

# **Modelování dopadů environmentální regulace**

---

Sborník z konference  
Praha, 2. prosinec 2010

Milan Ščasný a kolektiv



Centrum pro otázky životního prostředí  
Univerzita Karlova v Praze

## **Autorský kolektiv:**

Mgr. Milan Ščasný, Ph.D.<sup>1</sup> : kapitola 1, 5, 6 a 7

JUDr. et Mgr. Vojtěch Máca, Ph.D.<sup>1</sup> : kapitola 4

Ing. Jan Melichar, Ph.D.<sup>1</sup> : kapitola 3

Fusako Tsuchimoto, M.A.<sup>1</sup> : kapitola 6

Bc. Lukáš Rečka<sup>1</sup>: kapitola 5

Prof. Ing. Jiřina Jílková, CSc.<sup>2</sup> : kapitola 2

Doc. Ing. Jan Pavel, Ph.D.<sup>2</sup> : kapitola 2

Doc. Ing. Leoš Vítek, Ph.D.<sup>2</sup> : kapitola 2

## **Institucionální zastoupení:**

<sup>1</sup> Centrum pro otázky životního prostředí, Univerzita Karlova v Praze

<sup>2</sup> Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Vysoká škola ekonomická v Praze

## **Poděkování**

Konference Modelování dopadů environmentální regulace byla uspořádána díky laskavé podpoře Ministerstva životního prostředí České republiky v rámci projektu SPII/4i1/52/07 Modelování dopadů ekologické daňové reformy: II. fáze EDR.

© Centrum pro otázky životního prostředí, 2010

ISBN 978-80-87076-15-6

# OBSAH

<b>ÚVODEM</b>	<b>4</b>
<b>NÁSTROJE PRO HODNOCENÍ DOPADŮ REGULACE</b>	<b>5</b>
1. Analýza dopadů regulace predikčními a simulačními modely	6
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 929 kB)</i>	
2. Administrativní a vyvolané náklady poplatků za znečišťování ovzduší a energetické daně	9
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 565 kB)</i>	
3. Analýza externích nákladů, nákladů na zamezení a odhad míry internalizace externalit v energetice	12
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 1 304 kB)</i>	
<b>ROZVÍJENÉ A UŽITÉ MODELY V PROJEKTU MODEDR</b>	<b>15</b>
4. Dopravní model dílčí rovnováhy TREMOVE	16
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 3 063 kB)</i>	
5. Energetický model dílčí rovnováhy MESSAGE	18
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 1 751 kB)</i>	
6. Model obecné rovnováhy	21
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 1 469 kB)</i>	
7. Makroekonomický model E3ME	24
<i>Prezentace ke stažení zde (pdf, 1 433 kB)</i>	
<b>LITERATURA</b>	<b>26</b>

## Úvodem

Projekt MODEDR „**Modelování dopadů environmentální daňové reformy: II. etapa EDR**“ byl financován Ministerstvem životního prostředí České republiky a na jeho řešení se podílely celkem čtyři výzkumné instituce. Dvě instituce tuzemské, *Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy v Praze – COŽP UK*, *Vysoká škola ekonomická – IEEP VŠE*, a dvě instituce z Velké Británie, *Metroeconomica* a *Cambridge Econometrics*, za odborné koordinace prvně jmenované instituce. Projekt byl zahájen v listopadu 2007 a trval celkem tři roky.

Hlavním cílem projektu MODEDR bylo **analyzovat dopady vybraných ekonomických nástrojů environmentální regulace**. Původní zaměření projektu, které reflektovalo koaliční dohodu ODS, KDU-ČSL a SZ z roku 2006, se týkalo analýz dopadů zavedení daní na energie, respektive daně na CO<sub>2</sub>, tedy obecného nástroje environmentální politiky, který měl být zavedený v České republice v rámci druhé etapy ekologické daňové reformy. V průběhu roku 2008 se však změnila priority vlády a resortu životního prostředí od původního zaměření na regulaci emisí uhlíku směrem k regulaci znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší, na což flexibilně reagoval i náš projekt a využívané modely byly přizpůsobeny tomu, aby byly schopny dopady v té době diskutované politiky analyzovat. Dílčím cílem projektu bylo také **zhodnocení stávající regulace** v oblasti ochrany ovzduší a změny klimatu s cílem poskytnout vědecky podloženou argumentaci pro možné varianty budoucí regulace.

Řešení a výsledky projektu můžeme rozdělit do tří skupin:

- V první části se projekt zaměřil na **diskusi teoretických a konceptuálních otázek regulace a volby nástrojů**.
- Druhá část se věnovala **fungování některých nástrojů** zavedených v České republice a analýze administrativních a vyvolaných nákladů.
- **Analýza dopadů environmentální regulace predikčními a simulačními modely** byla potom předmětem třetí části projektu. V ní byly rozvinuty celkem čtyři makro modely: model obecné rovnováhy CZEGE3 (rozvíjen ve spolupráci Metroeconomica a COŽP UK), makroekonometrický model E3ME (Cambridge Econometrics, COŽP UK a IEEP VŠE), energetický model dílčí rovnováhy MESSAGE-ČR (COŽP UK) a dopravní model dílčí rovnováhy TREMOVE (COŽP UK). Prostřednictvím mikro-simulačního modelu domácností DASMODO (COŽP UK) byly analyzovány také distribuční dopady zdanění. Dále byl pro analýzu externích nákladů výroby elektrické energie použit přístup ExternE (*Externalities of energy*).

V tomto sborníku předkládáme čtenáři výsledky především třetí části řešení projektu MODEDR, které byly prezentovány také na závěrečné konferenci v prosinci 2010 v Praze. Následující text je členěn do dvou tématických částí. První z nich se zabývá vybranými nástroji pro hodnocení dopadů regulace, druhá potom popisuje čtyři konkrétní makro modely, které byly využity a rozvíjeny v projektu MODEDR k modelování dopadů environmentální regulace.

## **Nástroje pro hodnocení dopadů regulace**

## 1. Analýza dopadů regulace predikčními a simulačními modely

Modelování ekonomických dopadů exogenních změn – jakou může být vládní intervence – představuje konzistentní propojení ekonomické teorie a statistických dat popisujících daný socio-ekonomický systém. Cílem simulačních modelů – jakými jsou modely dílčí nebo obecné rovnováhy – je predikovat jak by daný systém vypadal, kdyby se něco (exogenně) změnilo, neposkytují však informaci o tom, jak daný systém bude v budoucnu vypadat. Z toho důvodu je jakákoliv interpretace absolutních hodnot výsledků predikcí modely diskutabilní, přičemž jedinou správnou interpretací výsledků je srovnání hodnot endogenních proměnných pro daný scénář s hodnotami pro scénář základní. Obecným výsledkem makro modelu je tak informace o tom jak se změní určitá (endogenní) veličina – například HDP – v důsledku určité změny politiky (scénář „*do-something*“) ve srovnání s predikovanou hodnotou dané veličiny za podmínky, že by k této změně nedošlo (tzv. scénář „*business-as-usual*“). Obvyklým výsledkem je tak relativní srovnání dvou predikovaných hodnot endogenních veličin. Modely, které si kladou za cíl předpovídat budoucí vývoj ekonomiky, mají jinou strukturu a obvykle se nehodí pro predikování dopadů intervencí (simulace). Některé makroekonomické modely mohou však sloužit oběma těmto cílům (simulacím a předpovědím).

Cílem predikčních modelů obecně je srovnání dvou stavů systému (ekonomiky nebo dílčího trhu) před zavedením a po zavedení určité exogenní změny. Obecně je tak cílem modelování **srovnání stavu systému, kdyby k určité zvažované změně nedošlo** (například politice změny světových cen komodit atp.), označováno jako „*do-nothing*“ nebo „*business-as-usual*“ scénář, **se stavem systému za předpokladu, že by k uvažované změně došlo** („*do-something*“). Rozdíl mezi těmito dvěma stavy je čistý efekt politiky neboli dopad zkoumané exogenní změny. Je potřebné zdůraznit, že **výsledky pro oba stavy jsou výsledkem modelování, které jsou determinovány charakteristikami použitého modelu**. Proto je důležité **znát detailně strukturu daného modelu a jeho charakteristiky vzít v úvahu při interpretaci výsledků modelování**. Modelování zjednodušeně odpovídá na otázku **„Jak by vypadal systém (ekonomika) reprezentovaný daty a strukturou pro určitý rok (například 2005), kdyby byl tento systém vystaven změnám, které jsou popsány ve scénáři politiky?“**.

Obecně můžeme rozlišit dva typy modelů, které mají své přednosti, ale i omezení: modely dílčí rovnováhy, které jsou modely optimalizačními, využívající inženýrské přístupy a vycházející při popisu systému zezdola („*bottom-up*“ přístupy), modely makro strukturní, které vycházejí více z ekonomické teorie, jsou více agregované a přistupují k popisu systému ze shora („*top-down*“ přístupy). Úvod do modelování dopadů regulace pomocí modelů obecné rovnováhy podává Markandya (2007), zatímco Ščasný a Píša (2008) a Rečka (2008) diskutují přednosti a omezení jednotlivých typů makro modelů.

### Modely dílčí rovnováhy („*bottom-up*“, technologické modely)

Modely dílčí rovnováhy jsou určené k modelování rovnováhy cen a množství na jednotlivých trzích odděleně. Tyto modely však postrádají vzájemné závislosti mezi sektory a zpětné vazby se zbytkem ekonomiky. Poptávka je zpravidla exogenní proměnou, která je zadávána buď přímo, nebo implicitně v podobě uživatelem nedefinované trajektorie vývoje makroekonomických parametrů jako HDP, populace nebo energetické intenzity ekonomiky. To znamená, že modely dílčí rovnováhy neumí simulovat vazby mezi jednotlivými trhy a ani

predikovat dopady na makroekonomické ukazatele jakými jsou HDP, produkce nebo zaměstnanost, což je také hlavním omezením těchto modelů.

Na druhou stranu nám tyto modely umožňují detailnější modelování vybraného sektoru při využití různě agregovaných dat včetně různých omezení, která přibližují model realitě. Přičemž platí pravidlo, že čím detailnější data do modelu vložíme, tím detailnější výsledky obdržíme. Nabízí tak detailnější pohled na problém, což umožňuje snadnější porozumění analyzovanému problému. V těchto modelech je daný systém (například energetika) popsán jako soubor technologií (k výrobě energie), včetně jejich technických (instalovaná kapacita, účinnost výroby, typ užitého paliva, nebo flexibilita výroby), ekonomických (položky nákladů a příjmů), tak environmentálních charakteristik (emise nebo spotřeba materiálů a energií na vyrobenou jednotku produkce). Výhodou těchto modelů je tak velice detailní popis – stávajících a někdy i plánovaných nových – technologií „využitelných“ v systému za daných restrikcí (limity těžby, velikost zásob fosilních zdrojů, možnosti substituce výroby tepla a elektřiny atp.).

Jednotlivé scénáře vývoje systému jsou modelovány pomocí lineárního programování, kdy je cílem nalézt takovou optimální množinu technologií, které povedou k naplnění předem definované poptávky při minimálních celkových nákladech nebo maximální hodnotě zisku nebo blahobytu. V případě energetických modelů se hledá minimum objektivní funkce, kterou představuje suma všech investičních, palivových, ostatních fixních a variabilních nákladů, ale i nákladů na poplatky za emise případně nákladů (nebo příjmů) na nákup (z prodeje) emisních povolenek. Objektivní funkce může být propočítána pro celou dobu sledovaného scénáře nebo pro vybrané období. Vzhledem k charakteristice těchto modelů bývají tyto modely někdy také nazývány **inženýrské nebo technologické modely**.

Rečka a Balajka (2008) se věnují popisu nejčastěji užívaných modelů dílčí rovnováhy pro hodnocení dopadů regulace na sektor energetiky. Příkladem modelu dílčí rovnováhy rozvíjeného v České republice je energetický model MESSAGE, dopravní model TREMOVE nebo model EFOM-ENV, rozvíjený firmou ENVIROS. Modelem dílčí rovnováhy je také model GAINS, který dlouhodobě rozvíjí mezinárodní institut aplikované systémové analýzy, IASA a jehož použitelnost pro účely modelování testuje v České republice česká informační agentura pro životní prostředí CENIA. Typ modelu dílčí rovnováhy představují i **mikro-simulační modely příjmů a výdajů domácností**, případně **modely chování firem nebo odvětví**, které obsahují příjmy a nákladové položky ekonomických odvětví. Příkladem mikro-simulačního modelu rozvíjeného v České republice je například model DASMODO sestavený pro predikci distribučních dopadů zdanění energií, paliv nebo práce na české domácnosti.

### **Makroekonomické strukturní („top-down“) modely**

Do druhé skupiny modelů patří komplexní modely, které se zabývají ekonomikou jako celkem, což umožňuje zachycení vztahů mezi jednotlivými sektory ekonomiky a interakce poptávek a nabídek vzešlých z cenových změn. Predikce dopadů politik na makroekonomické agregáty jsou však získány za cenu zobecnění a agregace, kdy je určitý systém (například energetický) popsán jednou – neoklasickou – produkční funkcí umožňující substituce skrze cenové elasticity. To neumožňuje zachytit strukturu energetického sektoru a možné změny v něm s takovou přesností a v detailu, jako to umožňují „*bottom-up*“ modely dílčí rovnováhy.

„*Top-down*“ přístupy využívají buď modely všeobecné rovnováhy (CGE) nebo makro-ekonomické modely.

Specifickou skupinou modelů jsou komplexní modely, které vychází z „*top-down*“ přístupu a jsou obohacené o optimalizační „*bottom-up*“ model dílčí rovnováhy s detailní strukturou technologií. Zpětné vazby mezi sektory jsou zajištěny prostřednictvím „sdílených“ proměnných, které jsou v jednom modelu exogenními a ve druhém endogenními proměnnými (například množství a cena vyrobené energie). Modelování probíhá v cyklech opakujících se kroků, kde výstup jednoho modelu představuje vstup do druhého, dokud se nedosáhne uspokojivého řešení na obou trzích (dílčím i obecném). Příklady takových modelů jsou GEM-E3, tedy model obecné rovnováhy, který je obohacen o model dílčí rovnováhy GAINS nebo model E3ME, makro-ekonomický model, který obsahuje modul technologií výroby energií.



## 2. Administrativní a vyvolané náklady poplatků za znečišťování ovzduší a energetické daně

Nástup a rozvoj ekonomie transakčních nákladů, ovlivnil také oblast evaluace ekonomických nástrojů ochrany životního prostředí, mezi které se řadí i tzv. ekologické daně. Původní koncept ekologických daní vychází z Pigouova přístupu korektivní daně a jeho cílem je zohlednění externích nákladů v ekonomických kalkulacích soukromých subjektů a celkové zvýšení alokační efektivity.

Aplikace tohoto nástroje, stejně jako i jiných typů daní, však s sebou přináší dodatečné náklady a dochází tak k dalšímu odčerpávání vzácných zdrojů společnosti. Tyto dodatečné náklady jsou označovány jako náklady transakční a jejich existence komplikuje nápravu tržního selhání. Proto je nutné, aby stát při konstrukci ekologických daní nebral v potaz pouze eliminaci negativní externality, ale provedl také analýzu velikosti transakčních nákladů.

V rámci hodnocení efektivity ekonomických nástrojů v ochraně životního prostředí je nutné sledovat několik kritérií, která lze rozdělit na základní a doplňková. Mezi základní OECD řadí: Environmentální účinnost (*Environmental Efficiency*). Při sledování tohoto kritéria se určuje, do jaké míry aplikace evaluovaného nástroje přispěla k naplnění stanovených cílů. Obecně jsou tak porovnávány hodnoty plánované k určitému datu (cíle) s realitou. V případě ekologických daní je tak sledován dopad na chování ekonomických subjektů, resp. na míru zohlednění externích nákladů v ekonomických kalkulacích. Hospodárnost (*Economy*). Toto kritérium sleduje, jestli byl daný nástroj implementován s minimálními náklady. Ve své podstatě se jedná se o analýzu transakčního nákladů systému, jež z ekonomického hlediska představují spotřebu vzácných zdrojů. Efektivnost (*Effectiveness*). V rámci tohoto kritéria je analyzován vztah mezi přínosy daného nástroje a náklady jeho implementace. Cílem je tedy najít takový nástroj, který přináší maximum přínosů (v případě ekologických daní tedy maximální zohlednění externích nákladů v kalkulacích soukromých subjektů) při minimálních transakčních nákladech. Sledován je tedy ukazatel počtu přínosů připadajících na jednotku nákladů.

### Vymezení transakčních nákladů ekologických daní

Obecná definice transakčních nákladů není dosud všeobecně akceptována. Z hlediska praktičnosti se jeví jako nejlepší použití definice negativní, kdy jsou za transakční náklady daňového systému považovány takové náklady, které by vládě a soukromým subjektům nevznikly, pokud by nebyl systém ekologických daní zaveden. Transakční náklady implementace ekologických daní vznikají jak na straně veřejného, tak i soukromého sektoru. V případě veřejného sektoru jsou transakční náklady označovány jako náklady administrativní (administrative costs – AC) a jedná se o veškeré náklady nesené veřejným sektorem (jak centrální a místní vládou tak i regulačními agenturami), které souvisí s implementací daného nástroje. Jedná se například o náklady na výběr jednotlivých daní, náklady na monitorování, získávání informací, náklady kontroly daňových subjektů apod. Nositelem druhé části transakčních nákladů, která je označována jako náklady vyvolané (compliance costs – CC), je soukromý sektor. V tomto případě se jedná o takové náklady,

kteří mají soukromé subjekty spojené se správnou administrací a odvedením ekologických daní s výjimkou vlastní daňové povinnosti. Důležité je upozornit, že oba typy nákladů (administrativní a vyvolané) jsou na sobě vzájemně závislé, neboť veřejný sektor může řadu činností (monitoring, reporting, aj.) přesunout na soukromý sektor. Jejich minimalizaci je proto nezbytné provádět simultánně.

### **Způsoby měření transakčních nákladů**

Způsoby měření velikosti transakčních nákladů zdanění jsou ovlivňovány sektorem, který je nese. Poněkud jednodušší situace je v případě administrativních nákladů, které jsou na rozdíl od nákladů vyvolaných či dokonce nadměrných daňových břemen daleko viditelnější a lépe měřitelné v důsledku existence rozpočtových údajů jednotlivých veřejných organizací, které jsou v demokratických státech veřejně dostupné. Na rozdíl od vyvolaných daňových nákladů je v případě administrativních daňových nákladů komplikovanější jejich přiřazení k jednotlivým daním.

Podstatně složitější situací je kvantifikace velikosti vyvolaných nákladů. Problémem je zejména značný počet poplatníků daně, jejich odlišná struktura atd. Za nejlepší metodu je obecně považováno použití strukturovaných dotazníků, které mohou pokrýt relativně velký počet daňových subjektů. Druhou možností je přímé osobní dotazování, které je však velmi nákladné.

### **Co ovlivňuje transakční náklady**

Absolutní velikost transakčních nákladů environmentálních daní ovlivňuje několik faktorů. Zaprvé je to počet poplatníků daně, zadruhé konstrukce základu daně, zatřetí vazba základu daně na jiné daně nebo reporting a za čtvrté system monitoringu a kontroly. Environmentální daně ve formě selektivních spotřebních daní na vstupy budou mít pravděpodobně menší transakční náklady než daně na emise, protože nevyžadují složitý system měření emisí a kontroly vykazovaných emisí. Z pohledu transakčních nákladů jsou také výhodnější takové environmentální daně, které jsou vybírány u malého počtu poplatníků, což znamená nižší AC nebo CC. Z hlediska konstrukce základu daně je výhodnější, pokud je navázán na již existující systémy výkaznictví nebo jiné daňové základy. Tím dochází ke snížení transakčních nákladů na kontrolu a výkaznictví.

Relativní velikost transakčních nákladů se obvykle poměruje k celkovému výnosu jedné nebo všech daní. Daňové výnosy je možno vykazovat jako hotovostní toky vládě (cash principle) nebo jako daňovou povinnost za daný rok (accrual principle). Pro velikost relativních ukazatelů je důležitým faktorem i výše sazeb daní a rozsah základu daně. Obecně řečeno země z vyšší mírou zdanění (nebo daně s vyšší sazbou) budou za jinak stejných podmínek vykazovat lepší relativní transakční náklady než ostatní země. To může zkreslit mezinárodní srovnání transakční efektivity environmentálních daní.

### **Závěry**

Dosavadní skromné analýzy ukazují, že transakční náklady environmentálních daní jsou spíše menší než u jiných daní, zejména důchodových daní. To je způsobeno především jejich

konstrukcí, která vychází z principů konstrukce akcízů (malý počet poplatníků, základ daně orientovaný na tržní transakce, relativně jednoduchý základ daně). Tím jsou sníženy jak AC vlády, tak CC soukromého sektoru.

Zdanění energií zatím není významným zdrojem vládních příjmů, a proto lze s jeho růstem očekávat postupné zlepšování hodnot relativních transakčních nákladů. U minerálních olejů jsou relativní transakční náklady nižší, protože se jedná o vysoce výnosné daně.

Environmentální daně nebo poplatky založené na měření objemu emisí nebo na zpoplatnění velkého počtu subjektů by pravděpodobně vedly k růstu transakčních nákladů. Na druhou stranu ale mohou být lépe zaměřeny na specifické environmentální cíle nebo mohou spravedlivěji zdaňovat skutečné poškozování životního prostředí.

### 3. Analýza externích nákladů, nákladů na zamezení a odhad míry internalizace externalit v energetice

V projektu MODEDR byl pro analýzu externích nákladů výroby elektrické energie použit přístup *ExternE (Externalities of energy)*, který je již více jak 15 let rozvíjen a používán v rámci výzkumných projektů Evropské komise k peněžnímu hodnocení externích nákladů pocházejících zejména z výroby elektřiny a tepla, ale také z dalších ekonomických aktivit typu dopravy, průmyslu či zemědělství. *ExternE* aplikuje přístup sledování drah dopadů (*Impact pathway analysis, IPA*) vycházející z *bottom-up* přístupu (Evropská komise, 1995; 1999; 2005). Ten umožňuje analyzovat specifické mezní dopady různých technologií v určitém místě a čase. To je důležité z toho důvodu, že externí náklady závisí na podmínkách lokality, ve kterých je posuzovaná technologie využívána.

IPA sleduje detailní rozptyl a přeměnu jednotlivých znečišťujících látek v atmosféře a jejich dopad na hodnocené receptory. Pro účely této analýzy byl modelován atmosférický rozptyl následujících znečišťujících látek:

- oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>),
- oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>),
- tuhé částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2.5</sub>,
- nemethanové těkavé organické sloučeniny (NMVOC),
- těžké kovy: Cd, As, Cr, Cr-VI, Ni, Hg, Pb.

Dále byl modelován vznik sekundárního polutantu troposférického ozonu O<sub>3</sub> na základě chemických reakcí jeho prekurzorů NO<sub>x</sub> a VOC. Samostatně byly hodnoceny dopady oxidu uhličitého CO<sub>2</sub> na globální změnu klimatu.

Dopad jednotlivých primárních a sekundárních znečišťujících látek na hodnocené receptory byl modelován pomocí funkcí koncentrace-odpověď (*concentration-response function, CRF*). V této souvislosti byly hodnoceny fyzické změny ve formě:

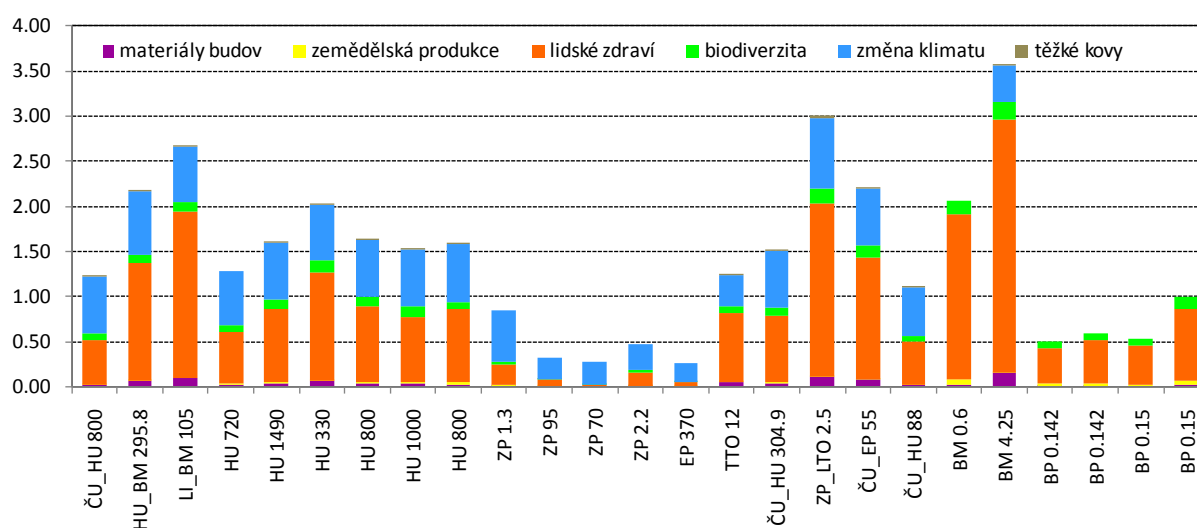
- předčasných úmrtí,
- zvýšené nemocnosti,
- koroze materiálů a zašpinění budov,
- ztráty zemědělské produkce,
- změny související s ekosystémovou biodiverzitou,
- příspěvku ke globální změně klimatu.

Následně bylo provedeno ekonomické ocenění jednotlivých fyzických dopadů v peněžních jednotkách. Ekonomické hodnocení, které je aplikováno v *ExternE* vychází nejčastěji z přístupu založeného na zjišťování ochoty platit (*willingness-to-pay, WTP*) nebo ochoty akceptovat (*willingness-to-accept, WTA*). Tam, kde je to možné, jsou při peněžním ocenění dopadů využívány tržní ceny (zemědělská produkce, stavební materiály) nebo kvazi tržní ceny (veřejné výdaje na léčení). Celá řada oceňovaných statků a služeb však není

obchodována na skutečných trzích (např. lidské zdraví, ztráta biodiverzity). Pro jejich hodnocení se využívají alternativní techniky - netržní metody oceňování.

Hodnocení externalit proběhlo na referenčních elektrárnách, jejichž zastoupení odpovídá struktuře palivového mixu České republiky. V tomto hodnocení byly zahrnuty energetická zařízení spalující černé uhlí (ČU) a hnědé uhlí (HU), lignit (LI), zemní plyn (ZP), těžké topné oleje (TTO), lehké topné oleje (LTO) a energo plyn (EP). Dalším typem technologie bylo zařízení spalující biomasu (BM) a bioplyn (BP). Jednotlivé hodnocená energetická zařízení se tedy liší typem spalovaného paliva, svým instalovaným výkonem a ročním zatížením, typem technologického zařízení včetně odlučovacích systémů a geografickou lokací.

**Graf 1: Odhad externích nákladů pro hodnocená energetická zařízení v Kč/kWh (2008)**



Graf 1 přibližuje jednotkové externí náklady vyjádřené v Kč za 1 kWh vyrobené elektřiny pro jednotlivá energetická zařízení. Odhady externích nákladů se liší podle typu energetických zařízení a druhů použitých paliv. Nejvyšší jednotkové externí náklady byly vypočteny pro technologii spalující biomasu (o instalovaném výkonu 4,25 MWe) a lehké topné oleje (2,5 MWe). Dále následuje uhelná elektrárna spalující lignit (105 MWe), dále elektrárny spalující hnědé uhlí a černé uhlí. Následují technologie spalující zemní plyn, bioplyn a energo plyn (EP 370).

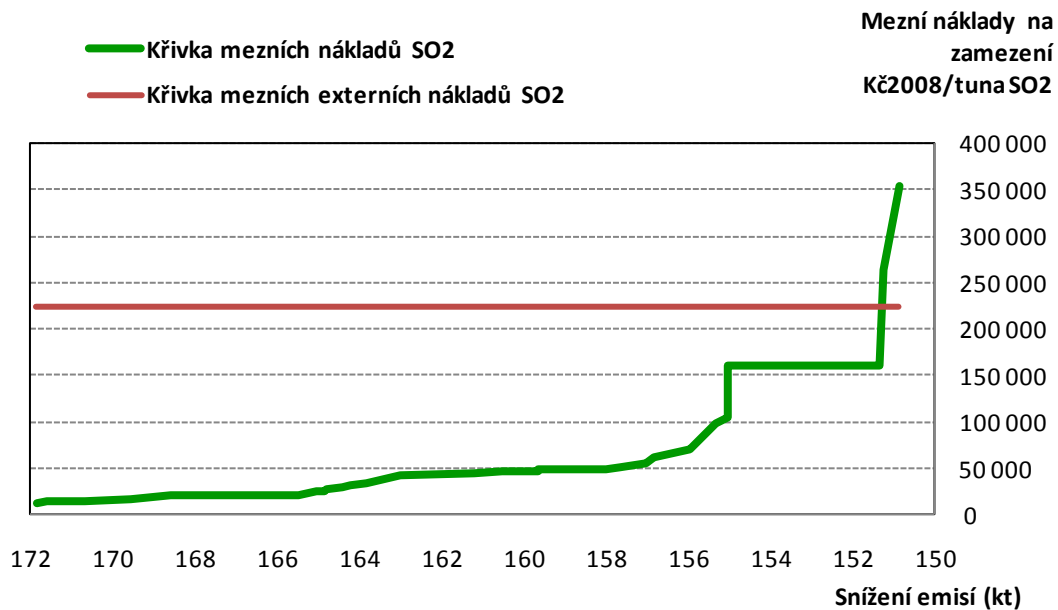
Externí náklady byly také odhadnuty v Kč za 1 tunu znečišťující látky. Pro velké zdroje znečišťování jsou tyto náklady vyjádřeny v cenách roku 2008 následující:

- 223 147 Kč za tunu SO<sub>2</sub>
- 219 696 Kč za tunu NO<sub>x</sub>
- 480 397 Kč za tunu PM<sub>10</sub>

Vypočtené externí náklady pro jednotlivé typy znečišťujících látek lze porovnat s náklady na zamezení těchto emisí. V bodě, kde snížení dodatečné škody (mezní externí náklady) se rovná dodatečnému zvýšení nákladů na zamezení (mezní náklady na zamezení), lze nalézt

optimální úroveň znečištění. V tomto projektu byly odvozeny křivky mezních nákladů na zamezení pro spalovací zdroje znečištění z modelu *RAINS (Regional Air Pollution Information and Simulation)*, který je rozvíjen mezinárodním institutem aplikované systémové analýzy, *IIASA (Amann et al., 2004)*. Křivky mezních nákladů na zamezení byly odhadnuty pro polutanty SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a PM<sub>10</sub>. Příklad komparace křivky mezních nákladů na zamezení a mezních externích nákladů (zde předpokládáme konstantní mezní efekt) je v následujícím grafu 2.

**Graf 2: Optimální úroveň emisí SO<sub>2</sub> (v Kč roku 2008)**



Dalším typem srovnání je komparace odhadnutých externích nákladů pro jednotlivá energetická zařízení s výší vybíraných environmentálních poplatků a daní. Míra internalizace externích nákladů byla počítána ve vztahu k současným sazbám emisních poplatků, dani z elektřiny a podpory OZE a KVET. Míra internalizace pro velké uhelné elektrárny se pohybuje od 2,8 % do 5,6 %. Pro technologie spalující zemní plyn a energo plyn pak je míra internalizace vyšší a to od 8,2 % do 24,7 %. Naopak nejnižší míra internalizace je pro zařízení spalující biomasu a bioplyn, kde se pohybuje od 0,3 % pro bioplyn až po 1,4 % pro biomasu.

## **Rozvíjené a užití modely v projektu MODEDR**

#### 4. Dopravní model dílčí rovnováhy TREMOVE

Model TREMOVE představuje lineární model dílčí rovnováhy, který byl navržen pro hodnocení dopadů různých politik na emise v sektoru dopravy pro Generální ředitelství pro životní prostředí Evropské komise a v současnosti je rozvíjen T&M Leuven. Vstupními údaji modelu je vozový park rozdělen na jednotlivé technologie (dle spotřeby paliva, emisních EURO norem), emise a emisní koeficienty, elasticity substituce, parametry volby vozidel a jejich obměny, externí náklady a možnosti pro recyklaci případných výnosů ze zdanění. Jako u téměř všech optimalizačních modelů dílčí rovnováhy, je poptávka po dopravě exogenní, přičemž ve stávající verzi modelu je předpověď vývoje poptávky postavená na síťovém modelu SCENES. Modelování poptávky v modelu je zjednodušené v tom smyslu, že se nepředpokládá její rozdělení na jednotlivé dopravní sítě.

Model umožňuje pro simulované opatření predikovat poptávku po dopravě, včetně dělby přepravní práce, obměnu vozového parku, emise do ovzduší, přepravní výkony (vozokm) a spotřebu motorových paliv.

V České republice v současnosti neexistuje model, který by dokázal modelovat optimalizaci sektoru dopravy v obdobném rozsahu. Zjevnou výhodou modelu TREMOVE je i to, že je využíván i na evropské úrovni a dovoluje snadné porovnání působení různých opatření v různých státech. Struktura modelu přitom dovoluje postihnout specifické rozdíly sektorů dopravy mezi jednotlivými státy, ať už se to týká struktury vozového parku, modálního splitu nebo poptávkových elasticit.

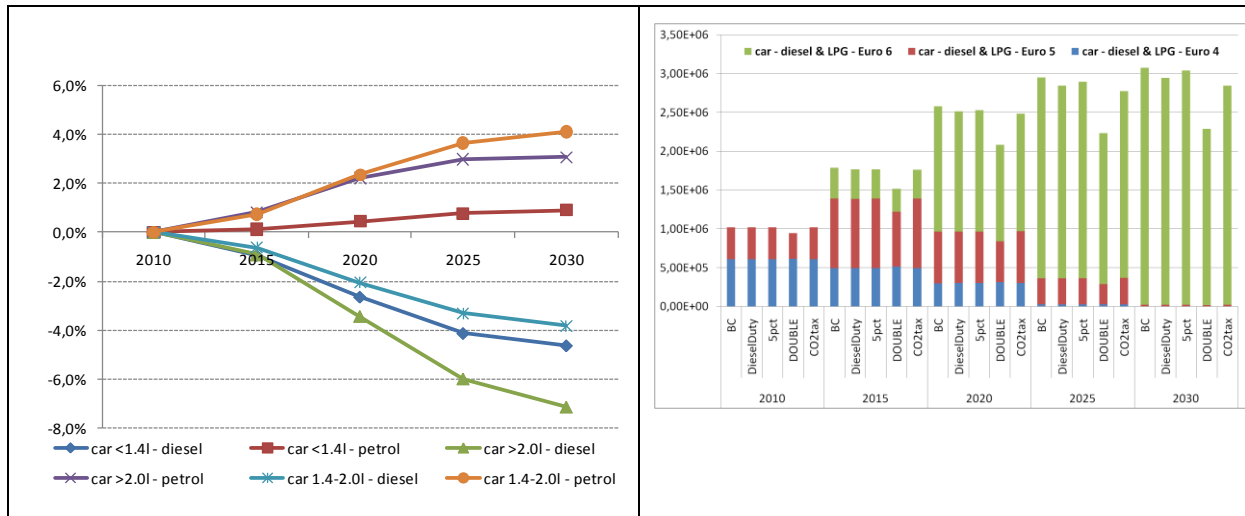
Typickými nástroji, jejichž efekty lze pomocí modelu TREMOVE hodnotit jsou

- emisní standardy (např. zavedení nových emisních limitů EURO),
- výkonové zpoplatnění (mýtné),
- zdanění motorových paliv,
- podpory pro čistší vozidla (např. v podobě jednorázového příspěvku nebo snížené/nulové registrační daně) či,
- zavedení podpor (např. ve formě šrotovného).

Dosavadní provedené simulace různých úprav spotřební daně uvalené na pohonné hmoty ukazují (Máca 2009; 2010), že vedle změny celkového objemu emisí lze rovněž ovlivňovat strukturu vozového parku (jak je demonstrováno na vývoji podílu vozů se vznětovým a zážehovým motorem segmentu osobních vozů).



**Obrázek 1: Ilustrace výsledku predikcí modelem REMOVE: Efekt srovnání sazeb spotřebních daní na PH s jejich 3% ročním navyšováním do roku 2020 na emise CO2 pro různé technologie srovnáno s BAU (vlevo) a absolutně v litrech pro vozidla na naftu (vpravo).**



## 5. Energetický model dílčí rovnováhy MESSAGE

Model MESSAGE, *Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts*, je lineární model dílčí rovnováhy, inženýrský optimalizační energetický model, jehož struktura a aplikace jsou rozvíjeny *International Institute for Applied Systems Analysis*. Model poskytuje obecný rámec pro reprezentaci energetického systému se zachycením všech závislostí mezi jeho částmi od těžby, dovozů a vývozů, přeměny energií, přepravy a distribuce energií až po její nabídku koncovým uživatelům. MESSAGE je model, který je na rozdíl od makro strukturních modelů detailnější. Umožňuje vytvořit a modelovat širokou škálu alternativních strategií nabídky energií za předem uživatelem definovaných omezení jako jsou limity na nové investice, dostupnost paliv, environmentální limity nebo míra využití nových technologií. Jako většina modelů rovnováhy předpokládá plně konkurenční trhy pro všechny komodity a maximalizaci užítku všech ekonomických subjektů.

Výhodou tohoto modelu je velká **flexibilita**, a to co se týče jak možnosti popsat systém prostřednictvím **detailně definovaných technologií**, která je omezená v podstatě jen dostupností vstupních dat, včetně zahrnutí zátěžových křivek spotřeby a všech jednotlivých existujících zdrojů výroby energie, tak také **zahrnutí řady omezení při optimalizaci** v podstatě pro každý zdroj (emise, vývozy, těžební limity, podíl kogenerace, podíl spalování biomasy, nebo možnosti substituce mezi výrobou elektřiny a tepla atp.). Protože vstupní data vycházejí z „*bottom-up*“ přístupu, kdy mohou vstupovat pro každý zdroj zvlášť, je zajištěna plná konzistence mezi aktivními údaji, emisními daty a spotřebou paliv.

Omezením energetického modelu dílčí rovnováhy MESSAGE rozvinutého pro Českou republiku v rámci projektu MODEDR je skutečnost, že přistupuje k energetickému trhu jako **ostrovu**, tzn. nejsou brány v úvahu dovozy a vývozy energií determinované vývojem na zahraničních trzích. Dovozy a vývozy energií ze zahraničí však mohou vstupovat do modelu exogenně, tzn. předem zadanými objemy při konkrétních simulacích. Podobně jako jiné modely dílčí rovnováhy, například GAINS, neobsahuje zpětné vazby na poptávku po energiích, která je dána exogenně.

Současná verze modelu MESSAGE vychází z údajů pro rok 2006 a zahrnuje 95 % spotřeby elektřiny a 81 % výroby, instalované kapacity slunečních a větrných elektráren jsou aktualizovány k 1.11.2010. Kromě stávajících zdrojů model obsahuje nyní také 23 nových technologií výroby energie. V roce 2010 je do modelu zahrnuta i) zátěžová křivka spotřeby („*load curve*“), ii) obnovitelné zdroje energie včetně jejich zátěžových křivek a iii) nové technologie na zachycování a ukládání uhlíku (CCS).

Model MESSAGE je vhodný pro predikci efektů následujících scénářů:

- změna sazeb poplatků na emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, TZL a VOC,
- zavedení EU ETS včetně alokace aukcemi,
- zvýšení cen paliv pro výrobu energie,
- zdanění emisí uhlíku,
- vyloučení některých technologií z výroby energie, například výroby v jaderných elektrárnách,

- změna podílu spolu-spalování biomasy s fosilními zdroji,
- dotace obnovitelných zdrojů.

Co dokáže model MESSAGE predikovat?

- Množství vypouštěných emisí SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, TSL a VOC, CO<sub>2</sub>,
- složení palivového mixu a spotřeby jednotlivých paliv,
- celkové náklady výroby energie.

Jaké jsou **přednosti a omezení modelu MESSAGE ve srovnání s modelem GAINS**? Model GAINS nepředpokládá, že určitý systém je tzv. energetický ostrov, poněvadž při alokaci emisí z národních inventur vedených v energetických statistikách pro jednotlivé typy aktivit aplikuje jednotný „top-down“ přístup k modelování energetické bilance členských zemí, který vychází z výsledků modelu PRIMES. To však na druhé straně vede k opomíjení specifických situací v těchto zemích. Použití výsledků modelu PRIMES v programech RAINS potažmo GAINS, které je využíváno pro stanovení národních emisních stropů, však není v mnohých zemích jednoznačně akceptováno. Tím, že program PRIMES „zařazuje“ technologie endogenně se může stát, že **jsou do systému „zařazeny“ nové technologie na snížení emisí i tam, kde jsou v konkrétní zemi uvažované technologie buď již implementovány** (a tak například může pro agregovanou skupinu zdrojů předpokládat zavedení odsíření, přičemž u některých zdrojů v této agregované skupině byla už tato technologie zavedena), **nebo tam, kde skutečné energetické zdroje již plní požadavky plynoucí z legislativy**. Je proto vhodné, aby projekce využitých technologií, emisí a spotřeby energií byly zpracovány i s použitím mezinárodně uznávaných detailnějších národních modelů dílčí rovnováhy, což by na základě výsledků detailnějších predikcí mělo umožnit validizaci a případnou revizi návrhů opatření založených na výsledcích méně podrobných modelů. Dalším omezením je poměrná velká agregace (model GAINS je reprezentován skupinami technologií, ne jednotlivými zdroji) a optimalizace, které je provedena vždy pro konec jednotlivých období, a ne pro každý rok sledovaného období zvlášť.

Tento model je rozvíjen COŽP UK ve spolupráci s externími experty (Jiří Balajka, DrSc.).

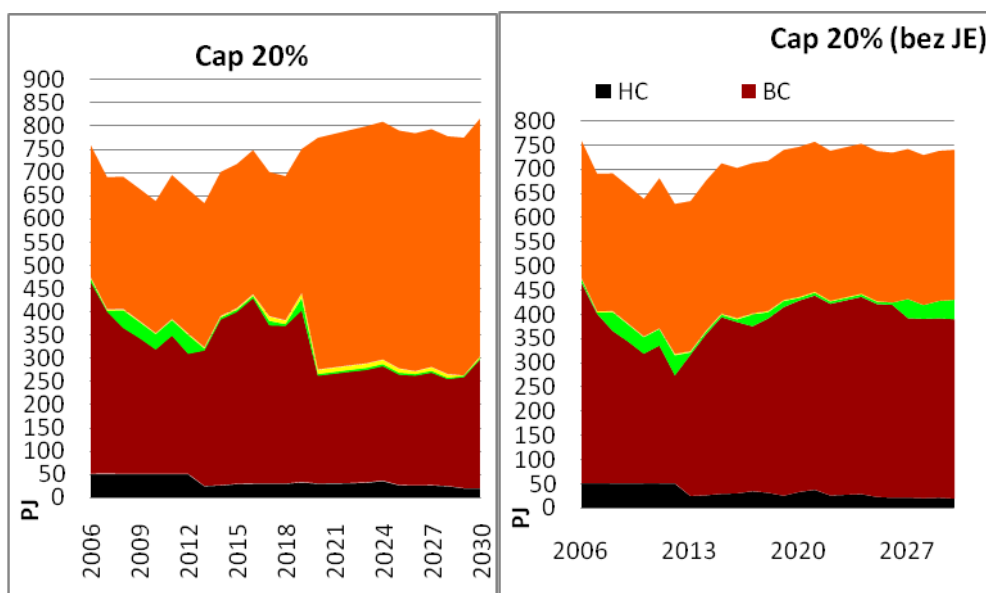
Užití modelu bylo v roce 2010 testováno pro několik scénářů výroby elektrické energie, včetně změny zpoplatnění emisí a vlivu obchodování s emisemi CO<sub>2</sub> v rámci ETS (Rečka 2009; 2010). Analýza modelem MESSAGE byla v roce 2010 provedena pro dvě sady scénářů: 1. sada dovoluje výstavbu nových jaderných elektráren, 2. sada nedovoluje výstavbu nových jaderných elektráren. V každé sadě je modelováno 8 scénářů:

- **Základní scénář (BAU)**, kde nejsou žádné poplatky za emise ani zelené bonusy pro OZE;
- **Scénář 1** na rozdíl od Základního scénáře předpokládá zelené bonusy pro OZE;
- **Scénář 2 (a 3)** vychází ze Scénáře 1, předpokládá navíc emisní obchodování dle NAP I a NAP II a dále od roku 2013 předpokládá nulovou cenu CO<sub>2</sub> – celkové emise CO<sub>2</sub> jsou zastropovány dle scénáře 20% (a 30%) snížení emisí GHG do roku 2020;

- **Scénář 4** vychází ze Scénáře 1 a předpokládá emisní obchodování dle NAP I a NAP II a dále přechod k aukcím emisních povolenek dle předpokládané alokace povolenek MŽP s exogenní cenou CO<sub>2</sub>;
- **Scénář 5** vychází ze Scénáře 1 a navíc předpokládá změny sazeb poplatků za TZL, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a VOC, tak jak byly navrženy MŽP v roce 2009 (návrh zákona o ochraně ovzduší, Příloha 8)
- **Scénář 6** vychází ze Základního scénáře a oproti němu předpokládá změny sazeb poplatků za TZL, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a VOC, tak jak byly navrženy MŽP (viz výše);
- **Scénář 7** vychází ze Scénáře 6 a oproti němu navíc předpokládá emisní obchodování dle NAP I a NAP II a dále přechod k aukcím emisních povolenek dle předpokládané alokace povolenek MŽP s exogenní cenou CO<sub>2</sub>.

Výsledek predikcí ilustrujeme na příkladu efektu Scénáře 2 na palivový mix s a bez možnosti výstavby nových jaderných elektráren.

**Obrázek 2: Efekt Scénáře 2 na palivový mix s a bez možnosti výstavby nových jaderných elektráren.**



## 6. Model obecné rovnováhy

Model obecné rovnováhy (CGE) vytvořený v rámci projektu MODEDR pro Českou republiku je rekurzivní dynamický otevřený CGE model navržený pro zkoumání ekonomických dopadů ekologické daňové reformy spočívající ve vyšším zdanění energií a/nebo emisí znečišťujících látek. Strukturu a logiku modelu obecné rovnováhy sestaveného pro Českou ekonomiku popisuje detailně Kiulia and Ščasný (2009).

Náš model je Arrow-Debreu model malé otevřené ekonomiky reprezentovaný 19 sektory, 7 výrobními faktory a jednou reprezentativní domácností. Model je postavený na IO tabulce roku 2005, reprezentuje tedy ekonomiku a vztahy v ní v tomto roce. Jako většina CGE modelů i tento model vychází z neoklasické teorie obecné rovnováhy a je také postaven na předpokladech z této teorie vycházejících, kromě dvou výjimek. Za prvé, pro trh práce je v optimu připuštěna nezaměstnanost, a proto v tomto ohledu model není plně neoklasický. Druhou výjimkou je způsob tvoření cen, přičemž model předpokládá, že každý sektor (avšak ne individuální výrobce) může být do jisté míry tvůrcem ceny. V takových případech je nabídka zpočátku určena produkčními možnostmi. Při dané poptávkové křivce rovnováha určuje cenovou úroveň na domácím trhu. Při „Armingtonově předpokladu“, pokud je zboží produkováno v dané zemi signifikantně odlišné od odpovídajícího zboží na světovém trhu, může být prodáváno za vyšší než světové ceny. Pokud je na světových trzích nedostatek daného zboží, každý sektor jako celek může být v tomto případě tvůrcem ceny, ale konkrétní výrobce je vždy pouze příjemcem ceny.

Cílem modelu je odvození cen a objemu produkce, která vyrovnává poptávku s nabídkou na všech trzích a vede k nulovému zisku ve všech sektorech. Pro všechna zboží je v rovnovážném stavu agregátní poptávka rovna agregátní nabídce. Jestliže nabídka převyšuje poptávku, je rovnovážná cena rovna nule; toto však neplatí na trhu práce, pro zůstatek běžného účtu nebo v dalších částech modelu, kde jsou brány v úvahu tržní nedokonalosti.

Meziproduktová energetická poptávka je v modelu rozlišena na suroviny a paliva. Toto rozdělení je důležité pro naši analýzu, protože pouze spotřeba fosilních paliv vede k tvorbě emisí CO<sub>2</sub>. Současná verze modelů pracuje s jednoróčními daty z IO tabulky 2005 doplněnými dalšími daty jako kapitálem, pracovní silou či emisními daty. Model je poměrně komplexní. S přibližně 200 bloky rovnic umožňuje vypočítat na 1700 hodnot endogenních proměnných.

Model je rozdělen do čtyř hlavních bloků: produkce, spotřeba, zahraniční obchod a životní prostředí. Produkce je jádrem celého modelu a je napojena na všechny ostatní bloky. Výrobci maximalizují svůj zisk vzhledem ke své produkční funkci. Kombinovaná Leontiefská technologie a vnořená struktura produkční funkce s konstantními elasticitami substituce je použita k endogennímu odvození výstupu pro všech 19 sektorů. Každý sektor může využívat 7 produkčních faktorů, přičemž 5 z nich jsou energetické zdroje (elektrina, uhlí, zemní plyn, minerální oleje a biomasa). Model předpokládá konstantní výnosy z rozsahu. Všechny produkční faktory jsou předpokládány jako homogenní a perfektně mobilní mezi sektory. Práce a kapitál jsou mobilní jen v rámci ekonomiky. Model neumožňuje konkurenci v rámci sektoru, protože je zde jednotná cena pro sektorový výstup.

Modelování poptávky je postaveno na reprezentativní domácnosti. Finální soukromá spotřeba zboží a služeb je odvozena z maximalizace užtku domácností vzhledem k rozpočtovému omezení. V našem komparativně-statickém systému je celková investiční poptávka fixována na referenční úrovni. Celkový příjem reprezentativní domácnosti se skládá z kapitálového a pracovního příjmu, přebytků výrobců a transferů ze sociálních plateb. Vláda distribuuje transfery a vybírá daně.

Zahraniční obchod je rozdělen na import a export. Importy jsou počítány jako fixní proporce produkce daného sektoru a závisí na domácích a světových tržních cenách. Sektor dodávek plynu je plně závislý na importu, protože pouze 4 % nabídky pochází z ČR. Pro tento sekto tak předpokládáme, že je cenový příjemce vzhledem ke zbytku světa.

Model zahrnuje emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM, VOC a emise CO<sub>2</sub>, přičemž obsahuje emisní koeficienty specifické celkem pro tři typy zdrojů (ze spalování fosilních paliv, z technologických procesů a z mobilních zdrojů) a každý z 19 sektorů zvlášť. Model je tak obohacen o téměř 60 specifických emisních koeficientů pro každý typ znečišťující látky, což umožňuje simulaci různých instrumentů ekonomické a ekologické politiky.

Oproti standardním modelům obecné rovnováhy, které umožňují snížení emisí pouze přes dva kanály – a to prostřednictvím substituce faktorů (paliv) a snížením produkce – model díky specificky odvozeným nákladům na zamezení umožňuje také snížení emisí díky opatřením „end-of-pipe“.

Posouzení dopadů politiky na environmentální škody a přínosy (externí náklady) je provedeno tzv. „soft“ linkem, což znamená, že změny příslušných endogenních proměnných jsou pronásobeny faktory škod vně CGE modelu. Environmentální přínosy tak nevstupují do vlastní optimalizace. Jak však uvádějí van Regermorter a Meyers (2008) zahrnutí externích nákladů do CGE modelu prostřednictvím rozšíření užitkové funkce nemá výraznější vliv na výsledek kvantifikace efektů ve srovnání s výsledky přístupů, který kvantifikují přínosy až na konci (tedy „soft“ linkem).

Model umožňuje analýzu různých instrumentů regulace, konkrétně

- daně na energie (výrobní faktory),
- poplatky na emise vypouštěné do ovzduší (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM, VOC); pro různé zdroje znečištění,
- emisní strop (ale ne v kombinaci s poplatky),
- daň na emise CO<sub>2</sub>,
- EU ETS (exogenní cena povolenky nebo emisní strop), alokace povolenek buď zdarma („grandfathering“) nebo prostřednictvím aukcí,
- zdanění faktoru práce.

Součástí modelu je také možnost zavedení recyklace výnosu, tak aby byla dosažená výnosová neutralita daňové reformy. Je dobré mít na paměti, že výsledkem predikce modely CGE není „přesná“ hodnota dopadu, ale pouze odhad s určitou numerickou tolerancí, která by měla být vždy brána v úvahu při interpretaci výsledků. Konkrétně pro tento model je numerická tolerance modelu  $\pm 0,5 \%$ .

V roce 2009 byl CGE model aplikován pro predikci dopadů celkem čtyř variant politiky: Scénář 1 představuje návrh MŽP pro úpravu sazeb poplatků na emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, TZL a VOC, které jsou přibližně 10-krát nominálně navýšeny; Scénář 1a k tomu předpokládá výnosovou neutralitu, tj. recyklaci výnosů přes snížení povinných příspěvků na sociální a zdravotní pojištění placené zaměstnavateli; Scénář 2 zvyšuje nominální sazby poplatků na tyto látky přibližně o 20-30 % a Scénář 3 poplatky na všechny analyzované znečišťující látky ruší. Scénáře 1 a 2 k tomu předpokládají zavedení daně na emise CO<sub>2</sub> se sazbou ve výši odhadnuté ceny povolenky modelem PRIMES (stejně jako u predikcí modelem E3ME). Všechny scénáře předpokládají zvýšení sazeb poplatků u stacionárních zdrojů a jen pro spalovací procesy.

V roce 2009 bylo užití modelu testováno pro posouzení dopadů zpoplatnění emisí znečišťujících látek při současném zavedení daně na emise CO<sub>2</sub> (sazba odpovídá predikci exogenní ceny CO<sub>2</sub> z modelu PRIMESU, přibližně na úrovni kolem 550 Kč na tunu CO<sub>2</sub>). Konkrétně byly porovnány dopady této reformy s a bez recyklace výnosů prostřednictvím snížení povinných příspěvků na sociální a zdravotní pojištění hrazené zaměstnavatelem. Jedním ze zjištění je, že dopady na nezaměstnanost jsou malé (do 0,5 %), přičemž recyklace výnosu má výrazně pozitivní efekt na zaměstnanost (snížení nezaměstnanosti kolem 2 %).

V roce 2010 je model využit pro predikci dopadů několika scénářů:

- Scénář 1: zavedení sazeb poplatků na emise znečišťujících látek (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a TZL) ve výších navržených v novém zákoně o ochraně ovzduší;
- Scénář 2 je stejný jako Scénář 1 přičemž se počítá také se zavedením daně na CO<sub>2</sub> ve výši predikované ceny emisí CO<sub>2</sub> modelem PRIMES (kolem 550 Kč na tunu CO<sub>2</sub>),
- Scénář 3 počítá se zavedením emisního stropu na emise CO<sub>2</sub>, přičemž se předpokládají tři varianty alokace povolenek na vypouštěné emise (zdarma, prostřednictvím aukcí při alokaci výnosu lump-sum a prostřednictvím aukcí při alokaci výnosu sektoru vlády).

Tento model je rozvíjen COŽP UK ve spolupráci s Metroeconomica.

## 7. Makroekonometrický model E3ME

E3ME, *Energy-Environment-Economy Model for Europe*, je dynamický model Evropy zahrnující 27 členských států EU, Norsko a Švýcarsko vyvinutý v Cambridge Econometrics (Pollitt 2008). E3ME je plně integrovaný energeticko-ekologicko-ekonomický (E3) model s detailním sektorovým pokrytím. Model je určen k analýzám dlouhodobých dopadů E3 politik, speciálně těch soustřeďujících se na environmentální zdanění a regulaci. Model je schopen popsat krátkodobé a střednědobé ekonomické a obecněji i dlouhodobé efekty politik, jako např. změnu nabídky na trhu práce. Současná verze E3ME modelu umožňuje také poskytovat každoroční předpovědi makroekonomických i sektorových efektů, spotřeby energie a emisí až do roku 2030. Jednotlivé závislosti jsou odhadnuty ekonometricky. Makroekonometrický model E3M3 umožňuje existenci **nerovnováhy na trzích**, tj. dosahování zisků firem a nerovnováhy na trhu práce, je **dopředu hledící, tzn., že** výsledkem modelu je vývoj endogenních proměnných v čase (i mimo rovnovážné stavy). Efekt politiky – podobně jako u CGE modelů - představuje **rozdíl predikovaných stavů endogenních proměnných „před“ (BAU scénář) a „po“ zavedení politiky** během zkoumaného období. Oproti CGE modelu, který je vhodný pro predikce dopadů v dlouhém období, během kterého ekonomika dosáhne nového optima, **se ekonometrické modely hodí spíše pro predikce dopadů ve střednědobém období.**

E3ME je integrovaný top-down a bottom-up model s E3 interakcemi. Konkrétně model obsahuje detailní, inženýrsky postavený modul sektoru výroby elektrické energie. Energetický submodel v E3ME je konstruován, odhadován a řešen pro celkem 19 sektorů spotřebovávajících paliva, 12 druhů paliv a 27 regionů. Poptávka po energii ostatních skupin poptávajících energii je modelována top-down, přičemž agregátní poptávka po energiích je určena především ekonomickou aktivitou v každém z 19 sektorů spotřebovávajících paliva, průměrnými cenami energií pro spotřebitele paliv relativně k celkové cenové hladině, technologickými proměnnými, a výdaji na výzkum a vývoj v klíčových odvětvích vyrábějících zařízení spotřebovávající energii a dopravní prostředky.

Emisní submodel počítá emise z konečné spotřeby paliv a z primární spotřeby paliv v energetických odvětvích. Emise CO<sub>2</sub> jsou dostupné odděleně pro spotřebitele tuhých paliv, ropných produktů a plynu. Hlavními zpětnými vazbami energetického submodelu na zbytek ekonomiky je změna spotřebitelských výdajů na energie a pohonné hmoty a změny v ostatních sektorech, které jsou vyjádřeny prostřednictvím změn input-output koeficientů.

Model E3ME používá pro svůj referenční scénář několik předpokladů o vývoji světových cen a vývoji podmínek v české ekonomice, které však mohou být změněny. Poslední verze modelu E3ME – sestavena v rámci projektu MODEDR - umožňuje pro ČR modelovat změny sazeb významných emisních poplatků (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, TZL, CO, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>), cílové snížení emisí CO<sub>2</sub>, cílové snížení množství emisních povolenek, včetně způsobu alokace emisních povolenek a výjimek z dodatečného zdanění či zahrnutí do systému EU ETS. Dodatečné příjmy mohou být recyklovány skrze snížení nákladů faktoru práce buď na straně zaměstnavatelů nebo zaměstnanců nebo podporou výzkumu a vývoje.

V rámci projektu MODEDR byl model E3ME revidován o následující:



- aktualizace ekonomických dat (využitím nejnovějších IO tabulek pro rok 2005), včetně jeho kalibrace na nová vstupní data,
- obohacení environmentálních údajů o znečišťující látky (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, TZL, CO, NH<sub>3</sub>),
- revize vstupních údajů pro výchozí scénář o údaje z roku 2008 včetně údajů reflektující dopady finanční krize 2008-2009 a následných politik,
- revize exogenní hodnoty povolenky na emise CO<sub>2</sub> dle výsledků revidovaného modelu PRIMES (užitého pro DG TREN),
- revize vstupních údajů emisí CO<sub>2</sub> a výpočtu podílu emisí v daných sektorech, které podléhají regulaci v rámci EU ETS dle verifikovaného množství emisí v roce 2005,
- prodloužení období, pro které je možná projekce vývoje a predikce dopadů (z roku 2020 do roku 2030).

Model umožňuje predikovat efekty řady politik přes jejich efekt na cenu energií, a to konkrétně politik:

- daň na energii [€/toe] včetně zahrnutí výjimky pro uživatele energií nebo určitá paliva,
- daň na emise CO<sub>2</sub>,
- politiku EU ETS, a to prostřednictvím exogenní ceny povolenky na emise CO<sub>2</sub>, cílového snížení emisí skleníkových plynů a podílu povolenek, které budou alokovány zdarma,
- zpoplatnění emisí znečišťujících látek (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM, CO, NH<sub>3</sub>, VOC),
- recyklaci výnosů (např. prostřednictvím snížení nákladů faktoru práce),

včetně provedení citlivostní analýzy na změnu exogenních proměnných základního scénáře (např. světové ceny ropy, hodnoty směnného kurzu atp.).

Během roku 2009 byl model použit pro simulaci dopadů řady scénářů postavených jak na zvýšení uhlíkové daně, zvýšení emisních poplatků nebo jejich kombinaci, definovaných MŽP v květnu, srpnu a říjnu 2009 (*Ščasný a Píša, 2009; Ščasný-Píša-Pollitt-Chewpreecha, 2009*). Výsledky simulací zachycují vývoj jednotlivých emisí, HDP, spotřeby energií či zaměstnanosti a změněných parametrů pro jednotlivé scénáře.

Model byl dále využit pro predikci dopadů úpravy zdanění energií a uhlovodíkových paliv a zavedení stropu pro emise CO<sub>2</sub> dle systému EU ETS v období 2013-2020.

Model E3ME je užíván na základě licence a absolvování školícího semináře, který je podmínkou pro využívání modelu. Tento model byl vytvořen Cambridge Econometrics a dále rozvíjen na základě licence v COŽP UK ve spolupráci s IEEP VŠE.

## Literatura

- Amann, M., Cofala, J., Heyes, C., Klimont, Z., Mechler, R., Posch, M., Schöpp, W. (2004): RAINS Review 2004. The RAINS model. Documentation of the model approach prepared for the RAINS peer review 2004. International Institute for Applied Systems Analysis, Austria.
- Convery, Frank and McDonnell, Simon and Ferreira, Susana (2007), The most popular tax in Europe? Lessons from the Irish plastic bags levy, *Environmental and Resource Economics*, 38(1), 1–11.
- Demsetz, Harold (1968), The cost of transacting, *Quarterly Journal of Economics*, 82, 33-53.
- Evropská komise (1995): Externalities of Energy: Volume 1: Summary; Volume 2: Methodology; Volume 3: Coal and Lignite; Volume 4: Oil and Gas; Volume 5: Nuclear; Volume 6: Wind and Hydro Fuel Cycles, European Commission, Directorate-General XII, Science, Research and Development, Brussels.
- Evropská komise (1999): ExternE: Externalities of Energy: Vol.7: Methodology 1998 Update. European Commission, Directorate-General for Research. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-828-7782-5.
- Evropská komise (2005): ExternE: Externalities of Energy, Methodological 2005 Update. European Commission, Directorate-General for Research. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-79-00423-9.
- Fullerton, Don (1996): Why Have Separate Environmental Taxes?, *Tax Policy and the Economy*, 10, 33-70.
- Kiulia, O., Ščasný, M. (2009), Computable General Equilibrium Model for the Czech Economy, kapitola zprávy projektu ModEDR 2009.
- Kulis, Danijela (2004), *The Compliance Costs of Excise Duties in Croatia*, Occasional Paper No. 23, Zagreb: Institute of Public Finance.
- Máca, V. 2010. Jak ovlivňují změny spotřebních daní a potenciální zavedení šrotovného sektor dopravy? Aplikace modelu dílčí rovnováhy TREMOVE v České republice, prezentace na konferenci Modelování dopadů environmentální regulace, 2. prosinec 2010, Karolinum, Praha.
- Máca, V. (2009), Modelování efektů ekonomických nástrojů v sektoru dopravy – aplikace modelu TREMOVE, kapitola zprávy projektu ModEDR 2009.
- Markandya, A. (2007), General Equilibrium Analysis of the Implementation of Environmental Tax Reforms in the Czech Republic, kapitola zprávy projektu ModEDR 2007.
- Millock, Katrin and Nauges, Céline (2006), Ex post evaluation of an earmarked tax on air pollution, *Land Economics*, 82, 68-84.
- OECD (1997), *Evaluating the Efficiency and Effectiveness of Economic Instruments in Environmental Policy*, Paris: OECD.
- OECD (2005), *The Political Economy of the Norwegian Aviation Fuel Tax*, Paris: OECD.
- Pavel, Jan and Vitek, Leoš (2009), 'Administrative Costs of the Czech System of Environmental Charges' in Chalifour, Nathalie and Ashiabor, Hope and Deketelaere, Kurt and Kreiser, Larry and Milne, Janet (eds), *Critical Issues in Environmental Taxation. International and Comparative Perspectives*, Vol VI, Oxford: Oxford University Press.
- Pavel, Jan and Vitek, Leoš (2010), 'Environmental Tax Reform: Administrative and Compliance Cost of Energy Taxes In The Czech Republic' in Soares, Claudia D. (ed.), *Critical Issues in Environmental Taxation. International and Comparative Perspectives*, Vol VII, Oxford: Oxford University Press (in print).
- Pollitt, H. (2008), E3ME: An Energy–Environment–Economy Model for Europe, kapitola zprávy projektu ModEDR 2008.
- Ramsey, Frank P. (1927), A Contribution to the Theory of Taxation, *The Economic Journal*, 37, 47-61.
- Rečka, L. (2009), Modelling of ETR Effects by partial equilibrium model MESSAGE, kapitola zprávy projektu ModEDR 2009.

Rečka, L., Balajka, J. (2008), Aplikace modelu dílčí rovnováhy pro posouzení dopadů environmentálních politik, kapitola zprávy projektu ModEDR 2008.

Sadler, Thomas R. (2001), Environmental taxation in an optimal tax framework, *Atlantic Economic Journal*, 29 (2), 215-231.

Sandford, Cedric (1995), *Tax Compliance Costs – Measurement and Policy*, Bath: Fiscal Publications in association with The Institute for Fiscal Studies.

Sandford, Cedric and Godwin, Michael and Hardwick, Peter (1989), *Administrative and Compliance Costs of Taxation*, Bath: Fiscal Publications.

Ščasný, M., Píša, V. (2008), Modeling of ETR Effects by CGE and E3ME Models: Model, Data And First-Application Description, kapitola zprávy projektu ModEDR 2008.

Ščasný, M., Píša, V. (2009), Dopady změn zpoplatnění emisí znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší ekonometrickým modelem E3ME, kapitola zprávy projektu ModEDR 2009.

Ščasný, M., Píša, V., Pollitt, H., Chewpreecha, U., (2009), Analysing Macroeconomic Effects of Energy Taxation by Econometric E3ME Model. *Czech Journal of Economics and Finance*, Volume 59, Issue 5, pp. 460-491.

Shekidele, Christine M.S. (1999), Measuring the Compliance Costs of Taxation Excise Duties 1995-96, *The African Journal of Finance and Management*, 7 (2), 72-84.

Slemrod, Joel and – Blumenthal, Marsha (1996), The Income Tax Compliance Cost Of Big Business. *Public Finance Quarterly*, October, 411–448.

Smulders, Sjak and Vollebergh, Herman R.J. (1999), *Green Taxes and Administrative Costs: The Case of Carbon Taxation*, NBER Working Papers 7298, National Bureau of Economic Research, Inc.

Vaillancourt, Francois (1987), The Compliance Cost of Taxes on Business and Individuals: A Review of the Evidence, *Public Finance*, 42 (3), 395–414.

Yitzhaki, Shlomo (1979), A Note on Optimal Taxation and Administrative Costs, *American Economic Review*, 69 (3), 475-480.

