

Indukce spotřeby (rebound effect): Úskalí zvyšování energetické efektivity

Jan Urban

Centrum pro otázky životního prostředí, Univerzita Karlova v Praze

Letní škola Katedry environmentálních studií a Katedry mezinárodních vztahů
a evropských studií MU v Brně

Výhledy české energetiky: soláry či chladicí věž na obzoru?

FSS MU, 6. září 2013

Motivace

Energetická efektivita

- konsensuální nástroj pro snižování negativních dopadů na ŽP
 - Průmysl (podpora inovací, snižování nákladů na výrobu)
 - Stát (pracovní místa i příjmy z daní, relativně snadná regulace, kompatibilní s neoliberalní ideologií, významný environmentální dopad)
 - Spotřebitelé (spotřební komfort je zachován, nové typy služeb)

Nezamýšlené důsledky zvyšování energetické efektivity

- Zvyšování poptávky po službách
- Zvyšování výroby
- Růst ekonomiky
- Úspory energie jsou menší než zamýšlené
- Vznikají nové typy dopadů
- Proenvironmentální chování spotřebitelů je podkopáváno

Cíle prezentace

V prezentaci zodpovím následující otázky:

1) Můžeme zaváděním úsporných technologií skutečně uspořit energii?

2) Kolik energie můžeme uspořit zaváděním úsporných technologií?

3) Co můžeme udělat, abychom uspořili více energie?

Struktura prezentace

- Poptávka po energii
- Energetická efektivita a poptávka po energii
- Indukce spotřeby (rebound effect)
 - definice
 - jak ji měřit
 - empirické odhady
- Nástroje pro snižování indukce spotřeby
- Alternativní vysvětlení pro indukci spotřeby
- Diskuse
- Shrnutí

Proč poptáváme energii?

- Nepoptáváme energii
- Poptáváme energetické služby

Beckerova výrobní funkce domácnosti:

- Domácnost má užitek z komodit, které produkuje
 - palačinka ← vejce+mouka+mléko+pánvička+energie+vaříč+čas
- Což se dá vyjádřit následovně:

$$ES_i = ES_i(E_i, K_i, O_i, T_i; A_i)$$

$$U = u(ES_1, ES_2, \dots, ES_n)$$

ES ...energetická služba, K ...kapitál, O ...ostatní tržní statky, T ...čas, A ...atributy energetické služby; pro domácnost i

Energetická služba a energie

Co tvoří energetickou službu?

$$ES = es(S, A)$$

ES...energetická služba, např. tepelný komfort

S...užitečná práce, např. teplo

A...atribut energetické služby, např. jestli se mohu o kamna spálit

Co tvoří užitečnou práci?

$$S = s(K, E)$$

S...užitečná práce

K...kapitál, např. kamna

E...energie

chci se ohřát->chci teplo s určitými atributy->potřebuji energii a kamna

poptávka po ES ->poptávka po S a A->poptávka po K a E

poptávka po energii je odvozená!

Co je to energetická efektivita?

1 cyklus pračky ~ 3.5 kWh

PC ~ 65-250 W

LCD ~ 35-80 W

Boeing 747 ~ 3.1l na 100 pasažérkilometrů

energetická efektivita = užitečná práce/množství energie

$$\varepsilon = S/E$$

ε ...energetická efektivita

S...užitečná práce

E...energie

Co se stane, když se zvýší energetická efektivita?

potřebujeme méně energie na jednotku energetické služby

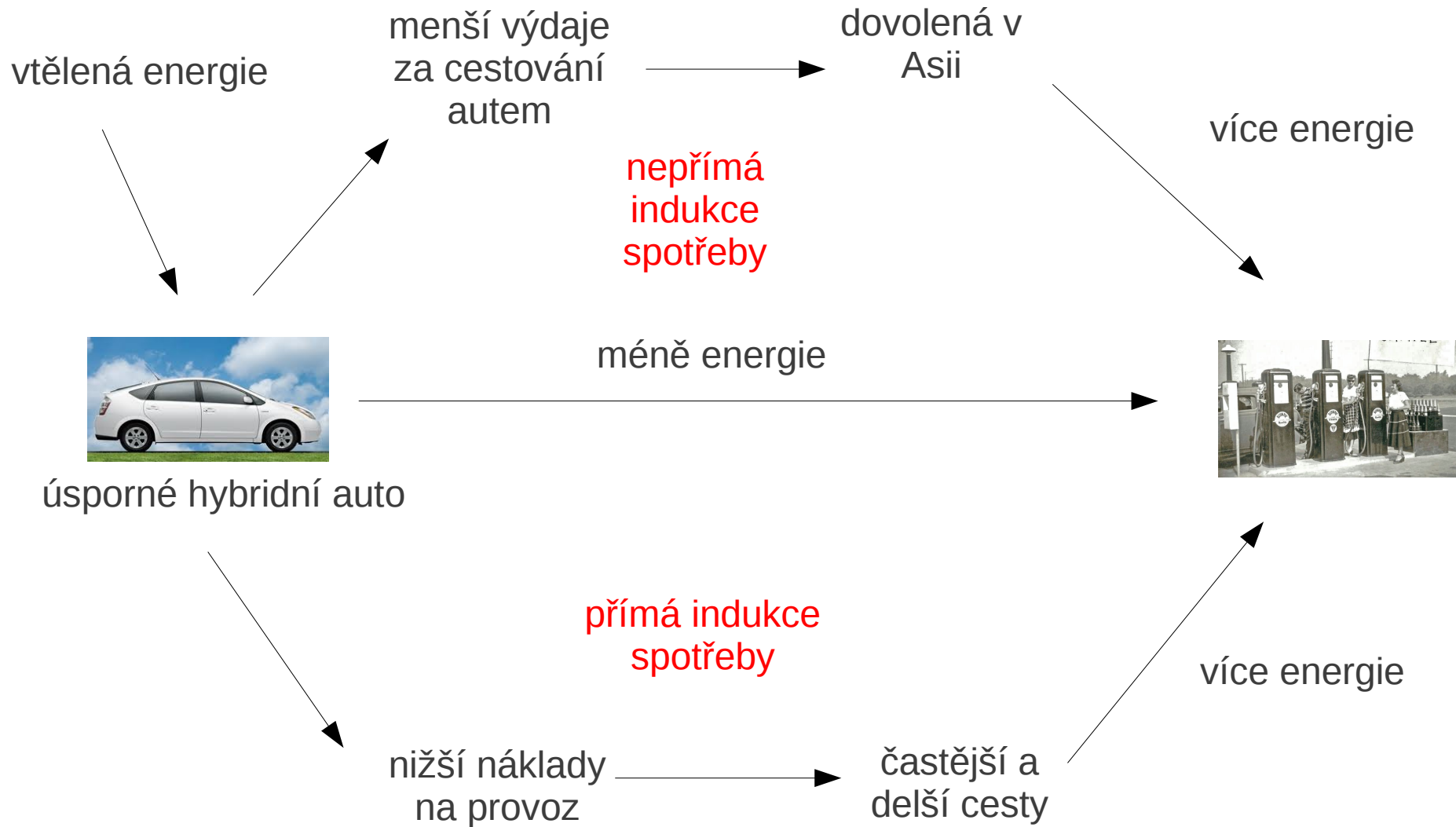
- mezní cena energetické služby poklesne
- můžeme poptat více energetické služby
- můžeme si také koupit nová kamna (kapitál, K), koupit si nový hadr na utírání kamen (jiné statky, O), můžeme přestat kamna vypínat (T), můžeme si dát kolem kamen ochrannou mřížku proti spálení (A)

$$ES_i = ES_i(E_i, K_i, O_i, T_i; A_i)$$

- místo roztápění kamen můžeme také ráno začít péct palačinky

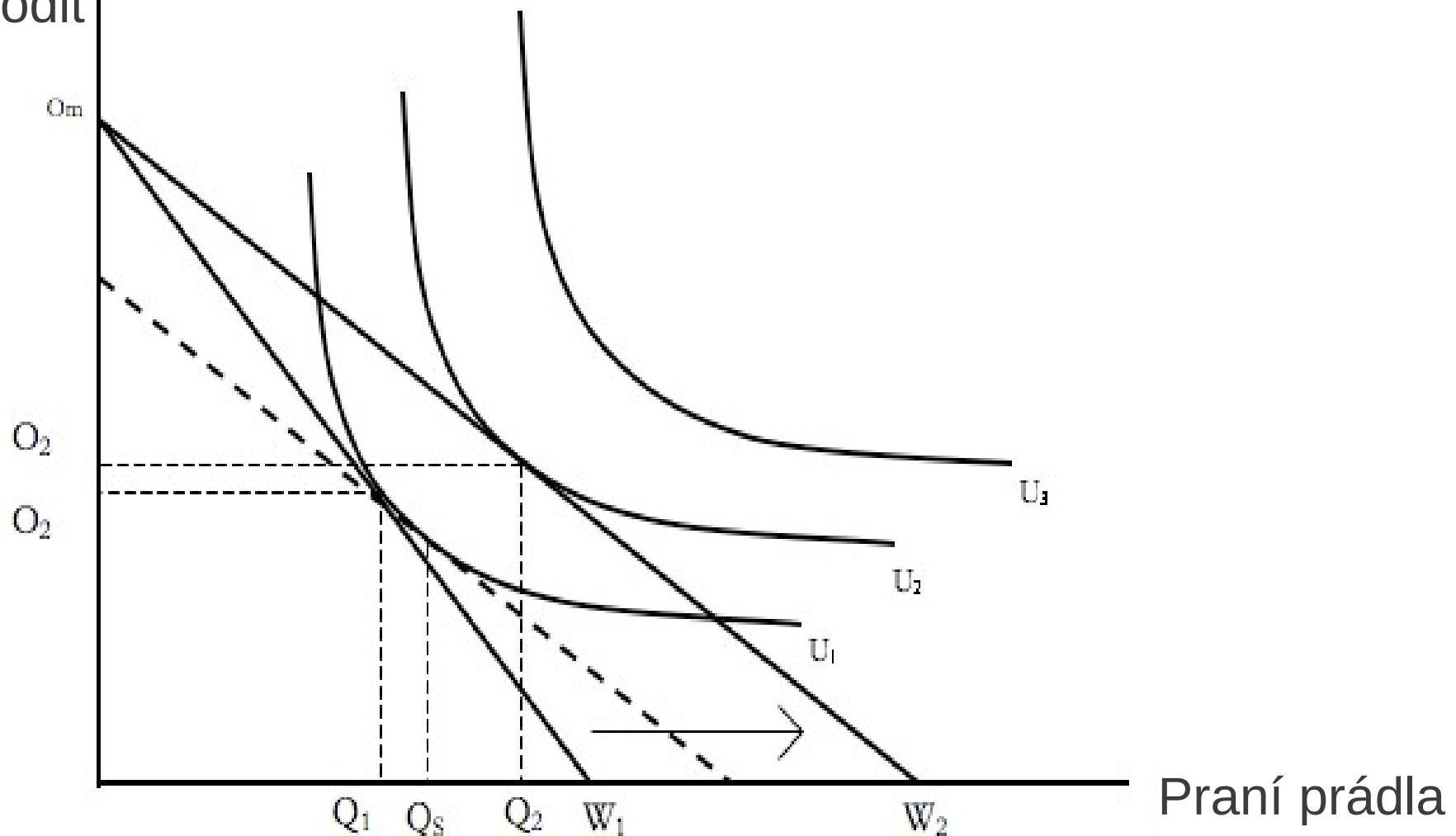
$$U = u(ES_1, ES_2, \dots, ES_n)$$

Jiný příklad



Přímý a nepřímý RE v grafu poptávky

Spotřeba
jiných
komodit

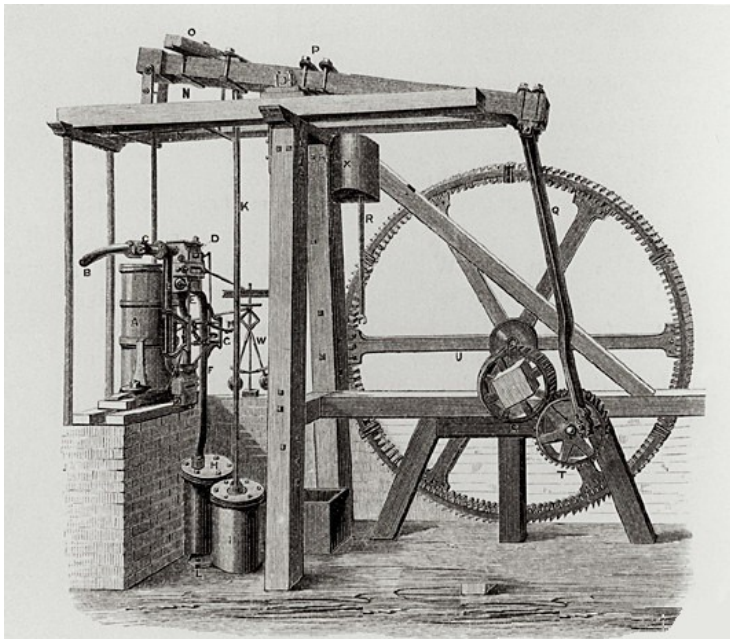


Jevonsův paradox



William Stanley Jevons (*Otázka uhlí*, 1865)

- zvýšení efektivity využívání uhlí → zvýšení spotřeby uhlí
- technologický vývoj nepovede ke snížení spotřeby uhlí





Khazzom-Brookesův postulát

- Leonard Brookes (1979), Daniel Khazzom (1980):
výšená energetická efektivita může vést ke zvýšení
poptávky po energii
- K-B postulát byl následně silně kritizován (Lovins, 1998;
Lovins, Henly, Ruderman, & Levine, 1988)
- v současnosti je však již velmi jisté, že indukce spotřeby
existuje (Sorrell et al., 2009)

Terminologie

Indukce spotřeby (*rebound effect*) je vyjádřena jako:

RE=ztráta úspory/očekávaná úspora

Příklad:

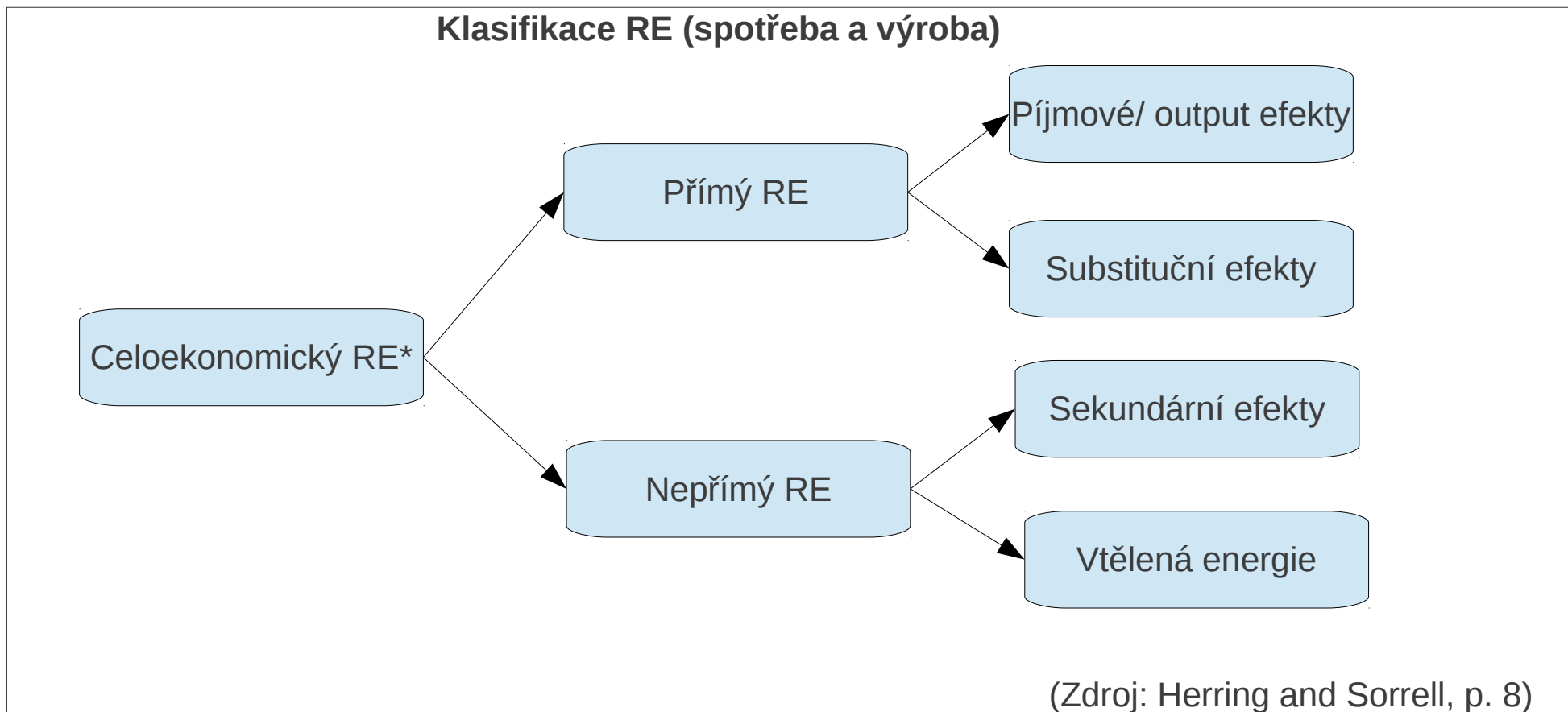
- úsporné auto spotřebovává o 20% méně paliva
- ve skutečnosti ale nový vlastník tohoto auta snížil svou spotřebu pouze o 15%
- indukce spotřeby je v tomto případě 25% (ztratilo se 25% předpokládaných úspor)

jestliže je $RE > 100\%$ ~ „backfire“ ~ Jevonsův paradox

- dojde nejenom ke ztrátě úspor, ale dokonce se zvýší spotřeba energie

Různé typy RE

- Různé mechanismy, které vedou ke snížení úspor energie ze zavedení energeticky účinných opatření
- Podstata, mechanismus a rozsah RE jsou předmětem sporu



*Pozn.: Někteří autoři řadí celoeconomický RE jako samostatný typ RE vedle přímého a nepřímého RE (ekonomický růst).

Kde můžeme nalézt největší RE?

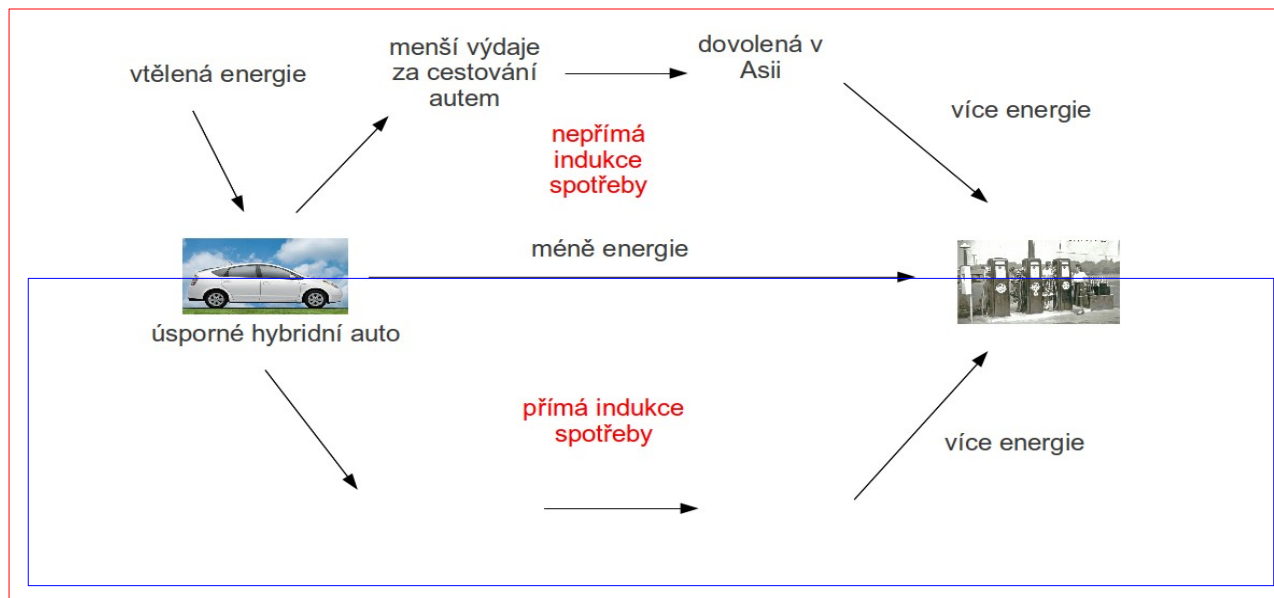
1. Protože platí... $ES=es(S,A)$ and $S=s(K,E)$

...RE je tím větší, čím větší je podíl E na ES

2. RE je větší v případech, kdy je možné substituovat E za jiné faktory výroby

3. Velikost RE závisí na míře saturace energetickou službou ES (bude větší v rozvojových zemích a chudých domácnostech)

4. RE je větší pro větší systémy a delší časový horizont



Velikost RE

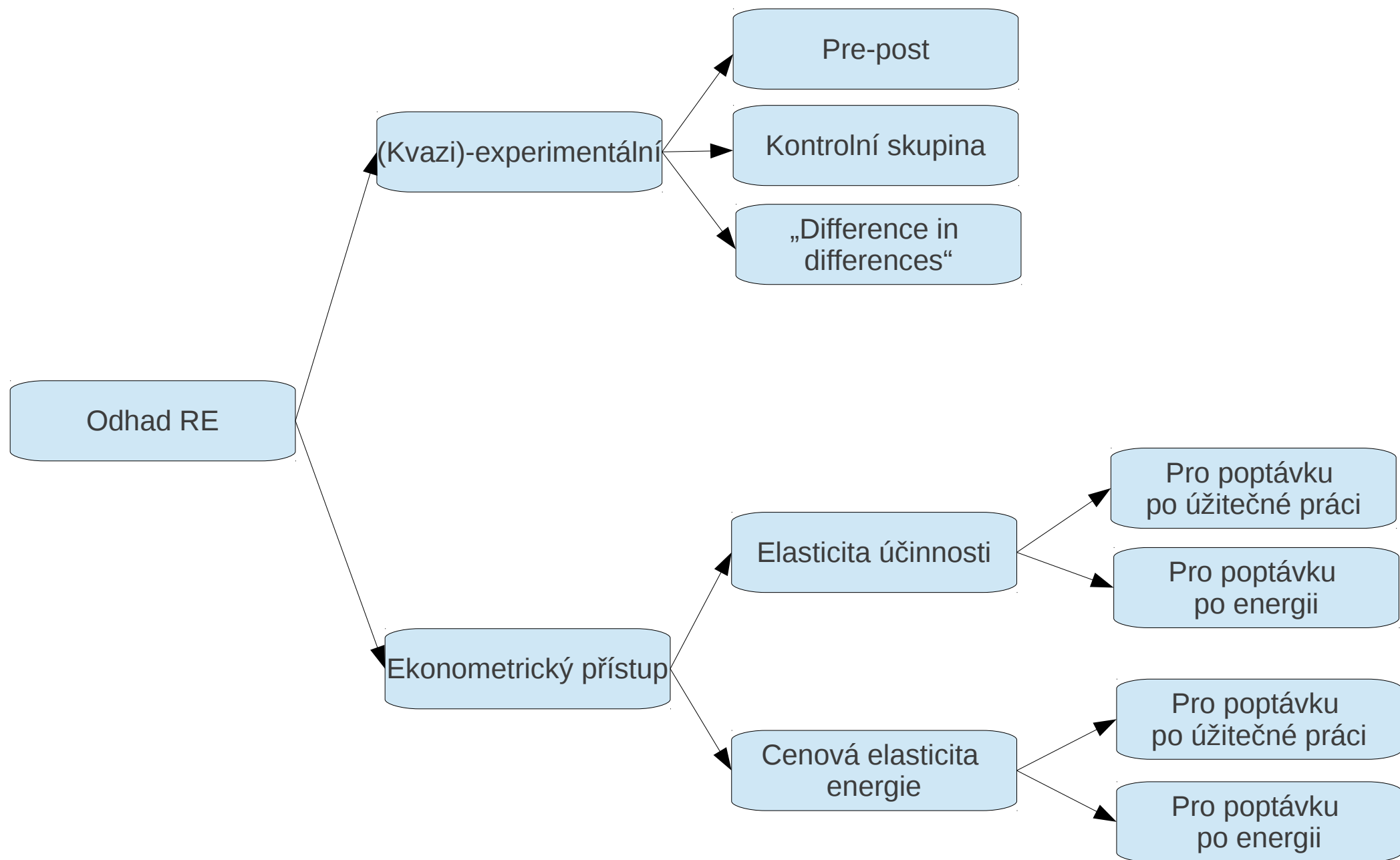
Celoekonomický RE

- Přehled 8 CGE studií (Sorrell, 2007): RE je vždy >37%, většina studií >50%, některé studie >100%

Přímý RE

Služba	Interval hodnot	Nejlepší odhad	Počet studií	Jistota
Osobní automobilová doprava	3-87	10-30	17+	Vysoká
Topení	0.6-60	10-30	9+	Střední
Klimatizace	1-26	1-26	2+	Nízká
Další energetické služby	0-41	<20	3+	Nízká

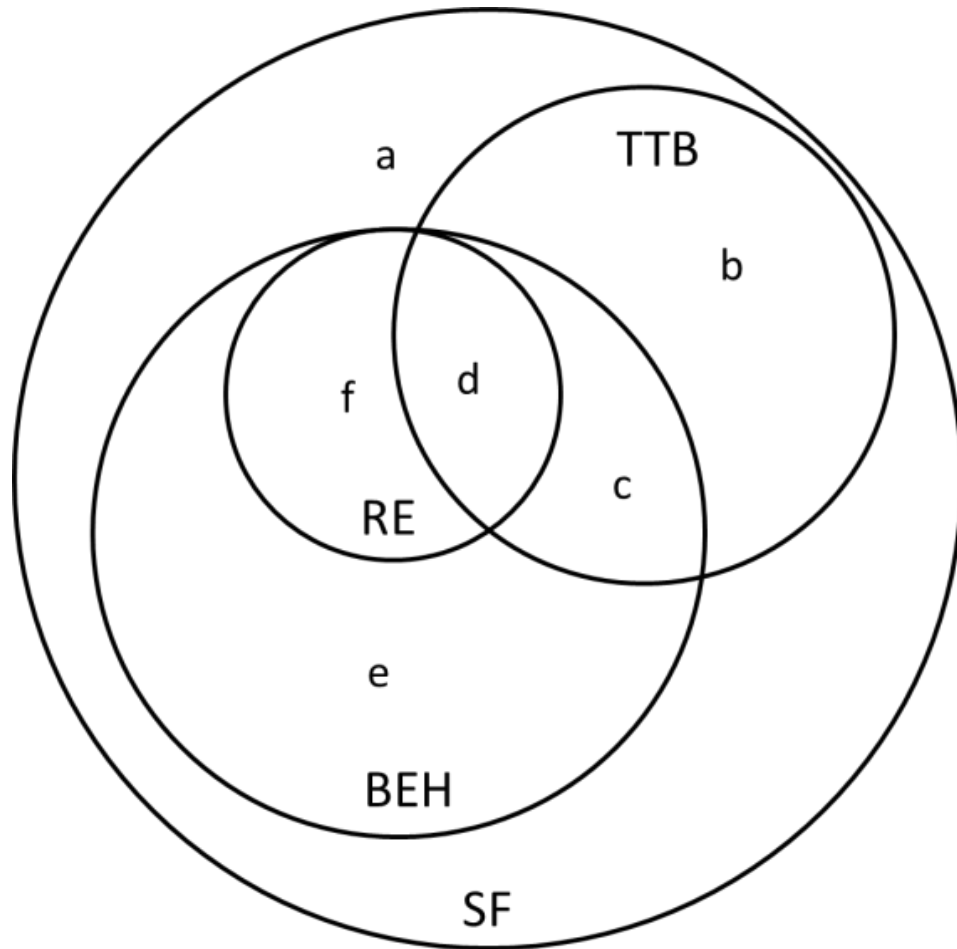
Jak odhadnout RE?



Připomeňme si

- přímý RE je zvýšením poptávky po energii v důsledku zvýšení poptávky po energetické službě
- je třeba odlišit přímý RE od jiných mechanismů vedoucích ke ztrátě úspor ze zvýšené energetické účinnosti

Jiné mechanismy ztráty úspor



SF...shortfall

TTB...temperature take-back

BEH...ztráta úspor v důsledku změny chování

RE...přímý RE

Příklady:

a...nepřesný inženýrský odhad úspor;

b...změna vnitřní teploty v důsledku tepelné izolace (žádná změna chování);

c...termostat je nastaven na vyšší teplotu jako prevence vzdušné vlhkosti a plísně;

d...termostat je nastaven na vyšší teplotu, protože je to levnější;

e...častější otevírání oken, dům přirozeně nedýchá;

f...okna jsou otevírána častěji, protože je to „levnější“

Nástroje zmenšující RE

- RE je velmi zřídka brán v potaz při formulování energetických politik; jednou z výjimek je zpráva DEFRA (2007)
- Důsledky RE pro energetickou politiku jsou zcela zásadní (viz Brännlund, 2007)
 - 20% zvýšení energetické účinnosti
 - zvýšení emisí CO₂ o 5% (celoekonomický RE je v tomto případě 125%)
 - daň na CO₂ musí být zvýšena o 130% aby zabránila vzniku RE

Nástroje omezující RE

Nástroj	Strop v používání	Cena	Poznámka
Poskytování informací a morální přesvědčování	?	?	neznámá účinnost
Přímá a fyzická regulace	A	?	záleží na kontextu
Dotace	N	nižší	kontraproduktivní (re-sponding)
Cenová regulace	?	A	účinný nástroj
Obchodovatelné povolenky	A	A	nejúčinnější nástroj

Zdroj: upraveno podle Bergh (2010)

Alternativní vysvětlení pro RE

Ekonomové předpokládají, že RE vzniká, protože

- se zvýšila energetická efektivita
- v důsledku toho klesla mezní cena energetické služby
- v důsledku toho vzrostla poptávka po energetické službě
- v důsledku toho se snížila úspora ze zvýšené energetické efektivity

Je takový předpoklad oprávněný?

Spotřebitelé energií

Attari, S. Z., DeKay, M. L., Davidson, C. I., & Bruine de Bruin, W. (2010). Public Perceptions of Energy Consumption and Savings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(37), 16054-16059.

- spotřebitelé mají málo znalostí ohledně komparativní spotřeby energií a potenciálních úspor různých úsporných opatření
- opatření založené na zvyšování EE obecně uspoří více energie než úsporné chování, avšak pouze 11.7% účastníků šetření zmínilo EE jako nástroj šetření energie, 55.2% zmínilo úsporné chování
- spotřebitelé podhodnocují spotřebu energie a úspory průměrně 2.8x, nejvíce se mýlí tam, kde je spotřeba/úspory největší
- spotřebitelé jsou schopni porovnávat spotřebu mezi spotřebiči stejného druhu, avšak nikoli mezi různými spotřebiči

Spotřebitelé energie

Kempton, W., Harris, C., Keith, J., & Weihl, J. (1985). Do consumers know “what works” in energy conservation? Marriage and Family Review, 9(1/2), 115-133.

respondenti konzistentně podhodnocují úspory z EE opatření a nadhodnocují úspory z úsporného chování
lidé při svých odhadech úspor spoléhají na informace od přátel a sousedů místo energetických expertů

Craig, C., & McCann, J. (1978). Assessing communication effects on energy conservation. Journal of Consumer Research, 5, 82-88.

důležitý je zdroj informace o úsporách energie: informace of státního orgánu je vnímána jako důvěryhodnější, než informace od soukromého dodavatele energie

Spotřebitelé energie

Kempton, W., & Montgomery, L. (1982). Folk quantification of energy. Energy, 7(10), 817-827.

- spotřebitelé používají zjednodušené, netechnické způsoby měření spotřeby energie a na jejich základě se rozhodují (např. výdaje)
- lidé systematicky špatně odhadují úspory z různých opatření a chování
- rodiny si zapamatují vysoký účet za energii, ale nejsou schopny vyjádřit spotřebu v technických jednotkách (m³, HDD)

Alternativní hypotézy vysvětlující RE

- mentální RE (Girod, Haan, & Scholz, 2010; Girod & Haan, 2009)
 - lidé neporovnávají mezní cenu ES, ale provádějí mentální účetnictví
 - jestliže udělali něco dobrého pro environment (koupili si úspornou pračku), je pravděpodobné, že se přestanou omezovat v jiné oblasti (poletí na dovolenou)
 - na různých datech ukazují existenci MR
- zelené kompenzační představy (Kaklamanou, Jones, Webb, & Walker, 2013)
 - představa, že proenvironmentální chování v určité oblasti kompenzuje méně nešetrné chování v jiné oblasti
 - příklad: využívání veřejné dopravy -> letecký zájezd do zahraničí
 - škála měřící zelené kompenzační představy skutečně koreluje s negat. chováním
- morálně licenční efekt (Tiefenbeck et al., 2013)
 - morální chování v jedné oblasti mě opravňuje (dává licenci) chovat se amorálně jinde
 - field experiment
 - domácnosti vystavené kampani zaměřené na úspory vody (každý týden zpětná vazba) -> snížení spotřeby vody o 6%
 - -> zvýšení spotřeby elektřiny o 5.6%
 - na environmentální programy je třeba se dívat celistvě

Shrnutí

- 1) Různé typy RE snižují úspory ze zavádění EE
- 2) O existenci RE je značná shoda
- 3) Liší se odhady RE a jejich jistota
- 4) Většina politik nebere RE do úvahy
- 5) Existují nástroje snižování RE
- 6) Ekonomický RE není jediným mechanismem snižování úspor v důsledku zavedení EE; předpoklad o ekonomickém mechanismu není často realistický

Kde začít...

...chcete-li si sami o RE něco nastudovat?

- Jediný český popularizační článek je na **EurActivu**: <http://www.euractiv.cz/energeticka-ucinnost/clanek/vyssi-ucinnost-muze-pobizet-k-dalsi-spotrebe-energie-pochopeni-efektu-podle-expertu-zlepsi-energetickou-politiku-zateplovani-rebound-effect-energeticka-efektivita-011023>
- Přečtěte si článek Sorrell a Dimitropoulos (2008)
- Podívejte se na materiály UKERC
 - <http://www.ukerc.ac.uk/support/ReboundEffect>
- Přečtěte si knihu Herring a Sorrel (2009)

Kdybyste nemohli materiály sehnat/ byly pro vás nedostupné, napište mi a já vám je pošlu!

References

- Attari, S. Z., DeKay, M. L., Davidson, C. I., & Bruine de Bruin, W. (2010). Public Perceptions of Energy Consumption and Savings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(37), 16054–16059. doi:10.1073/pnas.1001509107
- Bergh, J. C. J. M. (2010). Energy Conservation More Effective With Rebound Policy. *Environmental and Resource Economics*, 48(1), 43–58. doi:10.1007/s10640-010-9396-z
- Brännlund, R., Ghalwash, T., & Nordström, J. (2007). Increased energy efficiency and the rebound effect: Effects on consumption and emissions. *Energy Economics*, 29(1), 1–17.
- Brookes, L. (1979). A low energy strategy for the UK. *Atom*, (269), 73–78.
- Craig, C. S., & McCann, J. M. (1978). Assessing Communication Effects on Energy Conservation. *Journal of Consumer Research*, 5(2), 82–88.
- DEFRA. (2007). Consultation document: energy, cost and carbon savings for the draft EEC 2008-11 illustrative mix. London: Department of Environment, Food, and Rural Affairs.
- Girod, B., & Haan, P. (2009). Mental rebound. Rebound research report nr. 3. Zurich: ETH Zurich, Institute for Environmental Decisions (IED). Dostupné z www.uns.ethz.ch/res/irl/emdm/publications/berichte
- Girod, B., Haan, P., & Scholz, R. W. (2010). Consumption-as-usual instead of ceteris paribus assumption for demand. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(1), 3–11. doi:10.1007/s11367-010-0240-z
- Herring, H., & Sorrell, S. (Ed.). (2009). *Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect*. London: Palgrave Macmillan.
- Jevons, W. S. (1866). *The Coal Question* (2nd vyd.). London: Macmillan. Dostupné z <http://www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnCQ.html>
- Kaklamanou, D., Jones, C. R., Webb, T. L., & Walker, S. R. (2013). Using Public Transport Can Make Up for Flying Abroad on Holiday: Compensatory Green Beliefs and Environmentally Significant Behavior. *Environment and Behavior*. doi:10.1177/0013916513488784
- Kempton, W., Harris, C., Keith, J., & Wehl, J. (1985). Chapter 6: Do Consumers Know „What Works" in Energy Conservation? *Marriage and Family Review*, 1/2(9), 115–133.
- Kempton, Willett, & Montgomery, L. (1982). Folk quantification of energy. *Energy*, 7(10), 817–827. doi:10.1016/0360-5442(82)90030-5
- Khazzoom, J. D. (1980). Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances. *The Energy Journal*, 1(4), 21–40.
- Lovins, A. B. (1998). Further comments on red herrings. *Letter to the New Scientist*, (2152).
- Lovins, A. B., Henly, J., Ruderman, H., & Levine, M. D. (1988). Energy Saving from the Adoption of More Efficient Appliances: Another View; a follow-up. *The Energy Journal*, Volume 9(Number 2), 155–170.
- Sorrell, S. (2007). *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*. Sussex: UKERC (UK Energy Research Centre). Dostupné z http://www.blakealcott.org/pdf/Rebound_Report_UKERC.pdf
- Sorrell, S., & Dimitropoulos, J. (2008). The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics*, 65(3), 636–649.
- Sorrell, S., Dimitropoulos, J., & Sommerville, M. (2009). Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy*, 37(4), 1356–1371.
- Tiefenbeck, V., Staake, T., Roth, K., & Sachs, O. (2013). For better or for worse? Empirical evidence of moral licensing in a behavioral energy conservation campaign. *Energy Policy*, 57, 160–171. doi:10.1016/j.enpol.2013.01.021

Poděkování

Tato prezentace vznikla na základě výzkumu realizovaného v rámci projektu podpořeného Evropskou komisí (grant No 265325 FP7 PURGE) a byla podpořena také z projektu SOVA – Internacionalizace, inovace, praxe: sociálně-vědní vzdělávání pro 21. století Masarykovy univerzity v Brně.

Děkuji za pozornost

jan.urban@czp.cuni.cz