



UNIVERZITA KARLOVA

Centrum pro otázky životního prostředí

Energetické modely

Modely systému energetiky

Přehled studií pro Českou republiku


Milan Ščasný

Lukáš Rečka (TIMES), Vojtěch Máca (TRAN), Vědunka
Kopečná (CGE, přehled ESM), Vladimír Kubeček (regulace)

Dekarbonizační studie pro ČR

McKinsey:	Klimaticky neutrální Česko (2020)
EMBER:	Coal-free Czechia 2030
BloombergNEF:	EU Climate Goals Accelerate Eastern European Decarbonization
Energynautics:	Czech Power Grid without Electricity from Coal by 2030
Deloitte:	Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030 (2020)
ČEPS:	Scénáře pro Uhelnou Komisi (2020)
EGU:	Nízkouhlíkový scénář – elektroenergetika (2015)
COŽP UK:	GHG-80 (2017), GHG-55 (2021), uhlíková daň (2018, 2019)



Studie	McKinsey	EMBER	BloombergNEF	Energynautics	Deloitte	ČEPS	COŽP UK
Model	Decarbonization Pathways Optimizer	Artelys' Crystal Super Grid – power system	Tržní projekce a privátní BNEF databáze + NEFM power system	European Grid Model – power system	Tržní projekce + Input-Output	Powrsym – LP/heuristika/dispatch	TIMES-CZ – BU power system
Typ	Simulace + Inv. optimalizace	Inv. optimalizace	Simulace + Inv. optimalizace	Inv. optimalizace	Simulace + Inv. optimalizace	Dispatch optimalizace	Inv. optimalizace
Horizont	2030/2050	2030	2030	2030	2030	2040	2050
BAU	nemá BAU (pouze ref. rok)	NKEP	NKEP	NKEP	NKEP	OZE dle NKEP/uhlí do 2038	NKEP
Pokrytí	Vybrané sektory	Elektroenergetika	Elektroenergetika / emise	Elektrická síť	Vybrané sektory	Elektroenergetika	Celá energetická bilance
Dynamizace	Statický	Dynamický	Statický	Dynamický	Statický	Dynamický	Dynamický
Aplikace	55% redukce emisí GHG	Vyřazení uhlí do 2030/zavedení baterii	50%/55% redukce emisí GHG	Vyřazení uhlí do 2030	23.8% OZE konečná en. spotřeba	Vyřazení uhlí do 2038	Změna ener. mixu k OZE
Slabiny	absence BAU	Emise pouze CO ₂	Absence dynamické optimalizace, min. nákladů a inv. optima u tržních projekcí	absence detailnějšího pohledu na teplárenství, bez emisí	Chybí resource constraint a možnost substituce prod. faktorů, bez emisí	Absence optimalizace investic v modelu, investice dopočteny ad-hoc, bez emisí	<div>3</div> 

MCKINSEY KLIMATICKY NEUTRÁLNÍ ČESKO



MCKINSEY - KLIMATICKY NEUTRÁLNÍ ČESKO

Dopady snížení emisí GHGs o 55% do 2030 a o 100% do 2050 s cílem dosažení max. oteplení o 1.5 °C ve srovnání s předindustriální úrovní

Analýza nutných opatření v sektorech výroby elektřiny, dopravy, průmyslu, budov, nakládání s odpady, zemědělství a LULUCF vedoucích k poklesu emisí CO₂eq

Nutná roční míra rychlosti dekarbonizace do 2030 -3.2 Mt CO₂eq, do 2050: -4.4 Mt CO₂eq (aktuálně -2,6 Mt CO₂eq)

Mimo ETS McKinsey předpokládá pokles o 12 Mt CO₂eq na 50 Mt CO₂eq do 2030

- ☐ Nicméně, k dosažení cíle 55% potřeba snížení na 42-48 Mt CO₂eq
- ☐ Náklady snížení emisí o 45 Mt CO₂eq až 200 mld. Kč dodatečných investic

CCS technologie jsou využity k odstranění residuálních 5% GHG emisí do 2050

Metodologie

Decarbonization Pathways Optimizer (DPO) je privátní nástroj McKinsey

DPO je nákladově optimalizační nástroj, jež bere do úvahy národní emisní cíle a další omezení

DPO kombinuje >500 business cases napříč všemi produkčními sektory, přičemž se řídí omezením v dostupnosti zdrojů (např. biomasa) a omezením dodavatelského řetězce pro zavádění nových technologií

DPO neobsahuje referenční scénář, výsledky jsou srovnány se situací referenčního roku 2017

DPO využít pro definici nutného vývoje sektoru odpadů, budov, výroby elektřiny a tepla, zemědělství, průmyslu a LULUCF pro dosažení celkového emisního cíle

Metodologie

DPO upřednostňuje již osvědčené technologie či takové, jež pravděpodobně budou v blízké budoucnosti využity

DPO nebere do úvahy změny v preferencích spotřebitelů a neposkytuje makroekonomické predikce

Model předpokládá očekávané ceny komodit, EU ETS ceny a náklady technologií:

- Pro 2030 ceny EU ETS 27 EUR/t, NG 22 EUR/MWh

Report uvádí náklady a přínosy v reálných cenách roku 2020



Emise skleníkových plynů

CO_{2eq} emise (Mt)	EU27 2017	ČR 2017 % podíl	ČR 2017	ČR 2030	ČR 2050
Nakládání s odpady	3%	5%	6.5	5.9	2.2
Zemědělství	12%	7%	9.0	8.8	4.7
Budovy	13%	10%	12.9	8.9	0.4
Doprava	21%	14%	18.6	17.5	0.0
Průmysl	26%	28%	36.6	24.9	3.7
Elektřina a teplo	24%	35%	45.2	20.8	-2.3
LULUCF		0%	0	0	-8.7
Celkem (Mt CO_{2eq})	3900	100%	129	87	0.0

Opatření k snížení emisí GHGs

Opatření (Mt CO _{2eq})	2030	2050
Celkové čisté emise na začátku období	127	87
Omezení těžby uhlí	-8	0
Změna tech. mixu výroby elektřiny a tepla	-24	-18
Alternativní pohon vozidel a úspornější motory	2	-17
Energeticky účinnější budovy	-4	-8
Elektrifikace průmyslu	-3	-15
Optimalizace zemědělství	0	-4
Další dekarbonizace	-5	-8
LULUCF	2	-9
CCS	0	-8
Celkový pokles emisí GHGs	-40	-87
Zbývajících emise GHGs	87	0
Investice (mld. Kč)	500	4000
Investice (jako % HDP)	1	4

Instalovaná kapacita

Instalovaná kapacita (GW)	2017	2030	2050
PV	2.1	4.6	20.3
VTE	0.3	1	7.9
Vodní elektr.	2.3	2.3	2.3
Ostatní OZE (zejm. biomasa)	0.5	0.6	2.2
CCGT	2.3	3.5	9.7
Uhlí	10.6	4.2	0
Jádro	4.2	4.2	4.5
Baterie	0	0	2
Celkem	22.3	20.4	48.9



Výroba elektřiny

Výroba elektřiny (TWh)	2017	2030	2050
PV	2.2	4.6	24
VTE	0.6	2.1	14.1
Vodní elektr.	3	3.1	2.7
Ostatní OZE (zejm. biomasa)	2.3	3	9
CCGT	8.5	9	16.3
Uhlí	37.6	16.1	0
Jádro	26.8	26.8	32.3
Celkem	81	64.7	98.4
Import/Export	-13	6.2	26.5
ELE spotřeba	68	70.9	124.9



Elektřina a teplo

Uhlí: Předpoklad úplného vyřazení do 2050

Teplo: Náhrada uhlí zemním plynem a CCS, využití biomasy a spalování odpadů, decentralizace vytápění

Jádro: malé modulární reaktory po 2030, 1.2 GW nové instalované kapacity do 2040 a 2050

OZE

- ☐ nové PV a VTE kapacity = investice 50-100 mld. Kč do 2030
- ☐ investice 500 mld. Kč do přenosové a distribuční soustavy do 2050 kvůli volatilním OZE
- ☐ 80% of špičkové poptávky ve výši 23 GW pokryto base load zdroji, 10% volatilními zdroji a zbytek řízením na straně poptávky
- ☐ Max. kapacita v ČR je 26 GW pro PV a 11 GW pro VTE

Malá role zeleného vodíku



Průmysl a zemědělství

GHG emise: 24% železo a ocel, 16% tuhá paliva, 15% minerály, 11% cement a vápno, 7% petrochemikálie, 14% procesní teplo, 10% fugitivní emise, 18% ostatní

2030: redukce 11.7 Mt CO₂eq díky: vyřazení závodů na výrobu energoplynu z provozu (-5.7 Mt CO₂eq); snížení objemu těžby a přepravy uhlí(-1.5 Mt CO₂eq); elektrifikace procesů (elektrické obloukové pece, -2.5 Mt CO₂eq)

Strategie MZe předpokládá navýšení produkce masa o 3.5% ročně u vepřového a 0.4% ročně u hovězího do 2030

Pokles emisí spojených s výrobou mléka a masa pouze o 20% do 2050

Malý dekarbonizační potenciál, pouze elektrifikace využívaných vozidel, anaerobní systémy hospodaření s hnojem, vylepšení krmiv a hnojiv, nitrifikace na pastvinách



Odpady, LULUCF, budovy

Lepší recyklace a méně skládkování do 2050

Lesy jsou čistými emitenty GHGs kvůli zvýšené těžbě v důsledku kůrovcové kalamity

Do 2025: těžba 30 mil. m³ dřeva a roční emise 10 Mt CO₂eq

Po 2025: nutné rychlé zalesňování odlesněných oblastí pro dosažení kapacity ukládání uhlíku ve výši 9 Mt CO₂eq za rok

Možnosti dekarbonizace budov do 2030:

- ☐ Lepší zateplení 70% budov
- ☐ inteligentní systémy kontroly vytápění
- ☐ náhrada uhlí bojlerů na zemní plyn

Doprava

Emise GHGs: 64% osobní vozidla, 34% nákladní vozidla a autobusy, 2% železniční doprava a další

Průměrné stáří automobilu je 14,8 let

6 mil. osobních aut: 64% benzín, <1% AFVs; 712 dobíjecích stanic

CNG: 2010 - 150 nových reg., 2019 – 1800 nových reg., LNG nákladní auta pomalu na vzestupu

Redukce GHG emisí do 2030 díky:

- ☐ efektivnější motory (-4 MtCO₂eq);
- ☐ vyšší využití biopaliv, CNG a LNG;
- ☐ více elektromobilů
- ☐ změna v chování spotřebitelů (veřejná doprava, kola, sdílení aut)

Předpoklad plně elektrifikovaného vozového parku do 2050 s využitím vládních incentív v podobě lepší infrastruktury dobíjecích stanic, parkování zadarmo, volný vjezd do měst

Doprava

EV vozový park (tis.)	PHEV	BEV	Celkem
2020	1.2	10	11.2
2021	2	12	14
2022	4	13	17
2023	7	15	22
2024	10	40	50
2025	30	50	80
2026	50	75	125
2027	80	120	200
2028	130	170	300
2029	200	250	450
2030	236	360	596



EMBER

Coal-free Czechia 2030



Metodologie

Model částečné rovnováhy zahrnující sektor energetiky

Model energetického systému s hodinovou granularitou pomocí softwaru Crystal Super Grid od firmy Artelys

Model propojuje hodinovou nabídku a poptávku po elektřině v průběhu celého roku, poptávka musí být neustále uspokojena v rámci celé Evropy

Dispatching výrobní kapacity na ekonomickém základě

Časové řady hodinové poptávky po elektřině jsou založené na historických profilech a berou do úvahy klimatické podmínky → exogenní

Poptávka po teple je exogenní: % dálkového vytápění KVET, OZE, snížení spotřeby v důsledku zateplení budov



Metodologie

Nákladová optimalizace výroby elektřiny a tepla pro 2020, 2025 a 2030

- ☐ Současná optimalizace investic a provozu (nákladově optimální výrobní mix)
- ☐ Nepředpokládají se dotace, model pokrývá náklady investiční, provozní a variabilní na provoz a údržbu a pokuty za ztrátu zatížení sítě

Omezení

- ☐ Pouze emise CO₂
- ☐ Model není možné využít pro modelování strany spotřebitele a jeho chování,
- ☐ Neposkytuje makroekonomické dopady a predikce

Scénáře

☐ Referenční

- ☐ Modifikovaný NKEP s vyřazením uhlí na tržním principu a kapacitou VTE 970 MW a PV 3975 MW v 2030

☐ Phase-out

- ☐ pokles uhlí 40% do 2025 a 100% do 2030, nákladová optimalizace ZP a OZE, zbylé technologie dle NKEP
- ☐ Limit VTE 1 GW do 2025 a 4 GW do 2030, limit PV 4.8 GW do 2025 a 10 GW do 2030
- ☐ Poptávka po teple z 60 PJ na 40 PJ do 2030 kvůli vyřazení uhelných tepláren a renovacím budov

Battery

- ☐ Phase-out scénář plus uložit kapacita baterií v úrovni 20% kapacity PV v 2025 a 2030, baterie Li-ion s 2-hodinovým cyklem.

Vytápění

- SEP (2015) očekává 60% dálkového vytápění KVET v 2040, jen 20% z OZE
- NKEP předpokládá výměnu uhlí za ZP, biomasu a spalování odpadu
- Lepší zateplení budov sníží poptávku po dálkovém vytápění o 15% do 2030
- Neočekává se výraznější rozvoj sítě dálkového vytápění do 2030
- ZP může být nahrazen bioplynem a zeleným vodíkem

Výroba tepla (PJ)	2030
WHR	11
Tepelná čerpadla	12
KVET	13
OZE	4
Celkem	40

Instalovaná kapacita (GW)	2020	2025 BAU	2025 PO	2030 BAU	2030 PO	2030 B
PV	2.1	2.6	4.8	4.0	10.0	10.0
VTE	0.3	0.6	1.0	1.0	4.0	4.0
Vodní ele + PS	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Ostatní OZE + geotermál	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
CCGT + kogenerace	1.4	1.5	1.5	1.6	4.8	3.8
z čeho kogenerace	0.6				0.8	0.8
Uhlí	9.7	8.4	5.8	7.7	0.0	0.0
Jádro	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
Baterie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
Celkem	21.9	21.7	21.7	22.8	27.3	28.4



ELE production (TWh)	2020	2025 BAU	2025 PO	2030 BAU	2030 PO	2030 B
PV	2.2	2.8	5.1	4.2	10.5	10.5
VTE	0.8	1.5	2.5	2.4	9.8	9.8
R-o-R + PVE vodní elektr.	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1
Geotermální energie	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
další OZE	5.2	5.5	5.5	4.9	4.9	4.9
CCGT+KVET	1.6	1.7	2.5	1.4	11.3	9.9
Uhlí	30.8	29.9	21.0	28.8	0.0	0.0
Jádro	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6
Čistá výroba	73.6	74.5	69.7	74.9	69.7	68.3
Import/export	-6.5	-6.6	-1.7	-5.8	0.5	2.0
Baterie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Celkem	67.1	67.9	68.0	69.0	70.2	70.3
Podíl OZE	15.2%	17.4%	22.3%	19.6%	38.9%	38.8%
Nefosilní zdroje	57.8%	59.6%	64.3%	61.0%	79.5%	79.5%



Elektřina

ELE výrobní profil v zimě:

- ☐ Baseload: jádro, geotermál, další OZE, KVET ZP
- ☐ Flexibilita: PV, VTE, CCGT, Vodní energie
- ☐ Import ELE v noci bez větru, export s větrem

ELE výrobní profil v létě:

- ☐ CCGT pokrývá večerní peak, když PV není k dispozici
- ☐ Nízká poptávka po KVET ZP
- ☐ Export přes den s vysokými OZE, import v noci bez VTE
- ☐ Okolní země schopné absorbovat přebytek elektřiny z OZE

Elektřina

ČR malý importér v 2030

97% ZP importováno, biomasa a bioplyn domácí

Výroba je schopna za všech okolností uspokojit maximální hodinovou poptávku 12.6 GW

Investice:

- ☐ Referenční: 1.9 mld. EUR
- ☐ Phase-out: 11 mld. EUR = 31% VTE, 46% PV
- ☐ Battery: 11.1 mld. EUR = dodatečné investice do baterii 830 mil. EUR
- ☐ Expanze distribuční a přenosové soustavy kvůli novým kapacitám OZE

Zaměstnanost:

- ☐ Referenční : 8 900 přímých FTE a 6 900 nepřímých FTE;
- ☐ Phase-out: 44 500 přímých FTE a 36 700 nepřímých FTE

Emise

Report uvažuje pouze emise CO₂

Referenční: 37.5 MtCO₂ v 2030

Phase-out: pokles emisí z 41 MtCO₂ na 5 MtCO₂ v 2030, tj. 81% pokles ve srovnání s rokem 1990 (61% pro GHG)

BLOOMBERG NEF

EU Climate Goals Accelerate Eastern
European Decarbonization



Metodologie

Krátkodobé predikce založené na tržních projekcích tažených politikami a proprietární projektová databáze BloombergNEF

Střednědobé a dlouhodobé predikce založené na nákladové optimalizaci zdrojů energie s cílem uspokojit špičkovou poptávku po energiích = Model energetického systému NEFM

Model bere do úvahy dostupnost zdrojů a tržní provozní podmínky pro predikci kapacit a také COVID19 ovlivňující poptávku

Absence chování spotřebitele, nemožnost predikovat makroekonomické dopady

BAU = NKEP a referenční rok je 2019



Scénáře

Scénář 50% redukce emisí GHG

- ☐ Navýšení instalované kapacity VTE o 6.7 GW a PV parků o 6.3 GW, rovněž 2.4 GW ZP do 2030, 9.5 GW uhlí vyřazeno
- ☐ OZE postupně roste po 2022, mezi 2020-2025 uhlí nahrazeno CCGT
- ☐ 77% snížení emisí v elektroenergetice

Scénář 55% redukce emisí GHG

- ☐ Instalovaná kapacita: 25% VTE, 15% ZP, 10% PV
- ☐ Vyšší kapacita OZE po 2026, nízké mezní náklady OZE mají za následek snížení využití ZP
- ☐ CCGT vysoké zatížení cca. 90% mezi 2020 a 2023, poté pokles na 40% a flexibilní kapacita
- ☐ 82% snížení emisí v elektroenergetice

Instalovaná kapacita (GW)	2019	2030 50% scen	2030 55% scen
PV parky	1.3	8	8
Malé PV	0.8	1	1
VTE	0.3	7	7.4
Vodní elektr.	2.3	2.3	2.3
Biomasa	0.5	0.5	0.5
Zemní plyn	2.3	4	4
Uhlí	10.6	0	0
Jádro	4.2	4.2	4.5
Topný olej	0.05	0.05	0.05
Celkem	22	27	28



Výroba ELE (TWh)	2019	2025	2030 50% scen	2030 55% scen
PV parky	1.3	1.5	6	6
Malé PV	0.8	0.9	2	2
VTE	0.7	9	20	20
Vodní elektr.	5	3	7	7
Biomasa	4	5	5	5
Zemní plyn	8	28	15	15
Uhlí	35	5	0	0
Topný olej	0.1	0.1	0.1	0.1
Jádro	27	27	26	26
Celkem	82	79	81	81



Emise

Emise elektroenergetiky (Mt CO ₂)	2020	2025	2030
50% scénář	41	17	9
55% scénář	41	16	7
NKEP	45	40	40

ENERGYNAUTICS

Czech power grid without electricity from coal by 2030:

Possibilities for integration of renewable resources and transition into a system based on decentralized sources

Motivace

Dosud zejména baseload zdroje energie s dalšími zdroji přizpůsobujícími svou výrobu variabilní poptávce po elektřině

Nový systém s vyšším podílem OZE, jež jsou volatelnějšími zdroji, vyžaduje řízení na straně poptávky a skladování energie

Operátoři přenosové sítě se obávají energetické bezpečnosti v případě odchylky od uhlí směrem k OZE

Report podává přehled způsobu vypořádání se přenosové soustavy s vyřazením uhlí → systém nebude ohrožen a ČR zůstane čistým vývozcem elektřiny

Metodologie

European Grid Model = agregovaný model ENTSO-E přenosové soustavy zahrnující 200 uzlů a 400 přenosových koridorů s integrovaným modelem českého energetického sektoru

Fyzická data délek vedení, počtu obvodů, počtu transformátorů

Dispatch model s unit commitment a lineární optimalizací využívající ENAplan sw

Model stanovuje nákladově optimální způsob výroby energie s zahrnutím omezení přenosové soustavy a parametrů daného generátoru

Model částečné rovnováhy sektoru elektroenergetiky s absencí behaviorálních odezev a makroekonomických dopadů zavádění OZE



Metodologie

OZE feed-in má prioritu s omezením v případě přetížení sítě, konvenční generátory dle výrobních nákladů

PVE a OCGT zapojuje a vyřazuje optimalizátor trhu, ostatní zdroje dle day-ahead rozvrhu, jaderné zdroje mohou být regulovány, ale obvykle nejsou zcela vyřazeny

Model využívá data o rychlosti větru a solární radiaci pro výpočet hodinové produkce FVE a VTE

Simulace

- ☐ A – kvantifikace nutného omezení FVE a VTE v případě, že nedojde k rozšíření přenosové sítě
- ☐ B – kvantifikace nutných investic do rozšíření přenosové sítě bez omezení OZE

Instalovaná kapacita

6185 MW hnědého a 800 MW černého uhlí vyřazeno do 2030

1825 MW hnědouhelné a 696 MW černouhelné kogenerace v provozu do 2030

Navýšená kapacita velkých plynových CCGT a malých plynových kogenerací

OZE instalovaná kapacita (GW)	2017	2030
PV	2.1	5.5
VTE	0.278	2.05
Geotermál	0	0.05
Biomasa	0.426	0.9
Bioplyn	0.332	0.485

Instalovaná kapacita (GW)	2017	2030
Jádro VVER-440/213	2.0	2.0
Jádro VVER-1000/320	2.3	2.3
Hnědé uhlí	8.7	1.8
Černé uhlí	1.5	0.7
ZP CCGT	1	1.7
ZP OCGT	0.2	0.2
ZP malé kogenerace	0.2	1
Vodní elektr.	1.1	1.1
PS	1.1	1.2
Celkem	18	12



Elektřina – okolní země

ČEPS plánuje postavit pět dalších 400 kV vedení do 2030

Další země EU posílí své přenosové soustavy v souladu s Ten Year Network Development Plan (TYNDP), např. německý high-voltage, direct current (HVDC) koridor do 2030

Předpoklad navýšení kapacit PV a VTE v D, AT, PL a SK



Výstupy analýzy

Nové kapacity OZE nevyžadují rozšíření přenosové soustavy a pouze velmi malé omezování produkce pod 3% kvůli německému HVDC koridoru

Baseload: po vyřazení uhlí zůstává k dispozici jádro a biomasa

Flexibilita: ZP, PVE

Čistá spotřeba elektřiny v 2030 65 TWh, ČR exportuje do Polska a Německa, importuje z Rakouska, téměř nulová bilance se Slovenskem

Celková import/export bilance je 8.07 TWh v Simulaci A a 4.2 TWh v Simulaci B

Průběžný export přes zimu, v létě závisí od PV feed-in

V zimě skladují PVE nadbytečnou energií v obdobích s nízkou poptávkou a při špičkové poptávce ji naopak poskytují



Deloitte

Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030



Motivace

BAU = NKEP → cílem je dosáhnout 20.8% podílu OZE na spotřebě energie

- ☐ Elektroenergetika +10% ve srovnání s 2016
- ☐ Vytápění +40% ve srovnání s 2016
- ☐ Doprava +115% ve srovnání s 2016

Report zkoumá dopady a nutná opatření pro dosažení cíle 23.8% podílu OZE na hrubé konečné spotřebě energie

Dopady zvyšování podílu OZE v sektorech výroby elektřiny a tepla, v dopravě

Metodologie

Report kvantifikuje nutné investice k dosažení cíle podílu OZE, metodologie není popsána – simulace (heuristika)

Kvantifikace ekonomických dopadů pomocí Input-output analýzy

- ☐ Input-output model je lineární, statický a založený na publikovaných IOTs
- ☐ Částečná ekonomická analýza, v I-O modelu v krátkém období je substituce výrobních faktorů neuskutečnitelná
- ☐ Na straně nabídky I-O model nezahrnuje omezení zdrojů

Scénáře

BAU = NKEP

Realistický scénář:

- ☐ 23,8% podíl OZE na hrubé konečné spotřebě energie
- ☐ Neuvažuje kogeneraci z biomasy a bioplynu
- ☐ Instalovaná kapacita 9 GW PV a 1.4 GW VTE v 2030
- ☐ Doprava dle NKEP

Kogenerační scénář:

- ☐ 23,8% podíl OZE na hrubé konečné spotřebě energie
- ☐ Výroba tepla v kogeneraci z biomasy a bioplynu, v případě nedostatečné kapacity kogenerace zvýšení instalované kapacity PV
- ☐ Instalovaná kapacita PV a VTE vyšší, 15.85 GW PV a 2.8 GW VTE v 2030
- ☐ Doprava dle NKEP

Výroba elektřiny

BAU:

- Navýšení instalované OZE kapacity o 423 MWe (hlavně VTE a zpracování odpadů)
PV nárůst o 140 MWe, PV výrobní náklady <50.4 EUR/MWh v 2030

Realistický scénář :

- Pokles nákladů PV, již v 2025 je PV konkurence schopná technologie
- Instalovaná kapacita OZE narůstá o 175%, zejména PV a VTE
- PV zabírá 9 tis. ha of plochy, hlavně brownfieldy

Kogenerační scénář :

- PV zabírá 5.75 tis. ha plochy

Výroba tepla

OZE ve vytápění roste o +40% tj. 47 PJ v 2030 ve srovnání s 2016

Nejvyšší nárůst biomasy pro vytápění domácností

BAU a Realistický scénář :

- ☐ Zejména vytápění biomasou a bioplynem, vtláčení bioplynu do distribuční soustavy ZP a spalování v kondenzačních kotlech

Kogenerační scénář :

- ☐ Nárůst využití biomasy a bioplynu pro vytápění mimo domácnosti
- ☐ Možné komplikace: nedostatečná kapacita distribuční soustavy, tržní cena biomasy, nárůst ceny ET ETS
- ☐ Celková účinnost kogenerace převyšuje účinnost samostatných tepláren, co setří primární energii a snižuje zátěž životního prostředí



Doprava

V 2030, biopaliva první generace tvoří 7% spotřebované energie v dopravě

Biopaliva druhé generace: 40% biometanu na energetické spotřebě paliv

Elektromobilita:

- 2030, cca. 15 tis. kusů EV dle NKEP

115% nárůst posílu OZE (o 16 PJ) ve srovnání s 2016, negativní dopady na oseté plochy kompenzován nárůstem elektromobility a posunem směrem k biopalivům druhé generace

Investice

BAU 277 mld. Kč, Realistický 413 mld. Kč a Kogenerační scénář 375 mld. Kč

Část investic podpořena veřejnými zdroji:

- BAU 92-108 mld. Kč, Realistický 100-144 mld. Kč, Kogenerační scénář 90-131 mld. Kč finanční podpory

BAU má podobné náklady jako alternativní scénáře kvůli nákladové konkurenceschopnosti PV a kogenerace

Oba cíle 21.8% a 23.8% podílu OZE jsou levnější než již existující platby za podporované zdroje

Investice a ekonomické dopady

	NKEP	Realistický	Kogenerační
Investice (mld. Kč)	275	413	375
Produkce (mld. Kč)	+ 382	+515	+478
Přidaná hodnota (mld. Kč)	+148 (3.1% HDP)	+200 mld. Kč (4.1% HDP)	+185 mld. Kč (3.9% HDP)
Zaměstnanost (tis. prac. míst)	+ 33,5	+ 31,6	+ 26,0
Veřejné rozpočty (mld. Kč)	+63	+85	+79

Kumulativní provozní náklady napříč scénáři jsou 51 až 61 mld. Kč do 2030.



ČEPS

Analýza pro Úhelnou komisi



Motivace

Simulace scénářů Uhelné komise do 2040

Východiskem je report střednědobého hodnocení zdrojové přiměřenosti, tzv. ENTSO-E MAF pro ČR do 2040

Účel reportu: případné zavedení kapacitního mechanismu, kt. musí vyhovovat pravidlům pro státní podpory a energetické směrnice

Koncepční scénář – útlum uhlí k 2038, OZE dle NKEP

Progresivní scénář – útlum uhlí k 2038, rychlejší rozvoj OZE, bateriová akumulace

Ambiciózní scénář – Progresivní scénář upravený o vyšší rozvoj PV, bateriová akumulace

Modelování pomocí modelu Powrsym



Metodologie

Model Powrsym 4 vydán v roce 2010 je komerční model společnosti Operation Simulation Associates, Inc. (<http://www.powrsym.com/>)

Nákladově optimalizační model výroby energie s unit commitment

Model kombinuje lineární programování, heuristiku a dispatch

Jednotný systém výroby energie pomocí OZE i fosilních paliv, zahrnující elektrickou rozvodní síť a simulace rozvodní sítě ZP, který optimalizuje dispatch zdrojů a uspokojuje poptávku po elektřině a ZP a dodávky tepla

- ☐ hodinová granularita pro období od několik týdnů po několik let
- ☐ výhled dle šetření provozovatelů zdrojů nad 10 MW
- ☐ neuvažují nové fosilní zdroje, které nejsou "na připojení,,; vlastní studie rozvoje OZE
- ☐ +rezerva 1000 MW jako záloha největšího zdroje
- ☐ růst spotřeby exogenní: +0,72%



Long-term Energy System Models

World-wide applications

- ☐ EFOM Finon (1976)
- ☐ GENIE Mattsson and Wene (1997)
- ☐ MARKAL/TIMES Fishbone and Abiock (1981)
- ☐ MESSAGE Messner (1997)
- ☐ NEMS Gabriel et al. (2001)
- ☐ POLES Criqui et al. (1998)
- ☐ PRIMES Capros et al. (1998)
- ☐ WEM International Energy Agency (2010)

CZE Applications

- ☐ EFOM (Enviros 1995-2000's)
- ☐ MESSAGE 2010-2015 (Rečka & Ščasný POLEK 2013)
 - ☐ Rečka, L., Ščasný, M. (2013), Environmental regulation impacts on the Czech power system by the dynamic linear optimisation model MESSAGE. Politická ekonomie 2/2013: 248-273.
- ☐ TIMES 2015+ (Rečka & Ščasný 2016, 2017, 2018)
 - ☐ Analýza vývoje energetiky a emisí do roku 2050 (Rečka & Ščasný 2016 Energy)
 - ☐ Analýza 80% redukčního cíle pro GHG (Rečka & Ščasný 2017 IDEA/CERGE)
 - ☐ Analýza prolomení ÚEL těžby hnědého uhlí (Rečka & Ščasný 2017 Energies; 2018 Fuel)
 - ☐ Analýza zavedení uhlíkové daně. Studie pro MF (2018)
 - ☐ Analýza zavedení Bonus-malus v ČR. Studie pro MŽP (2019)
 - ☐ Analýza zvýšení podílu biopaliv v dopravě. (Pospíšil a kol. 2020)
 - ☐ Analýza zvýšení podílu OZE a 55% cíle pro GHG. Studie pro Moderní energetiku (2021)



COŽP UK

TIMES-CZ: The Integrated MARKAL-EFOM Systems

detaily viz v prezentaci I

