádro	38 GW	není
KVET/CZT	řeší i velkou část CZT	CZT téměř neřeší
akumulace	jen denní (nižší desítky GW)	denní i sezónní (nižší stovky GW)
zálohy (motory, SCGT)	cca 65 GW	cca 125 GW

Obsah

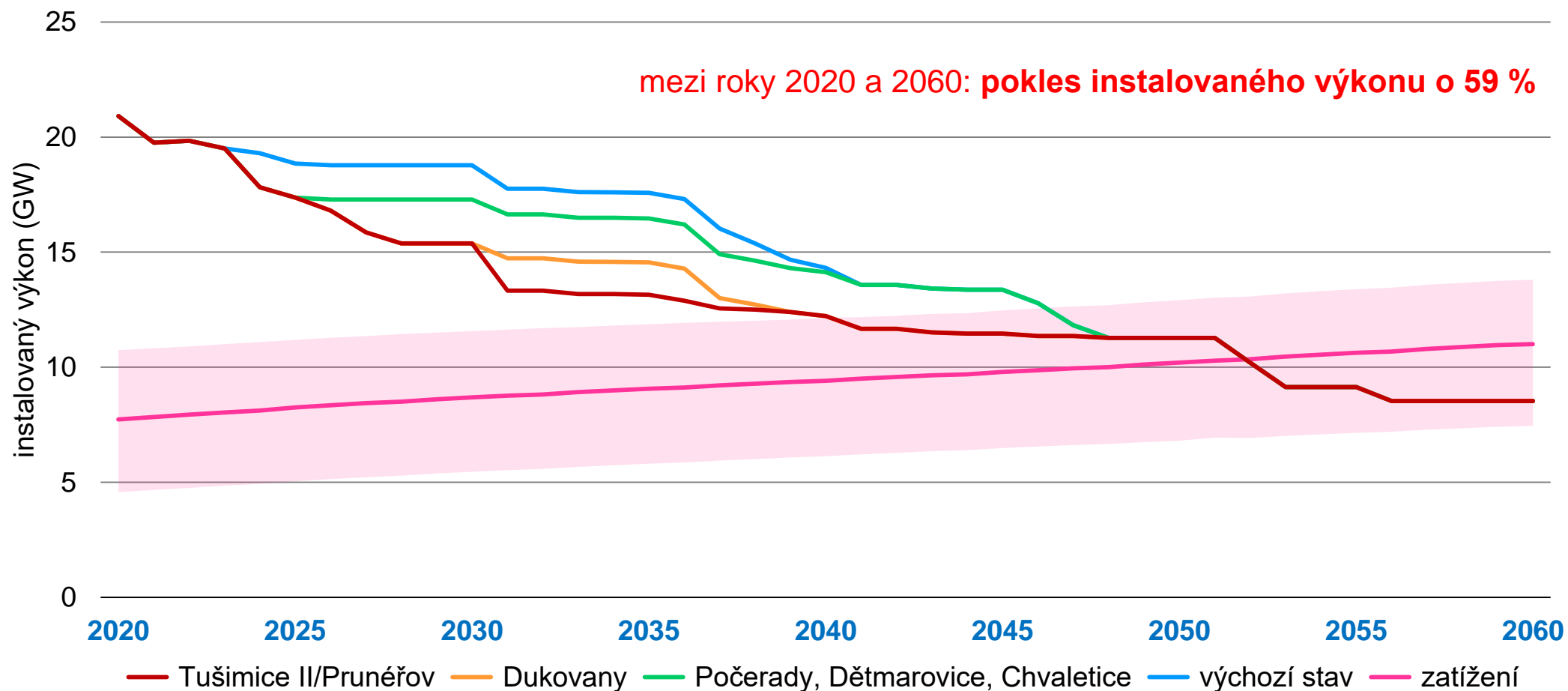
Úvod

Bilance střední Evropy

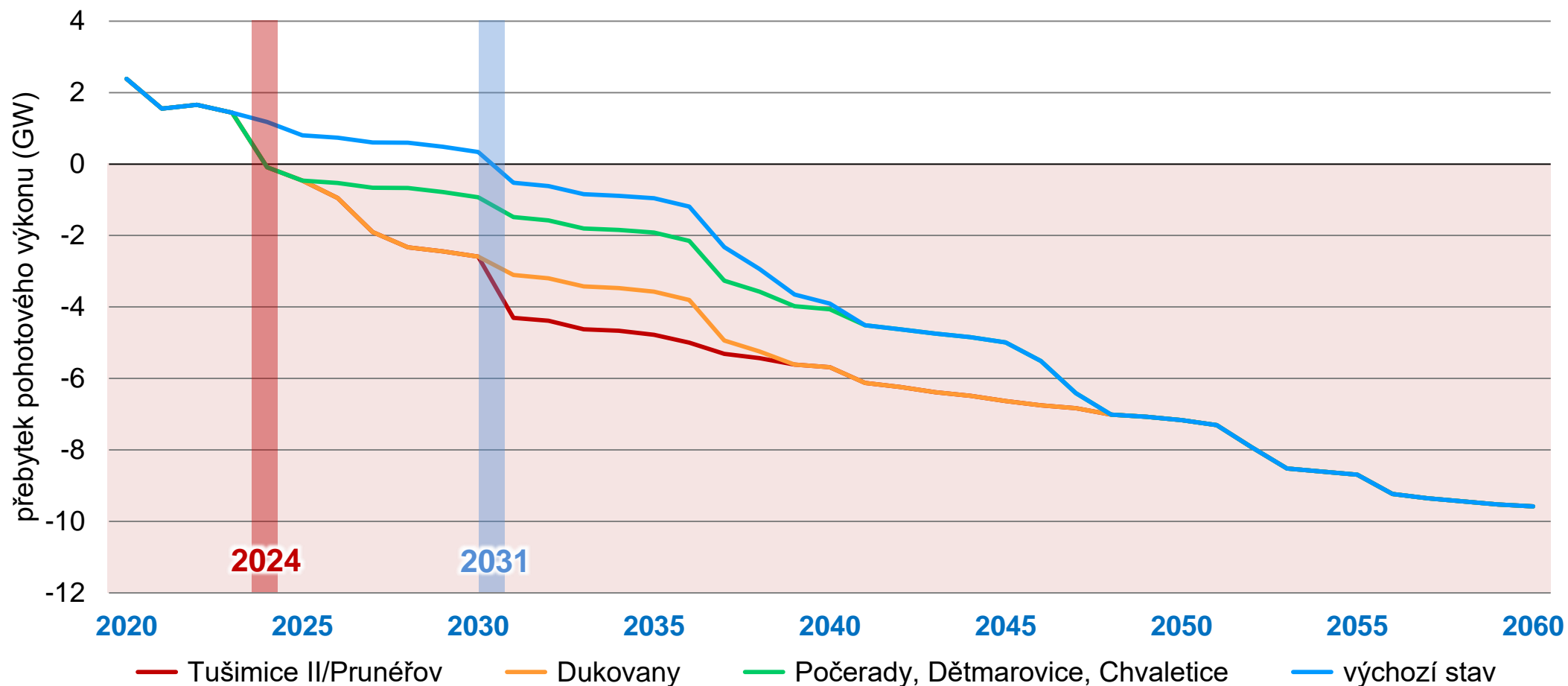
Bilance ČR

Závěry

Instalovaný výkon ČR – nulové varianty



Výkonová bilance ČR – nulová varianty (pro požadovanou spolehlivost LOLE = 6 h)

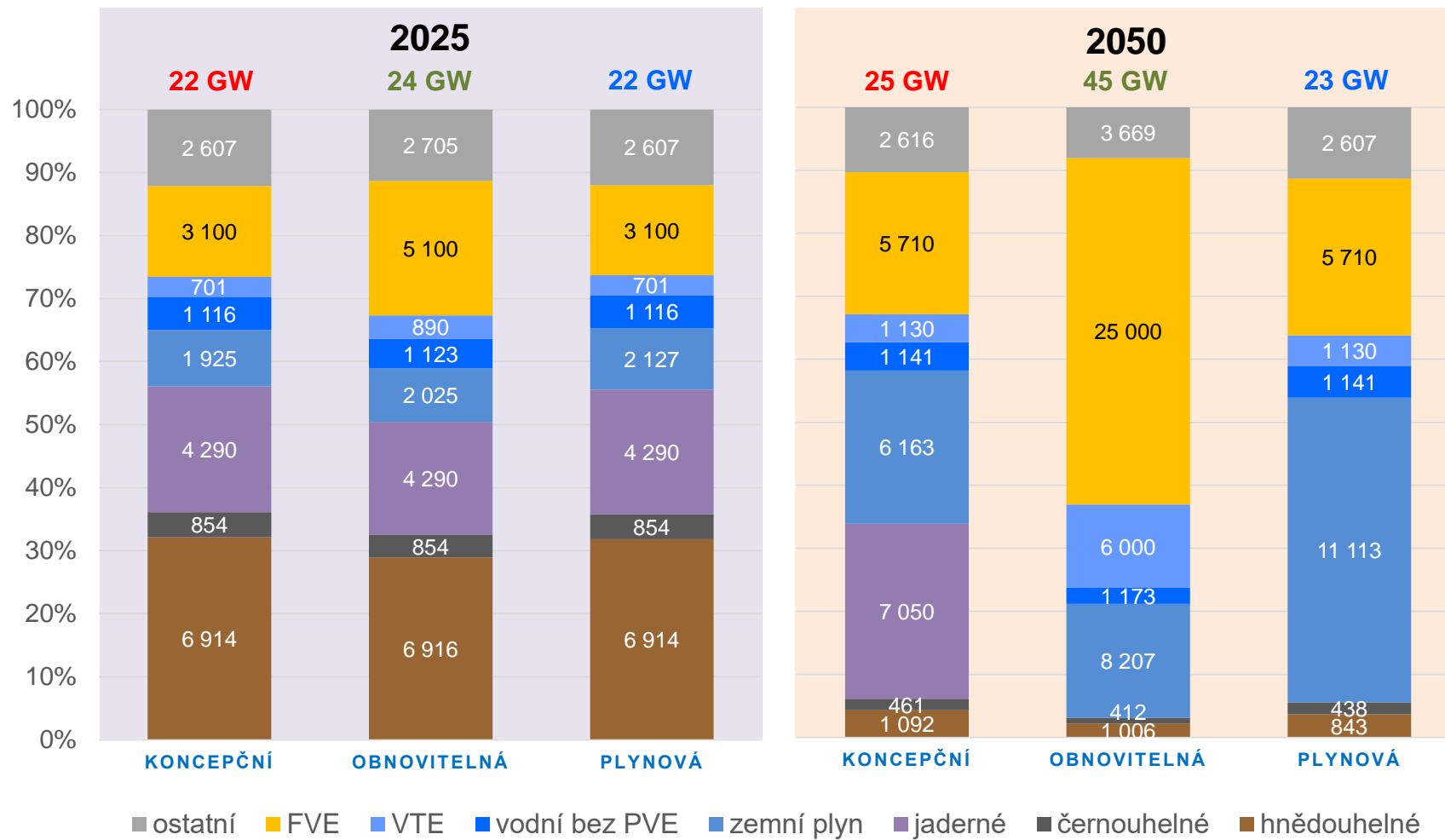


Varianty rozvoje – případové studie

- problém je řešen jako *Case Study* pro energetiku – **varianty řešené v roce 2018:**

hlavní kritérium diferenciacie variant: podíl jaderné energetiky v energetickém mixu				
	Nulová	Koncepční	Obnovitelná	Plynová
varianta	bez rozvoje výrobní základny	rozvoj dle platné SEK	maximální důraz OZE	maximální důraz na plynové zdroje
	referenční rozvoj poptávky	referenční rozvoj poptávky	vyšší úspory ale i více plynu v nových oblastech	vyšší úspory ale i více plynu v nových oblastech
	nevyhovující z pohledu provozu ES	7,1 GW jádra ve 2050 vyvážený mix zdrojů, relativně dost OZE	od 2048 bez jádra jádro nahrazeno extrémním OZE, doplnění plynem	od 2048 bez jádra jádro nahrazeno zemním plynem

Instalovaný výkon brutto dle studií z roku 2018 (bez akumulace)

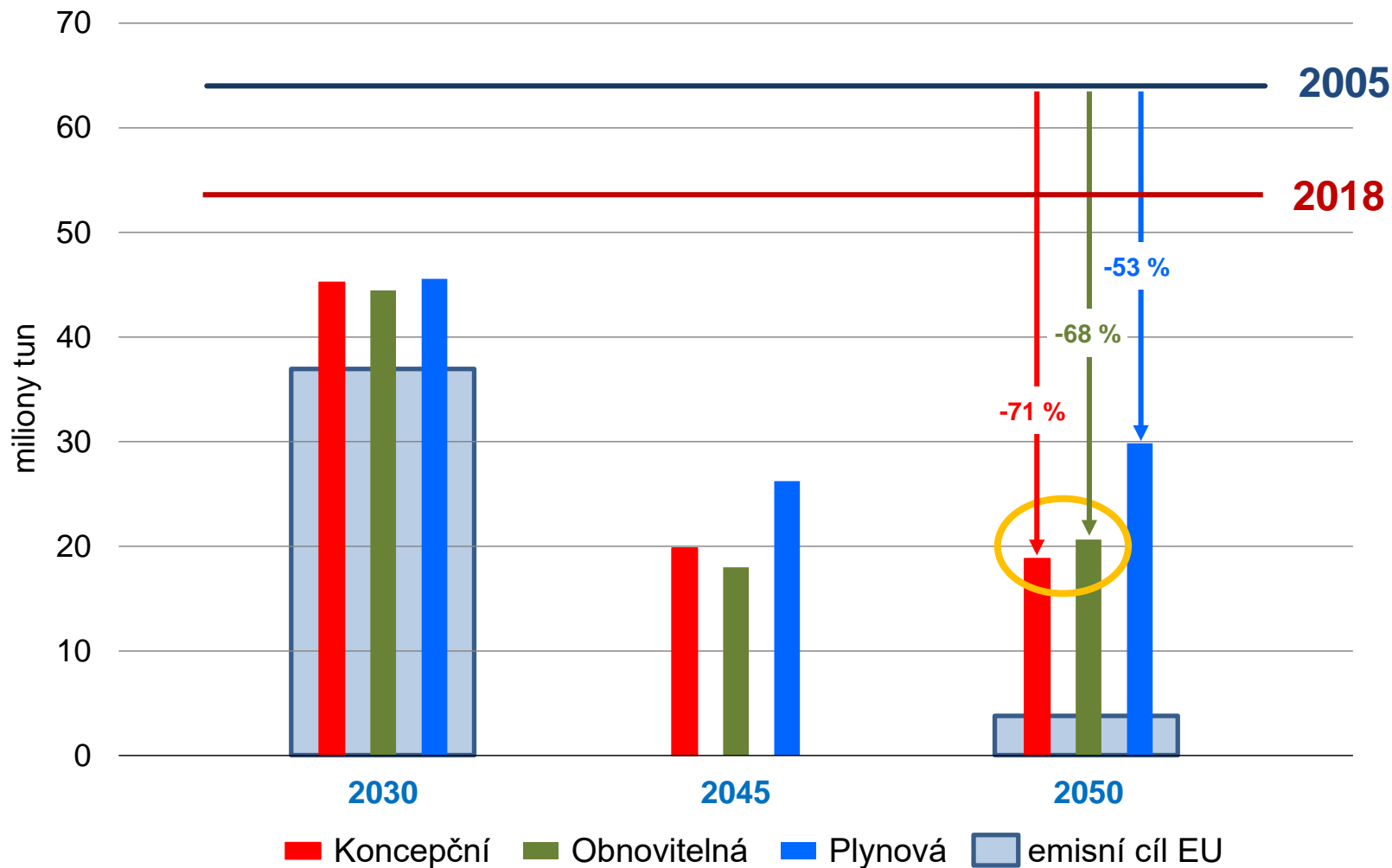


Podpůrná opatření – prostředky flexibility

- potřeba prostředků nové flexibility v ES ČR v roce 2050:

	Koncepční	Obnovitelná	Plynová
denní akumulace (mimo PVE)	0,7 GW	6,8 GW	0,3 GW
sezónní akumulace (P2G)	-	2,6 GW	-
nové plynové motory a SCGT	0,12 GW	1,3 GW	0,16 GW
nové řízení spotřeby	0,6 TWh	1,4 TWh	0,6 TWh
elektrokotle	100 MW	500 MW	100 MW
zahozená výroba FVE	do 0,2 TWh	do 1,2 TWh	do 0,2 TWh

Emise CO₂ při výrobě elektřiny a elektřiny a tepla v KVET v ČR



Jaké budou měrné výrobní náklady elektřiny kolem roku 2050?

- dvě verze předpokladů vývoje prostředí ($dr = 5 \%$, stálé ceny 2016):

1. Jen trendová změna

- tech. životnost jádra 60 let
- cena jádra 6500 EUR/kW
- cena FVE 800 EUR/kW
- cena VTE 1280 EUR/kW
- cena baterií 700 EUR/kWh
- cena P2G 3500 EUR/kW
- cena povolenky 50 EUR/t

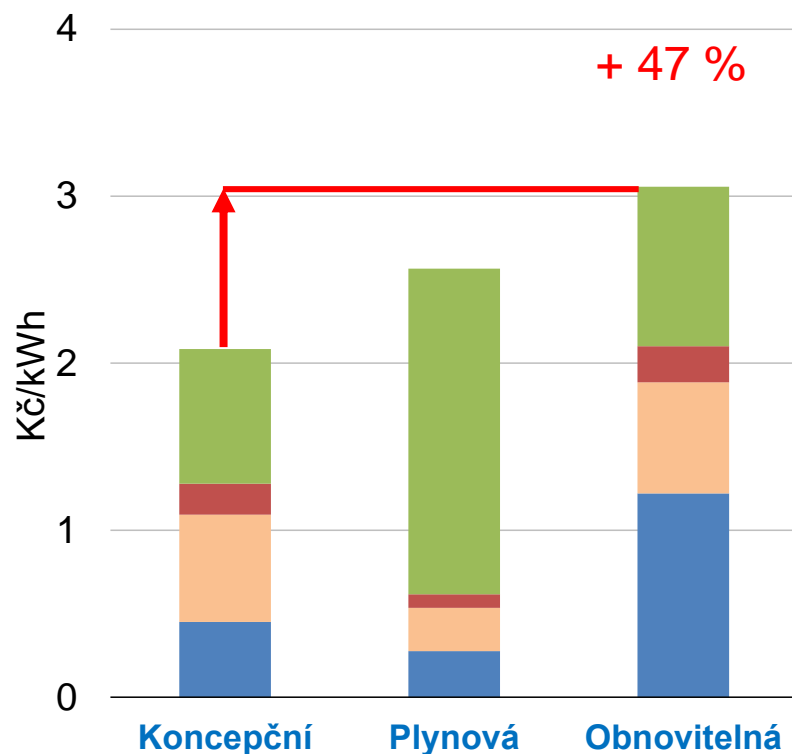
2. Vše bezpříkladně přeje OZE

- tech. životnost jádra 50 let (- 17 %)
- cena jádra 7000 EUR/kW (+ 8 %)
- cena FVE 400 EUR/kW (-50 %)
- cena VTE 640 EUR/kW (-50 %)
- cena baterií 525 EUR/kWh (-25 %)
- cena P2G 2625 EUR/kW (-25 %)
- cena povolenky 75 EUR/t (+50 %)

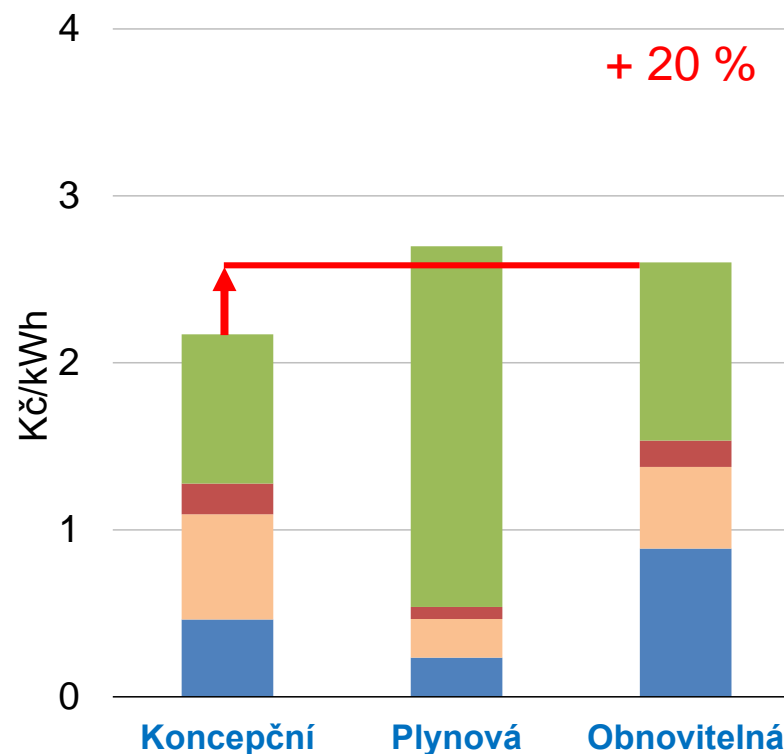
Jaké budou měrné výrobní náklady elektřiny kolem roku 2050?

- dvě verze předpokladů vývoje prostředí (dr = 5 %, stálé ceny 2016):

1. Jen trendová změna



2. Vše bezpříkladně přeje OZE

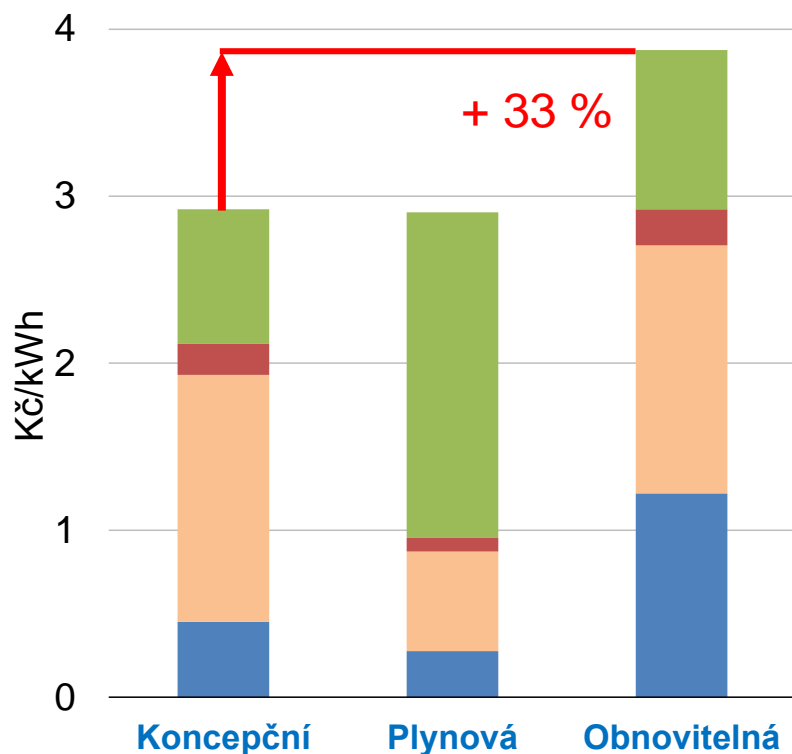


■ odpisy ■ výnos ■ provoz ■ palivo, povolenky

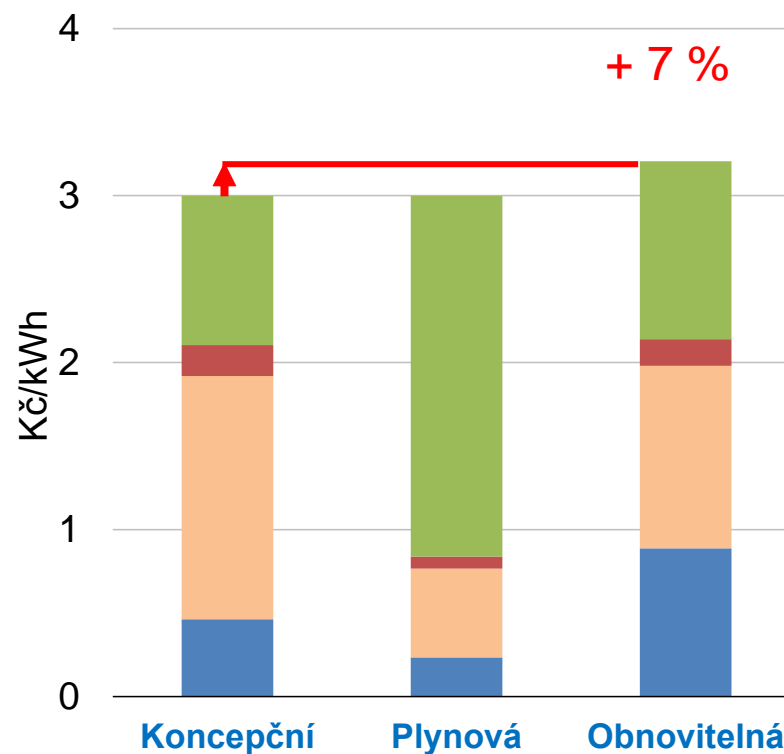
Jaké budou měrné výrobní náklady elektřiny kolem roku 2050?

- dvě verze předpokladů vývoje prostředí (**dr = 10 %**, stálé ceny 2016)

1. Jen trendová změna



2. Vše bezpříkladně přeje OZE



■ odpisy ■ výnos ■ provoz ■ palivo, povolenky

Obsah

Úvod

Revoluce kontra evoluce

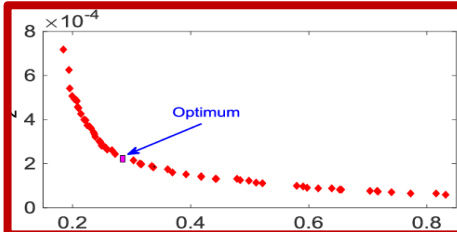
Poptávka a nabídka
elektriny

Závěry



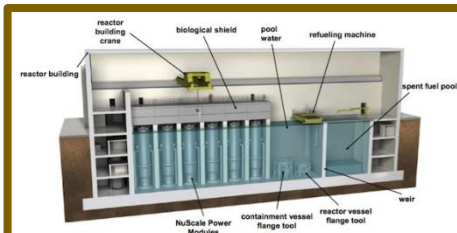
změna energetiky je především sociální a politický proces

- dekarbonizace je v EU mainstream
- o tom, jestli to bude revoluce nebo evoluce nerozhodnou energetici



Paretovo pravidlo pro snižování emisí elektroenergetiky

- rozumně realizovatelné je snížení emisí CO₂ na 20 až 15 %
- posledních 10 % prakticky nelze dekarbonizovat



jaderná energie je nutnost sociálně únosné dekarbonizace

- především zajištění spolehlivého baseloadu
- renesance cca od 2030



přichází doba výrazných investic a navýšení ceny elektřiny

- do zdrojů jen 40 až 60 % – zbytek do podpůrných opatření
- nové CAPEXy – zálohy a akumulace (doposud dělaly zdroje sami)

Elektrizační soustava ČR

- ze simulací provozu plyne, že **kompletní náhrada jaderné energetiky je sice v podmínkách ČR za určitých předpokladů možná i technicky realizovatelná...**

... ale:

1. **Kompletní náhrada jaderné energetiky by v podmínkách ČR způsobila velmi výrazné problémy** (velmi výrazné navýšení nákladovosti, nárůst komplikací při zajištění spolehlivého provozu, výrazné navýšením dovozní energetické závislosti).
2. **Ani zprovoznění extrémního množství obnovitelných zdrojů elektřiny na úrovni technického potenciálu nemůže zajistit dekarbonizaci české energetiky.** Pro dekarbonizaci české energetiky jsou zapotřebí nové jaderné bloky.
3. **Nezahrnutí nutných podpůrných opatření do srovnávání nákladovosti různých možností rozvoje elektroenergetiky je největší hrozbou** pro nalezení politického konsenzu pro volbu optimálního směru rozvoje energetiky.

Elektrizační soustava ČR

4. Ani bezprecedentní a zcela **nerozumné množství OZE v ČR** ($P_{inst} = 34$ GW, BV = 58 TWh) **nemůže pokrýt výpadek všech jaderných a uhelných zdrojů...** nutno vždy doplnit plynem.

Spotřeba plynu na výrobu elektřiny a KVET v roce 2050 (dnes cca 11 TWh):

- varianta **Obnovitelná:** 67 TWh
- varianta **Plynová:** 136 TWh

5. Pokud zahrneme přinejmenším náklady na zajištění flexibility pro umožnění provozu **OZE** do nákladů za silovou elektřinu, **nemůže být varianta Obnovitelná (bezjaderná) levnější než varianta Koncepční (výrazně jaderná).**
6. **Paradoxem silového prosazování OZE** budou mimo jiné velmi pravděpodobně (podobně jako nyní v Německu) **vyšší emise ve srovnání s vývojem dle SEK.**

S energií počítáme!

Michal Macenauer



michal.macenauer@egubrno.cz

v prezentaci byly využity výsledky projektu Očekávaná dlouhodobá rovnováha mezi nabídkou a poptávkou elektřiny a plynu (projekt společnosti OTE, a. s. z roku 2018)