



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ



KATEDRA ENERGETICKÝCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI



## JEDNOTLIVÝ PŘÍSPĚVEK ZE SBORNÍKU



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## EKONOMICKÉ PERSPEKTIVY SPOJENÍ MIKROKOGENERACE A PLUG-IN HYBRIDU V ČESKÉ DOMÁCNOSTI

MAŠČUCH Jakub

*This paper outlines economic perspectives of interconnection of decentralized microCHP from biomass with plug-in hybrid vehicle in the conditions of household in the Czech Republic.*

**Klíčová slova:** mikrokogenerace, plug-in hybrid

### Decentralizovaná mikrokogenerace - souvislosti

Pojem decentralizovaná výroba energií označuje jejich lokální přípravu, která je optimalizována s ohledem na spotřebu. Centralizované systémy jsou naproti tomu optimalizovány s ohledem na výrobu a transport energií. Tento příspěvek se zaměřuje na jednotky s elektrickým výkonem do 50 kW nasazené v kombinované výrobě elektřiny a tepla nízkého výkonu - mikrokogeneraci.

Celosvětově jsou dominantními producenty elektřiny velké centrální zdroje s výkony ve stovkách MW. Díky technologickým zlepšením v energetických transformacích, omezení výhod na straně nákupu paliv pro velká zařízení a rozvoji automatizace se ukazuje, že cena za 1 kWh elektřiny s klesajícím výkonem roste podstatně méně, než tomu bylo v minulosti [1]. Nad výhodami nízkých měrných investičních nákladů a vyšších účinností velkých zařízení mohou dnes převážet ekonomické efekty velkosériové produkce malých zařízení. Pokroky ve výrobních technologiích jsou jedním z faktorů, které mají na výše uvedené konstatování významný vliv.

Jako příklad může sloužit produkce osobních automobilů v České republice [2], která v roce 2010 dosáhla 1 072 tis. ks. V ČR se v uvedeném roce prodalo cca 169 tis. osobních automobilů s průměrnou cenou na úrovni 400 tis. Kč [3]. Roční objem prodeje v ČR tedy činí cca 67,6 mld. Kč. Cca 50% tvořily automobily s instalovaným výkonem nižším než 75 kW [4]. Za předpokladu průměrného výkonu motoru nového automobilu v ČR 70 kW dosáhl celkový roční instalovaný výkon osobních vozů prodaných v ČR hodnoty 11,83 GW. Pokud jde o instalovaný výkon celkové produkce osobních vozů v ČR, jde o cca 75,4 GW. Měrná cena výkonu osobního vozu v ČR tak činila cca 5700 Kč/kW, přičemž údaj zahrnuje celkovou cenu automobilu.

Životnost pohonných jednotek automobilů je z pohledu energetického využití omezená, lze ji odhadnout na 8000 h. Předpoklad průměrného provozního výkonu jednotky na úrovni 30% jmenovitého pro dosažení přijatelné životnosti „redukuje“ ročně produkováný výkon českého automobilového průmyslu na 22,62 GW. Toto číslo odpovídá instalovanému elektrickému výkonu v elektrizační soustavě ČR. Uvedený redukováný výkon je k dispozici za cca 428 mld. Kč, tedy s měrnými náklady na úrovni 18,92 tis. Kč/kW (opět z ceny za celý automobil). To je z pohledu energetiky zajímavé, protože měrné náklady na současné energetické technologie běžně dosahují hodnot přes 50 tis. Kč/kW. Je tedy zřejmě možné konstatovat, že technologie decentralizované výroby mohou při vhodných podmínkách představovat ekonomicky smysluplné řešení instalace elektrického výkonu. Přitom faktem zůstává, že decentralizovaná výroba zřejmě nepřekoná centrální konkurenty v účinnosti výroby, ale především v možnosti eliminovat transportní a distribuční náklady a ztráty ve vedení. Uvedená úvaha je pouze rámcová, nehodnotí provozní vlastnosti takového řešení instalace výkonu a je navíc limitována také životností použitých technologií.

Lze konstatovat, že vhodné energetické technologie mohou dosáhnout potřebného stupně efektivity výroby i při nižší sériovosti, než v případě automobilového průmyslu. To je způsobeno dostupností

řady počítačem řízených výrobních technologií a velmi efektivní logistikou, která je v podmínkách ČR k dispozici.

Ve světle výše uvedeného mohou být scénáře hovořící o hrozícím nedostatku 2-3 GW v elektrizační soustavě v horizontu 10 let a nemožnosti tento nedostatek saturovat poněkud pesimistické. Tyto scénáře však počítají s dostupností a výrobními kapacitami „klasických“ energetických technologií. Současnou situaci v elektroenergetice v ČR popisuje například Hrdlička [5]. Setrvačnost současné energetiky jako sektoru je velmi vysoká z důvodů dlouhé časové přípravy otevírání nových energetických zdrojů a zdrojů paliv. Klasická řešení navíc vykazují dlouhou životnost, dnešní rozhodnutí tedy ovlivňují odvětví na desetiletí. Současné výrobní kapacity rychlým tempem dožívají. Hrdlička dále konstatuje, že mezi léty 2014 – 2021 již bude instalovaný výkon nižší, než je nezbytná úroveň pro pokrytí vlastní potřeby ČR. Obdobná situace pak hrozí v celé EU. V [5] jsou dále zmíněny nedostatečné projekční, výpočtové, výrobní, montážní i provozní lidské zdroje, které by mohly výpadek nahradit. Pro současný energetický systém se tak situace zdá být velmi napjatá. Určitou možností řešení uvedených problémů a cílů je instalace velkého počtu mikrokogeneračních jednotek.

Významné nasazení kogenerace přinese úspory PEZ a emisí. Navíc je změny možné realizovat, jak ukázal nedávný fotovoltaický boom, relativně rychle. Investiční rozhodnutí nemusejí být vázána, jak bude ukázáno dále, na dlouhou životnost zařízení. Uvedený scénář přináší zásadní problémy do provozu elektrizační soustavy a potažmo distribučních soustav spojené s regulací a bezpečností. Tyto je nutné do posuzování zahrnovat.

### **Individuální doprava a primární energetické zdroje (PEZ)**

Jednou z možností snížení dovozní závislosti ČR na ropě je využívání plug-in hybridních automobilů či elektromobilů, tedy strojů, jejichž baterie je možné dobít s elektrizační soustavou. V roce 2009 tvořila cca 9 % celkového objemu importu ČR minerální paliva, maziva a příbuzné materiály v objemu 183,9 mld. Kč [7], z toho čistá ropa cca 60 mld. Kč [9]. V dopravě se pak využívá cca 64% celkového dovezeného množství [8]. Konečná spotřeba kapalných paliv činila v roce 2009 306,26 PJ, tj. 29,8 % z celkové spotřeby energií (1 029 PJ). Využití primární energetické zdroje v roce 2009 dosahovaly úrovně 1 743,99 PJ [10], z tohoto objemu tvořila spotřeba kapalných paliv přibližně 17,6%. Snahy o omezení závislosti ČR na ropě lze tedy vnímat jako odůvodněné.

Pokud jde o pohled z perspektivy české domácnosti, náklady na provoz osobních dopravních prostředků činí průměrně 7 325 Kč/os.rok při celkových nákladech 130 019 Kč/os.rok, tj. cca 6% [11]. V ČR je registrováno cca 4 600 tis. osobních automobilů [12], z toho podle statistik tvoří cca 84% automobily fyzických osob [13]. Náklady fyzické osoby vlastníci automobil na jeho provoz pak činí průměrně 19 800 Kč/rok (cca 15,2 %). To je částka srovnatelná s náklady na bydlení a energie, která dosahuje 25 194 Kč/os.rok [11]. Hledání úspor v individuální dopravě je tedy z hlediska spotřebitele stejně relevantní jako zateplování a investice do energeticky efektivních technologií.

V [8] se uvádí elektrický pohon pro dopravu jako perspektivní z pohledu nákladů i úspor PEZ. Problémem širšího nasazení elektromobilů jsou zejména krátká dojezdová vzdálenost, neexistující infrastruktura pro dobíjení a chybějící masová důvěra spotřebitelů. Ovšem zejména ekologická efektivita nasazení těchto systémů velmi závisí na původu elektrické energie. Pokud použijeme k pohonu elektřinu z energetického mixu EU, bude vliv na životní prostředí cca poloviční oproti tradičnímu pohonu. V městských oblastech, ve kterých je poptávka po dopravě největší, mohou elektromobily přinést významné úspory energie. Zároveň se díky nim sníží znečištění vzduchu a zatížení hlukem. Koncept propojení individuální mikrokogenerace a elektromobility umožňuje řešení několika problémů z prozatím oddělených oblastí života společnosti. Těmi jsou proměnná výroba elektřiny z OZE, nedostatek efektivní akumulací kapacit pro využití této elektřiny a

snížení závislosti na dovozu ropy, respektive zvýšení energetické bezpečnosti. Nutnou podmínkou propojení zmíněných systémů je rozvoj inteligentních energetických sítí – SmartGrids, které budou schopny regulovat připojování automobilů na nabíjení a využívat jejich baterie jako špičkový zdroj.

Transformace PEZ na pohon automobilu probíhá s účinností v rozmezí 15-29%, přičemž provozní účinnost zážehového motoru je uvažována 18 a vznětového 23% [14]. Rozdíl vyplývá z provedené analýzy plant-to-wheels life cycle [14], jejíž výsledky rekapituluje tabulka 1. Nasazením dnešních technologií je možné dosáhnout úspory PEZ v dopravě. Zásadní vliv má celková účinnost cyklu nabíjení-vybíjení pro elektromobil na úrovni 65% s tím, že při aplikaci dnes běžných technologií z mobilních telefonů, apod. by mohla tato účinnost dosáhnout hodnoty přes 74%. Celkově lze říci, že elektromobily jsou tedy z pohledu úspory PEZ efektivní již v současných systémech.

Účinnosti využití primárního zdroje energie [%]		spalovací motory	elektrický pohon
Rafinérie → nádrž automobilu Elektrárna → baterie automobilu	účinnost zdroje	83	35-42
	transport a distribuce		92
Nádrž, baterie → kola		18-23	65
<b>Celý proces</b>		<b>15-19</b>	<b>21-25</b>

**Tab. 1:** Účinnost využití PEZ v dopravě, převzato z [14]

### Ekonomika decentralizované mikrokogenerace z biomasy a zemního plynu

V [1] bylo provedeno hodnocení ekonomické efektivity nasazení mikrokogenerační jednotky v modelové české domácnosti. Teplo vyrobené z biomasy se využilo k vytápění a k přípravě TV. K vaření byla uvažována elektřina. Cena biomasy byla uvažována na úrovni 150 Kč/GJ bez DPH, což zhruba odpovídalo průměru cenového rozptylu různých druhů biomasy v roce 2009. Průměrná roční spotřeba tepla na vytápění byla uvažována 75,8 GJ, na přípravu TV 6,7 GJ, na vaření 5,9 GJ. Průměrná roční spotřeba nezaměnitelné elektřiny činila 4,9 GJ s tím, že do hodnocení bylo uvažováno s modelovou spotřebou elektřiny 10,8 GJ (elektřina + vaření). Celková roční spotřeba energií v modelové domácnosti činila 93,3 GJ. Roční náklady pro uvedený případ rekapituluje tabulka 2.

Roční platba celkem za palivo s DPH	21037,50	Kč
Cena paliva (bez DPH)	150,00	Kč/GJ
<b>Cena 1 MWh tepla v palivu s DPH</b>	<b>642,60</b>	<b>Kč/MWh</b>
Roční platba za silovou elektřinu	7012,56	Kč
Roční platba za dopravu a distribuci (T&D)	8032,83	Kč
Roční platba za elektřinu celkem s DPH	15045,39	Kč
<b>Cena 1 MWh elektřiny pro koncového zákazníka s DPH</b>	<b>5015,13</b>	<b>Kč/MWh</b>

**Tab. 2:** Roční náklady na palivo a elektřinu pro modelovou domácnost, převzato z [1]

Cílem práce bylo stanovit maximální investiční náročnost systému s mikrokogenerační jednotkou. Byl porovnán konzervativní nákup kotle na biomasu a zásobníku TV v nákladech 45 tis. Kč s pořízením kogenerační jednotky včetně zásobníku TV a akumulace elektřiny. Modelová mikrokogenerační jednotka o výkonu 1 kW zabezpečila potřeby elektřiny z 85%, odpadní teplo bylo uvažováno pro přípravu teplé vody a v zimním období také k vytápění. Bilanční výpočty byly prováděny na podkladě denních průměrných potřeb, časová nesouslednost energetických potřeb byla řešena akumulací elektřiny i tepla. Část tepla byla v letním období odvedena do atmosféry. Za uvedených podmínek činily limitní investiční náklady na celý kogenerační systém pro modelovou domácnost 150 000 Kč. Pokud by bylo porovnání nastaveno na nákup automatického kotle, mohly

by náklady být významně vyšší. Samotná kogenerační jednotka by za daných podmínek měla stát kolem 110 000 Kč.

Obdobné hodnocení bylo provedeno v [6], jako palivo byl uvažován zemní plyn. Spotřeba energií v modelové domácnosti byla uvažována shodná jako v předchozím případě, klíčové předpoklady sestavení provozních bilancí byly rovněž obdobné vyjma účinnosti kotle. Tabulka 3 srovnává platby za energie v letech 2007, 2010 a 2012 a jejich nárůst. Je zřejmé, že náklady na ZP pro české domácnosti v posledním období významně vzrostly.

	2007	2010	2012	
Roční platba celkem za ZP bez DPH	23348	26008	32483	Kč
Cena ZP (ve spalném teple bez DPH)	229,24	255,35	318,93	Kč/GJ
<b>Cena 1 MWh tepla v palivu (ve výhřevnosti) s DPH</b>	<b>1091</b>	<b>1226</b>	<b>1531</b>	<b>Kč/MWh</b>
Roční platba za silovou elektřinu	5355	5916	5916	Kč
Roční platba za dopravu a distribuci (T&D)	7614	8802	9820	Kč
Roční platba za elektřinu celkem s DPH	12969	14718	15736	Kč
<b>Cena 1 MWh elektřiny s DPH</b>	<b>4323</b>	<b>4906</b>	<b>5245</b>	<b>Kč/MWh</b>
Průměrný nárůst ceny zemního plynu		4,11	8,06	%/rok
Průměrný nárůst ceny elektřiny		4,50	4,27	%/rok

**Tab. 3:** Roční náklady na ZP a elektřinu pro modelovou domácnost, převzato z [6], doplněno

Za uvedených podmínek a provozních předpokladů činily limitní investiční náklady na celý kogenerační systém pro modelovou domácnost 100 000 Kč. Samotná kogenerační jednotka by za daných podmínek měla stát kolem 60 000 Kč. Výsledky potvrzují fakt, že s nákupem dražšího paliva je spojena nižší možná finanční úspora v produkci elektrické energie.

Důležitým parametrem pro hodnocení uvedených systému je reálný potenciál úspory PEZ, který se v obou případech pohyboval v rozmezí 10 – 15%. V obou citovaných pramenech bylo konstatováno, že ekonomické výsledky i úspory PEZ lze výrazně zlepšit zvýšením spotřeby elektřiny, která by mohla být využita například v individuální dopravě.

### Mikrokogenerační jednotka a plug-in hybrid v modelové domácnosti

Pro porovnání byla zvolena modelová domácnost podle [1]. Bilance byla doplněna o energetické potřeby individuální dopravy podle tabulky 4. Pro elektromobilitu byl zvolen koncept plug-in hybridu. Z tabulky 4 vyplývá ekonomická efektivita tohoto řešení. To je dáno zejména relativně vysokými náklady na energii v pohonných hmotách. Hybridní pohony kombinují klasický spalovací motor a elektromotor. Energetických úspor se dosahuje zejména využíváním konceptu start-stop při zastavení a rekuperací energie. Hybridy jsou na trhu od 90. let minulého století, jejich obliba pomalu roste. Plug-in hybridy kombinují přínosy elektromobilů (spotřeba levné a čisté elektřiny) a klasických hybridů (dlouhý dojezd). Jejich další rozšíření bude záviset na vývoji nákladů na jejich pořízení a zejména na ceně klasických paliv. Upravená bilance spotřeby domácnosti při využití plug-in hybridu je v tabulce 5. Modelové spotřeby jsou uvažovány jako konstantní v čase.

Teplo z biomasy se v modelovém případě využívá k vytápění a k přípravě TV. K vaření je uvažována elektřina. Citlivost konečného výsledku na cenu biomasy jako i na další parametry výpočtu je uvedena dále. Roční platby domácnosti za energie uvádí tabulka 6. Z tabulky je dobře zřejmá disproporce mezi koncovou cenou elektřiny, cenou tepla z biomasy a cenou energie v pohonných hmotách. Uvedené rozdíly jsou argumentem pro výrobu elektřiny v mikrokogeneračních zdrojích.

<b>Doprava - modelový případ</b>				
Roční proběh km / průměrná spotřeba	10 000	km	6,00	l/100km
Výhřevnost	32,03	MJ/l	8,90	kWh/l
Roční spotřeba PEZ	5,34	MWh/rok	19,22	GJ/rok
Cena pohonných hmot / roční náklady	37,00	Kč/l	22 200	Kč/rok
účinnost transformace PEZ - kola	22,00	%		
Roční spotřeba práce na kolech	1,17	MWh/rok	4,23	GJ/rok
Měrné náklady (na kolech)	2,22	Kč/km	<b>18,91</b>	<b>Kč/kWh</b>
<b>Plug-in hybrid</b>				
Podíl provozu spalovací motor - elektřina	30,00	%	70,00	%
Rozdělení spotřeby práce na kolech	0,35	MWh/rok	0,82	MWh/rok
Celková účinnost sp. motor - elektro	22,00	%	65,00	%
Příkon palivo - elektřina	1,60	MWh/rok	1,26	MWh/rok
Náklady	6 660	Kč/rok	6 633	Kč/rok
Roční náklady	13 293	Kč/rok		
Měrné náklady (na kolech)	1,33	Kč/km	<b>11,32</b>	<b>Kč/kWh</b>

**Tab. 4:** Roční náklady na dopravu pro modelovou domácnost

	GJ	MWh
Průměrná roční spotřeba energií v domácnosti - celkem	97,53	27,09
Průměrná roční spotřeba tepla na vytápění	75,80	21,06
Průměrná roční spotřeba energie na TUV	6,70	1,86
Průměrná roční spotřeba energie na vaření	5,90	1,64
Průměrná roční spotřeba nezeměnitelné elektřiny	4,90	1,36
Spotřeba na dopravu (10 000 km/rok, údaj na kolech)	4,23	1,17
<i>Roční spotřeba elektřiny (elektřina + vaření + 70% doprava)</i>	15,35	4,26

**Tab. 5:** Roční energetické potřeby modelové domácnosti

Roční platba za silovou elektřinu	8106,08	Kč
Roční platba za dopravu a distribuci (T&D)	13504,21	Kč
Roční platba celkem s DPH	21610,28	Kč
<b>Cena 1 MWh pro koncového zákazníka s DPH</b>	<b>5067,39</b>	<b>Kč/MWh</b>
Roční platba celkem za palivo s DPH	24467,38	Kč
Cena paliva (bez DPH)	150,00	Kč/GJ
<b>Cena 1 MWh tepla v palivu s DPH</b>	<b>747,37</b>	<b>Kč/MWh</b>
Roční platba celkem za pohonné hmoty s DPH	22200,00	Kč
<b>Cena 1 MWh „na kolech“ s DPH</b>	<b>18905,68</b>	<b>Kč/MWh</b>
Celkové roční náklady na energie včetně dopravy	68277,66	Kč

**Tab. 6:** Celkové náklady na energie pro modelovou domácnost

## Výsledky bilančních výpočtů

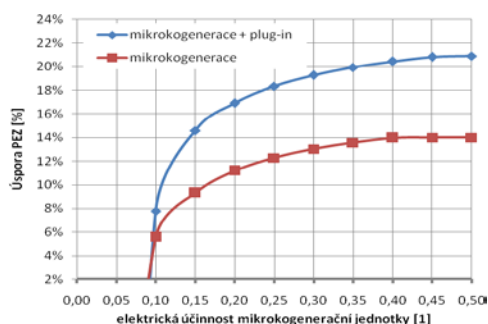
Uvažovaná mikrokogenerační jednotka je provozována v režimu sledování potřeby elektřiny v domácnosti s tím, že pokud je to možné zároveň uspokojuje spotřebu tepla. Elektrický výkon je uvažován cca 1,5 kW. Výpočty byly prováděny na podkladě denních průměrných potřeb, časová nesouslednost energetických potřeb je řešena akumulací elektřiny i tepla. V topné sezóně je případný přebytek tepla odveden do systému vytápění. Je-li potřeba tepla vyšší než množství odpadního tepla z kogenerace, je uvažováno s výrobou tohoto tepla v jednotce v režimu bez výroby elektřiny. Využití automobilu je uvažováno rovnoměrné.

Tabulka 7 ukazuje výsledky bilančních výpočtů primárních energetických zdrojů (PEZ). Obecně různá elektrická účinnost modelového mikrokogeneračního systému, která je závislá na použité technologii, je respektována parametrizací výpočtu. Výroba elektřiny z kogenerace je uvažována na úrovni 85% skutečných ročních potřeb, zbytek elektřiny je nakupován ze sítě. Tento předpoklad má postihnout omezenou možnost krytí špičkových odběrů elektřiny. Účinnost centrální výroby elektřiny je uvažována 33% a transportu 95%. Provozní účinnost kotle na biomasu je 70%. Balance plug-in hybridu vychází z předpokladu, že 30% energie se vyrobí klasickým spalovacím motorem a 70% bude tvořit elektřina vyrobená v mikrokogenerační jednotce. Ve čtvrtém a pátém sloupci tabulky 7 jsou vyčísleny úspory PEZ při provozu kogenerační jednotky ve dnech mimo topnou sezónu (příprava jen TV a výroba elektřiny včetně podílu na dopravu). Roční balance ve sloupci 6 již zahrnují i topnou sezónu. Při dosažení vysoké hodnoty elektrické účinnosti jednotky nad 35% již není možné dosahovat zásadně vyšších úspor PEZ, není totiž k dispozici další odpadní teplo z výroby elektřiny. Pokud jde o roční úspory nákladů, jsou výsledky významně příznivější než v případě PEZ.

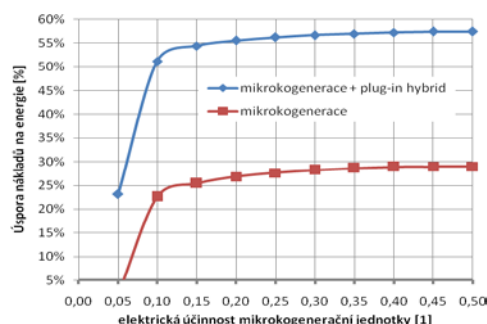
účinnost elektrická	příkon v palivu	spotřeba PEZ dnes (el+TV+dopr.)	možná úspora PEZ s KVET (el+TV+dopr.)		úhrnná roční spotřeba PEZ	úhrnná roční úspora PEZ	
[1]	[kWh/den]	[kWh/den]	[kWh/den]	[%]	[MWh]	[MWh]	[%]
0,05	198,62	48,94	-155,27	-317,3	74,54	-26,60	-51,22%
0,10	99,31	48,94	-55,96	-114,3	46,25	1,69	7,78%
0,15	66,21	48,94	-22,86	-46,7	42,99	4,95	14,58%
0,20	49,66	48,94	-6,31	-12,9	41,87	6,07	16,92%
0,25	39,72	48,94	3,62	7,4	41,20	6,75	18,33%
0,30	33,10	48,94	10,25	20,9	40,75	7,20	19,27%
0,35	28,37	48,94	14,97	30,6	40,43	7,52	19,94%
0,40	24,83	48,94	18,52	37,8	40,18	7,76	20,44%
0,45	22,07	48,94	21,28	43,5	40,00	7,94	20,83%
0,50	21,47	48,94	21,88	44,7	39,96	7,99	20,91%

Tab. 7: Balance PEZ pro modelový případ

Na následujících obrázcích jsou porovnány výsledky úspor PEZ a nákladů mezi nasazením mikrokogenerace z biomasy podle [1] a v kombinaci s plug-in hybridem. Z výsledků je zřejmé, že úspora PEZ při započtení individuální dopravy roste. Ještě razantnější nárůst úspory je patrný



Obr. 1: Balance úspory PEZ



Obr. 2: Úspora nákladů na energie

v nákladech. Využitím mikrokogenerace a plug-in hybridu může modelová domácnost ušetřit přes 50% nákladů na energie, v absolutním vyjádření přes 30 tis. Kč/rok.

## Ekonomické hodnocení

Cílem tohoto článku je určit, podobně jako v [1] a [6], efektivní investiční náročnost systému mikrokogenerační jednotky využívající jako palivo biomasu pro domácnost. Ekonomické hodnocení je v tomto případě porovnáním konzervativního nákupu kotle na biomasu plus zásobníku TV a pořízení kogenerační jednotky včetně zásobníku TV a akumulace elektřiny. Není zahrnut cenový

rozdíl mezi nákupem tradičního automobilu a plug-in hybridu. Modelová jednotka bude provozována s ohledem na zabezpečení potřeb elektřiny na úrovni 85% celkové elektrické spotřeby (zbytek tvoří nákup ze sítě), odpadní teplo bude využito pro přípravu teplé vody a v zimním období také k vytápění. V případě, že pro teplo není momentální využití, je vyvedeno jako odpadní do atmosféry. Je uvažována akumulace pro celou denní spotřebu TV a elektřiny. Velmi významný vliv na efektivitu nasazení všech technologií má jejich provoz, který je potřeba při každé úvaze o spojení těchto systémů uvažovat. Účinnost akumulace je zahrnuta v účinnosti kogeneračního systému. Doba hodnocení je zvolena s ohledem na životnosti zařízení 10 let. Pro ekonomické výpočty je uvažována inflace 3%, nominální diskontní sazba 4%, roční nárůst ceny elektřiny 10% a roční nárůst ceny biomasy 10%. Investice do kotle a zásobníku TV je 45 000 Kč. Poněkud jiné hodnoty bychom obdrželi, kdyby pro porovnání sloužil automatický kotel. Pro hodnocení je využito kritérium čisté současné hodnoty (NPV). Výsledky včetně citlivostní analýzy na volbu základních ekonomických parametrů jsou uvedeny v následující tabulce 8. Úspora nákladů na energie získaná využitím mikrokogenerace vytváří prostředky pro investici do tohoto zařízení. Zároveň je uvažováno s diskontní sazbou, na nákup systému tedy pohlížíme jako na investici. Pro toto jednoduché porovnání neuvažujeme odpisy a ani nezahrnujeme způsob financování. Za těchto předpokladů lze dospět při zadání NPV rovné 0 k limitním hodnotám investičních prostředků do systému mikrokogenerace.

Limitní výše investičních nákladů do mikrokogeneračního systému [Kč]										
účinnost elektrická	volba nominální diskontní sazby [%]				meziroční růst ceny paliva [%]			meziroční růst ceny elektřiny [%]		
	2	4	6	8	0	10	20	5	10	15
0,05	249 220	<b>232 528</b>	217 780	204 725	363 920	<b>232 528</b>	-658	113 280	<b>232 528</b>	391 458
0,10	496 372	<b>459 479</b>	426 881	398 028	497 396	<b>459 479</b>	392 187	340 231	<b>459 479</b>	618 409
0,15	524 854	<b>485 634</b>	450 979	420 304	512 779	<b>485 634</b>	437 459	366 386	<b>485 634</b>	644 564
0,20	534 668	<b>494 646</b>	459 282	427 980	518 079	<b>494 646</b>	453 058	375 397	<b>494 646</b>	653 575
0,25	540 556	<b>500 053</b>	464 264	432 585	521 259	<b>500 053</b>	462 417	380 804	<b>500 053</b>	658 982
0,30	544 482	<b>503 657</b>	467 585	435 655	523 379	<b>503 657</b>	468 657	384 409	<b>503 657</b>	662 587
0,35	547 286	<b>506 232</b>	469 957	437 849	524 893	<b>506 232</b>	473 114	386 984	<b>506 232</b>	665 162
0,40	549 389	<b>508 163</b>	471 736	439 493	526 029	<b>508 163</b>	476 457	388 915	<b>508 163</b>	667 093
0,45	551 024	<b>509 665</b>	473 120	440 773	526 912	<b>509 665</b>	479 056	390 417	<b>509 665</b>	668 595
0,50	551 379	<b>509 991</b>	473 420	441 050	527 103	<b>509 991</b>	479 620	390 742	<b>509 991</b>	668 920

Tab. 8: Limitní investiční náklady a citlivostní analýza pro modelový případ

Je zřejmé, že při růstu ceny elektřiny se kogenerační jednotka stává významně finančně efektivnější a na růst ceny biomasy reaguje opačně. Oproti výsledkům hodnocení bez dopravy, kde neměla výše investičních prostředků překročit 60 – 100 tis. Kč, je možné v případě zahrnutí tohoto efektu uvažovat s limitními investičními náklady přes 300 tis. Kč.

## Závěr

Uvedená analýza cen a výkonů automobilové produkce ČR ukazuje, že při hromadné výrobě by mikrokogenerační systémy mohly představovat ekonomicky efektivní alternativu k centrálním energetickým zdrojům z pohledu měrných investičních nákladů.

Dále z rozborů vyplývá, že aplikace plug-in hybridu do průměrné české domácnosti vybavené mikrokogenerační jednotkou je za zvolených předpokladů z pohledu provozních i investičních nákladů velmi výhodná. Tato kombinace je zároveň efektivní z pohledu úspory PEZ, kterou lze očekávat v rozmezí 10 – 20%. Zásadní je i skutečnost, že s využitím tohoto konceptu bude možné velmi vysoké využití lokálních PEZ a zejména obnovitelných zdrojů energie. V případě popisované aplikace plug-in hybridu činní limitní investiční náklady na mikrokogenerační jednotku přes 300 tis. Kč. V této cenové relaci je již v současných podmínkách podle našeho názoru možné vyvinout vhodné zařízení a úspěšně je uvést na trh.



## Literatura

- [1] MAŠČUCH, J., HRDLIČKA, J. Perspektivy mikrokogenerace z biomasy v podmínkách ČR. In Technika ochrany prostředí TOP 2009. 15. ročník mezinárodní konference. 2009. pp.337-342. ISBN 978-80-227-3096-9.
- [2] SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. Výroba motorových vozidel v ČR. [online]. PRAHA (CZ): Sdružení automobilového průmyslu, nedatováno. [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: <http://www.autosap.cz/default2.asp?page={4A86501A-BBD5-4B8F-AE57-397BC8051C9A}>
- [3] <http://www.autofox.cz/index.php?idx=27889>
- [4] SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. Tiskové informace AutoSAP. Tiskové informace vydané AutoSAP v roce 2011. č.7 Jaké osobní automobily se prodávaly v roce 2010? První registrace osobních automobilů v roce 2010 z různých pohledů. [online]. PRAHA (CZ): Sdružení automobilového průmyslu, nedatováno. [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: <http://www.autosap.cz>
- [5] HRDLIČKA, F. Současná energetika ... In Energetika a biomasa 2008. Sborník přednášek z konference. Praha: Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2008. ISBN 978-80-01-04017-1.
- [6] MAŠČUCH, J., DLOUHÝ, T. Natural gas decentralized micro CHP: The Czech republic case. In 5th Annual International Travelling Conference ... ERIN 2011. Sborník přednášek z konference. Prešov, Harmony Apeiron, 2011. ISBN 978-80-89347-05-6.
- [7] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Česká republika v číslech 2011. [online]. Kód: e-1409-11. Praha (CZ): Český statistický úřad, 12.12.2011 [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/5A004C24C0/\\$File/14091108.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/5A004C24C0/$File/14091108.pdf)
- [8] POLANECKÝ, K. et al. *Chytrá energie*. Brno-České Budějovice-Praha: Hnutí DUHA, Calla, Greenpeace ČR, Centrum pro dopravu a energetiku, Ekologický institut Veronica, duben 2010. ISBN 978-80-86834-36-8.
- [9] MPO. Bilanční přehled za rok 2009 a 2010. [online] Dostupné z: [download.mpo.cz/get/43767/49122/576190/priloha001.pdf](http://download.mpo.cz/get/43767/49122/576190/priloha001.pdf)
- [10] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Energetická bilance 2009. [online]. Kód: e-8106-11. Praha (CZ): Český statistický úřad, 15.4.2011 [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: [http://czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/D50023E41E/\\$File/810611008.pdf](http://czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/D50023E41E/$File/810611008.pdf)
- [11] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Vydání a spotřeba domácností statistiky rodinných účtů za rok 2010 – domácnosti podle ... [online]. Kód: e-3001-11. Praha (CZ): Český statistický úřad, 24.6.2011 [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/B60021F16D/\\$File/30011112.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/B60021F16D/$File/30011112.pdf)
- [12] SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. Souhrnné registrace a složení vozového parku v ČR. [online]. PRAHA (CZ): Sdružení automobilového průmyslu, 31.12.2011 [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>
- [13] SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. Základní přehled a údaje. Složení os. aut. [online]. PRAHA (CZ): Sdružení automobilového průmyslu, nedatováno. [cit. 2012-5-14]. Dostupné na internetu: <http://www.autosap.cz>
- [14] KENDALL, G. *Plugged in. The end of the oil age*. Neznámé: 2008. WWF – World Fund for Nature.

## Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci výzkumného záměru MSM 6840770035 Rozvoj ekologicky šetrné decentralizované energetiky a za podpory grantu ČVUT reg.č. SGS12/054/OHK2/1T/12 s názvem „Měření provozních charakteristik experimentální mikrokogenerační ORC jednotky“.

---

Ing. Jakub Maščuch, FS ČVUT v Praze, Ústav energetiky, Technická 4, 166 07 Praha 6, +420224352541, jakub.mascuch@fs.cvut.cz