

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2013 – Program EFEKT



č. rozhodnutí: 122D 14200 3101

MODELOVÁNÍ DOPADŮ PODPORY ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ ODPADŮ NA KONEČNÉHO SPOTŘEBITELE ZA PODMÍNEK ZÁKAZU SKLÁDKOVÁNÍ

Brno, prosinec 2013

Autorský kolektiv:

Ing. Martin Pavlas, Ph.D. – VUT Brno, Ústav procesního a ekologického inženýrství

Ing. Radovan Šomplák – VUT Brno, Ústav procesního a ekologického inženýrství

Ing. Jaroslav Oral – jednatel, EVECO Brno, s.r.o.

Ing. Radim Puchýř, Ph.D. - EVECO Brno, s.r.o.

OBSAH

Obsah	2
Seznam zkratk.....	3
Seznam obrázků.....	4
Seznam tabulek.....	6
1. Úvod	7
2. Cíl studie	11
3. metodika výpočtu	13
3.1 Výpočtový nástroj <i>NERUDA</i>	13
3.2 Model dopravní infrastruktury (podkladová mapa) - výhled rozmístění zařízení EVO v ČR po roce 2025	15
3.2.1 Model dopravní infrastruktury	17
3.3 Produkce spalitelných odpadů	18
3.3.1 Současná produkce spalitelných odpadů	19
3.3.2 Scénáře budoucího vývoje produkce spalitelných odpadů.....	24
3.3.3 Výhřevnost odpadů	25
3.4 Modelová technologie a investiční náklady	26
3.5 Technicko-ekonomické modely EVO.....	27
3.6 Technicko-ekonomický model MBÚ	28
3.7 Zahraniční EVO	29
3.8 Výpočtový princip.....	31
4. Výsledky	36
4.1 Porovnání kapacitního řešení koncových s produkcí odpadů – technický potenciál odpadů k výrobě energie	36
4.2 Analýza vedoucí ke stanovení ekonomického potenciálu výroby energie z odpadů v ČR po roce 2025.....	38
4.2.1 EVO jako klíčový článek odpadového hospodářství	38
4.2.2 Analýza dosažitelné kapacity zařízení EVO po roce 2025 v systému bez provozní a investiční podpory	41
4.2.3 Prognóza výroby energie z EVO po roce 2025	43
4.2.4 Analýza projektů EVO z pohledu investorů	46
4.2.5 Odhad celkových nákladů na zpracování	49
4.3 Návrh systému investiční podpory zařízení EVO a hodnocení dopadů na koncové uživatele	51
5. Shrnutí	57
6. Literatura	58

SEZNAM ZKRATEK

AP – Akční plán (pro biomasu)
BAT – Best Available Technologies (nejlepší dostupné technologie)
BRKO – Biologicky rozložitelný komunální odpad
CF – Capacity Factor (koeficient využití kapacity)
CZT – Centrální zásobování teplem
ČR – Česká republika
EU – Evropská unie
EVO – Energetické využití odpadu
GF – Gate-fee (cena na bráně)
IRR – Internal Rate of Return (vnitřní výnosové procento)
KO – Komunální odpad
LF – Lehká frakce
LHV – Lower Heating Value (výhřevnost)
MBÚ – Mechanicko-biologická úprava
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP – Ministerstvo životního prostředí
NERUDA – Svozová optimalizační úloha (akronym)
OH – Odpadové hospodářství
ORP – Obec s rozšířenou působností
OO – Objemný odpad
OPŽP – Operační program pro životní prostředí
POH – Plán odpadového hospodářství
SEK – Státní energetická koncepce
SKO – Směsný komunální odpad
UPEI – Ústav procesního a ekologického inženýrství
VUT – Vysoké učení technické

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Množství KO k termickému zpracování jako kombinace závazků ČR vůči EU a očekávaného vývoje produkce KO, uvedeno v [kt] dle studie z roku 2011	8
Obr. 2 Prognóza výpadku dodávky tepla z teplárenských zdrojů	11
Obr. 3 Hlavní myšlenka nového výpočtového nástroje pro podporu plánování zařízení v oblasti odpadového hospodářství	13
Obr. 4 NERUDA - jeden nástroj, mnoho modifikací a způsobů prezentace výsledků dle potřeb zadavatele	14
Obr. 5 Výhledová mapa zpracovatelů odpadu po roce 2025	16
Obr. 6 Dopravní infrastruktura s klíčovými prvky systému	18
Obr. 7 Podíly KO na celkové produkci v roce 2012	20
Obr. 8 Složení KO skládkovaných v roce 2012.....	21
Obr. 9 Vývoj produkce komunálních odpadů vhodných pro EVO	22
Obr. 10 Měrná produkce komunálních odpadů v ORP vhodných pro zpracování v EVO [kg/ob.]	23
Obr. 11 Produkce komunálních odpadů vhodných pro zpracování v EVO [t/rok].....	23
Obr. 12 Produkce komunálních odpadů v ČR [kt/rok].....	24
Obr. 13 Ternární diagram pro komunální odpad se zobrazením výsledků projektů VaV v oblasti odpadového hospodářství [5]	25
Obr. 14 Výhřevnost SKO v jednotlivých ORP	26
Obr. 15 Uvažovaná technologie EVO	27
Obr. 16 Závislost investičních nákladů na kapacitě	27
Obr. 17 Technicko-ekonomický model EVO	28
Obr. 18 Technicko-ekonomický model MBÚ	29
Obr. 19 Uvažované volné kapacity v příhraničí.....	30
Obr. 20 Grafická reprezentace postupu výpočty s využitím nástroje NERUDA	32
Obr. 21 Pás pro cenu na bráně v závislosti na kapacitě.....	33
Obr. 22 Princip nastavení ceny na bráně pro danou simulaci	34
Obr. 23 Ilustrace významu pojmů histogram a percentil	35
Obr. 24 Maximální energetické využití odpadu v zařízení EVO v ČR v závislosti na vývoji produkce .	36
Obr. 25 Maximální energetické využití odpadu v zařízení EVO a MBÚ v ČR v závislosti na vývoji produkce	37

Obr. 26 Histogram množství odpadu zpracovaného v zařízení EVO V ČR.....	39
Obr. 27 Způsob zpracování KO vyprodukovaného v ČR.....	40
Obr. 28 Porovnání rizikovosti projektů EVO a MBÚ.....	41
Obr. 29 Kombinace uvažovaných scénářů pro ceny v zahraničí a produkci odpadu	42
Obr. 30 Využití plánované agregované kapacity všech zařízení EVO v ČR	42
Obr. 31 Počet doporučených zařízení EVO v ČR (včetně existujících zařízení)	43
Obr. 32 Potenciální dodávka tepla z nových zařízení EVO do sítí CZT	43
Obr. 33 Histogram množství dodaného tepla z nových zařízení EVO.....	44
Obr. 34 Histogram množství dodané elektřiny z nových zařízení EVO	45
Obr. 35 Využití maximální plánované kapacity pro uvažované a existující zařízení EVO.....	46
Obr. 36 Agregovaná kapacita zařízení EVO v ČR v závislosti na spolehlivosti ekonomické udržitelnosti (včetně existujících a ZEVO Chotíkov)	47
Obr. 37 Počet projektů EVO v ČR v závislosti na spolehlivosti ekonomické udržitelnosti (včetně existujících a ZEVO Chotíkov)	48
Obr. 38 Průměrné doporučení výstavby nových zařízení EVO z uvažovaných lokalit	49
Obr. 39 Vliv ceny na bráně na spolehlivost ekonomické udržitelnosti projektů	50
Obr. 40 Histogram nákladů za dopravu KO	51
Obr. 41 Vliv výše dotace na zpracovatelskou kapacitu?.....	52
Obr. 42 Vliv výše dotace na dodávku tepla.....	53
Obr. 43 Odhad velikosti finančních zdrojů pro různé míry investiční podpory	54
Obr. 44 Odhad velikosti měrných finančních zdrojů pro různé míry investiční podpory	54
Obr. 45 Pokles ceny na bráně vlivem investiční dotace	54
Obr. 46 Scénáře množství skládkovaného odpadu v následujícím období	55
Obr. 47 Nutná výše skladovacího poplatku resp. její část kumulovaná pro pozdější dotaci nových projektů.....	55

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Kapacity pro zpracování LF z procesu MBÚ.....	16
Tab. 2 Uvažované scénáře pro vývoj produkce spalitelných odpadů	24
Tab. 3 Průměrné ceny na bráně u nových zařízení EVO [Kč/t]	49

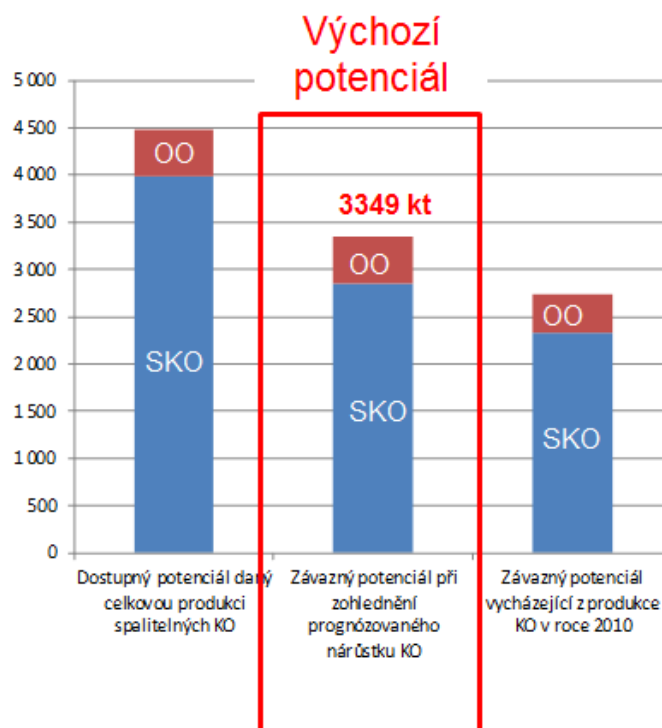
1. ÚVOD

V roce 2011 byla autorským kolektivem firmy EVECO Brno, s.r.o. a Ústavem procesního a ekologického inženýrství VUT v Brně pro Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) zpracována rozsáhlá studie s názvem "*Optimální nastavení výše podpory výroby elektřiny z odpadů ve vztahu k ceně elektřiny pro spotřebitele*" [1]. Jedná se rozsáhlý materiál, který zasahuje do oblastí odpadového hospodářství a energetiky – teplárenství. Studie se zabývala:

- vyhodnocením potenciálu odpadu k energetickému využití v regionech
- lokalizací vhodných míst pro nová zařízení EVO z hlediska množství dostupných odpadů a možné dodávky tepla
- identifikací budoucích investičních záměrů a kvantifikací celkových nákladů potřebných na výstavbu těchto zařízení
- kvantifikací optimální veřejné podpory (investiční a provozní) a vyčíslení dopadu na konečného spotřebitele.

Protože předkládaná studie navazuje na tuto studii z roku 2011 a rozšiřuje a aktualizuje její výstupy budou podstatné závěry předchozí práce nejdříve stručně shrnuty:

- Byla vytvořena prognóza vývoje produkce komunálních odpadů do roku 2020. Model vycházel z faktu, že nárůst produkce KO je pevně svázán s životní úrovní obyvatel a existuje velmi silná korelace mezi produkcí odpadů a růstem HDP. Bylo počítáno s výhledovým nárůstem produkce KO do roku 2020 o 20 až 25 % ve srovnání s rokem 2009. Uvažovaný trend byl konzultován o odborníky v oblasti OH a analogické trendy prezentovaly i další dokumenty a organizace (např. [2]).
- Množství komunálních odpadů, které dle studie bude muset být v roce 2020 zpracováno jiným způsobem než skládkováním, bylo logicky ovlivněno zejména produkcí dvou složek celé skupiny 20, a to směšného komunálního odpadu (SKO, 20 03 01) a objemného odpadu (OO, 20 03 07). Produkci lze snižovat odděleným sběrem materiálů využitelných složek (sklo, plast, papír). Bylo konstatováno, že dosažení separovaného sběru v rozsahu cílů POH (50 % využitelných složek v KO) zásadním způsobem neovlivní celkovou bilanci rozdělení toku spalitelných KO do jednotlivých skupin.
- Dle vytvořené prognózy z roku 2011 bude muset být v roce 2020 odkloněno od skládkování celkem **3 349 kt/r** KO (směšný komunální odpad a spalitelná, materiálově nevyužitelná část objemných odpadů, obr. 1).



Obr. 1 Množství KO k termickému zpracování jako kombinace závazků ČR vůči EU a očekávaného vývoje produkce KO, uvedeno v [kt] dle studie z roku 2011

- Pro toto množství byl navržen výhledový stav umístění nových zpracovatelských kapacit SKO resp. využití existujících zdrojů uzpůsobených pro spalování lehké frakce v roce 2020, který umožní splnění závazků ČR vůči EU a současně přispěje k efektivnímu využití energie z odpadů s přímou vazbou na teplárny. Řešení předpokládalo do roku 2020 zprovoznění celkem 11 nových zařízení EVO se zpracovatelskou kapacitou v rozmezí jednotlivých projektů 100 až 430 kt/rok. Celková zpracovatelská kapacita zařízení EVO by tak v roce 2020 činila **2 800 kt/r**, z toho **cca 640 kt/r** připadá na tři dnes provozovaná zařízení (Termizo Liberec, ZEVO Malešice a SAKO Brno).

Řešení rovněž jako okrajovou technologii akceptovalo cestu založenou na mechaniko-biologické úpravě (MBÚ), přičemž bylo důsledně trváno na nutnosti využití lehké frakce:

- jako náhradní palivo a surovina v cementárnách (velmi omezená kapacita),
- pro spoluspalování v uzpůsobených technologiích v lokalitách, kde neexistuje dostatečný potenciál pro zařízení EVO. Využití lehké frakce z MBU musí probíhat v režimu spoluspalování odpadů. Existují realizovatelná řešení systémů čištění spalin, která zajistí dosažení úrovně emisí znečišťujících látek na úrovni emisních limitů jinak platných pro zařízení EVO.

Předpokládané investice do projektů EVO v dalším období při realizaci zpracovatelské kapacity 1 744 kt/rok (nad rámec existujících projektů a projektů, které podaly žádost v XV. výzvě OPŽP) byly odhadovány na **49 mld. Kč**.

Současně byla vyčíslena produkce energie v zařízeních EVO. V případě kogenerační výroby byla očekávaná dodávka tepla z těchto zařízení v rozmezí 8 až 14 PJ. Dodávka elektřiny z těchto zařízení je očekávána v rozmezí 800 až 1 000 GWh. Rozpětí těchto výrobních ukazatelů bylo dáno množstvím tepla, které se podaří uplatnit v systémech CZT.

Výstupy studie byly ministerstvem využity jako podpůrné argumenty a podklady k přípravě strategických dokumentů, mezi něž patří:

- Akční plánu pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020.
- Zákon č. 165/2012 Sb.; o podporovaných zdrojích energie a změně některých zákonů, které umožnily podporu výroby elektřiny a tepla v zařízeních EVO stejně jako je tomu u zařízení spalujících biomasu (viz dále).
- Surovinová politika ČR.

Dne 12.9.2012 byl vládou schválen Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020 (AP). Cílem tohoto materiálu je především vymezit opatření a principy, které povedou k efektivnímu a účelnému využití energetického potenciálu biomasy a pomohou tak naplnit závazky ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Mezi biomasu se rovněž řadí biologicky rozložitelná část komunálních odpadů (KO). Podíl energie na hrubé domácí spotřebě by měl v roce 2020 dosáhnout 13,5 % a podíl obnovitelné energie v dopravě 10 %. AP konstatuje, že energeticky využitelným zdrojem energie je biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO). Jeho celkový potenciál vztahený k produkci SKO a odpadu z údržby zeleně a parků se pohybuje ve výši 25 PJ/rok. Energetický potenciál BRKO obsažený pouze ve SKO je odhadován na přibližně 16 PJ/rok. Údaj koresponduje s výše prognózovanou produkcí SKO v roce 2020 3 986 kt/rok a dopočtu množství SKO v roce 2020, které bude nutné odklonit od skládkování (cca 2 850 kt SKO) pro zajištění cíle ČR daného směrnicí 1999/31/ES (viz obr. 1 výše).

AP dále zdůrazňuje, že je nutné využívat odpady maximálně v souladu s hierarchií nakládání s odpady. Pokud nelze odpad efektivně využít materiálově, je nutné ho využít energeticky. Odpady jsou domácí energetická surovina, která šetří primární zdroje energie (v případě ČR především domácí - hnědé uhlí). Tento fakt koresponduje s uvažovanými lokalitami pro zařízení EVO, kde je cílem maximálně využít teplo v rámci existujících systémů CZT.

V doporučeních AP lze najít konstatování, že je nutné podpořit investice do výstavby zařízení na energetické využití odpadu pro zajištění využití výše zmíněného potenciálu BRKO ve SKO.

Dalším podstatným dokumentem, který se dotýká problematiky EVO je Plán odpadového hospodářství ČR (POH). Platnost současného POH z roku 2010 byla Nařízením vlády č. 181/2013 Sb. prodloužena do konce roku 2014 a nový POH na období je intenzivně připravován. Jeho účinnost se předpokládá od 1. 1. 2015. V rámci přípravných prací probíhá resp. probíhalo zpracování podkladových analýz zaměřených mimo jiné na vytvoření prognózy produkce KO a prognózy nakládání s KO pro roky 2014 až 2024. V době zpracování této zprávy nebyly výsledky těchto prognóz MŽP zpřístupněny.

Dle dostupných informací si nový POH ČR klade za prioritu společně s předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů také zásadní omezení skládkování a to zejména skládkování SKO v roce 2025. Ve vztahu k SKO jako zbytkovému a materiálově jen obtížně využitelnému odpadovému toku je pak jeho energetické využití v zařízeních k tomu určených preferovanou cestou. Hybnou silou energetického využívání SKO má být navýšení poplatků za ukládání komunálních odpadů na skládky a podpora výstavby zařízení EVO.

V rámci aktuálních trendů a celkového globálního ekonomického vývoje, který má přímou vazbu na produkci odpadů bylo navrženo řešení studií z roku 2011 (tzn. 11 nových zařízení) podrobeno silné diskusi a rovněž i kritice. Jednou z otevřených klíčových otázek, na které zainteresované subjekty hledají odpovědi, zůstává:

- Kolik zařízení EVO bude ČR potřebovat?

- Je lepší zařízení s větší nebo menší kapacitou?
- Bude pro taková zařízení dostatek odpadu?

Výše uvedené otázky představují impuls pro další rozpracování konceptu s cílem analyzovat jeho dlouhodobou udržitelnost. Ve studii z roku 2011 byl koncept navržen pouze pro jeden scénář produkce odpadů (rostoucí trend produkce SKO cca 2 % ročně). Ekonomika projektů byla řešena pro modelový případ jako analýza citlivosti návratnosti projektu vyjádřené pomocí vnitřního výnosového procenta (Internal Rate of Return – IRR) na klíčových parametrech (zpracovatelská kapacita, dodávka tepla, investiční a provozní podpora). Projekty v jednotlivých lokalitách nebyly individuálně ekonomicky posuzovány z pohledu optimální kapacity a svozových vzdáleností. Nebylo zohledněno konkurenční prostředí ani náklady na dopravu odpadů. Takové analýzy nebyly předmětem studie, vzhledem k časové náročnosti je lze provádět pouze pro jednotlivé od okolí izolované lokality (nejčastěji na úrovni kraje). Na úrovni národních strategických studií, které mají zahrnovat projekty ve všech lokalitách nelze v reálném čase bez odpovídající výpočtové podpory a nástrojů postihnout vzájemné interakce mezi jednotlivými projekty. Situaci navíc zásadně komplikuje nepředvídatelný vývoj cenových parametrů (pokles ceny elektřiny, zemního plynu apod.), kdy provozovatelé a investoři jen obtížně odhadují ekonomiku svých projektů v krátkodobém horizontu (roky). Koncepční plánování s cílovým rokem 2025 a dále, při dnes běžně rozšířeném způsobu zpracování studií (výpočet při současných cenách, jeden výpočet a jeden výsledek při určitých předpokladech) představuje téměř neřešitelný problém. Jakákoliv strategie nebo výsledek může být zpochybněn odpůrci právě zpochybněním uvažovaných okrajových podmínek výpočtu. Diskuse se pak následně vede ve snaze obhájit použité prognózy.

Výše uvedené aspekty byly řešitelským kolektivem reflektovány při vytvoření metodiky výpočtů použitých v této studii. To je možné pouze na základě systematického vývoje komplexních výpočtových optimalizačních nástrojů na pracovišti ÚPEI VUT v Brně. Konkrétně se jedná o nástroj *NERUDA* – Svozovou optimalizační úlohu, která dokáže najednou navrhnout optimální kapacitu projektů ve více lokalitách. Kapacity jednotlivých projektů jsou navrženy tak, aby výsledné náklady pro producenty odpadů (obce) při zohlednění dopravy byly minimální (více viz kap. 4.2.5). Výpočet je proveden v mnoha scénářích a výsledky jsou následně staticky zpracovány

Ve světle nových skutečností a vývoje v posledních letech je legitimní otázka udržitelnosti takového konceptu v případě alternativních trendů vývoje produkce SKO nejenom v ČR, ale i blízkém zahraničí ve vztahu k místním zpracovatelským kapacitám.

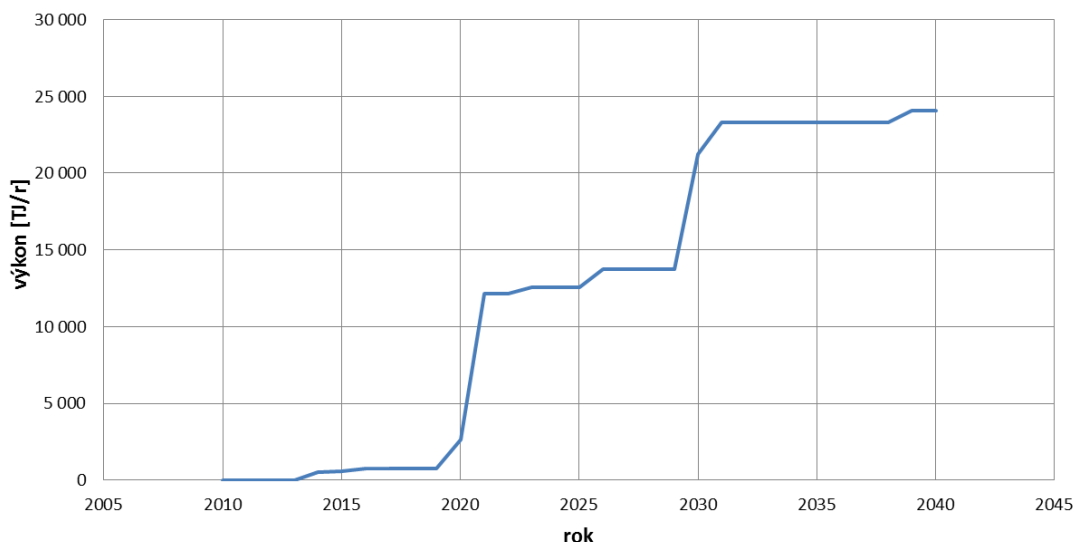
2. CÍL STUDIE

Předložená studie je zaměřena na aktuální témata související s vyčíslením dopadu realizace scénářů uvažovaných ve Státní energetické koncepci ČR (SEK), resp. Akčního plánu pro biomasu v ČR na období 2012 až 2020 (AP) v oblasti podpory výroby elektřiny a tepla z odpadů. Bude modelován konkrétní scénář, který předpokládá zákaz skládkování neupraveného komunálního odpadu. Budou řešeny následující body:

- Vyhodnocení výše potřebných zpracovatelských kapacit pro realizaci takového scénáře (úplný zákaz skládkování) při zohlednění vhodných lokalit pro výstavbu zařízení pro energetické využití odpadů (EVO).
- Odhad intervalu ceny za zpracování v zařízení EVO pro vybrané (realizovatelné) lokality za účelem zajištění atraktivnosti a dlouhodobé udržitelnosti projektu a diskuse podmínek, za kterých budou tyto ceny dosaženy v konkurenčním prostředí a za situace zákazu skládkování neupravených komunálních odpadů.
- Provedení odhadu nutných investic.
- Srovnání očekávaných budoucích výdajů (kumulativně) na zpracování komunálních odpadů po realizaci přechodu od skládkování ke spalování se současným stavem
- Vyhodnocení dopadu takové změny způsobu zpracování odpadů do ekonomiky těchto subjektů.

V posledních desetiletích došlo v západní Evropě k zásadní změně v chápání významu odpadu. Materiál, kterého se bylo původně potřeba pouze zbavit, je v dnešní době chápán jako lokální zdroj energie a současně zdroj nezanedbatelného množství druhotných surovin. Význam energetického využití odpadů je nutné spatřovat nejen z pohledu vlastního odpadového hospodářství, ale také na snižování závislosti ČR z pohledu energií a primárních surovin.

Obr. 2 zobrazuje prognózu množství tepla, jehož výroba bude muset být zajištěna z náhradních zdrojů v důsledku chybějícího uhlí resp. dožívajících teplárenských provozů.



Obr. 2 Prognóza výpadku dodávky tepla z teplárenských zdrojů

Jedním z cílů studie je kvantifikovat ekonomický potenciál výroby tepla v zařízeních EVO.

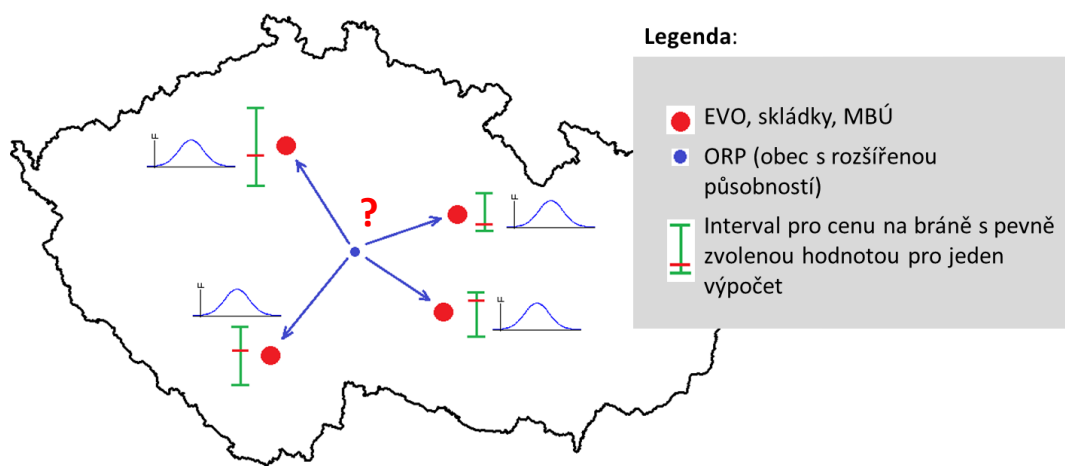
3. METODIKA VÝPOČTU

3.1 Výpočtový nástroj *NERUDA*

Nástroj *NERUDA* byl vyvinut na pracovišti ÚPEI VUT v Brně s cílem podpořit klíčová rozhodnutí v oblasti odpadového hospodářství (OH) na základě simulací toku odpadů mezi producenty a koncovými zařízeními.

Jeho hlavní idea vychází z následujícího jednoduchého principu:

Vlastník odpadu (obec) se rozhoduje, jak s odpadem naloží, přičemž kritériem je dosažení nejnižší ceny. Ta je dána cenou za zpracování v daném zařízení (tzv. gate-fee, GF) a cenou dopravy (resp. nezbytného logistického celku). Tato hlavní idea je zobrazena na obr. 3.



Obr. 3 Hlavní myšlenka nového výpočtového nástroje pro podporu plánování zařízení v oblasti odpadového hospodářství

Z matematického pohledu se jedná o řešení tzv. svozové (logistické) úlohy spalitelných odpadů na území ČR do jednotlivých zařízení (existujících i potenciálních v budoucnu - EVO, MBÚ) schopných nakládat s komunálním odpadem. Území ČR je rozděleno do celé řady bodů (dále jen *uzel modelu*), které popisují jednotlivé lokality zahrnuté do výpočtu. Pro každý uzel jsou definovány potřebné vstupní a okrajové podmínky.

Cílem výpočtu je najít takové uspořádání, které povede k nejnižším celkovým nákladům - má minimální ekonomické dopady pro jeho producenty – pro obce a tedy i pro občany.

Nástroj *NERUDA* zahrnuje následující informace a dílčí modely (submodely):

- model dopravní infrastruktury (podkladová mapa) a uvažované lokality s potenciální výstavbou koncových zařízení
- model produkce odpadů v jednotlivých uzlech a jeho prognóza do roku, ke kterému je výpočet prováděn
- model odhadu výhřevnosti a energetického potenciálu v jednotlivých uzlech a jeho prognóza do roku, ke kterému je výpočet prováděn
- technicko-ekonomický model klíčových prvků – zařízení EVO a MBÚ s následným využitím lehké frakce (LF)

- vývoj podstatných cenových parametrů
- ceny a kapacity pro zpracování odpadu v zahraničí.

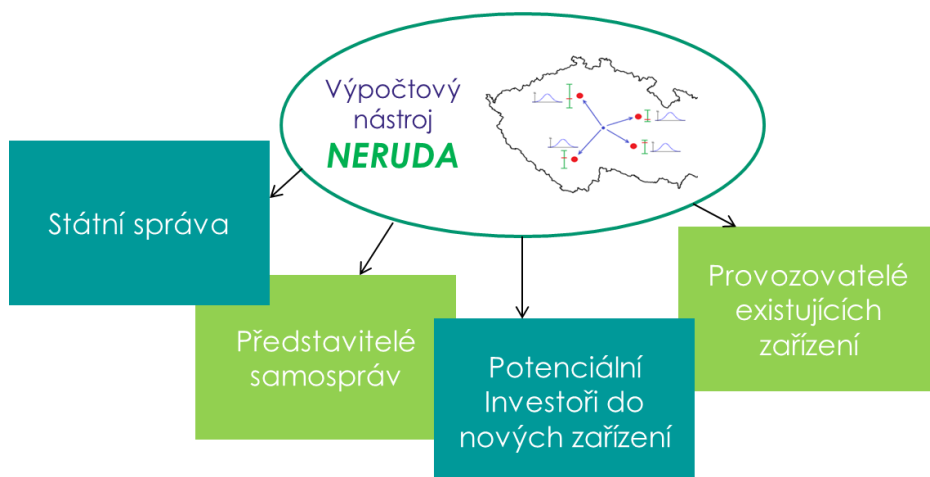
Jednotlivé submodely budou detailněji představeny v následujících podkapitolách. Potřebné modely, vstupní data a okrajové podmínky pro výpočty pracoviště ÚPEI VUT Brno neustále zpřesňuje v součinnosti se subjekty věnujícími se dané problematice na národní i mezinárodní úrovni.

Výpočtový systém *NERUDA* představuje univerzální nástroj, který je vždy modifikován pro potřeby dané aplikace a s ohledem na konkrétní zadání. Může být aplikován na zcela jiné území a dokonce i jiný typ odpadu, popř. více druhů odpadů. Můžeme identifikovat několik potenciálních subjektů, které mohou mít přínos z aplikace nástroje (viz obr. 4).

- Státní správa, dotčená ministerstva – podpora klíčových rozhodnutí a analýzy související s přípravou strategických dokumentů a zákonů (SEK, POH apod.).

Pozn.: S využitím systému *NERUDA* lze např. simulovat dopad postupného zvyšování poplatku za skládkování na tok odpadu mezi koncovými zařízeními doplněný o hodnocení dopadů na koncové uživatele.

- Kraje, regiony, obce – podpora přípravy POH, studie proveditelnosti a analýza rizik investičních záměrů, optimalizace umístění a návrh kapacitního řešení překládacích stanic.
- Provozovatelé a investoři zařízení EVO – optimalizace kapacity zařízení z pohledu uplatnění tepla a dostupnosti odpadu, detailní svozové studie, optimalizace logistického řetězce s využitím silniční i železniční dopravy.



Obr. 4 *NERUDA* - jeden nástroj, mnoho modifikací a způsobů prezentace výsledků dle potřeb zadavatele

Pro účely této studie byl nástroj *NERUDA* použit v detailu obcí s rozšířenou působností (ORP). Území ČR je rozděleno do více než 220 uzlů. Model dopravní infrastruktury (podkladová mapa) je ukázána na obr. 6.

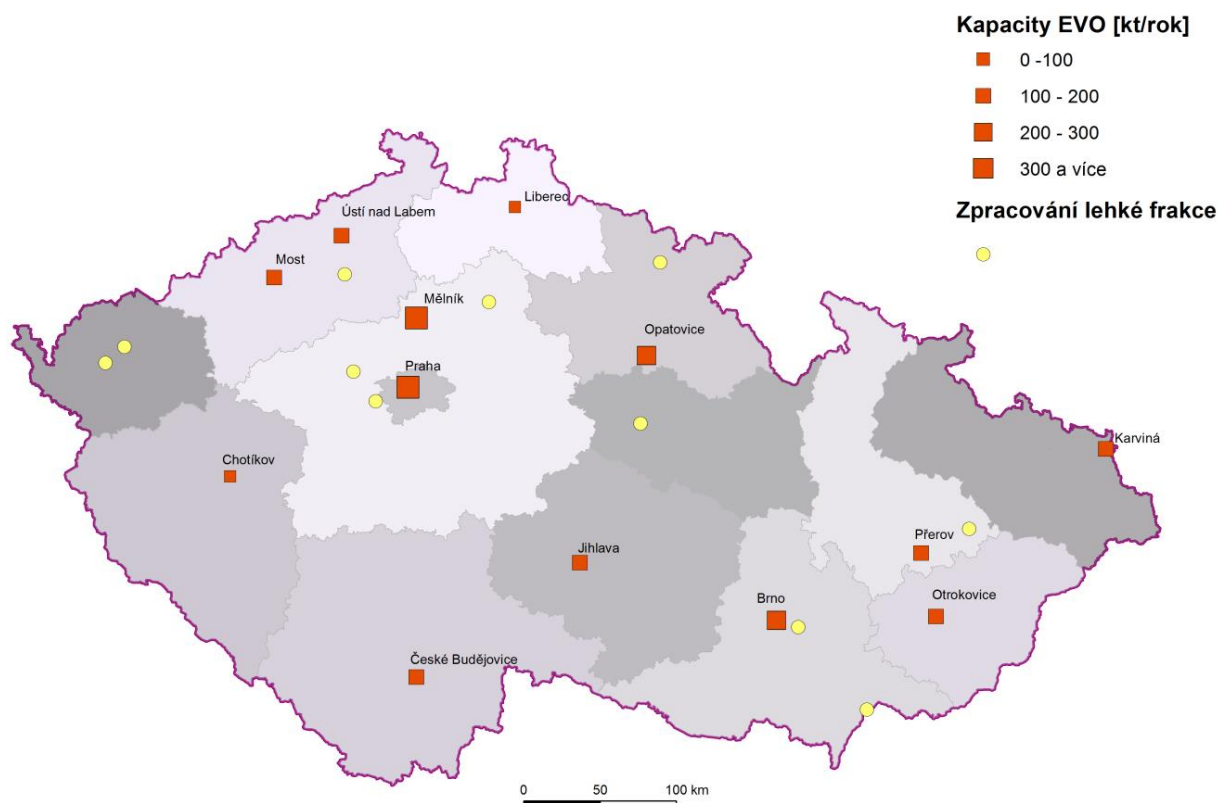
3.2 Model dopravní infrastruktury (podkladová mapa) - výhled rozmístění zařízení EVO v ČR po roce 2025

Podstatným vstupem pro systém *NERUDA* je informace o uzlech (lokalitách), ve kterých má systém hodnotit ekonomickou udržitelnost projektu EVO. Dále *NERUDA* potřebuje znát maximální přípustnou zpracovatelskou kapacitu každého projektu $C_{EVO,i}$. Optimální kapacita ($c_{EVO,i}$) v dané lokalitě je pak výsledkem výpočtu.

Potenciální lokality pro výstavbu zařízení EVO vychází ve svých hlavních obrysech ze studie „MPO EFEKT 2011“ [1]. Vzhledem k faktu, že je modelován výhled po roce 2025, jsou i nadále uvažovány z pohledu dodávky tepla preferované lokality a projekty, které se v současné době jeví jako neprůchodné, nejsou připravovány, jsou pozastaveny nebo jsou ve stadiu počátečních úvah. Odůvodnění a správnost takového přístupu vyplnou z dále prezentovaných výsledků. U projektů, které nejsou v současné době rozpracovány, a u kterých nebylo rozhodnuto o zpracovatelské kapacitě (dnes v podstatě většina mimo ZEVO Chotíkov, u kterých jsou kapacity dány), jsou modelovány ve třech variantách s rozdílnou výpočtovou maximální zpracovatelskou kapacitou $C_{EVO,i}$ (systém následně optimální kapacitu sám vypočítá). Kapacity jsou voleny s ohledem na místní podmínky (uplatnění tepla, dostupnost odpadů, atd.):

- 100, 150 a 200 kt/r pro EVO v lokalitách: Otrokovice, Přerov, Ústí nad Labem, České Budějovice, Jihlava.
- 200, 300 a 400 kt/rok pro EVO v lokalitách: Karviná, Opatovice, Mělník (lokality s vyšším uplatněním tepla v rámci existující sítě CZT).
- Pro existující zařízení (a ZEVO Chotíkov) je vzhledem k dlouhodobému výhledu zahrnuta možnost budoucího rozšíření: – 1 současná kapacita; 2 možné rozšíření o 50 %, resp. 100% (druhá linka – u plánovaných projektů) ze současné kapacity.

Rozmístění zařízení na energetické zpracování odpadu v ČR tak jak vstupují do výpočtu, je uvedeno na obr. 5. Zobrazené kapacity na obr. 5 korespondují se středními kapacitami dle variant uvedených výše (150 kt/r, resp. 300 kt/r).



Obr. 5 Výhledová mapa zpracovatelů odpadu po roce 2025

Potenciální výstavba zařízení MBÚ se uvažuje na každé existující skládce. Systém sám určí, ve které lokalitě je výstavba ekonomicky zajímavá a jaká kapacita je optimální. Proto jsou zařízení MBÚ v obr. 5 pro přehlednost vynechána. Zařízení MBÚ mají omezenou maximální zpracovatelskou kapacitu $C_{MBÚ,i}$ na 60 kt/r, což představuje produkci asi 20 – 25 kt/r lehké frakce (LF). Tu je nutné dále uplatnit v zařízeních vhodných pro spoluspalování LF. Model rovněž zahrnuje informaci o lokalizaci a kapacitních možnostech existujících zařízení (elektrárny a teplárny) schopných zpracovat výstupní produkt z MBÚ v podobě lehké frakce LF. Systém *NERUDA* umožní vznik MBÚ pouze v případě, že existuje dostatečná kapacita pro uplatnění této LF. Zpracování LF je uvažováno v 5 cementářských provozech na území ČR (v souladu s [1]). Na několika teplárenských zařízeních proběhly v minulých letech zkoušky spalování LF. Výsledky naznačily, že LF je problematickým palivem, a proto ve srovnání s informací ve studii [1], byly na základě dostupných informací [3] výrazně sníženy zpracovatelské kapacity v rámci některých provozů. Kapacity pro zpracování sumarizuje tab. 1. Další omezení pro lokalizaci MBÚ a návrh kapacity je dáno možností uložení zbytkové frakce po procesu MBÚ na skládku v místě výstavby zařízení MBÚ. V daném uzlu tedy musí existovat skládka s dostatečnou kapacitou. Ve výpočtech byly pevně umístěny tři projekty, které jsou v určité fázi realizace v lokalitách Radim – ORP Kolín, Mníšek pod Brdy – ORP Černošice a Mladá Boleslav.

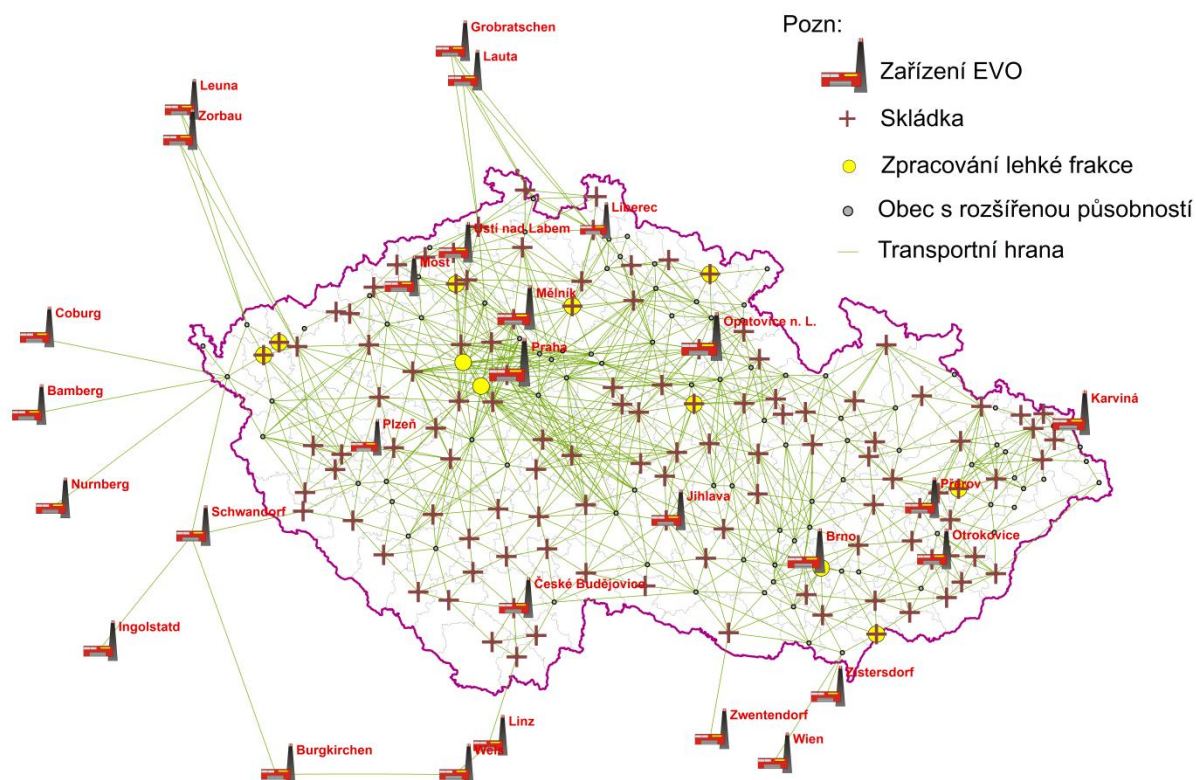
Tab. 1 Kapacity pro zpracování LF z procesu MBÚ

		kapacita
ŠKO-ENERGO		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	80
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	200
ČEZ Tisová		

zpracovatelné množství LF	kt/rok	25
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	62,5
ČEZ Hodonín		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	20
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	50
ČEZ Poříčí		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	25
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	62,5
SUES Vřesová		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	150
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	375
Alpiq Kladno		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	100
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	250
Praha, Radotín		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	18
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	45
Šlapanice, Mokrá		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	18
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	45
Hranice		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	18
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	45
Chrudim, Holcim Prachovice		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	18
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	45
Lovosice, Lafarge		
zpracovatelné množství LF	kt/rok	18
odpovídající kapacita MBÚ	kt SKO/rok	45

3.2.1 Model dopravní infrastruktury

Jak bylo zmíněno výše, pro účely této studie je území ČR rozděleno do více než 220 bodů (uzlů), které popisují lokality na úrovni ORP. Model dále zahrnuje informaci o existující dopravní infrastruktuře mezi těmito uzly a vzdálenostmi dopravních úseků. Během výpočtu slouží tyto informace pro odhad dopravních nákladů na transport odpadu do koncového zařízení. Vlastní svoz odpadu v rámci ORP není řešen ani započítáván do celkových nákladů – nepředpokládá se změna tras svozových vozidel v rámci ORP oproti současnému stavu. S ohledem na nižší finanční náklady ve srovnání s jinými druhy dopravy (železniční) je uvažována pouze silniční doprava. Existence spojnic mezi jednotlivými uzly je patrná z obr. 6. V úloze se rovněž uvažuje možné zpracování odpadu v zahraničí, konkrétně v Rakousku a Německu. Tato možnost souvisí s aktuální situací a očekávaným trendem ve vývoji zpracovatelské kapacity v těchto zemích a relativně blízké vzdálenosti od obcí v ČR. Cílem výpočtů bude prověřit, za jakých podmínek a v jakém rozsahu mohou zahraniční spalovny znamenat konkurenci pro plánované projekty EVO v ČR.



Obr. 6 Dopravní infrastruktura s klíčovými prvky systému

V rámci této studie je tedy uvažován jednotný systém přepravy odpadu s rozmezím cen 3 až 6 Kč/km.t v cenách roku 2025. Tento interval byl získán ve spolupráci se specialisty z oboru dopravního inženýrství a odpovídá využití systému kontejnerové dopravy s celkovou přepravovanou hmotností cca 20 t na soupravě – nákladní auto s vlekem. Do celkových dopravních nákladů je započítána manipulace s nákladkou a vykládkou a vlastní přeprava odpadu. Vlivem různých vzdáleností přepravy hrají fixní náklady a vícenáklady spojené s manipulací rozdílnou roli. Čím delší je dopravní vzdálenost, tím se náklady na manipulaci rozmělní do nákladů na přepravu). Proto byla uvažována cena ve více variantách v rozmezí 3 až 6 Kč/km.t.

Výpočtový nástroj *NERUDA* disponuje také možností modelovat železniční dopravu. Ta vzhledem k vyšším nákladům nebyla řešena v rámci této studie. Využití železniční dopravy by mohlo nastat vynucením ze strany obyvatelstva, případně omezenou propustností silniční infrastruktury. I tyto omezení je možné zahrnout v modelovacím nástroji *NERUDA*.

3.3 Produkce spalitelných odpadů

Z prezentovaného principu výpočtu je zřejmé, že další klíčovou vstupní informací je prognózaná produkce odpadů vhodných k energetickému využití v roce výpočtu (2025) v jednotlivých ORP. Cílem studie není detailní rozpracování výhledů produkce SKO. Použitá metodika vychází striktně z analýzy současného stavu (data roku 2012) a prognózy založená na jednoduché aplikaci vzrůstajícího nebo klesajícího trendu. Diskuse nad reálností a pravděpodobností budoucí realizace jednotlivých scénářů je ponechána na další diskusi v rámci odborných kruhů (viz např. výše zmíněná prognóza produkce komunálních odpadů jako podkladová analýza pro přípravu POH).

3.3.1 Současná produkce spalitelných odpadů

Pro výpočet produkce vybraných odpadů byla použita tzv. přepočtená (pracovní) databáze Informačního systému odpadového hospodářství (PDISOH). Analýza produkce vybraných odpadů zahrnovala období 2008 až 2012. Sestava vstupních dat byla na žádost řešitelů studie ve spolupráci s MPO a MŽP poskytnuta organizací CENIA. Vlastní metodika byla navržena organizací CENIA dle předloženého zadání a specifikace cílů studie.

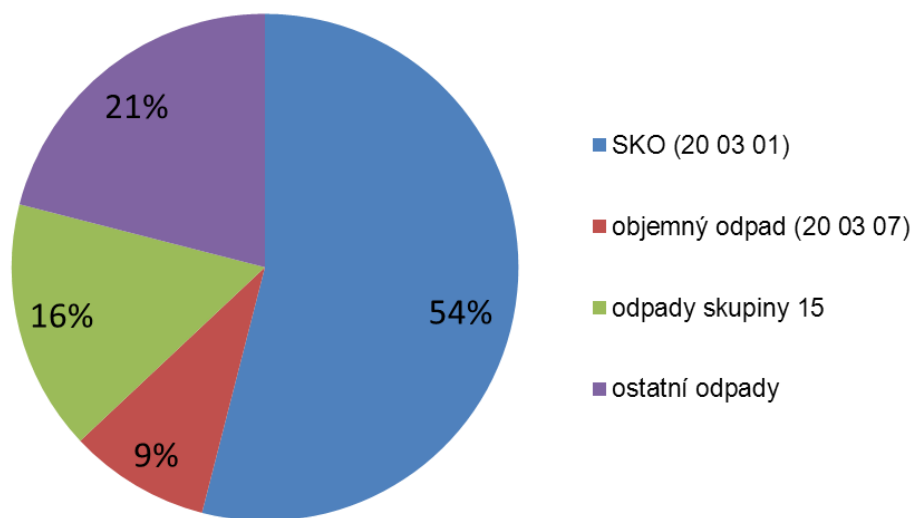
Přepočet databáze za uvedené roky byl proveden podle platné metodiky *Zpracování matematického vyjádření výpočtu „soustavy indikátorů OH“* (http://www.mzp.cz/cz/matematicke_vyjadreni) pro data za konkrétní rok (aktualizace k 10. 9. 2013). Dopočtená produkce odpadů byla agregovaná tak, že nejnižší územní jednotkou pro dopočet je ORP. Množství produkce odpadů od všech dopočtených subjektů z jednotlivých území se po dopočtu zobrazí v produkci ORP, konkrétně na základní územní jednotce města, ve kterém má dané ORP sídlo.

Výpočet produkce jednotlivých kódů odpadů se řídí metodikou *Zpracování matematického vyjádření výpočtu „soustavy indikátorů OH“* pro daný ohlašovací rok. Podle platné metodiky byly v jednotlivých letech (2008 - 2012) pro výpočet produkce odpadů standardně používány kódy nakládání A00, AN60 a BN30 (partner občan obce) a tento způsob výpočtu byl zvolen i pro data, která budou podkladem pro tvorbu SEK. Produkce odpadu byla generována jednotně pro všechny roky podle požadavku autorů. Jednotný postup pro výpočet produkce ve všech letech byl zvolen z důvodu potřeby získání konzistentní časové řady, která bude vytvořena na základě obdobně zadaných podmínek a parametrů a bude lépe a přesněji popisovat sledovaná data.

Sestava byla vygenerována pro vybraná katalogová čísla odpadů. Při sestavování jejich seznamu se vycházelo z katalogových čísel odpadů, které jsou zahrnuty v seznamu přijímaných odpadů v existujících zařízeních EVO v souladu s jejich provozními řády.

Sestava byla následně zpracována. V následujícím textu uvádíme souhrn podstatných výstupů.

Celková produkce všech katalogových čísel v roce 2012 činila 5 400 kt/rok. Podíly jednotlivých složek na produkci v roce 2012 jsou znázorněny na obr. 7.

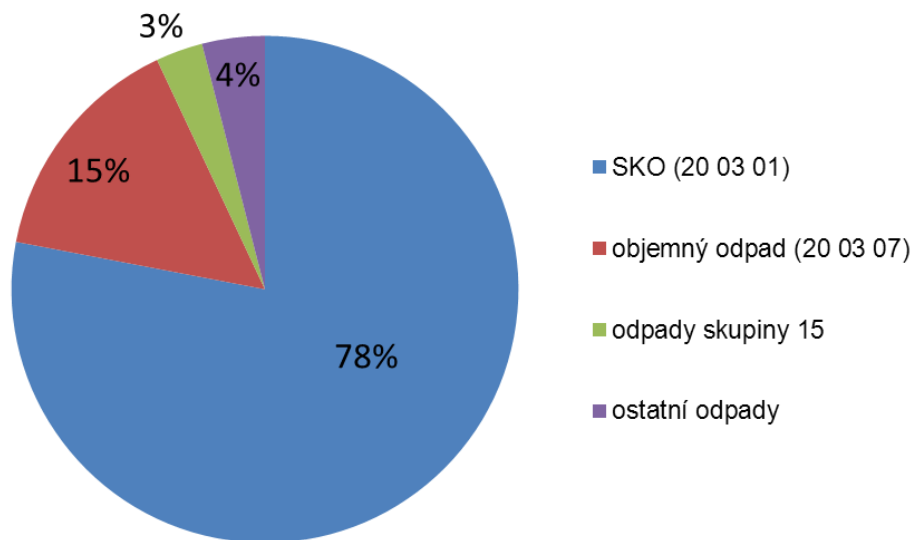


Obr. 7 Podíly KO na celkové produkci v roce 2012

Nejvýznamnější složkou v roce 2012 s přibližně 54 % z celkové produkce na území ČR je dle očekávání směsný komunální odpad (SKO). Další významné složky jsou: objemný odpad (k. č. 200307 - asi 9 %), papírové a lepenkové obaly (k. č. 150101 - asi 11 %) a papír a lepenka (k. č. 200101 - asi 7 %). Ostatní složky se podílejí na celkové produkci řadově do 2 %. V analyzovaných letech 2008 až 2012 se poměry jednotlivých složek lišily okolo 5 % svého podílu. Změny nevykazují trend, jedná se zřejmě o náhodné meziroční změny bez viditelné závislosti.

Pro stanovení potenciálu spalitelných odpadů na území ČR jsou rozhodující složky odpadů sbíraných v rámci kolektivních systémů (skupina 20). Odpady z průmyslové sféry jsou minoritní.

Podstatnou informací je, jakým způsobem je s vyprodukovanými složkami KO dále nakládáno. Z pohledu možného budoucího energetického využití lze do potenciálu zahrnout pouze odpady, pro které není žádné opětovné využití, a které se odstraňují ukládáním na skládky. Na obr. 8 je zobrazeno složení odpadu, který byl skládkován v roce 2012 (celkem 2 910 kt/r).



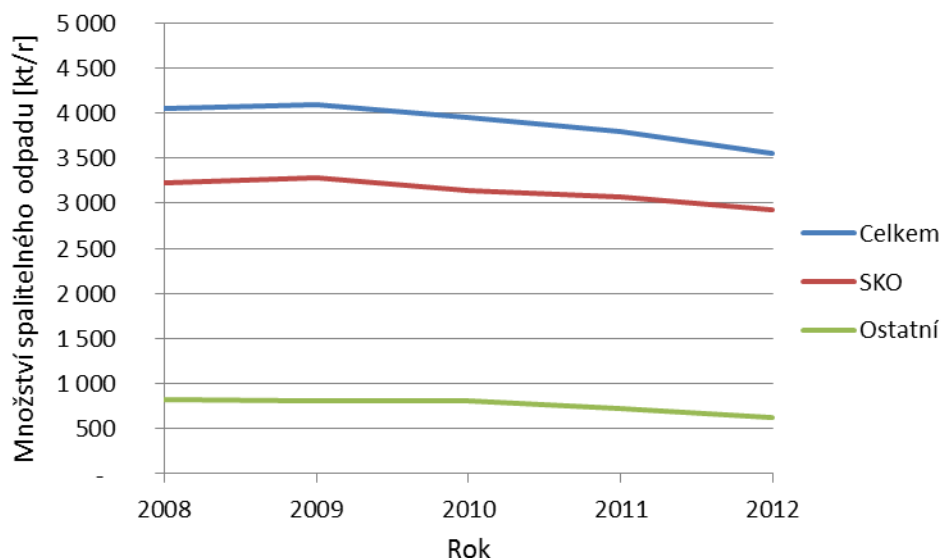
Obr. 8 Složení KO skládkovaných v roce 2012

Hlavní složku odpadů odstraněných skládkováním opět tvoří SKO – asi 78 % z celku. Druhou významnou složkou je objemný odpad (k. č. 200307 – asi 15 %, což představuje přibližně 90 % z celkové produkce této složky). Dále se jedná o směsné obaly (k. č. 150106 – asi 3 %) a jiné odpady (včetně směsí materiálů) z mechanické úpravy odpadu neuvedené pod číslem 19 12 11 (k. č. 191212 – asi 1 %). Ostatní složky mají zanedbatelný vliv na množství skládkovaných odpadů v roce 2012. I zde jsou poměry přibližně stejné pro všechny uvažované roky bez známky závislosti (trendu).

Analýza potvrdila, že nejpodstatnější složkou KO pro potenciální energetické využití je SKO. Množství ostatních složek KO, které jsou potenciálně vhodné pro energetické využití, je dáno neexistencí jejich jiného uplatnění – v současné době se skládkují. Tyto složky vzhledem k jejich minoritnímu podílu budou uvažovány v souhrnné formě. Dopočtené produkce KO z let 2008 až 2012 jsou zobrazeny na obr. 9.

Spalitelnými odpady pro účely této studie rozumíme veškerou produkci SKO (k. č. 200301) a dále tu část z ostatních složek KO a dalších svou povahou spalitelných odpadů, které nenachází žádné materiálové uplatnění a byly v roce 2012 a letech předchozích odstraněny skládkováním. Odhad množství spalitelných odpadů mimo SKO se dopočítával pro jednotlivé kraje. Detailnější přístup na bázi ORP nebyl možný, protože zpřístupněná struktura dat z ISOH nedisponuje informacemi o původcích odpadů uložených na skládkách. Z celkového množství vyprodukovaných KO, s výjimkou SKO, se v roce 2013 přibližně 25 % uložilo na skládku. Tento odpad bude dále označen jako *ostatní*. Pro tvorbu scénářů vývoje je meziroční změna produkce odpadu modelována pro celé množství spalitelného odpadu (viz předchozí definice).

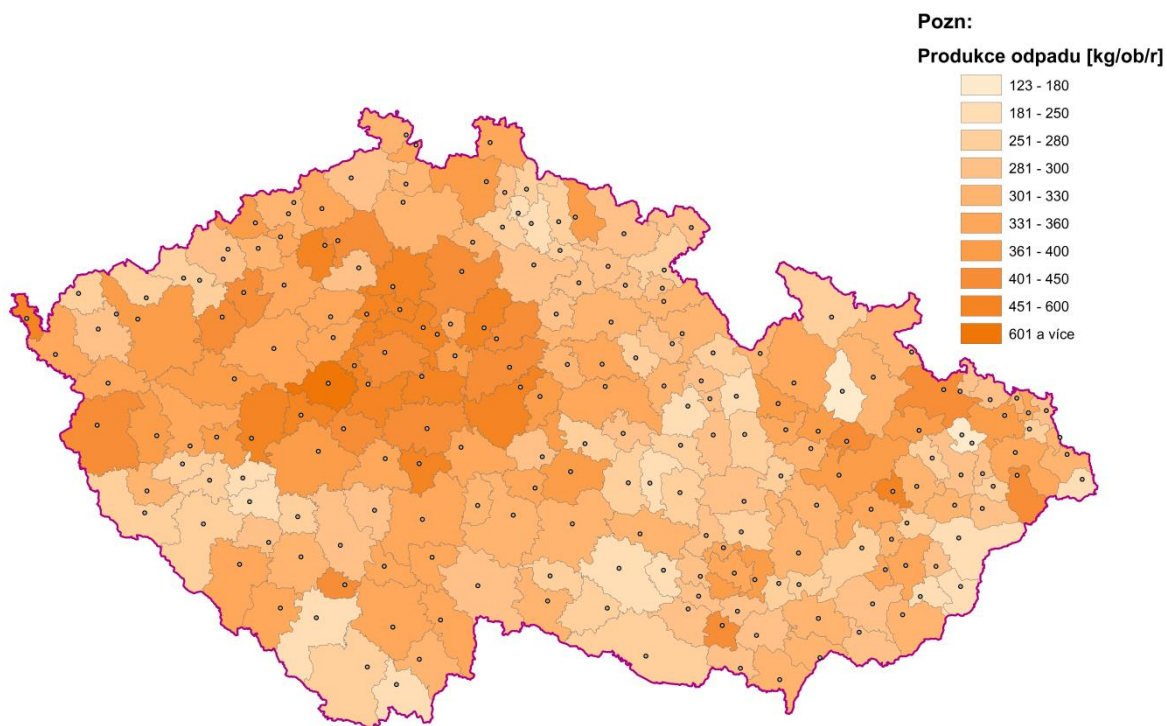
Pro přehlednější značení používáme pro spalitelný komunální odpad ve smyslu výše uvedené definice také zkratku KO.



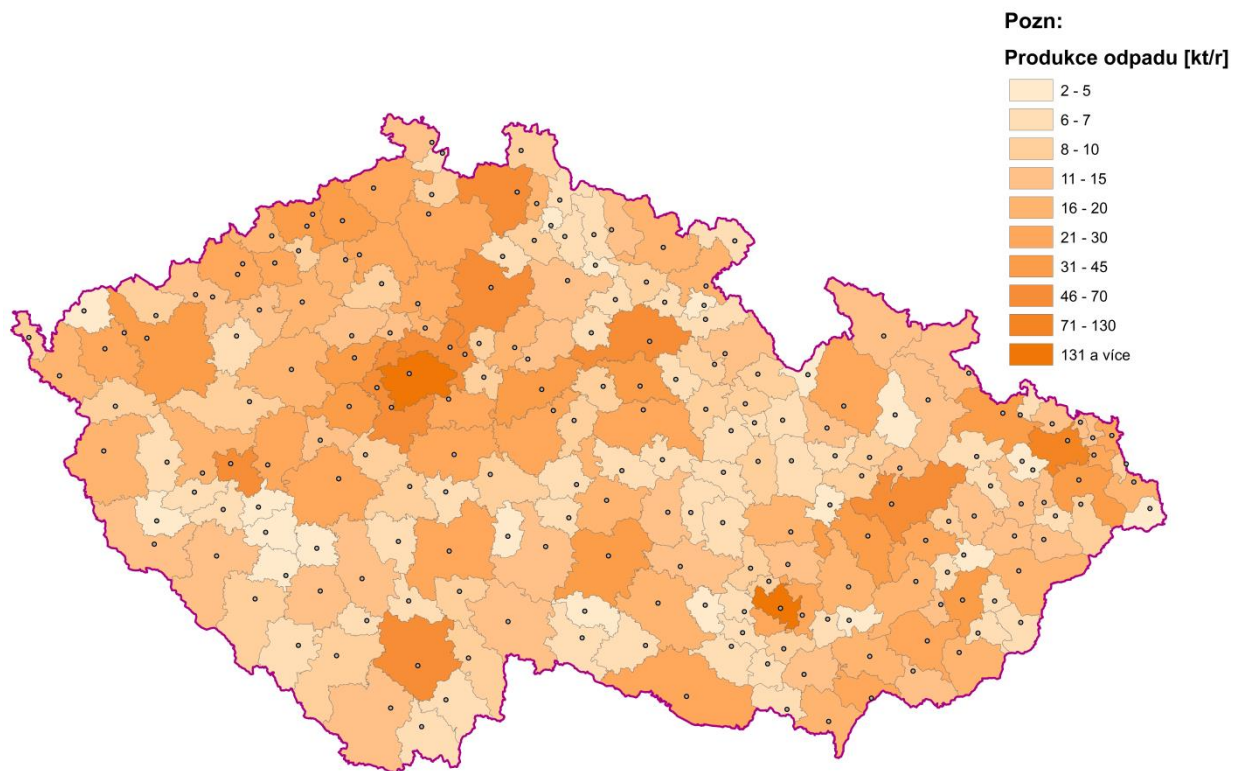
Obr. 9 Vývoj produkce komunálních odpadů vhodných pro EVO

Referenční hodnota v roce 2013 pro množství spalitelných komunálních odpadů (vhodných pro energetické využití) byla na základě existujících trendů vypočítána na 3 475 kt/rok. Tato hodnota vznikla jako součet produkcí spalitelných KO v jednotlivých ORP. V každém ORP byl odhad proveden na základě historických dat (trendu) v letech 2008 až 2012 (viz výše).

Extrapolace do dalších let (2025) byla provedena pro všechna ORP jednotně, neuvažoval se rozdílný demografický vývoj ani odlišné trendy v dalších socioekonomických faktorech. Získané hodnoty pak vstoupily do optimalizační úlohy. Odhad současné produkce odpadů vhodných pro energetické využití v jednotlivých ORP přepočtené na obyvatele je na obr. 10, celková produkce v ORP je na obr. 11.



Obr. 10 Měrná produkce komunálních odpadů v ORP vhodných pro zpracování v EVO [kg/ob.]



Obr. 11 Produkce komunálních odpadů vhodných pro zpracování v EVO [kt/rok]

3.3.2 Scénáře budoucího vývoje produkce spalitelných odpadů

V minulé dekádě prodělalo OH celou řadu změn. Mění se složení a množství komunálních odpadů. Klade se čím dál větší důraz na separaci odpadu a jeho následné znovuvyužití. Predikovat budoucí vývoj OH a kvantifikovat parametry zbytkového materiálově jinak nevyužitelného odpadu (SKO) je vlivem velkých neurčitostí dosti obtížné, ne-li nemožné. Inspirací může být historická zkušenost v zemích a regionech, které dosáhly vysokého stupně separace odpadu. V této souvislosti je nutné zmínit i ekonomické náklady spojené se zajištěním např. odděleného sběru velkého počtu komponent a aplikovatelnosti takových systémů v podmínkách ČR.

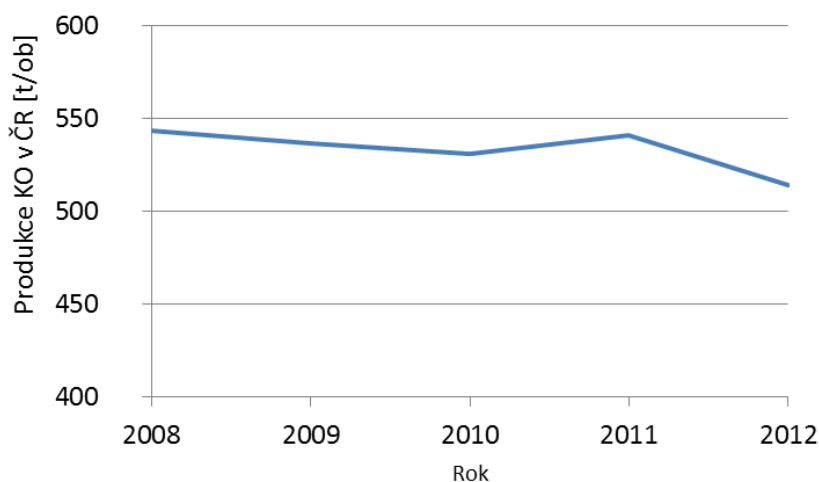
Proto se v této studii předpokládalo 5 scénářů pro množství vyprodukovaného odpadu vhodného pro energetické využití (viz tab. 2).

Tab. 2 Uvažované scénáře pro vývoj produkce spalitelných odpadů

Scénář	Trend	Produkce spalitelných odpadů v roce 2025	Komentář
Scénář 1	0 %	3 475 140	neutrální vývoj
Scénář 2	0,75 %	3 801 132	mírný nárůst
Scénář 3	2 %	4 402 204	výrazný nárůst
Scénář 4	-0,75 %	3 174 962	mírný pokles
Scénář 5	-2 %	2 723 618	výrazný pokles

Klesající (resp. rostoucí) trend pro vývoj spalitelných odpadů neznamena pokles (resp. růst) produkce KO jako celku. V případě zkvalitnění separace KO a zajištění opětovného využití vytrízených složek může klesat množství spalitelných odpadů i při nárůstu produkce KO (a naopak).

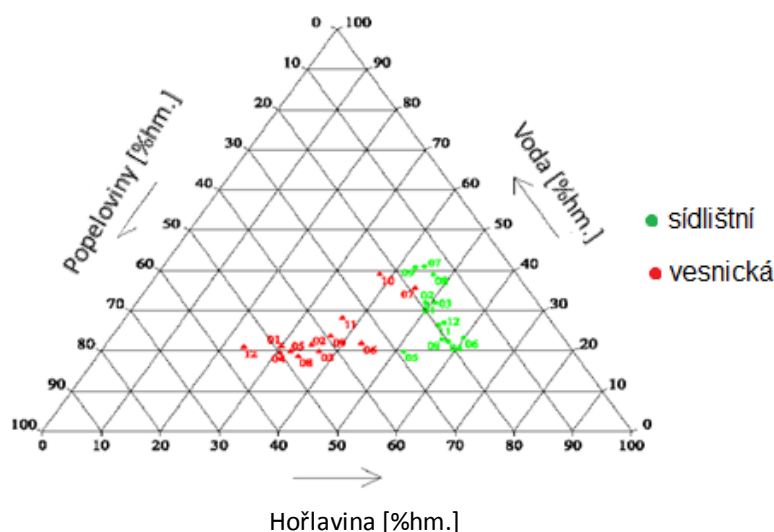
Vývoj produkce komunálních odpadů vztážený na osobu je na obr. 12.



Obr. 12 Produkce komunálních odpadů v ČR [kt/r]

3.3.3 Výhřevnost odpadů

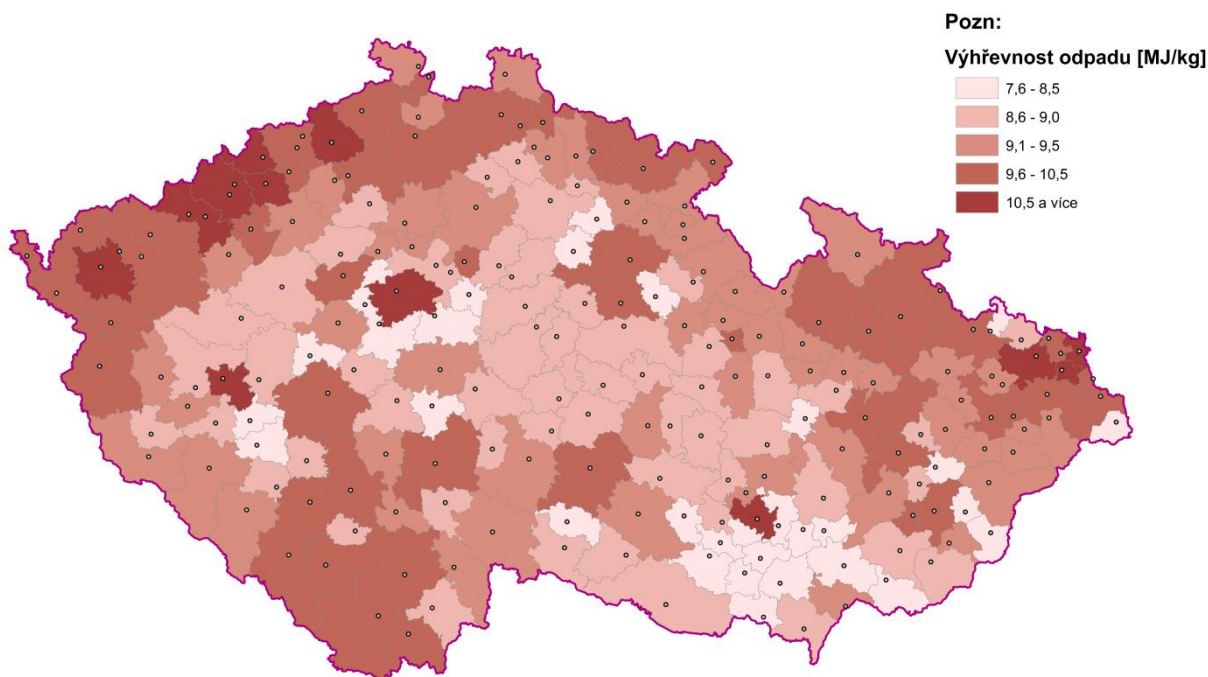
Pro návrh konkrétního zařízení EVO hraje důležitou roli rovněž výhřevnost odpadu. Tento parametr je podstatný pro návrh celého zařízení, má ale i dopad na ekonomiku projektu v podobě výroby energie a s tím spojenými výnosy za její prodej. Pro účely řešení studie byl vytvořen model, který vychází z dostupných informací o skladbě komunálního odpadu ve vybraných lokalitách ČR [4]. Studie [4] poukazuje na odlišnost ve výhřevnosti s ohledem na zastoupení sídlištní, venkovské a smíšené zástavby. V uvedené studii byla použita metodika vzorkování a fyzikálně-chemických analýz domovního odpadu pro určení jeho vlastností (objemová hustota, obsah vody, výhřevnost, obsah stopových prvků).



Obr. 13 Ternární diagram pro komunální odpad se zobrazením výsledků projektů VaV v oblasti odpadového hospodářství [5]

Z důvodu možného použití uvedených hodnot výhřevnosti bylo nutné určit společné kritérium, podle kterého bude vytvořena funkce závislosti. Tímto kritériem bylo zvoleno procentuální zastoupení obydlených bytů v bytových jednotkách z celkového množství všech druhů bydlení (rodinné domy a byty). Zdrojem dat je Český statistický úřad, Metainformační systém ČSÚ. Zpřesnění hodnot výhřevnosti v České republice bylo provedeno na úrovni krajů a správních obvodů obcí s rozšířenou působností (ORP). Poměr bytů a domů byl dosazen do funkční závislosti a byla vypočtena hodnota výhřevnosti.

Výhřevnosti pro jednotlivá ORP v rámci celé ČR jsou graficky znázorněny na obr. 14. Z mapy výhřevnosti je evidentní produkce výhřevnějšího odpadu v rámci velkých (krajských) měst. Naopak nízká výhřevnost je udána na Jižní Moravě, což koresponduje s poznatky z provozu SAKO Brno. Poměrně vysoké výhřevnosti (s ohledem na socio-demografické poměry v regionech) model odhaduje např. v Ústeckém a Karlovarském kraji. Je to dáno typem zástavby (vysoký podíl sídlištní zástavby). Vytvoření kvalitnějšího modelu naráží na neexistenci informací o výhřevnosti ve více lokalitách. Autoři této studie proto dále pracují na zpřesnění modelu.



Obr. 14 Výhřevnost SKO v jednotlivých ORP

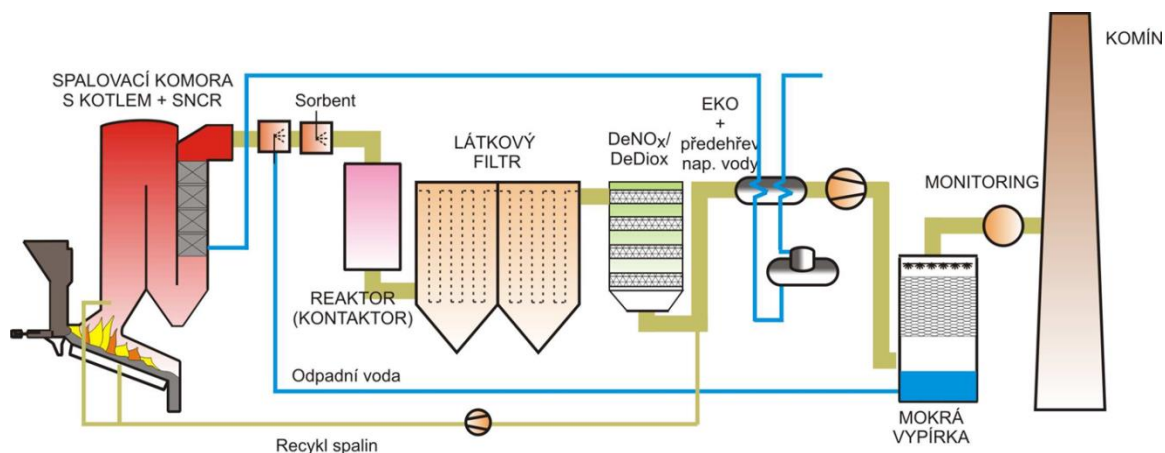
Získané hodnoty výhřevnosti představují odhad vycházející z dostupných údajů vztahujících se k současnému stavu odpadového hospodářství. Výhřevnost bude v budoucnu rovněž ovlivněna celkovým vývojem odpadového hospodářství (další zefektivnění odděleného sběru materiálově využitelných složek, existence trhu s druhotnými surovinami, zavádění systému separace biologicky rozložitelných odpadů). Koncepční vývoj, a tedy i potenciální změny LHV jsou však v tuto chvíli neodhadnutelné. Pro výpočty, které mají za cíl simulovat konkurenční prostředí v roce 2025, bylo uvažováno s konstantním trendem výhřevnosti mezi roky 2012 až 2025.

Průměrná výhřevnost z homogenizovaného odpadu dovezeného do konkrétního zařízení EVO z různých ORP (ovlivňuje výnosy, a tedy i cenu na bráně) se stanovila iteračním dopočtem v kombinaci s optimalizační úlohou zabývající se svozem odpadu.

3.4 Modelová technologie a investiční náklady

V komplexním technicko-ekonomickém modelu, který slouží ke generování podstatných vstupů (viz kap. 3.5), hraje klíčovou úlohu odhad investičních a provozních nákladů. Ve studii se uvažuje s technologickým konceptem, který je shodný pro všechny uvažované lokality. Tento přístup umožňuje zajistit relevantnost výsledků (žádná lokalita není zvýhodněna), přičemž úroveň detailu koresponduje s cílem studie – vyhodnocení reálného potenciálu náhrady chybějícího uhlí ve vybraných lokalitách. Model musí dostatečně odhadovat investiční náklady v širokém pásmu kapacit.

Základ modelové technologie tvoří termický systém s pohyblivým roštem, navazující dohořivací komorou a parním kotlem. Parametry páry jsou uvažovány 4 MPa a 400°C (konvenční, praxí dlouhodobě ověřené parametry). Vyrobená pára je vedena na kondenzační odběrovou turbínu. Parametry odběru jsou voleny pro každou lokalitu zvlášť s ohledem na vyvedení tepelného výkonu. Požadavky na výstupní kvalitu spalin jsou uvažovány jako přísné vzhledem k v současnosti platným emisním limitům a odpovídají úrovni nejlepších dostupných technologií (Best Available Technologies – BAT) pro systém se selektivní katalytickou redukcí, tedy např. emise NO_x pod 100 mg/m_N³. Schéma modelové technologie je zobrazeno na obr. 15.

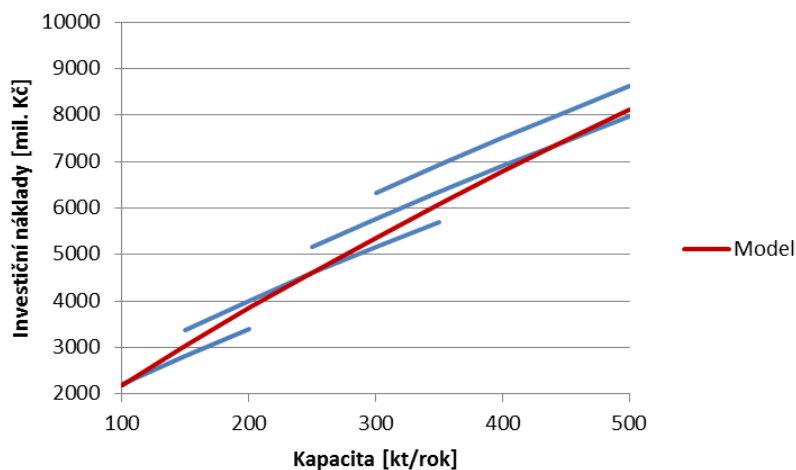


Obr. 15 Uvažovaná technologie EVO

Referenční cena pro zařízení EVO s kapacitou 100 kt/r je zvolena na 2,2 mld. Kč (cenová úroveň roku 2013). Vyšší kapacity byly potom navyšovány koeficientem 0,8. Tento koeficient byl získán detailní analýzou technologických prvků spalovny (stavební část, kotel, turbína atd.). Byla zohledněna míra opakování jednotlivých prvků u vícelinkového řešení. Použitý vzorec pro výpočet investičních nákladů vypadá následovně:

$$I_2 = I_1 \cdot \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^{0,8}$$

kde I označuje investiční náklady a C kapacitu. Závislost investičních nákladu na zpracovatelské kapacitě pro různé počty linek je na obr. 16. Pomocí tohoto modelu byly odhadnuty investiční náklady pro všechny projekty uvažované ve výpočtech.

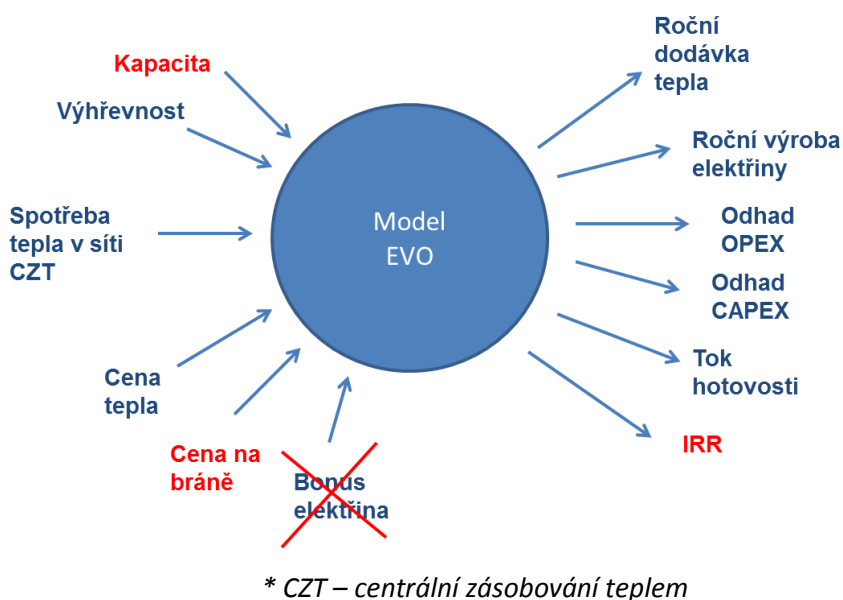


Obr. 16 Závislost investičních nákladů na kapacitě

3.5 Technicko-ekonomické modely EVO

Autoři studie mají k dispozici podrobný technicko-ekonomický model zařízení EVO zohledňující různé kapacitní řešení, strojně-technologické uspořádání i možnosti využití vyrobené energie. Klíčovým výstupem modelu je vyčíslení potřebné ceny na bráně pro dosažení požadovaného IRR.

Model zahrnuje všechny podstatné výnosové a nákladové položky. Pro odhad výnosových a nákladových položek je stěžejní volba zpracovatelské kapacity (efekt klesajících měrných investičních nákladů). Schéma technicko-ekonomického modelu je uvedeno na Obr. 17. Červeně jsou označeny klíčové parametry, které ovlivňují řešenou optimalizační úlohu zabývající se dostupností odpadu pro posuzované EVO. Tyto parametry vstupují do výpočtů v řešené studii. V každé z uvažovaných lokalit vstupuje do technicko-ekonomického modelu roční průběh poptávky po teple v dané lokalitě.



Obr. 17 Technicko-ekonomický model EVO

Technicko-ekonomický model není přímo součástí optimalizačních výpočtů, ale byl využit pro nastavení okrajových podmínek pro výpočet: Pro každé potenciální zařízení EVO byla s jeho pomocí stanovena cena na bráně, která zaručí ekonomickou udržitelnost projektu (na základě externí konzultace nastaveno IRR na 10 %). Z důvodu nejisté ceny užitečného tepla není možné stanovit jednu hodnotu pro cenu na bráně. Z tohoto důvodu byly vytvořeny intervaly pro cenu na bráně, které zajišťují dosažení ekonomické udržitelnosti ($IRR = 10\%$). Z těchto intervalů se poté generovaly ceny na bráně do optimalizačních výpočtů modelujících konkurenční chování jednotlivých zařízení EVO. Ve všech technicko-ekonomických modelech se uvažuje s průměrnou inflací 3 %.

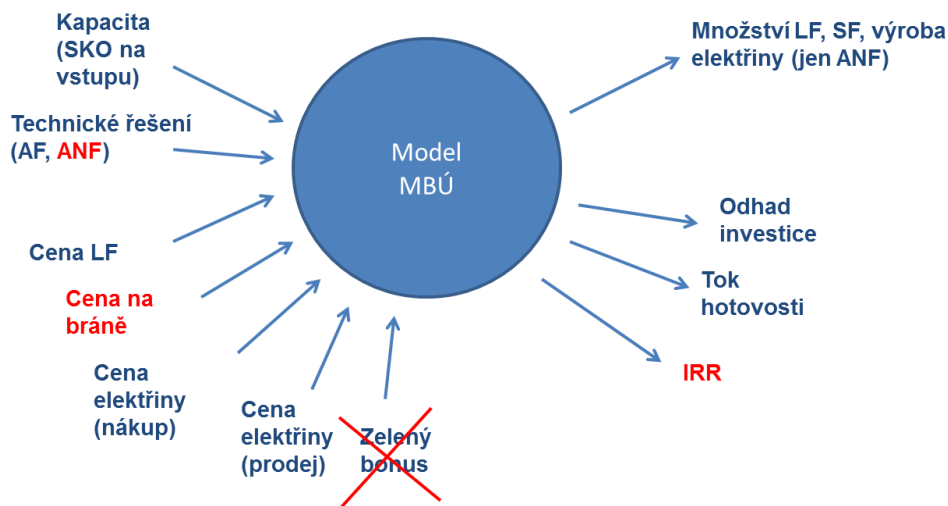
Pokud není uvedeno jinak, neuvažuje se žádná provozní ani investiční podpora.

3.6 Technicko-ekonomický model MBÚ

Analogicky je postupováno i v případě MBÚ. Pro potřeby výpočtů je stanovena cena za zpracování SKO na bráně zařízení MBÚ v závislosti na kapacitě. Tato cena musí zajišťovat ekonomickou udržitelnost projektu s $IRR 10\%$. Schéma technicko-ekonomického modelu MBÚ a parametry podstatné pro výpočet jsou zobrazeny na obr. 18. V současnosti zatím nejsou dány pevné podmínky v legislativě, které by umožňovaly nebo zamezovaly skládkování podsítné frakce z procesu MBÚ. Jistou představu o budoucím trendu může dát věcný záměr zákona o odpadech, který předpokládá, že odpady a materiály, které je možné využívat na skládce odpadů, jako technologický materiál k technickému zabezpečení skládky budou vymezeny ve vyhlášce.

Vzhledem ke své povaze i závěrům předchozích projektů a zahraničních zkušeností je uvažováno se zatížením tohoto hmotnostního toku základním a kompenzačním poplatkem.

V rámci studie bylo MBÚ uvažováno jako doplněk k zařízení EVO. Nastavení modelu reflektuje přípravu tří projektů v lokalitách Radim – ORP Kolín, Mníšek pod Brdy – ORP Černošice a Mladá Boleslav.



* LF – lehká frakce, SF – stabilizovaná frakce, AF – aerobní fermentace, ANF – anaerobní fermentace

Obr. 18 Technicko-ekonomický model MBÚ

Z důvodu potenciálních provozních komplikací a vyšších investičních požadavků se ve studii neuvažuje technologie s anaerobní fermentací (s výrobou elektřiny). Ve výpočtu je uvažována pouze technologie s aerobní fermentací. Potenciální výstavba zařízení MBÚ je v modelu uvažována na každé skládce (skládky v provozu v roce 2013). Toto rozhodnutí je podpořeno myšlenkou nižších nákladů na odstranění zbytkové frakce po vytrídění. Ekonomika procesu MBÚ (a tedy i cena na bráně za zpracování SKO) je výrazně ovlivněna cenou, za kterou budou ochotni následní zpracovatelé (elektrárny, teplárny, cementárny) odebírat LF. I zde je neurčitost v podobě neznámých parametrů zahrnuta do intervalu ceny na bráně. Z tohoto intervalu se generují ceny za zpracování, které vstupují do konkurenčního boje o odpad. Výpočet byl proveden pro každý scénář 30 000x, což dává značný prostor pro statistické vyhodnocení výsledků dané technologie.

3.7 Zahraniční EVO

V příhraničí ČR (Rakousko, Německo) jsou již zařízení EVO delší dobu v provozu. Vlivem snížené produkce, případně kvalitnější separace komunálních odpadů se v poslední době potýkají s možným nedostatkem odpadu pro jejich existující zpracovatelské kapacity. Tento jev je výrazný převážně v zimních měsících, kdy je nižší průmyslová činnost (převážně v odvětví stavebnictví). Transport odpadu v rámci EU je možný, pokud bude v cílové zemi využit energeticky (splněna podmínka minimálního R1) a současně v cílové zemi nedojde k poklesu energetického využívání odpadů (nadbytek kapacit). V případě SKO, vzhledem k jeho některým vlastnostem, není možný jeho volný pohyb jako u odpadů na zeleném seznamu [6], ale je vyžadováno souhlasné stanovisko orgánů zainteresovaných zemí (tzv. notifikace).

Existence volných kapacit u zařízení EVO v Německu a Rakousku, které mají relativně malé dopravní vzdálenosti od obcí v ČR (obr. 19), je zřejmý důvod pro analýzu možnosti exportu odpadu

z ČR. Naše republika sousedí se spolkovými zeměmi Sasko a Bavorsko, kde se nachází 10 spaloven. Možnost spalovat odpad v německých spalovnách byla diskutována s tamními experty [6]. K problematice se vedle provozovatelů vyjádřili rovněž zástupci státní správy. Z těchto diskuzí vyplynulo, že konkrétně bavorské spalovny v tuto chvíli nemají volnou kapacitu. Cca 30 % spalovaného odpadu tvoří odpad živnostenský, jehož obchodování probíhá krátkodobě a v současné době za velmi nízké spotové ceny (viz níže). Proto v tuto chvíli existuje zájem tento odpad nahradit odpadem z ČR v případě dlouhodobých smluv a za tomu odpovídající (vyšší) ceny. Na druhou stranu, import odpadu představuje politicky citlivé téma, což je umocňováno faktem, že všechna zařízení v Bavorsku jsou vlastněna municipalitami. Tzn., že odpovědnost za rozhodnutí k takovému obchodu nenesou provozovatelé spaloven, ale lokální a národní politici.

Na základě odhadů expertů a lokálních odpadových organizací byla stanovena kapacita spaloven pro potenciální využití odpadu z ČR na 30 % z celkové kapacity německých příhraničních spaloven. U Rakouska byl odhad ještě o něco vyšší – 35 % z celkové kapacity. Konkrétní množství odpadu, které je možno vyvézt do zahraničí je zobrazeno na obr. 19.



Obr. 19 Uvažované volné kapacity v příhraničí

Trendem posledních let je snižování produkce odpadů v západních zemích EU. To může mít za následek výraznější potenciál volných kapacit, proto je u kapacit bráno v potaz možné navýšení do 50 % ze současného stavu. Tato varianta je prověřena pomocí výpočtu v jednotlivých scénářích.

Cena za zpracování tuny odpadu závisí na lokalitě a způsobu obchodování. Budoucí cenu může ovlivnit omezení importu odpadu ze západních zemí vlivem výstavby nových zařízení (především v UK, které vyváží podstatné množství vyprodukovaných odpadů právě do Německa). Dalším faktorem ovlivňujícím cenu bude vývoj daní za spalování, v současnosti v Rakousku 8 EUR/t. V Německu spalování odpadu prozatím není zatíženo touto daní. S přihlédnutím k současným cenovým podmínkám v příhraničních státech se ve studii uvažuje široké rozpětí ceny 50 až 100 EUR/t. Výpočet byl proveden v 6 scénářích v rozmezí 10 EUR/t.

3.8 Výpočtový princip

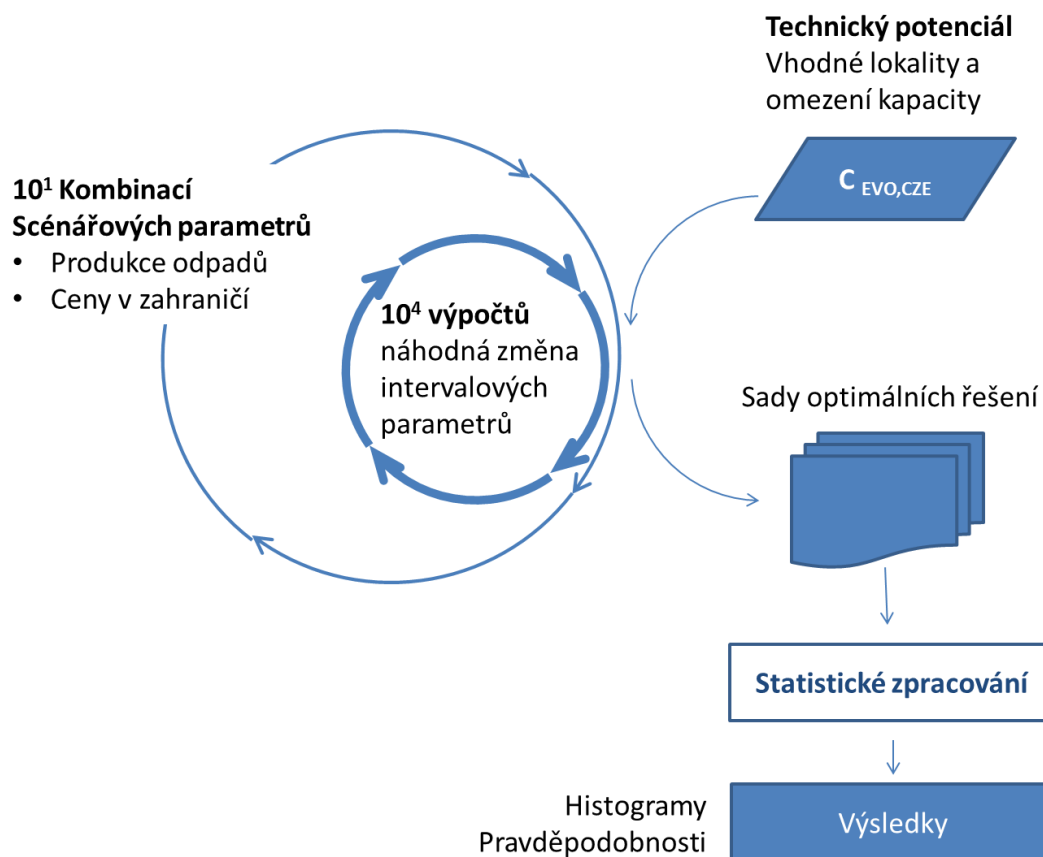
Výše uvedený popis metodiky zdůrazňuje množství neurčitých parametrů, které ovlivňují budoucí ekonomický potenciál uplatnění EVO a následně také výrobu energie z odpadů. Jednotlivé parametry, popř. jejich kombinace pak formují scénáře, které vstupují do výpočtu a pro něž jsou analyzovány výsledky. Pro usnadnění porozumění výsledkům studie prezentovaných v kapitole 4 je detailně zmíněn princip vlastního výpočtu a zpracování výsledků.

Pro účely studie byly neurčité parametry rozděleny do dvou skupin:

- Klíčové (skupina 1)
 - produkce odpadu v roce 2025.
 - cena v zahraničí v roce 2025.
- Důležité – nejisté (skupina 2)
 - cena na bráně konkrétního zařízení (EVO, MBÚ).
 - náklady na dopravu.

Skupina 1 byla ve výpočtu zohledněna ve formě scénářů, proto je lze pojmenovat jako „scénářové parametry“. Celkem bylo uvažováno 6 scénářů u ceny za zpracování v zahraničních zařízeních $GF_{EVO, SRN+AT}$ (50 až 100 EUR/t) a 5 scénářů pro vývoj produkce odpadu $pKO_{EVO,2025}$ (roční změna - 2%, -75%, 0%, 0,75%, 2%). Jejich kombinací vzniklo 30 scénářů.

Odhad parametrů skupiny 2 je proveden ve formě intervalů, se kterými se pracovalo v opakovaných výpočtech v rámci jednoho scénáře. Každý nejistý parametr byl v jednotlivém výpočtu náhodně volen z intervalu. Proto je lze pojmenovat jako „intervalové parametry“ (viz obr. 20). V každém výpočtu se generovala cena na bráně pro každé zařízení EVO (zvlášť pro každé zařízení). Stejný princip byl použit i u potenciálních zařízení MBÚ. Zároveň se měnila horní hranice pro kapacitu jednotlivých projektů (maximální možná kapacita, kterou se dalo v dané lokalitě vybudovat) ($C_{EVO,i}$). Posledním neurčitým parametrem, který byl zohledněn ve výpočtech, byla cena za přepravu. Grafická reprezentace výpočtového postupu je zobrazena na obr. 20. Zvolený počet opakování výpočtu (cca 30 000) dává dostatečný prostor pro různé konfigurace cen na bráně a kapacitních řešení u všech uvažovaných zařízení a umožňuje vytvoření kvalitní datové sady výsledků pro následné zpracování.



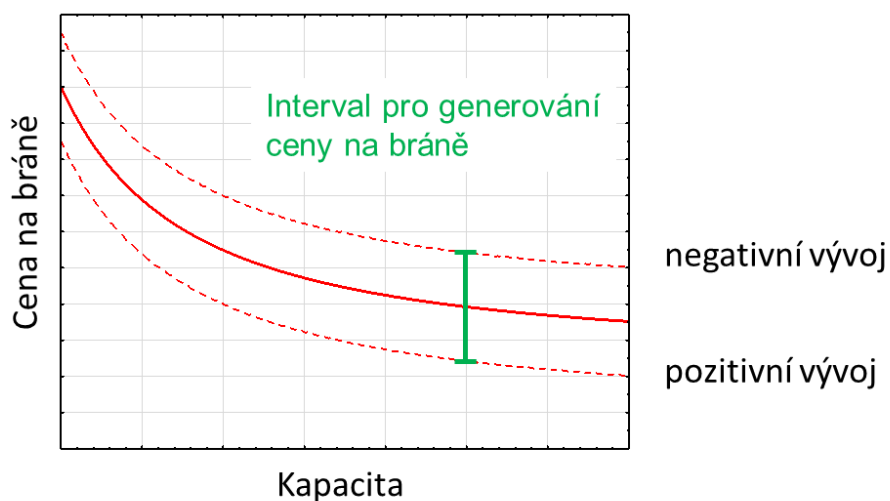
Obr. 20 Grafická reprezentace postupu výpočty s využitím nástroje NERUDA

Optimalizační úloha reflektuje pohled producentů, tj. obcí s rozšířenou působností (ORP). V úloze se ORP rozhoduje, kterého zpracovatele odpadu si vybere. V této konkrétní aplikaci se jedná pouze o EVO a MBÚ, protože je modelována situace, kdy platí zákaz skládkování neupravených odpadů. Jako rozhodující parametr je celková cena za zpracování odpadu, tj. zpracovatelský poplatek zvýšený o dopravní náklady na transport odpadu do místa zpracování. Nastavení zpracovatelských poplatků na bráně koncových zařízení (EVO a MBÚ) je určen z technicko-ekonomických modelů (viz kap. 3.5 a 3.6). Zpracovatelský poplatek, za který je konkrétní zařízení ochotné zpracovat odpad, je ve studii predikován individuálně pro každou lokalitu. V tomto aspektu se jedná o zásadní posun v metodice výpočtu ve srovnání se studií z roku 2011, ve které byly prezentovány obecné závislosti vlivu podstatných parametrů na ekonomiku projektu pouze pro modelovou technologii. GF je dán požadavkem na návratnost investice. Do ekonomiky projektu dále vstupuje celá řada neurčitostí (vývoj cen energií, množství využitelného tepla, provozní náklady, atd.). Z pohledu modelování jednotlivých lokalit je klíčovým parametrem cena za teplo a velikost sítě CZT. Z důvodu komplexního charakteru cenotvorby v teplárenství a jen velmi obtížně odhadnutého vývoje budoucích cen tepla není tento parametr v modelu popsán konkrétní hodnotou, ale intervalem. Rozmezí pro ceny tepla v jednotlivých lokalitách je stanoveno na základě předběžných cen tepelné energie v ČR k 1. 1. 2013 [7]. Konkrétní ceny byly voleny z intervalu 40 až 60 % z cen dodávek z primárních rozvodů.

Optimalizační úloha se počítala opakovaně pro různě generované zpracovatelské poplatky z pevně definovaného intervalu pro každou uvažovanou lokalitu – celkem 30 000 simulací – čímž vznikl dostatečný počet výpočtů pro následné statistické zpracování výsledků. Pro každý výpočet se náhodně vygeneruje cena na bráně pro každý projekt zvlášť (viz předchozí text). Každá ORP se tedy rozhoduje 30 000x o výběru zpracovatele jejich odpadu a to na základě minimálních nákladů

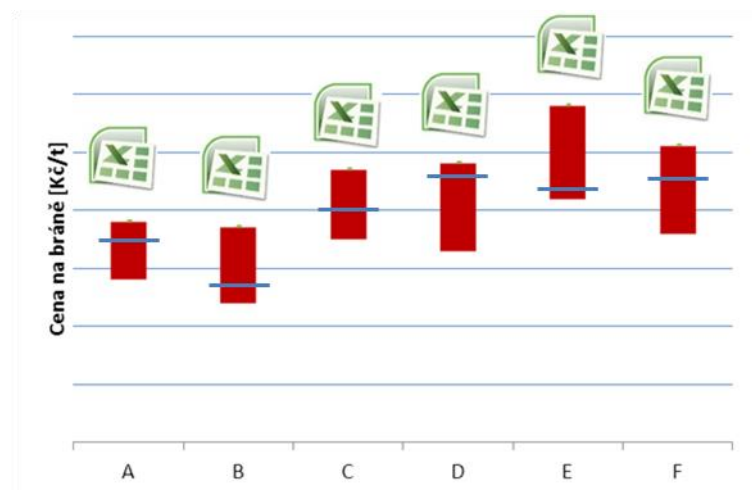
(poplatek na bráně + dopravní náklady). Výsledky jsou podrobeny statistické analýze, která odhadne odpadový potenciál pro výstavbu nových zařízení EVO.

Odhady intervalů cen bráně zajišťujících požadovanou ekonomiku byly vygenerovány před začátkem hlavních výpočtů a vycházejí z výše prezentovaných technicko-ekonomických modelů. Pro rozmezí neurčitých parametrů (dominantní vliv má cena tepla) a jedno kapacitní řešení $C_{EVO,i}$ vznikl interval ceny na bráně (viz obr. 21). Pro různá kapacitní řešení jednoho projektu se mění tento interval, protože se zohledňují změny v měrných investičních nákladech a současně v dodávce tepla. Protože je množství tepla, které lze uplatnit v síti CZT, omezené, může být pás pro cenu na bráně užší pro větší kapacity. Tento jev se vyskytuje u sítí s malou poptávkou po teple. Důvodem je menší podíl tržeb za dodané teplo na celkových příjmech zařízení EVO u vyšších kapacit. Spojením jednotlivých intervalů získáme pás (viz obr. 21), který lze matematicky popsat a vytvořit model. Analogické modely vytvořené pro všechny lokality (i projekty MBÚ) pak vstupují do hlavních výpočtů *NERUDA*.



Obr. 21 Pás pro cenu na bráně v závislosti na kapacitě

Na obr. 22 je ukázán ilustrativní příklad cen na bráně pro různé projekty v rámci jednoho kroku simulace. Obrázek ukazuje 6 projektů, pro které byly z technicko-ekonomických modelů stanoveny rozsahy pro generování ceny na bráně – červený pás. Modrá úsečka udává konkrétní hodnotu použitou v následné simulaci. Výpočty se takto opakovaly v řádu 10^4 pro každý scénář (produkce odpadu a cena na bráně u zahraničních EVO).



Obr. 22 Princip nastavení ceny na bráně pro danou simulaci

Získané výsledky byly následně statisticky zpracovány. Výsledkem při takové strategii výpočtu není jedna číselná hodnota, ale výsledky jsou prezentovány ve formě pravděpodobností nebo histogramů. Protože tyto pojmy budou dále opakovaně používány uvádíme pro přehlednost jejich definici, tak jak ji uvažujeme pro účely této zprávy.

Histogram

Histogram je grafické znázornění rozdělení dat pomocí sloupcového grafu se sloupci stejné šířky. Ta vyjadřuje šířku intervalů (tříd) pro pozorovanou veličinu. Výška sloupců vyjadřuje četnost sledované veličiny v daném intervalu.

Kapacitní faktor – Koeficient využití kapacity (CF)

CF udává poměr doporučené (výpočtem určené) a plánované kapacity. Jedná se o procento využití z plánované kapacity. Může být vypočítán pro individuální projekt ($CF_{EVO,i}$) nebo vystupovat jako agregovaná hodnota pro celou ČR. V kapitole 3.2 bylo uvedeno, že jsou pro každý projekt uvažována tři možná kapacitní řešení $C_{EVO,i}$, a proto lze definovat prostým součtem následující celkové kapacity:

- dolní $C_{EVO,CZE,MIN}$ – celkem 1 940 kt/r
- střední $C_{EVO,CZE,STRED}$ – celkem 2 590 kt/r
- horní $C_{EVO,CZE,MAX}$ – celkem 3 560 kt/r

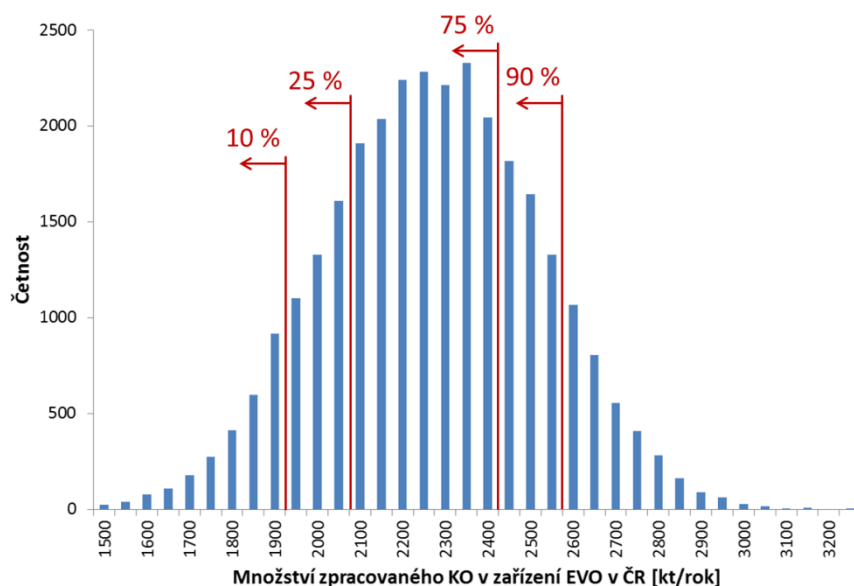
$C_{EVO,CZE,MIN}$ představuje součet minimálních kapacit – 100 kt/r nebo 200 kt/r u větších projektů pro budoucí zařízení EVO a současných kapacit u existujících zařízení EVO. $C_{EVO,CZE,STRED}$ představuje součet středních kapacit – 150 kt/r (300 kt/r u větších projektů) pro budoucí zařízení EVO a současných kapacit u existujících zařízení EVO. $C_{EVO,CZE,MAX}$ udává součet maximálních kapacit – 200 kt/r (400 kt/r u větších projektů) pro budoucí zařízení EVO a navýšení kapacit u existujících zařízení EVO.

Hodnota CF blízká 1 dokládá využití celé plánované kapacity u uvažovaných projektů.

Percentil

percentil X je hodnota, pro kterou platí, že X % hodnot ze souboru je menší než percentil X. Např. percentil 25 je hodnota, pro kterou platí, že 25 % hodnot ze souboru je menší než percentil 25 (obr.

23). Percentil do jisté míry popisuje tvar histogramu a je využit v těch případech, kdy je potřeba prezentovat v jeden okamžik souvislost mezi několika histogramy.



Obr. 23 Ilustrace významu pojmů histogram a percentil

Spolehlivost

Spolehlivost udává, s jakou pravděpodobností bude dosaženo hodnoty u pozorované veličiny (např. agregovaná kapacita zařízení EVO v ČR). Projekt je ekonomicky udržitelný v případě, že je navržena výstavba pro většinu simulací (vyjádřeno jako vyšší spolehlivost – menší rizikovost). Řešení je pak robustní vůči možné konkurenci a budoucímu vývoji klíčových parametrů (produkce odpadů, ceny zahraničních zařízení apod.).

Cílem investorů je dosáhnout vysoké spolehlivosti (mít minimální rizikovost) svých projektů, tzn. plánovat tak, aby jejich projekt byl zahrnut v co možná největším počtu výsledků simulací (vyjádřeno vysokou spolehlivostí).

Z pohledu tvůrců strategií se jedná o jiný přístup. Cílem je být připraven na nejhorší situaci z pohledu možného řešení (existující kapacita, alokované zdroje). Cílem je vytvořit takové prostředí, aby riziko bylo pro investora přijatelné. Plánování na nejpříznivější scénáře (vysoký percentil) by vedlo k přípravě pouze malého počtu projektů a celkové nepřipravenosti na budoucí vývoj.

Proto je nutné hledat vhodný kompromis s vědomím, kolik bude stát nejhorší varianta a co dělat v případě nejméně příznivých scénářů.

4. VÝSLEDKY

Vygenerovaná datová sada umožňuje zpracování výsledků z různého úhlu pohledu a různým způsobem. Každý potenciální subjekt (viz obr. 20 – *NERUDA*) přitom může zajímat jiný výsledek. Byly vybrány výstupy, které naplňují zadání a umožní zformovat patřičná doporučení. Na tomto místě proto připomínáme hlavní cíl studie:

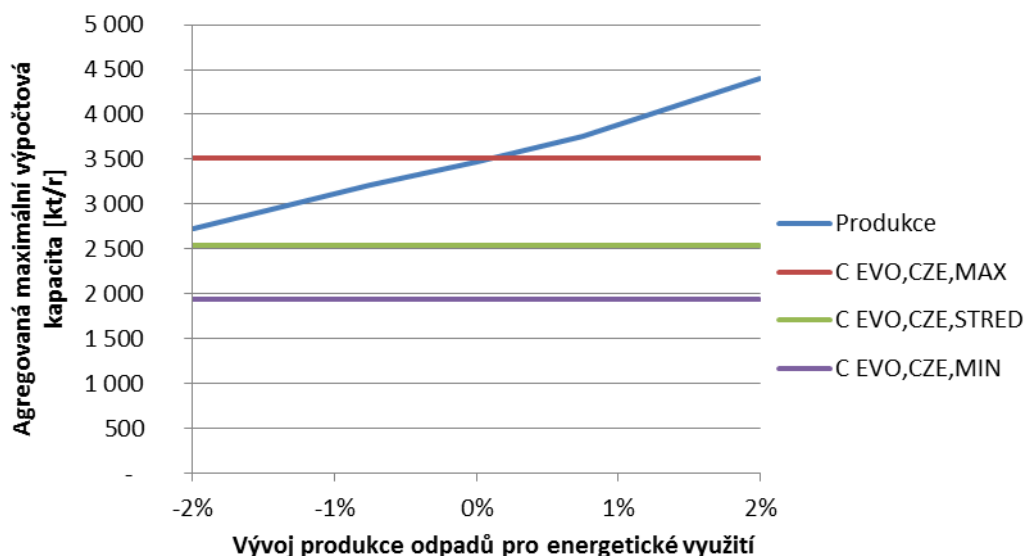
Provést odhad ekonomického potenciálu výroby energie z odpadů na území ČR jako podstatný vstup pro SEK v této oblasti a podstatný výstup pro definování strategie podpory a propagace zařízení EVO ve smyslu skutečného využití tohoto potenciálu.

Sekundárními výsledky jsou:

- Stanovení technického potenciálu odpadů k výrobě energie a specifikace potřebných zpracovatelských kapacit pro jeho využití
- Porovnání koncepčně odlišných technologií (EVO a MBÚ) z pohledu udržitelnosti a rizikovosti při změně podstatných parametrů
- Kvantifikace nutné podpory zařízení EVO jako nutné podmínky pro maximální využití potenciálu spalitelných odpadů.

4.1 Porovnání kapacitního řešení koncových s produkcí odpadů – technický potenciál odpadů k výrobě energie

Na obr. 24 je srovnána produkce spalitelných odpadů $pKO_{EVO,2025}$ při různých prognózách s agregovanou maximální výpočtovou zpracovatelskou kapacitou $C_{EVO,CZE}$, která reprezentuje součet maximálních zpracovatelských kapacit všech uvažovaných projektů. Jedná se o prosté srovnání bez využití složitých výpočtů zahrnujících ekonomickou stránku problému.

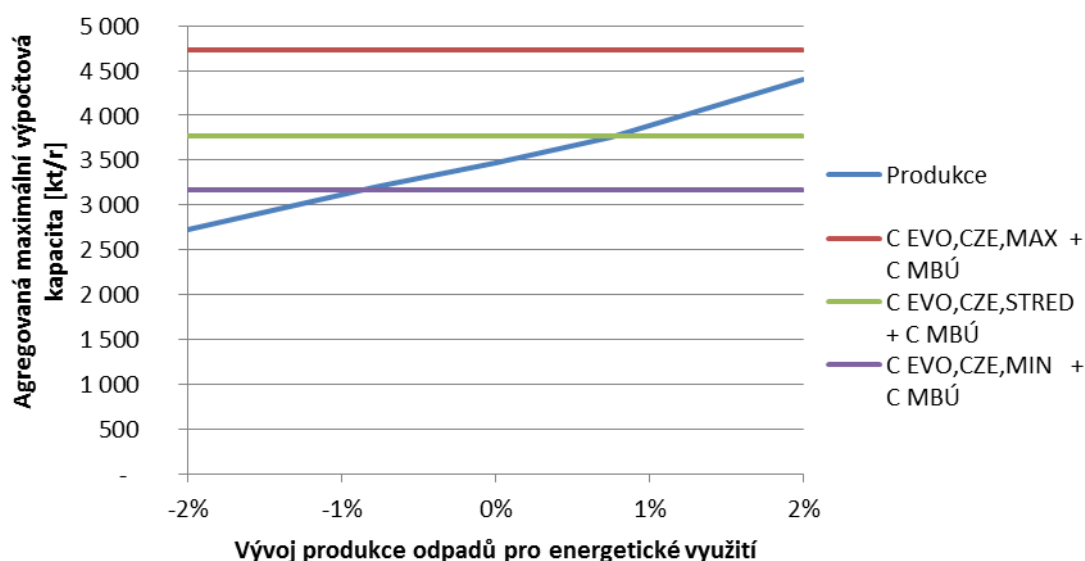


Obr. 24 Maximální energetické využití odpadu v zařízení EVO v ČR v závislosti na vývoji produkce

Z jednoduchého srovnání je patrné, že při udržení současné produkce spalitelných odpadů $p_{KO_{EVO,2025,0\%}}$ by bylo nutné postavit všechny uvažované projekty a to v maximální možné kapacitě $C_{EVO,CZE,MAX}$.

I při výrazném poklesu produkce spalitelných odpadů bude jeho produkce vyžadovat výstavbu maximálních kapacit na úrovni $C_{EVO,CZE,STRED}$.

Jako alternativa zařízení EVO pro zpracování spalitelného odpadu v okamžiku zákazu skládkování se obecně diskutuje o zařízení MBÚ. Vzhledem k přípravě některých projektů MBÚ a za účelem ohodnotit přínos této technologie je s MBÚ uvažováno i v této studii. Na obr. 25 jsou sečteny agregované kapacity obou konceptů. U zařízení MBÚ je maximální výpočtová kapacita ($C_{MBÚ,CZE}$) omezena nutností následně zpracovat LF. Konkrétní hodnoty kapacit pro zpracování LF jsou uvedeny v tab. 1 a v součtu dávají limitní hodnotu množství odpadu teoreticky zpracovatelného v MBÚ $C_{MBÚ,CZE} = 1\,225$ kt/r. Tato maximální hodnota pro zařízení MBÚ je v obr. 25 sečtena s uvažovanými variantami kapacitních řešení (agregovanými hodnotami) pro zařízení EVO.



Obr. 25 Maximální energetické využití odpadu v zařízení EVO a MBÚ v ČR v závislosti na vývoji produkce

Z grafu na obr. 25 lze získat náhled o vhodném nastavení kapacitního řešení v rámci uvažovaných zařízení EVO vzhledem k možným scénářům vývoje produkce odpadu pro energetické využití (technický potenciál). Tento technický potenciál resp. uvedené agregované kapacity $C_{EVO,CZE}$ a $C_{MBÚ}$ bude možné využít pouze v případě, že budou všechny projekty ekonomicky udržitelné, a tudíž zajímavé pro potenciální investory a bude je možné realizovat. V opačném případě bude reálná zpracovatelská kapacita pro energetické využití KO v ČR adekvátně snížena o kapacity jednotlivých zařízení EVO, které atraktivní nebudou (ve výpočtu modelováno požadovanou výnosností investice pomocí $IRR = 10\%$, které ovlivňuje cenu na bráně).

V tomto bodě pak dochází k zásadnímu posunu mezi analýzou tzv. technického potenciálu, jak je uvedeno výše na obr. 24 a obr. 25 a jak je dnes běžně akceptováno při zpracování obdobných studií a hodnocení ve smyslu stanovení tzv. ekonomického řešení. Hlavním přínosem aplikace nástroje *NERUDA* v této studii je právě kvalitativní posun k analýzám zaměřeným na hodnocení ekonomického potenciálu (viz schéma výpočtového postupu na Obr. 20).

4.2 Analýza vedoucí ke stanovení ekonomického potenciálu výroby energie z odpadů v ČR po roce 2025

Úloha představuje komplexní problematiku dotýkající se oblasti OH, teplárenství a dopravy. Každá z těchto oblastí je specifická svými neurčitými parametry, které mohou značně ovlivňovat správné řešení analyzované úlohy. Nástroj *NERUDA* umožňuje propojení sady vstupů z technicko-ekonomických modelů, dopravní infrastruktury a dat a cílů svázaných s OH a následné vytvoření optimalizační úlohy, která hledá nejlepší řešení problematiky – dopady na producenty KO v případě zákazu skládkování. Doprovodným cílem výpočtů v souladu se zadáním je KO zpracovávat efektivně a maximálně využít jeho energetický potenciál. Ve výpočtech se klade důraz na dlouhodobou ekonomickou udržitelnost uvažovaných projektů.

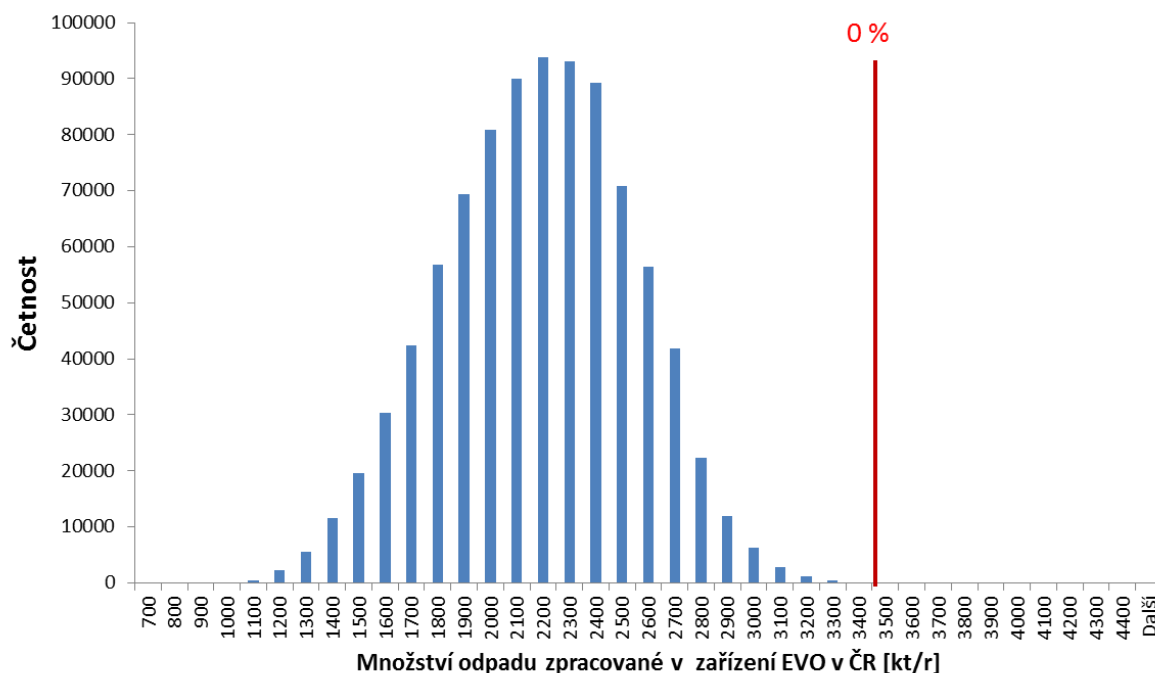
NERUDA pro zadané vstupy $C_{EVO,i}$ doporučí pro každý projekt optimální kapacitu ($c_{EVO,i}$ i $c_{MBU,i}$). Jejich součtem se získá agregovaná hodnota za ČR $c_{EVO,CZE}$, která současně reprezentuje množství zpracovaného odpadu v těchto zařízeních. Zbývající množství odpadu je zpracováno v zařízeních MBÚ $c_{MBU,CZE}$ nebo je exportováno k termickému zpracování do zahraničí $c_{EVO,SRN+AT}$. Při každém opakování výpočtu se získá jiná sada výsledků $c_{EVO,i}$, $c_{MBU,i}$, a tedy i jiné agregované hodnoty $c_{EVO,CZE}$, $c_{MBU,CZE}$, $c_{EVO,SRN+AT}$.

Všechny výsledky a prezentovaná čísla se vztahují k roku 2025

4.2.1 EVO jako klíčový článek odpadového hospodářství

Pro prvotní představu bylo nejprve vyhodnoceno všech 900 000 simulací, z jejichž výsledků byl vyhotoven histogram udávající množství odpadu zpracovaného v zařízeních EVO v ČR $c_{EVO,CZE}$ (Obr. 26). Ze všech výpočtů leželo 90 % výsledků v intervalu 1 536 – 2 704 kt/r (pouze pět procent bylo nad, resp. pod uvedenými hranicemi). Výsledky zahrnují všechny scénáře cen v zahraničí i produkce odpadu $p_{KO_{EVO,CZE,2025}}$. Proto je interval poměrně široký. Z výsledku je patrné, že ekonomicky udržitelné zpracovatelské kapacity $c_{EVO,CZE}$ ve většině scénářů nestačí zpracovat produkci SKO tak, jak byla uvedena v tab. 2 (2 724 kt/r až 4 402 kt/r). Hodnoty v histogramu nelze přímo porovnávat s jednotlivými scénáři pro vývoj produkce spalitelných odpadů. Každý scénář produkce odpadu povede na jiný histogram. Proto je v Obr. 26 naznačen pouze neutrální scénář produkce odpadu $p_{KO_{EVO,CZE,(0%)}$, který tím, že reprezentuje střední hodnotu intervalu, koresponduje s prezentovaným histogramem.

Medián pro množství KO zpracovaného v zařízeních EVO v ČR je cca **2 200 kt/r**, **směrodatná odchylka je přibližně 250 kt/rok**.

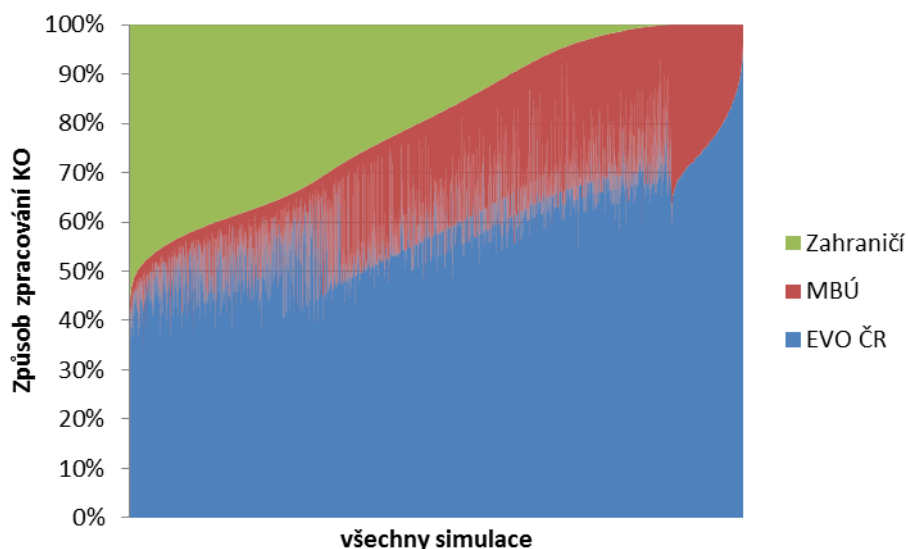


Pozn. červená úsečka označuje množství vyprodukovaného odpadu vhodného pro energetické využití při konstantním vývoji produkce (roční změna 0 % oproti roku 2013)

Obr. 26 Histogram množství odpadu zpracovaného v zařízení EVO V ČR

Dnes je hlavní konkurencí projektům EVO skládkování. Současné ceny za skládkování nedávají prostor pro přípravu atraktivních projektů. S budoucím vývojem legislativy se předpokládá zákaz skládkování a dostatečný čas na realizaci potřebných kapacit. Simulace ale naznačují, že existuje podstatné riziko, že významná část odpadu, a tedy i energie a druhotné suroviny v něm obsažené nemusí být využity v zařízeních EVO. Obr. 26 současně naznačuje nenaplnění kapacit uvažovaných projektů EVO v rozsahu jaký výpočet předpokládal. Logickou otázkou je, ve kterých zařízeních odpad končí.

Tato situace je patrná z obr. 27, ve kterém je zobrazen podíl odpadu zpracovaného v ČR pomocí EVO nebo MBÚ a v zahraničí. Hodnotě 100 % na ose y nelze přiřadit konkrétní hodnotu, protože v průběhu simulací se lišila ve třech scénářích (viz tab. 2). Významný podíl odpadu je dle simulací exportován do zahraničních zařízení EVO, proto byly výsledky seřazeny právě podle této hodnoty. Míra vývozu odpadu samozřejmě klesá s rostoucí cenou za zpracování v těchto zařízeních.

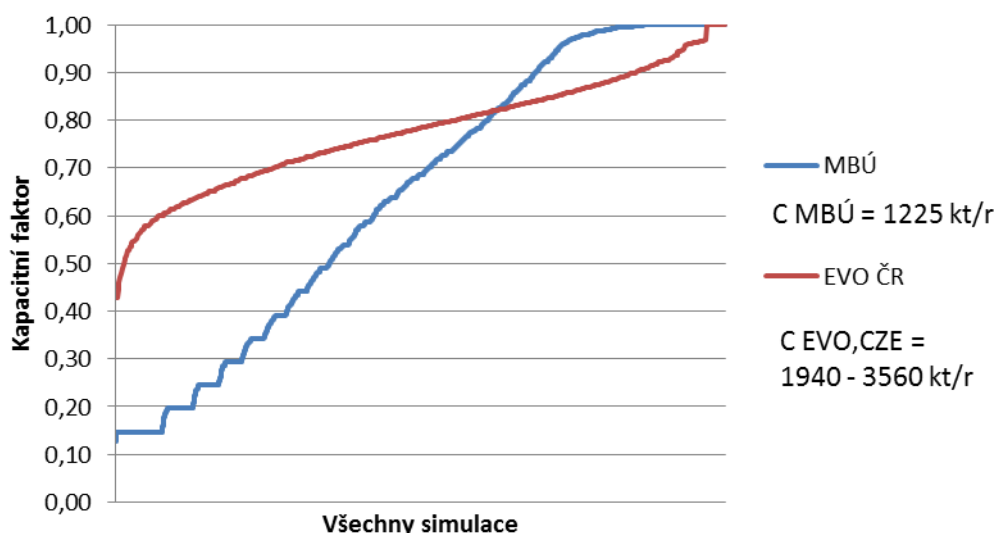


Pozn., pořadí simulací uspořádáno vzestupně podle množství KO zpracovaného mimo zařízení v ČR

Obr. 27 Způsob zpracování KO vyprodukovaného v ČR

Z Obr. 27 je patrné, že využití technologie MBÚ pro zpracování KO je pravděpodobnější při větším množství vystavěných kapacit u zařízení EVO. Tzn., že projekty MBÚ jsou spíše doplňkem k zařízením EVO než jejich plnohodnotnou alternativou a technologií vhodnou pro plošné řešení na území ČR. Tento důsledek je umocněn omezenou kapacitou pro následné spoluspalování vyrobené LF. Obr. 27 současně ukazuje na značnou variabilitu na rozhraní ploch MBÚ a EVO. Hloubka „zářezů“ na straně MBÚ je přitom výrazně větší než na straně EVO. MBÚ kmitá téměř v celé své potenciální kapacitě. To je přímým důsledkem vysoké nestability a tedy i rizikovosti projektů MBÚ. U EVO se některé projekty staví bez ohledu na aktuální scénář. Detailnější analýza výsledků na úrovni jednotlivých ORP ukázala, že i poměrně mírná změna vstupních parametrů může změnit atraktivitu projektu MBÚ.

Srovnání rizikovosti projektů EVO a MBÚ ukazuje Obr. 28, kde je vidět naprosto zásadní rozdíl v úspěšnosti naplnění dostupné kapacity. Zařízení EVO přitom zpracují mnohem více odpadu.



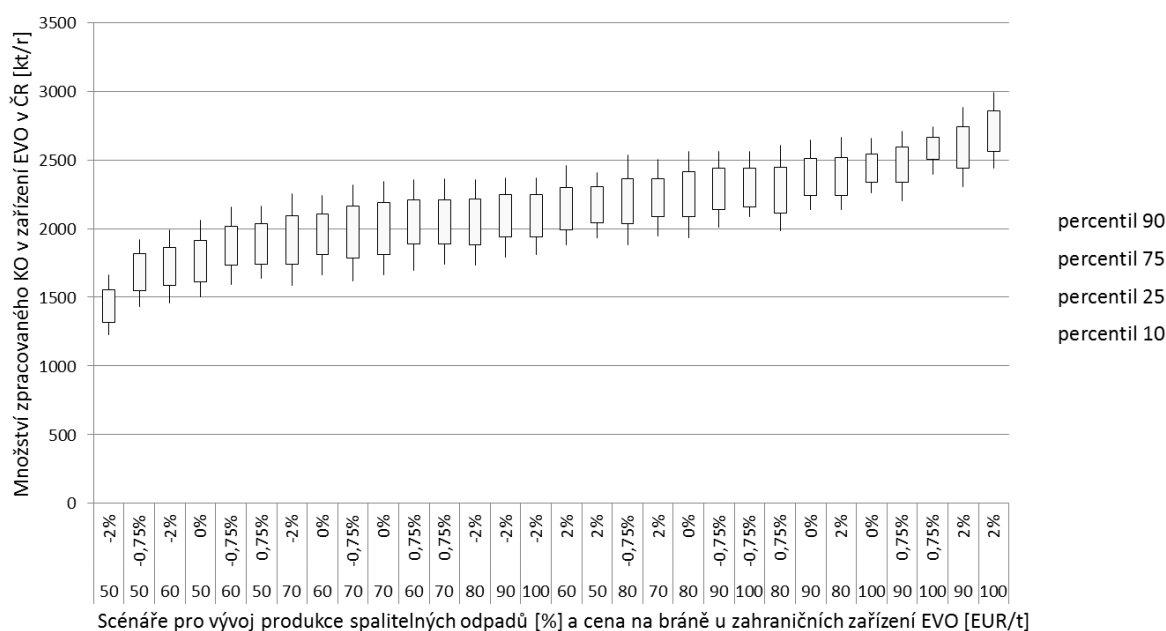
Obr. 28 Porovnání rizikovosti projektů EVO a MBÚ

Výsledky simulace potvrzují, že technologie EVO je klíčovým prvkem pro budoucí podobu OH ČR. I přesto, že výpočty neuvažovaly žádné dotace těmto zařízením, optimalizační nástroj doporučil zpracovat průměrně asi 60 % množství spalitelných KO v těchto zařízeních.

Vzhledem k rizikovosti technologií MBÚ a jejich spíše doplňkovému charakteru, se bude zbývající část studie zaměřovat především na analýzu z pohledu zařízení EVO.

4.2.2 Analýza dosažitelné kapacity zařízení EVO po roce 2025 v systému bez provozní a investiční podpory

V předchozích obrázcích byly výsledky zpracovány pro všechny scénáře. Detailnější analýzu poskytuje následující graf (Obr. 29), který výsledky hodnotí i vzhledem k ceně v zahraničí a produkci odpadu.

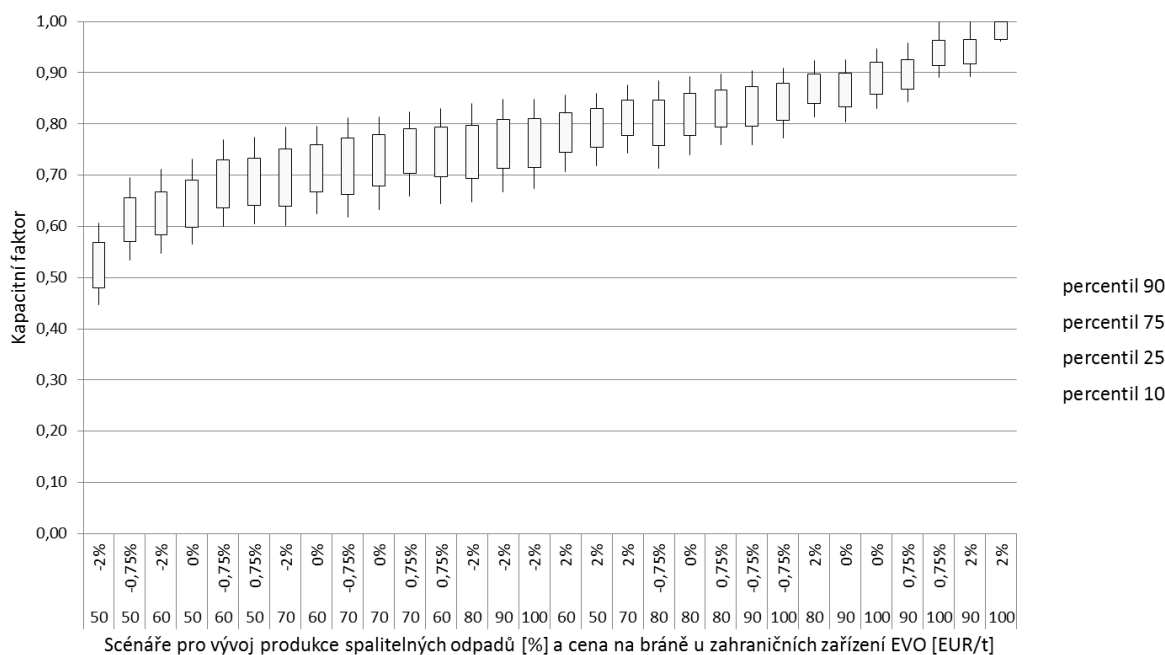


Obr. 29 Kombinace uvažovaných scénářů pro ceny v zahraničí a produkci odpadu

Pro zobrazení je využit tzv. burzovní graf, který pracuje s percentily (10, 25, 75, 90 % simulací pod stanoveným percentilem). Popis a význam těchto grafů byl uveden v kap. 3.8 a na obr. 23, který reprezentuje konkrétní scénář: 80 EUR/t za zpracování KO v zahraničí a 0% vývoj produkce odpadů. Jedná se o situaci, která vystihuje současnou situaci – stejná produkce SKO jako dnes, ceny zahraničí odpovídají dlouhodobým kontraktům na SKO z domácností.

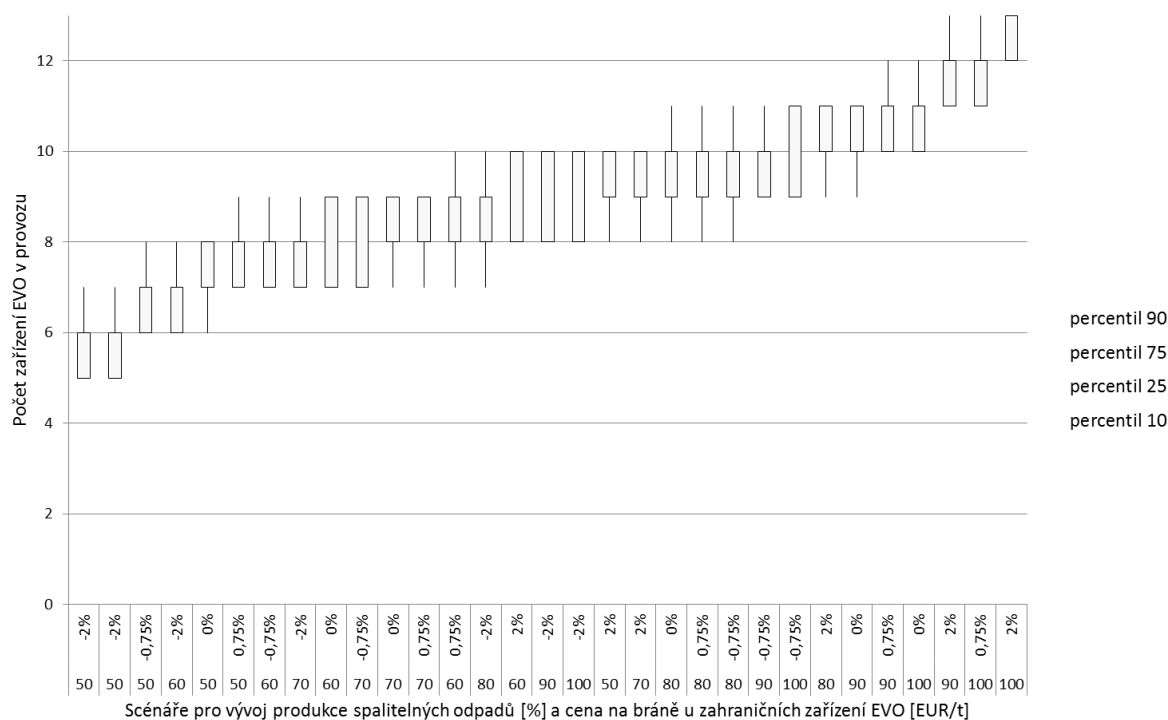
Z obr. 29 je vidět, že mezi kvantily 10 a 90 % (80 procent všech simulací) pro jednotlivou kombinaci mezi uvažovanými scénáři je rozmezí okolo 500 kt/r. Pro kvantily 25 a 75 % (50 % všech simulací) je rozmezí asi poloviční, což představuje poměrně kvalitní odhad pro budoucí rozhodnutí vzhledem k možnému vývoji obou parametrů.

Pomocí burzovních grafů bylo zpracováno i využití možné maximální kapacity (pro tři uvažované scénáře $C_{EVO,CZE,MIN}$; $C_{EVO,CZE,STRED}$; $C_{EVO,CZE,MAX}$). V Grafu na obr. 30 jsou zobrazeny všechny kapacitní varianty najednou. Vysoká pravděpodobnost naplnění uvažované kapacity byla dosažena pouze pro nejpříznivější kombinace uvažovaných scénářů (z pohledu ekonomiky zařízení EVO). Většina výsledků se pohybovala mezi 65 až 85 %. Z důvodu zhoršené ekonomiky nebyla doporučena výstavba všech plánovaných kapacit.



Obr. 30 Využití plánované agregované kapacity všech zařízení EVO v ČR

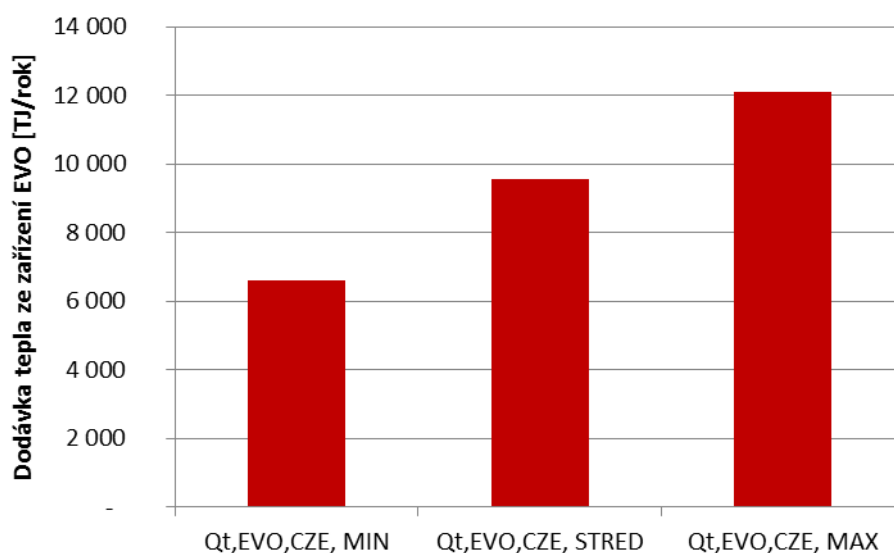
Většina výpočtů navrhla provozovat celkem 8 až 10 zařízení (obr. 31). V grafu jsou data zobrazena včetně existujících zařízení.



Obr. 31 Počet doporučených zařízení EVO v ČR (včetně existujících zařízení)

4.2.3 Prognóza výroby energie z EVO po roce 2025

Výsledky doporučeného kapacitního řešení z jednotlivých simulací ($c_{EVO,i}$) byly následně převedeny pomocí technicko-ekonomických modelů u jednotlivých lokalit (viz kap. 3.5) na množství dodávaného tepla ($Q_{T,i}$) a elektřiny ($W_{el,i}$). Výsledky pro souhrnnou dodávku tepla do sítí CZT v uvažovaných lokalitách pro výstavbu nových zařízení EVO jsou zobrazeny v histogramu na obr. 32 ($Q_{t,EVO,CZE}$).



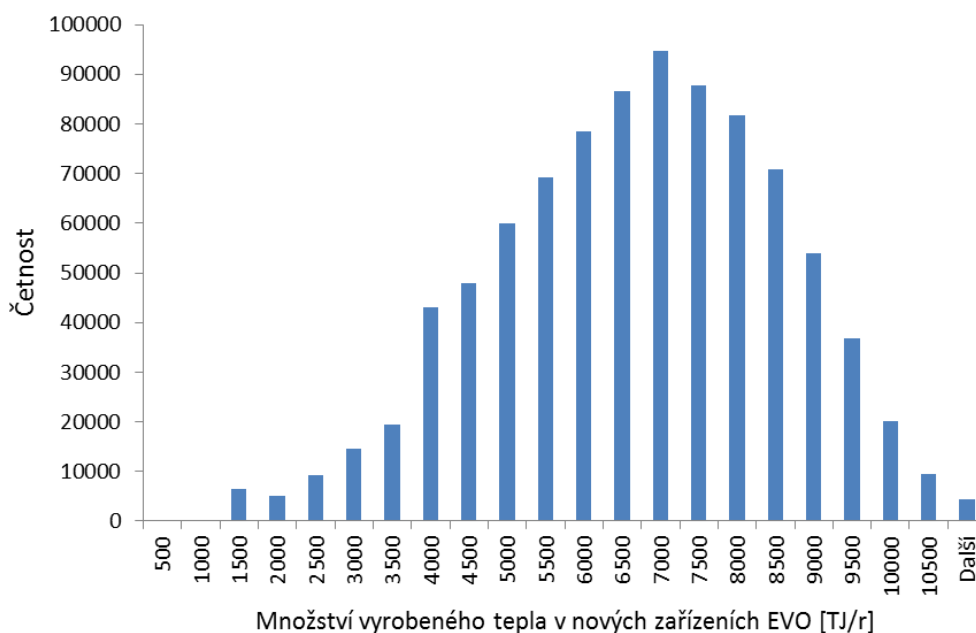
Obr. 32 Potenciální dodávka tepla z nových zařízení EVO do sítí CZT

Množství dodaného tepla v rámci měsíčních poptávek do sítí CZT je v přímé úměře s variantami kapacitních řešení nových zařízení EVO. Omezení dodávek v rámci menší poptávky v letních měsících je minimální, takže maximální kapacitní varianty $C_{EVO,i}$ jsou nastaveny v souladu s velikostmi sítí CZT v uvažovaných lokalitách. To znamená, že vyšší kapacity mají smysl i z pohledu chybějícího uhlí, ne jen z potřeby zpracovávat odpad (efekt nižší ceny na bráně).

V grafu (obr. 33) není zobrazena dodávka z již existujících zařízení a z plánovaného projektu ZEVO Chotíkov. V souhrnu za tyto provozy se jedná přibližně o hodnotu 4 300 TJ/rok. Medián celkové dodávky tepla ze všech nových zařízení EVO je přibližně 6 500 TJ/rok (průměr je přibližně 6 500 TJ/rok se směrodatnou odchylkou 1 870 TJ/rok). Většina výsledků (asi 90 %) nepřekročila množství 8 800 TJ/rok. Celkový potenciál dodávky tepla ze všech zařízení EVO do CZT činí **12 PJ/rok**.

Pro dosažení vyšších dodávek tepla by musel nastat extrémně pozitivní scénář (z pohledu výroby energie) – vysoké ceny na bráně u zařízení EVO v zahraničí případně rostoucí vývoj produkce KO vhodných pro energetické využití.

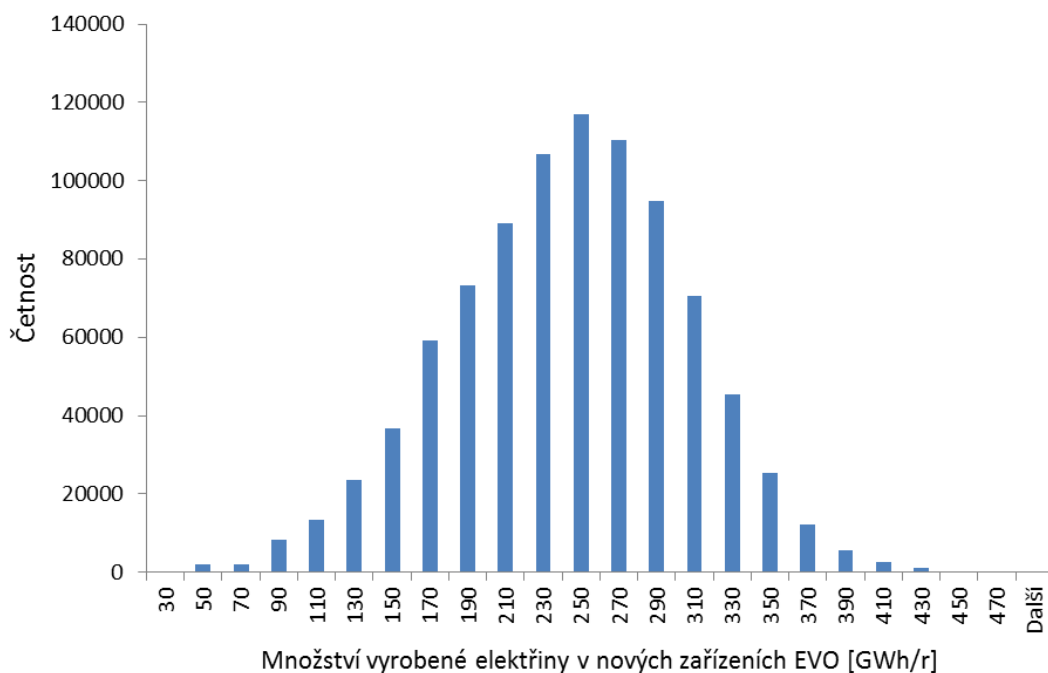
Další variantou je vyvážit negativní scénáře pro vysokou dodávku tepla ze zařízení EVO adekvátní podporou ve formě investiční dotace, případně dotace výroby zelené energie (teplo, elektřina).



Obr. 33 Histogram množství dodaného tepla z nových zařízení EVO

Podobně byly výsledky zpracovány i pro výrobu elektřiny z nových zařízení EVO (obr. 34). Zde byl medián dodávky elektřiny přibližně 240 GWh/r (průměr je přibližně 230 GWh/r se směrodatnou odchylkou 62 GWh/r). Horní hranici 90 % všech výsledků je 310 GWh/r. V histogramu chybí dodávka z již existujících zařízení EVO a projektu ZEVO Chotíkov, jedná se přibližně o 180 GWh/r.

Celkový potenciál čisté výroby elektřiny ze všech zařízení EVO do sítě činí **550 GWh/r**.



Obr. 34 Histogram množství dodané elektřiny z nových zařízení EVO

Přestože z diskuse nad výsledky studie z roku 2011 vyplývá názor některých zúčastněných, že 11 nových zařízení pro ČR je příliš, že ČR nebude potřebovat tolik kapacit a množství zbytkového jinak nevyužitelného KO se bude výrazně snižovat v důsledku postupného zvyšování recyklace a materiálového využití, je z obr. 26 patrné, že pro většinu budoucích scénářů není kapacita 11 nových zařízení dostatečná pro energetické využití potenciálu zbytkových KO. Jednak je to dáno celkově nízkou omezenou kapacitou uvažovanou pro tato zařízení EVO (viz obr. 24), dále také potenciální ekonomickou nekonkurenceschopností některých projektů.

Výstavba kapacitně větších zařízení je v souladu se snahou maximalizovat potenciální náhradu energie z fosilních paliv. Navíc, jak bude ukázáno později, kapacitně větší zařízení vykazují vyšší ekonomickou stabilitu. Vzhledem k tomu, že při výpočtech byly při návrhu optimálních kapacit zohledněny i náklady na dopravu, koncept založený na větších zařízeních představuje výhodnější a méně rizikovou variantu.

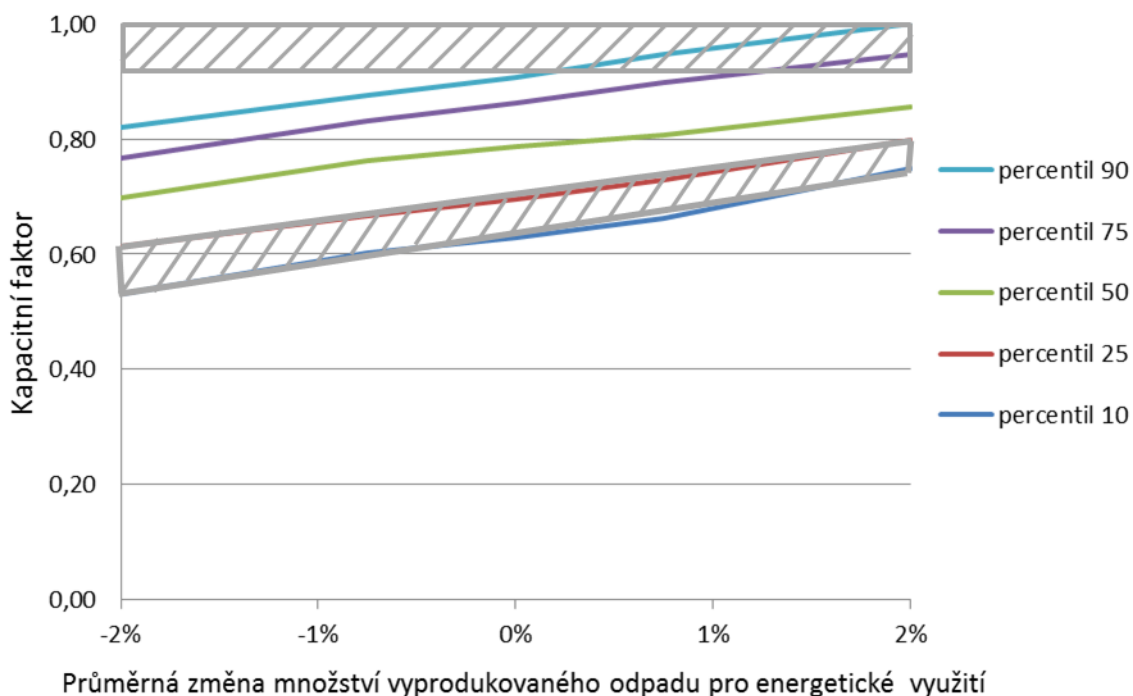
Kapitola 4.2.4 bude věnována koncepcím na úrovni státu nebo krajů. Ty se mohou reálně přetavit do pro investory zajímavých projektů s akceptovatelným rizikem. Jako ukazatele úspěšnosti projektu byla použita spolehlivost a dříve zmíněný kapacitní faktor. Cílem tvůrců strategie v oblasti OH je nastavit takové prostředí, aby investor byl motivován k přípravě a realizaci projektů tak, aby v okamžiku platnosti zakazu skládkování existovaly dostatečné kapacity pro zpracování odpadů (kapacitní faktor se blíží 1). Na druhou stranu investor vyžaduje stabilní podnikatelské prostředí a přijatelnou míru rizika (vysoká spolehlivost). Konkrétní vyčíslení z pohledu kapacitního faktoru pro zařízení EVO a různé scénáře produkce odpadu budou předvedeny v následující kapitole.

Při produkci spalitelných odpadů na dnešní úrovni a za situace faktické neexistence provozní a investiční podpory nemusí být prostředí příznivé pro realizaci dostatečných zpracovatelských kapacit v ČR ani za situace zakazu skládkování.

4.2.4 Analýza projektů EVO z pohledu investorů

Obr. 34 ve větším detailu analyzuje úvodní histogram (obr. 25) s cílem posoudit vzájemnou souvislost výsledku na jednom z klíčových scénářových parametrů (tj. produkce nebo ceny v zahraničí). Ceny za zpracování v zahraničí nelze z pohledu tvůrců strategie v ČR žádným způsobem ovlivnit, bude je nutné v podstatě pasivně akceptovat. Naopak jasné definování cílů a aktivní práce v oblasti materiálového využití může do jisté míry ovlivnit budoucí trend produkce. Proto jsou níže prezentovány grafy, ve kterých jako parametr vystupuje právě produkce odpadů. Cena v zahraničí pak jako hlavní parametr ovlivňuje výsledky a definuje jejich výsledné rozpětí popsané percentily.

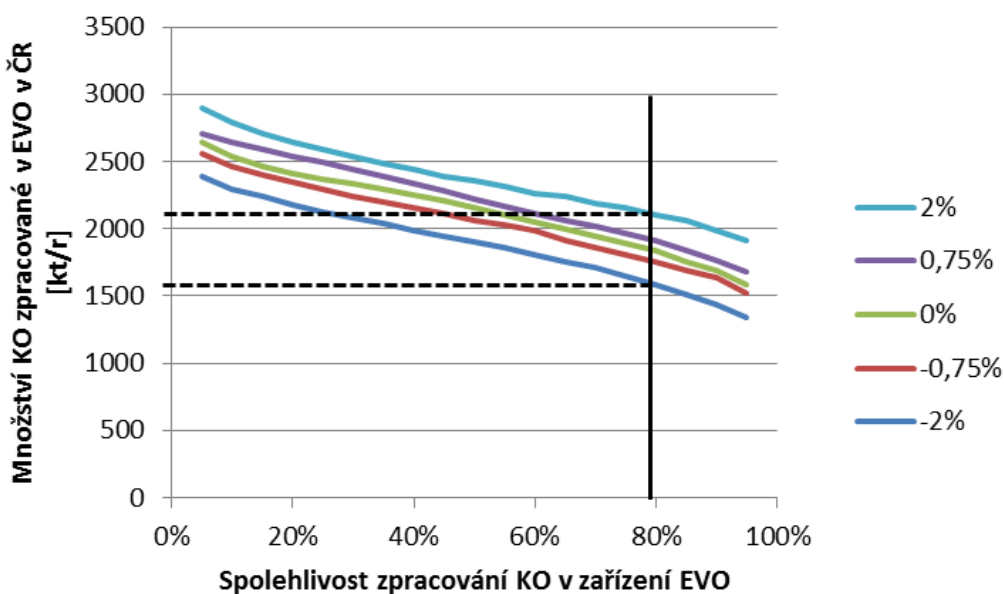
V tomto duchu jsou na ose x v obr. 35 vyneseny jednotlivé scénáře produkce odpadů a je analyzováno dosažení požadované kapacity vyjádřené kapacitním faktorem. Obecnou snahou by mělo být vytvoření prostředí, které bude motivační z pohledu vzniku dostatečných kapacit pro zpracování KO (obr. 24 a obr. 25), tzn. kapacitní faktor se bude blížit 1. Z obr. 35 je vidět, že tento stav nastává pouze v malém procentu simulací. Většina simulací doporučí kapacitu nižší (vysoký percentil). Optimální oblasti z pohledu obou subjektů jsou v grafu zvýrazněny. Vyznačená oblast s kapacitním faktorem 0,5 až 0,8 udává bezpečnou zónu (akceptovatelné riziko) z pohledu budoucích investorů. V ideální případě by se měly obě oblasti překrývat. Protože se vyšrafované oblasti neprotínají, bez určité formy budoucí podpory nebudou vystavěny potřebné kapacity EVO pro zpracování KO. V současném stavu dosahují takových hodnot rizika pouze některé projekty, což odpovídá potenciální výstavě pouze částečných kapacit z celkové potřeby. Pokud by se vyšrafované oblasti překrývaly, legislativní zakotvení budoucího zákazu skládkování by mohlo být dostatečným impulsem pro plánování budoucích projektů tak, aby v roce 2025 existovalo dostatek kapacit pro energetické využití odpadu.



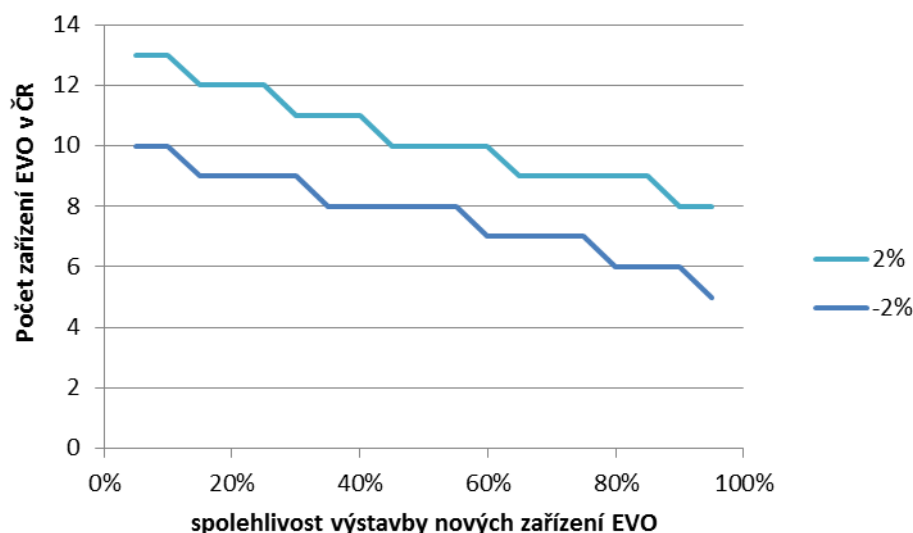
Obr. 35 Využití maximální plánované kapacity pro uvažované a existující zařízení EVO

Obr. 36 dává do souvislosti, jaké kapacity lze z pohledu tvůrců strategie nakládání s odpady očekávat vzhledem k požadavkům investorů na vysokou spolehlivost, a tedy nízké riziko. Na obr. 37 je zobrazen celkový počet zařízení EVO v ČR. Prostřední scénáře pro produkci KO jsou vynechány z důvodu přehlednosti grafu.

Spolehlivosti přesahující 80 % dosahují zpracovatelské kapacity v maximálním součtu 1 500 kt/r při výrazném poklesu produkce KO a 2 100 kt/r při výrazném nárůstu produkce KO. Toto množství odpadu je využito v 6 až 9 zařízeních EVO. Vzhledem ke třem provozovaným zařízením a jednomu ve výstavbě (ZEVO Chotíkov) se jedná o budoucí přípravu pouze 2 až 5 nových projektů (viz obr. 37). Výsledek odráží dlouhodobou situaci a vysvětluje, proč bez investiční dotace je v 21. století v ČR realizován pouze a právě jeden projekt ZEVO Chotíkov, kde investorem je subjekt s relativně nízkým požadavkem na návratnost vložených prostředků. Menší spolehlivost ekonomické udržitelnosti pro investory představuje neadekvátní riziko a bez rozumné podpory s největší pravděpodobností vzniknou nové projekty pouze ojediněle. Vyšší riziko muselo být kompenzováno vyšší očekávanou investicí (vyšší IRR), která se projeví zvýšením ceny na bráně, a tedy nekonkurenceschopností nebo zvýšenou garancí ze strany státu.



Obr. 36 Agregovaná kapacita zařízení EVO v ČR v závislosti na spolehlivosti ekonomické udržitelnosti (včetně existujících a ZEVO Chotíkov)



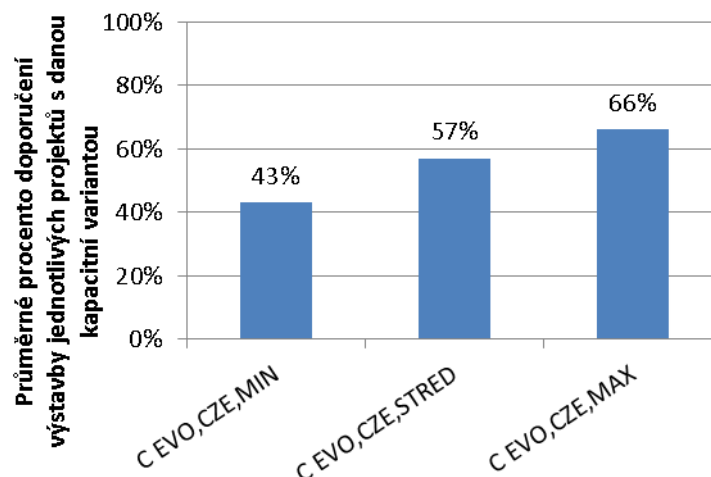
Obr. 37 Počet projektů EVO v ČR v závislosti na spolehlivosti ekonomické udržitelnosti (včetně existujících a ZEVO Chotíkov)

Klíčový vliv na ekonomickou udržitelnost (cenovou konkurenceschopnost) projektu EVO má zvolená zpracovatelská kapacita. Proto jsou získané výsledky analyzovány i z tohoto pohledu. V závěru kapitoly 4.2.1 byl prezentován dílčí závěr, že bez dotace těmto zařízením optimalizační nástroj doporučil zpracovat v EVO průměrně asi 60 % množství spalitelných KO. S tím koresponduje také podíl ekonomicky udržitelných zpracovatelských kapacity vůči tomu, co by bylo potřeba (průměrný kapacitní faktor 0,8, viz obr. 35). Vzhledem k tomu, že MBÚ vykazuje ještě vyšší rizikovost, končí zbývající množství odpadů, a tedy i energie a v odpadu obsažených druhotných surovin v zahraničí.

V předchozích částech studie bylo naznačeno, že s rostoucí kapacitou klesají měrné investiční náklady a následně i cena na bráně.

Tento pozitivní efekt byl vyhodnocen v kontextu celého území ČR. Sada všech výsledků byla rozdělena do tří skupin podle maximální kapacity $C_{EVO,CZE}$ a pro každou kapacitní skupinu byla vyhodnocena průměrná spolehlivost realizace projektů. Z výsledků na obr. 38 je vidět výrazný trend rostoucí udržitelnosti pro projekty s vyšší kapacitou. Pro srovnání uvádíme, že průměrná spolehlivost všech projektů bez rozlišení kapacity je 55 %. Každý projekt má individuální dopady na ekonomiku a jeho spolehlivost může být značně odlišná.

Tento závěr je platný z obecného pohledu, ale nemusí být platný pro všechny uvažované lokality. Přesto by při plánování jednotlivých projektů na úrovni studie proveditelnosti měl být tento závěr respektován a různá kapacitní řešení by měla být prověřena. Nedílnou součástí takové analýzy je sestavení ekonomického modelu v rozsahu jako je využit v této studii. Vzhledem k tomu, že vyšší kapacita může mít velmi pozitivní efekt na udržitelnost, bylo by chybou se v úvodní fázi plánování projektu fixovat na kapacitu určenou z dostupnosti odpadu v daném regionu nebo kraji. Dopady tohoto dnes běžně akceptovaného postupu dokladuje právě rozdíl ve výsledcích mezi analýzou technického potenciálu od svého okolí izolovaného projektu (viz kap. 4.1) a komplexního hodnocení konkurenceschopnosti jednotlivých projektů prezentovaných v této zprávě.



Obr. 38 Průměrné doporučení výstavby nových zařízení EVO z uvažovaných lokalit

4.2.5 Odhad celkových nákladů na zpracování

Jak bylo zmíněno výše, kapacitní řešení má vliv na cenu na bráně. Ceny na bráně u všech projektů byly vytvořeny pomocí technicko-ekonomických modelů, které respektují místní specifické podmínky v dané lokalitě. Cílem bylo zajištění požadované návratnosti projektu stanovené na $IRR = 10\%$. Ceny na bráně se lišily v závislosti na zpracovatelské kapacitě. V této zprávě nebudou prezentovány výsledky pro jednotlivé projekty, ale pouze průměrné hodnoty cen na bráně. Výsledky jsou rozděleny do skupiny reflektující 3 uvažované scénáře zvolených zpracovatelských kapacit (viz tab. 3). Odchylka značí rozsah (přírůstky – kladná odchylka, resp. poklesy – záporná odchylka) cen na bráně v rámci všech uvažovaných zařízení EVO.

	Celkové kapacitní řešení		
	$C_{EVO,CZE,MIN}$	$C_{EVO,CZE,STRED}$	$C_{EVO,CZE,MAX}$
průměr	2 955	2 635	2 455
záporná odchylka (min. cena)	496	530	574
kladná odchylka (max. cena)	625	592	580

Tab. 3 Průměrné ceny na bráně u nových zařízení EVO [Kč/t]

Rozsáhlá datová sada umožňuje simulovat dopad změny klíčových parametrů souvisejících s ekonomikou projektu na jeho ekonomickou udržitelnost. Změna těchto parametrů se vždy ve výsledku projeví do ceny za zpracování, kterou provozovatel účtuje producentovi odpadu. Tento jev je naznačen na obr. 20, kde je pozitivní vývoj brán jako pozitivní z pohledu producenta odpadu. V takovém případě změny vstupních parametrů vedou ke snížení ceny na bráně. Analogicky negativní vývoj parametrů se promítne do vyšší ceny na bráně.

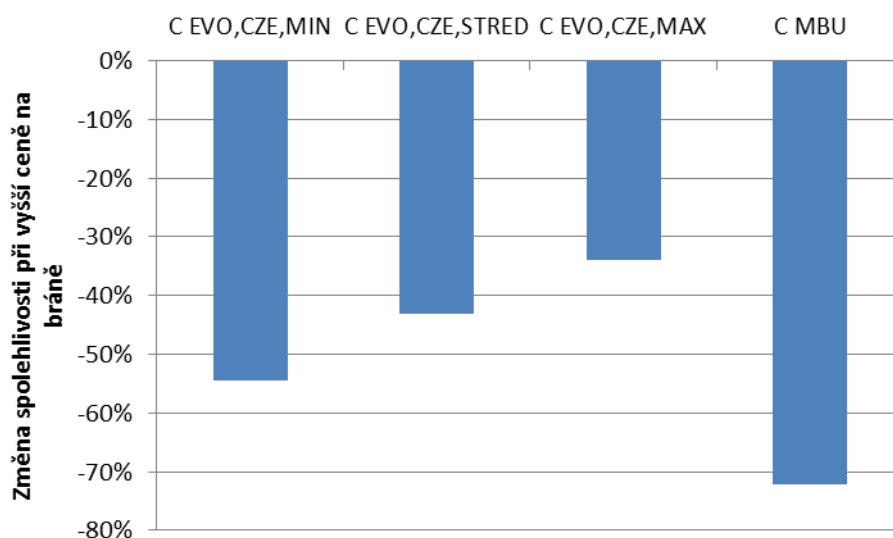
Následující analýza je zaměřena na hodnocení citlivosti výsledků na změnu cen na bráně. Při výpočtech byla cena na bráně pro každý projekt volena z intervalu (viz kapitola 3.8). Získané výsledky byly při zpracování rozděleny na dvě skupiny, které byly charakteristické tím, že se v nich

vyskytovaly pouze výsledky, kdy u projektů byla zvolena cena na bráně z horní (první skupina) nebo spodní poloviny (druhá skupina) intervalu ceny na bráně. Jednotlivé skupiny byly vyhodnoceny separátně s následujícími závěry:

- Pro nižší ceny (lepší konkurenceschopnost projektu) byla průměrná spolehlivost výstavby projektů EVO 59 % pro kapacitní variantu $C_{EVO,CZE,MIN}$, 72,6 % pro $C_{EVO,CZE,STRED}$ a 79,4 % pro $C_{EVO,CZE,MAX}$.
- Pro vyšší ceny (horší konkurenceschopnost projektu) klesla průměrná spolehlivost výstavby projektů EVO na 26,9 % pro kapacitní variantu $C_{EVO,CZE,MIN}$, 41,3 % pro $C_{EVO,CZE,STRED}$ a 51,6 % pro $C_{EVO,CZE,MAX}$.

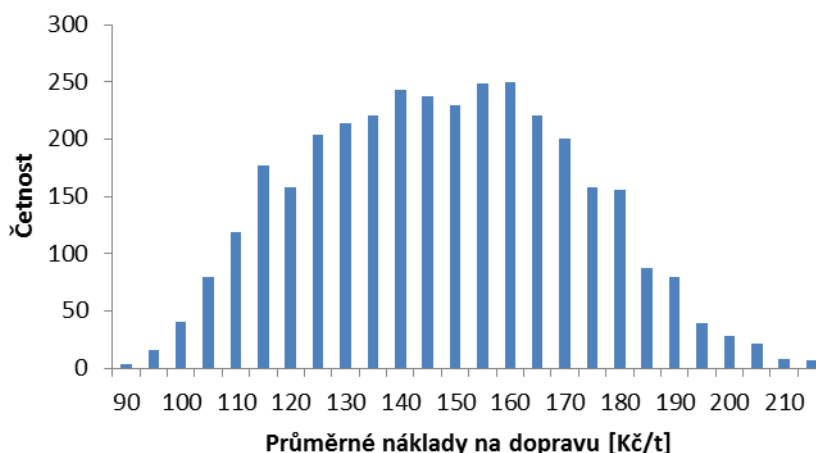
Při zvýšení ceny na bráně se tedy úspěšnost projektu výrazně snížila, viz obr. 39. Změna úspěšnosti byla v nepřímé závislosti s kapacitní variantou. Větší projekty jsou ekonomicky odolnější vůči změně ceny tepla.

Analogicky byly vyhodnoceny projektu MBÚ. U tohoto konceptu došlo k nejvýraznějšímu poklesu spolehlivosti na úrovni téměř 75 %.



Obr. 39 Vliv ceny na bráně na spolehlivost ekonomické udržitelnosti projektů

Do celkových nákladů pro producenty je třeba ještě zahrnout náklady spojené s přepravou odpadu. Pro zpracování odpadu v zařízeních MBÚ je počítáno i s dopravou LF ke konečnému zpracování. Z důvodu analýzy významnosti nákladu na dopravu (vyšší dopravní náklady pro vzdálenější transport odpadu) byla cena volena z intervalu 3 až 6 Kč/km.t. Průměrné náklady na transport KO do koncového zařízení byly v rozmezí 100 až 200 Kč/t. Vlastní svoz po území ORP, který musí proběhnout bez ohledu na typ koncového zařízení, není v této části zahrnut. Histogram pro scénář 100 EUR/t pro cenu v zahraničí a 0% změna pro vývoj produkce KO je na obr. 40. Vysoká cena v zahraničí modeluje případ, kdy většina odpadu bude zpracována v ČR. Průměrné dopravní vzdálenosti budou relativně malé (do 30 až 50 km).



Obr. 40 Histogram nákladů za dopravu KO

Na agregované výsledky pro celou ČR nemá změna ceny za přepravu z uvedeného rozmezí významnější vliv. Při porovnání dosažených výsledků pro nižší ceny za dopravu ($< 4,5$ Kč/km.t) s vyššími cenami ($> 4,5$ Kč/km.t) je změna ve spolehlivosti u zařízení EVO asi 2,25 %. S ohledem na ostatní faktory jsou dopady ceny za dopravu minimální. Pro naplnění plánované kapacity zařízení EVO hraje hlavní roli konkurenční prostředí (jiné projekty) a producentům nabídnutá cena na bráně. Klíčový dopad má samozřejmě množství vyprodukovaného odpadu.

Průměrná hodnota uvedených cen za transport je okolo 150 Kč/t. Celkové náklady na dopravu tvoří asi 6 až 9 % z celkových nákladů na zpracování odpadu.

Náklady pro jednotlivé ORP se mohou výrazněji lišit, a to zejména při dopravě ze vzdálenějších oblastí. Taková situace nastává v případě neexistence dostupných zpracovatelských kapacit v blízkosti producenta. Typicky se jedná o lokality, kde existují pouze malé sítě CZT s nedostatečnou absorpční kapacitou pro uplatnění tepla z EVO v rozsazích, jaké uvažuje tato studie (viz kap 3.2). Stejný dopad má situace, kdy kapacita existujícího projektu EVO je již naplněna nebo zařízení není vhodně dimenzováno pro celou spádovou oblast, která by byla určena optimalizačním výpočtem.

Tyto aspekty jsou jasným argumentem, proč některé subjekty rovněž uvažují o kapacitním řešení s výrazně nižší zpracovatelskou kapacitou – zařízení EVO s malou kapacitou (do 20 kt/r). Výhodou tohoto konceptu je bezproblémové uplatnění tepla a s tím související pozitivní vliv na ekonomickou udržitelnost. Konkurenceschopnost tohoto konceptu jako alternativy k transportu odpadu na delší vzdálenost do jiného zařízení je třeba řešit „na míru“ a není proto předmětem globálních analýz řešených v této studii.

4.3 Návrh systému investiční podpory zařízení EVO a hodnocení dopadů na koncové uživatele

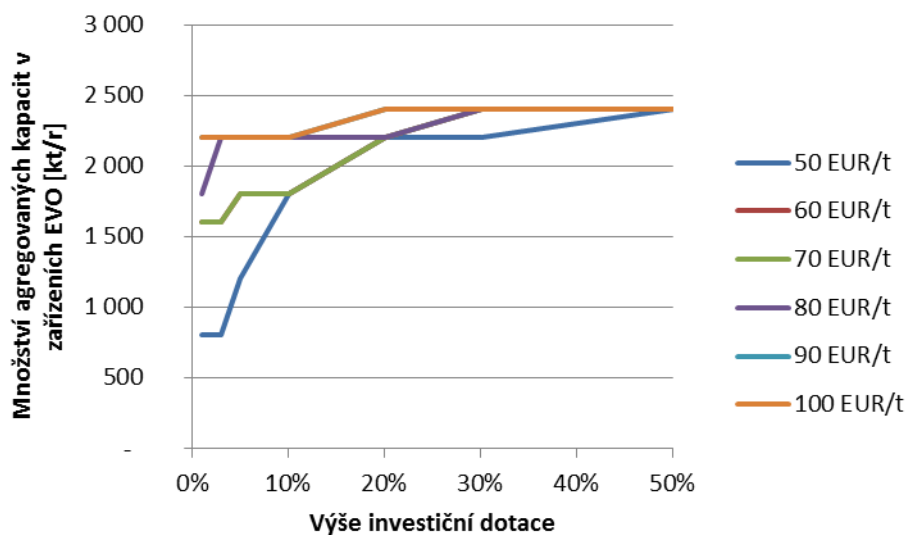
V předchozích kapitolách studie byly zmíněny některé cesty, které mohou pomoci ekonomice a tedy i konkurenceschopnosti projektu. Konkrétně byly vyčísleny dopady kapacitního řešení projektů a důsledky nižší ceny na bráně, která může reflektovat snížený požadavek investora na ekonomiku projektu. Nižší cena na bráně může být realizována také v okamžiku vyšších příjmů z prodeje tepla.

Přesto je evidentní, že dostatečná kapacita pro zpracování odpadů nebude vybudována z důvodu vysoké rizikovosti bez počáteční investiční dotace. Pro zajištění potřebné kapacity pro energetické

využití odpadu v rámci ČR bude dle výsledků nutná podpora ekonomicky slabších projektů. Cílem následujícího textu je vyhodnotit nutnou míru investiční dotace.

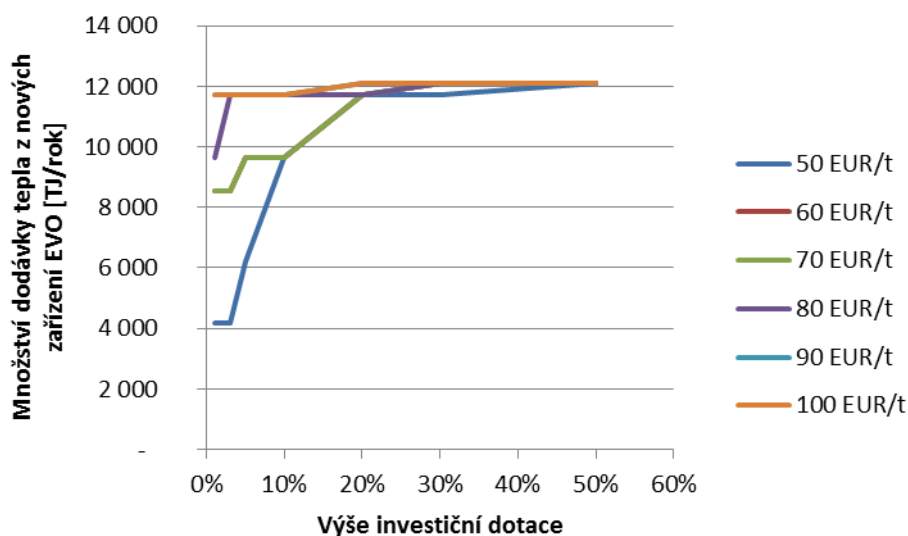
Výpočty byl simulován vliv vzrůstající investiční dotace pro jednotlivé projekty na jejich udržitelnost. Výsledky byly následně zpracovány jako agregované hodnoty za celou ČR.

Graf na obr. 41 je zpracován pro stagnující produkci KO (trend 0 %). Pravděpodobná výstavba je předpokládána v případě, kdy více než 80 % simulací vedlo k doporučení projekt stavět (percentil 80). Na obr. 41 jsou zobrazeny výsledky pro maximální uvažovaná kapacitní řešení ($C_{EVO,CZE,MAX}$). Potřebná výše dotace je samozřejmě závislá na vývoji cen v zahraničí a měla by se pohybovat kolem 10 až 20 %. Pro nižší kapacity by bylo nutné dotaci navýšit. Potřebné dotace jsou v nepřímé závislosti na vývoji produkce KO. Řádově se jedná o posun 5 – 10 % pro různé scénáře vývoje produkce KO. Pro nárůst produkce odpadu se bude procento potřebné dotace snižovat, v případě snížení produkce zvyšovat. To odpovídá výsledkům v obr. 35 (šrafované oblasti se výrazně přibližují při vysoké produkci odpadů). Investiční dotace se dále musí navýšit tak, aby pokryla vícenáklady, které souvisí s přípravou žádosti o dotaci.



Obr. 41 Vliv výše dotace na zpracovatelskou kapacitu

Vzhledem k cílům studie navrhnout systém vedoucí k vysoké efektivitě využití energetického potenciálu v odpadech a snaze snížit dopady chybějícího uhlí v časovém horizontu po roce 2025 je prezentován obdobný graf změřený na dodávku tepla (obr. 42). Potenciál výroby tepla z EVO lze snadno srovnat s predikovaným deficitem výroby tepla z hnědého uhlí tak, jak je zobrazen na obr. 2.

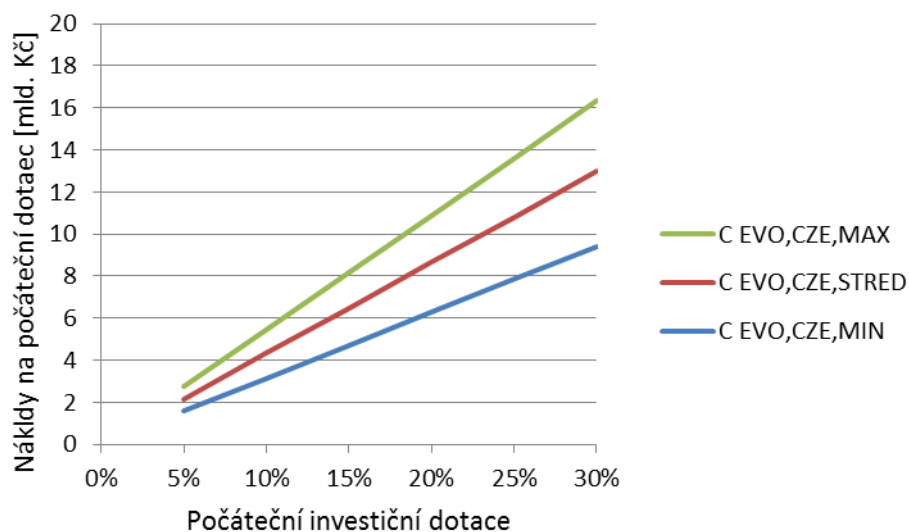


Obr. 42 Vliv výše dotace na dodávku tepla

Celkové finanční zdroje na zajištění konkurenceschopných projektů v závislosti na velikosti dotace jsou zobrazeny na obr. 43. Z pohledu celkového objemu financí je jako nejnákladnější určena varianta s kapacitním řešením $C_{EVO,CZE,MAX}$, protože se podaří realizovat nejvyšší zpracovatelskou kapacitu, která vyžaduje nejvyšší investiční náklady, ze kterých se dotace vypočítává.

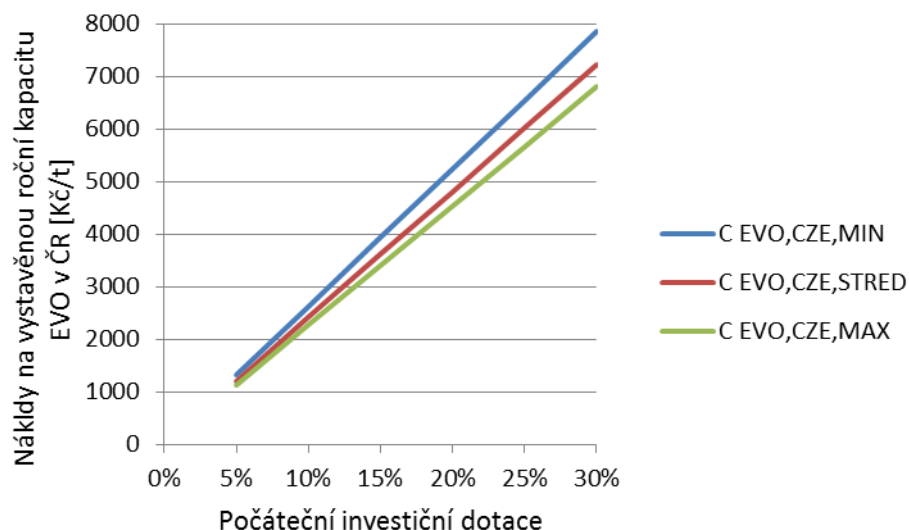
Každé procento počáteční dotace aplikované na všechny projekty zvýší dotační podporu v rozmezí 315 – 550 mil. Kč (v závislosti na kapacitní variantě, nižší hodnota platí $C_{EVO,CZE,MIN}$ pro, vyšší pro $C_{EVO,CZE,MAX}$).

Detailnější vhléd do efektivity investiční podpory prezentují náklady přepočítané na výstavbu 1 t roční zpracovatelské kapacity. Pro zajištění realizace i těch nejvíce rizikových projektů je třeba vysoká investiční dotace (řádově desítky procent). Tento efekt znamená, že každá nová zpracovatelská kapacita je stále nákladnější, protože se realizují méně atraktivní projekty.



Obr. 43 Odhad velikosti finančních zdrojů pro různé míry investiční podpory

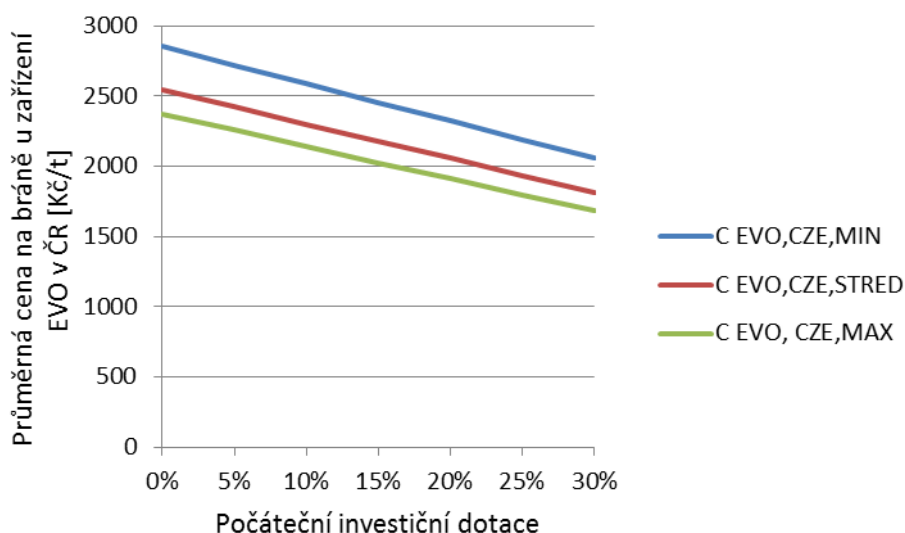
Investiční dotace uvažovaným zařízením EVO umožní dosáhnout nižší cenu na bráně a tím zvýší jejich konkurenceschopnost v nabízené službě producentům odpadu. Průměrná změna na bráně u zařízení EVO vlivem investiční podpory je demonstrována na obr. 44.



Obr. 44 Odhad velikosti měrných finančních zdrojů pro různé míry investiční podpory

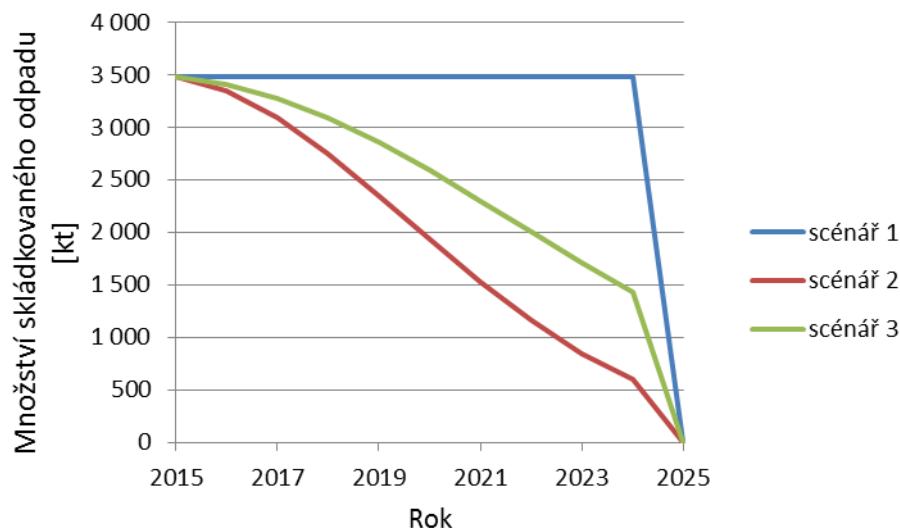
Z obr. 43 je možné odhadnout rozmezí nákladů spojených s případnou investiční dotací. Nutné prostředky lze následně porovnat s výnosy z části skládkovacího poplatku. Současně je možné odhadnout nutné navýšení skládkovacího poplatku pro akumulaci zdrojů pro podporu EVO v horizontu následujících let, tak aby bylo možné případné projekty podpořit a zajistit tak jejich realizaci do roku 2025.

Pokles ceny na bráně vlivem investiční dotace je demonstrován na obr. 45.



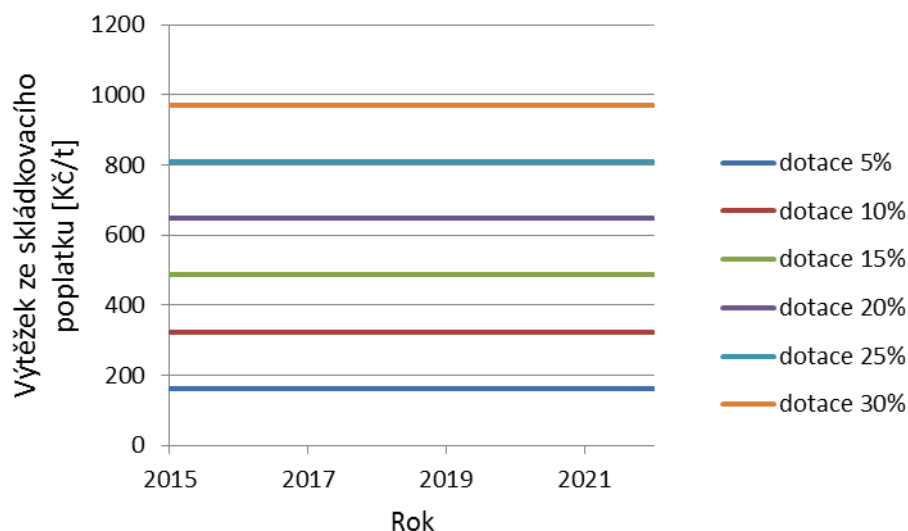
Obr. 45 Pokles ceny na bráně vlivem investiční dotace

Poskytnutí investiční dotace je soustředěno do roku 2022, což dává dostatečný prostor pro zprovoznění kapacit v období blízkém roku 2025. Potřebné finanční prostředky na investiční dotace se budou kumulovat ze skládkovacího poplatku (resp. jeho části určené pro následnou podporu infrastruktury OH). Při výpočtu se uvažuje v rozhodném období rovnoměrné množství skládkovaného odpadu a tedy konstantní výnos ze skládkovacího poplatku. Produkce KO je uvažována dle scénáře pro 0 % nárůst, viz obr. 46 – scénář 1.



Obr. 46 Scénáře množství skládkovaného odpadu v následujícím období

Odpovídající odhad navýšení skládkovacího poplatku pro investiční dotaci 10 až 20 % je 300 až 600 Kč/t uloženého odpadu, viz obr. 47.



Obr. 47 Nutná výše skládkovacího poplatku resp. její část kumulovaná pro pozdější dotaci nových projektů

Na obr. 46 jsou vedle konstantního množství ukázány také další možné scénáře pro množství spalitelných odpadů, které budou odstraněny skládkováním. Jednotlivé trendy budou záviset na vzniku jednotlivých projektů. Dalším faktorem bude legislativní nastavení skládkovacího poplatku,

který bude vyvažovat konkurenci energetického využití oproti dnes dominantnímu skládkování. Cílem správného nastavení vývoje skládkovacího poplatku je zajistit plynulý přechod od skládkování k energetickému využití v rámci ČR. V případě příliš vysokého zatížení skládkovacím poplatkem nelze vyloučit situaci, kdy se zařízení EVO v zahraničí stanou konkurenceschopné a odpad bude vyvážen mimo ČR. Takovýto dopad je třeba minimalizovat. Zároveň je ale potřeba získat potřebný finanční obnos pro dotování postupně vznikajících projektů. Problematika je natolik komplexní, že není možné nastavit optimální vývoj skládkovacího poplatku bez pokročilých výpočtových metod. Pro tuto aplikaci je vhodný nástroj *NERUDA*. Uvedené výpočty mají pouze ilustrativní charakter.

Hodnocení dopadu

Průměrné náklady na skládkování SKO (většina vyprodukovaného SKO se v současné době v ČR skládá) byly v roce 2012 přibližně 1 150 Kč/t se směrodatnou odchylkou okolo 350 Kč/t [8]. V případě zohlednění 3% průměrné inflace by tato cena v roce 2025 byla asi 1 680 Kč/t. V průměrném scénáři (simulaci) činily náklady na zpracování odpadu přibližně 2 330 Kč/t, což odpovídá navýšení nákladů na zpracování asi o 640 Kč/t. Hodnotu je třeba chápat jako průměrnou v rámci sady výpočtových simulací. Při scénáři s trendem 0% nárůstu produkce bude množství spalitelného odpadu přibližně 340 kg/os. Roční náklady vztahované na osobu jsou pak vyšší o 215 Kč, oproti stavu pokračujícího skládkování odpadů. Reálný dopad bude pro konkrétní obyvatele rozdílný vzhledem k cenám skládkování v jejich konkrétní lokalitě a případné nové ceny v rámci zpracování v zařízení EVO. Cena se bude lišit podle realizace budoucích scénářů popisovaných ve studii.

5. SHRNUTÍ

Cílem studie je analyzovat potenciál odpadu k výrobě energie v rámci teplotních soustav po roce 2025. Studie tak slouží jako analytický podklad pro Státní energetickou koncepci v této oblasti

Prezentované výstupy byly získány komplexními simulacemi, které v mnoha scénářích analyzovaly tok odpadu na území ČR mezi producenty a koncovými zařízeními. Agregované výsledky pro celou ČR byly následně statisticky zpracovány. Jako klíčové parametry pro tvorbu scénářů byly identifikovány různé prognózy produkce spalitelných komunálních odpadů a chování konkurence v zahraničí.

Výsledky simulace potvrzují, že technologie EVO je klíčovým prvkem pro budoucí podobu odpadového hospodářství ČR. I přesto, že výpočty neuvažovaly žádné dotace těmto zařízením, optimalizační nástroj doporučil zpracovat průměrně asi 60 % množství spalitelných KO v těchto zařízeních. Medián pro odhadované množství komunálních odpadů zpracovaných v zařízeních EVO v ČR je cca 2 200 kt/r. Toto množství odpadu by bylo zpracováno v celkem 9 zařízeních EVO v provozu.

Celkový potenciál dodávky tepla ze všech zařízení EVO do CZT by v takovém případě činil 10,8 PJ/rok, čistá výroba elektřiny je predikována na úrovni 420 GWh/r.

Při produkci spalitelných odpadů na dnešní úrovni a za situace faktické neexistence provozní a investiční podpory nelze výše uvedené množství považovat za dostatečné využití potenciálu tohoto lokálního zdroje energie a druhotných surovin.

Ani za situace zákazu skládkování nemusí v ČR dojít ke vzniku dostatečných zpracovatelských kapacit – významná část tohoto potenciálu může být využita mimo ČR.

Technologie MBÚ s následným využitím lehké frakce může představovat pouze doplňkovou technologii. Tento závěr vyplynul z výsledků simulací, které vyhodnotily tuto technologii jako vysoce nestabilní, a tedy i velmi rizikovou. Současně neexistuje dostatečná kapacita pro uplatnění lehké frakce jako nedílného produktu této technologie.

Pokud má být plně využit potenciál spalitelných odpadů jako částečná náhrada hnědého uhlí, je nutné zařízení EVO dotačně nebo provozně podporovat. Míra nutné investiční dotace byla odhadnuta na 10 až 20%. Odhad lze zpřesnit na základě budoucího vývoje cen za zpracování odpadů v zahraničí, protože právě zahraniční spalovny mohou figurovat jako významná konkurence zařízením provozovaným v ČR.

Při 10% investiční dotaci je nutné očekávat vynaložené finanční prostředky ve výši 4 až 6 mld. Kč. Při 20% investiční dotaci tato částka vzroste na 8 až 11 mld. Kč. Tomu odpovídající odhad navýšení skladovacího poplatku je 300 až 600 Kč/t uloženého odpadu. Podmínkou je, že celý výnos odpovídající této částce získaný v období let 2015 až 2022 bude akumulován pro účely podpory projektů EVO. Při uvážení měrné produkce spalitelných odpadů lze predikovat zvýšení ceny pro producenty (obyvatele) v průměru ve výši cca 200 Kč za rok. Konkrétní částka se může lišit v závislosti na jednotlivých lokalitách a množství skutečně skládkovaného odpadu v klíčovém období.

6. LITERATURA

- [1] PAVLAS M., MAREŠ M., UCEKAJ V., ORAL J., STEHLIK P., Optimální nastavení výše podpory výroby elektřiny z odpadů ve vztahu k ceně elektřiny pro spotřebitele, EVECO Brno sro. a Vysoké učení technické v Brně, Závěrečná zpráva projektu EFEKT 2012, vydalo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha, 2012
- [2] Svaz měst a obcí ČR, Asociace krajů ČR: Aktualizace strategie rozvoje nakládání s odpady v obcích a městech ČR, Návrhová část květen 2011
- [3] Záruba. R.: ČEZ – Praktické zkušenosti s využitím paliv z odpadů. Spalovací zkoušky 2011-2012, In: Sborník Odpady 21, Ostrava, 2013
- [4] Benešová, L. a kol.: Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využití, projekt VaV MŽP SP/2f1/132/08, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, 2009
- [5] Benešová, L., Kotoulová, Z., Černík, B.: Základní charakteristiky komunálních odpadů. Odpadové fórum, č. 4, 2011
- [6] Bifa environmental institute, Survey on thermal waste treatment in Germany (On behalf of Brno University of Technology). Augsburg, Germany. 2013.
- [7] Energetický regulační úřad, 2013, Online na [www: http://www.eru.cz/](http://www.eru.cz/), citováno 1. prosince 2013
- [8] Hodnocení nákladů na hospodaření s komunálními odpady v obcích ČR za rok 2012, Institut pro udržitelný rozvoj měst a obcí, o.p.s. (IURMO), Praha 2013OM