



Energetická bezpečnost:

Teoretické postupy a hodnota energetické bezpečnosti ČR

**Lubomír Lízal, PhD.
CERGE-EI Director
Alexander Klein
CERGE-EI**

PSSI

January, 2008

Otázky

- Můžeme vyčíslit společenskou hodnotu energetické bezpečnosti?
- Jak velké náklady jsou nutné k dosažení energetické bezpečnosti?
- Jaké společenské náklady jsou přijatelné?
- Jaké jsou možnosti ekonomické cost-benefit analýzy při hledání těchto odpovědí?
 - Čím vyšší je bezpečnostní nejistota, tím vyšší je hodnota energetické bezpečnosti.
 - Skutečně?

Nejistota vs. Riziko

- Jaký je rozdíl mezi nejistotou a rizikem?
- Riziko
 - Má známé pravděpodobnostní rozdělení vzniku daného jevu
 - $\sum p_i = 1$
- Nejistota
 - Pravděpodobnostní rozdělení je neznámé, v nejlepším případě známe množinu (všech, některých) možných stavů
 - $\sum p_i <, =, > 1$
 - Knight, F.H. (1921) Risk, Uncertainty, and Profit. Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company

Nejistota vs. Riziko

- Důsledky rozdílu mezi nejistotou a rizikem
- Riziko – zpravidla často se vyskytující změny, které umožní získat odhad pravděpodobnosti jejich výskytů a přitom nemění základní charakteristiky systému
 - **Povodeň je riziko**
 - Na základě známé (odhadnuté) pravděpodobnosti 20leté, 50leté, 100leté, 1000leté vody a místní charakteristiky lze vytvořit pojistný instrument
 - **Změna směnného kurzu je riziko**
 - Na základě známého (odhadnutého) rozdělení lze vytvořit pojistný instrument formou call-put opcí= pojistka je hedging

Nejistota vs. Riziko

- Důsledky rozdílu mezi nejistotou a rizikem
- Nejistota není riziko, ale o možné změny stavu (například v ekonomice), proti kterým se nelze pojistit
 - **Problémy spojené s vlastnickými právy nedokonalou legislativou či nepředvídatelné změny v právním řádu způsobují vyšší míru nejistoty. Potřebujeme pak větší množství manažerů a právníků pro snížení míry nejistoty, tedy máme vyšší náklady a složitý, neefektivní aparát.**
 - **Pojistka proti změně právního systému není dostupná**
- Hodnota rizika
 - **$VR=p*C$**
 - **problém „malých“ čísel**
 - **p je velmi blízko nule, C enormně veliké**
 - Číselné loterie

Cost-Benefit analýza intervence

- Účelem je porovnat účinek intervence relativně vzhledem k situaci při zachování status quo.
- Náklady nebo přínosy vzniklé v důsledku intervence se měří jako ochotě veřejnosti za ně zaplatit (za přínosy) nebo jako ochota veřejnosti zaplatit, aby se jim vyhnula (náklady).
- Vstupy k intervenci jsou typicky měřeny jako náklady příležitosti – tedy hodnotou vstupů danou jejich nejlepším (alternativním) užitím.
- Principem je uvést všechny subjekty, které jsou ovlivněny intervencí a peněžně vyčíslit efekt této intervence tak, jak je vnímána subjekty.
 - **NPV=PVB-PVC**
 - Present value of benefits-present value of costs

Jaké mohou být náklady energetické ne-bezpečnosti?

- Ekonomický efekt
 - Vyčíslení dopadu na všechny účastníky je prakticky nemožné
 - Dopad na jednotlivé účastníky je různý
- Možnosti
 - Celkový dopad – HDP
 - Modelový „průměrný“ účastník

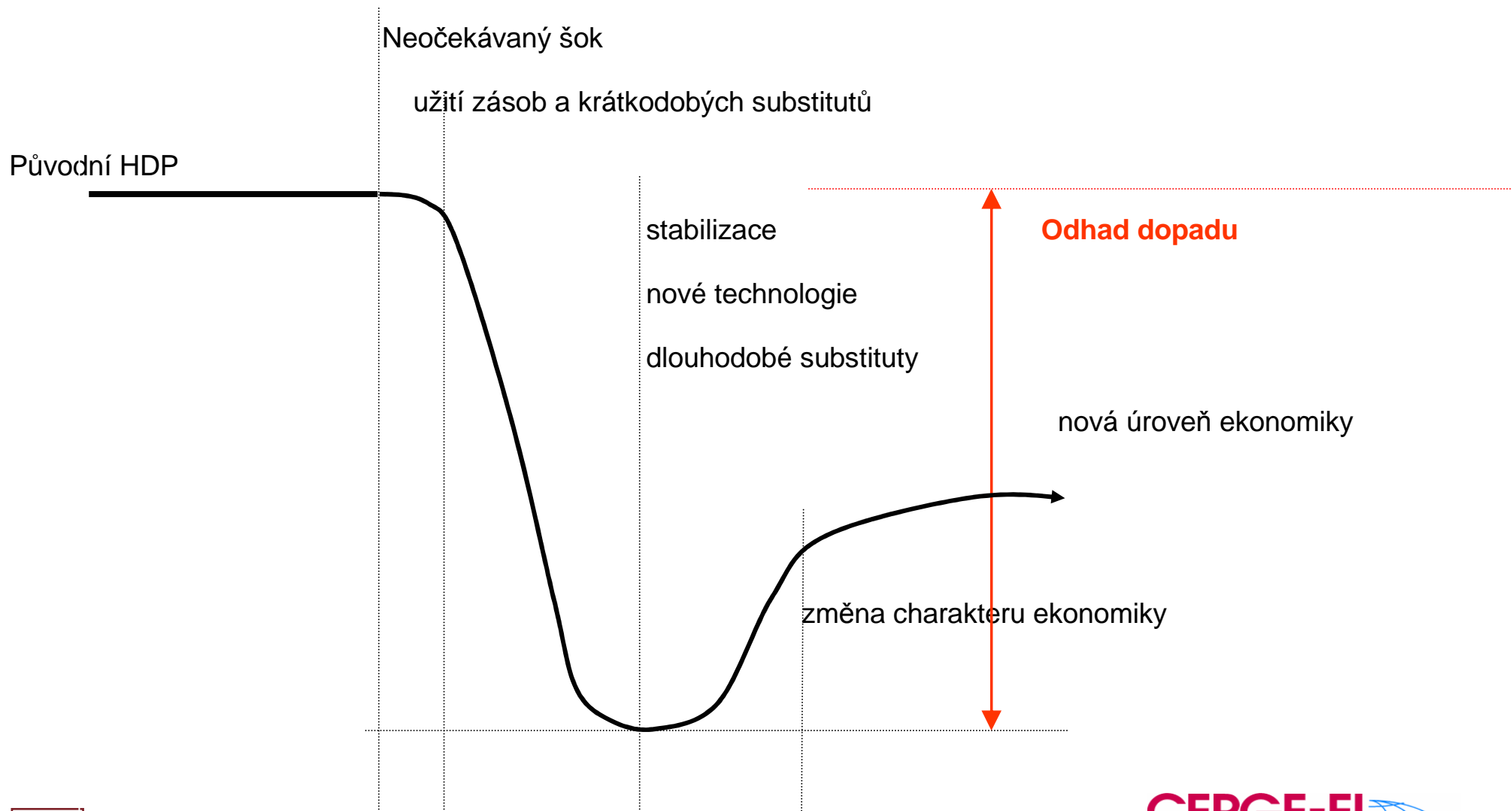
Vnější nejistota a riziko pro ČR

- Hlavní primární zdroje
 - Domácí
 - Uhlí
 - Voda...
 - Vnější
 - Ropa
 - Plyn
 - Ostatní (mix)
 - Jaderné palivo
 - Diverzifikace primárních zdrojů

Výpadek primárního zdroje

- Dopady výpadku primárního zdroje
 - **Existuje substitut?**
 - Krátkodobý pohled
 - Dlouhodobý pohled
 -
 - **Dopad na celou ekonomiku v podobě fyzického nedostatku a/nebo nenadálého cenového šoku**
 - Modelový příklad: Ropná krize
 - **Relevance pro ČR**
 - Možnost aplikace existujících modelů ropného šoku
 - Cenová vazba plyn&ropa

Excess Supply, Low Liquidity



Modely dopadu ropného šoku

- Modely založené na funkciách agregátní poptávky a nabídky
- Empirické metody časových řad, metodologie VAR (česky vektorové autoregresní modely)
- Dynamické modely všeobecné ekonomické rovnováhy, v literatuře o energetických šocích bývá použit model tzv. Real Business Cycles (RBC, model reálných hospodářských cyklů)
- Input-output metodologie

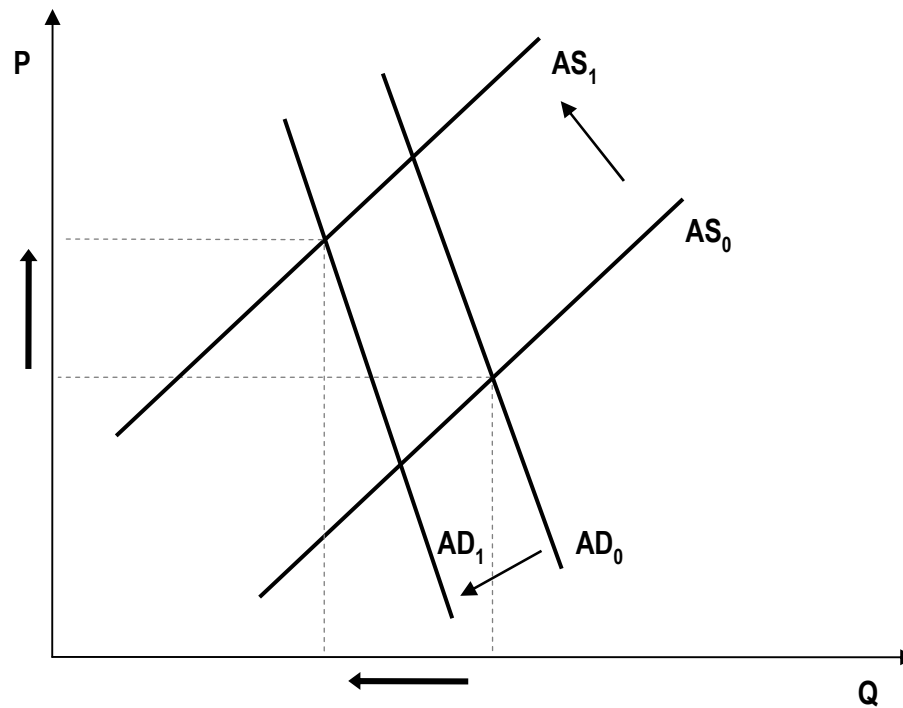
Modely agregátní poptávky a nabídky

- objevily se v padesátých letech minulého století
- ideově vycházejí z Keynesiánských teorií (Keynes, 1936)
- V analýze dopadů ropných cenových šoků jsou modely agregátní poptávky a agregátní nabídky využívány nejdéle
- vychází z modelu všeobecné ekonomické rovnováhy, ale z modelu částečné ekonomické rovnováhy, což však v analýze pro naše účely nepředstavuje závažný problém, neboť našim záměrem je analýza pouze krátkodobých efektů.

Modely agregátní poptávky a nabídky

- Standardní modely agregátní poptávky (AD) a agregátní nabídky (AS) predikují, že vliv ropných cenových šoků způsobí jednak pohyb podél křivky AS a AD, a zároveň posun obou těchto křivek.
- Jádrem modelů spočívá v interakci změn odhadnutých křivek agregátní poptávky a nabídky.
 - **Křivka agregátní poptávky (AD) reprezentuje poptávku ekonomiky, která se skládá ze spotřeby jednotlivců, domácností a vládních výdajů.**
 - Vztah pro agregátní poptávku je negativní – zvýšení cenové hladiny způsobuje pokles agregátní poptávky.
 - **Křivka agregátní nabídky (AS) reprezentuje nabídkovou stranu ekonomiky a vyjadřuje vztah mezi cenovou hladinou a agregátní produkcí.**
 - Zvýšení cenové hladiny způsobuje růst agregátní produkce, tento vztah je tedy naopak pozitivní.

Modely agregátní poptávky a nabídky



Modely agregátní poptávky a nabídky

- Hodnocení
 - relativně jednoduché
 - modely založené na AS a AD postrádají mikroekonomický základ
 - neumožňují přesně postihnout efekty ropných cenových šoků na jednotlivé sektory ekonomiky, analyzovat dopad na produktivitu ekonomiky a distribuční dopady na spotřebitele a firmy
 - je potřebné velké množství historických dat, které pro dynamickou tržní ekonomiku těsně po ekonomické transformaci nejsou vždy k dispozici
 - Lucasova kritika (Lucas, 1976)
 - Při dynamickém rozvoji můžeme předpokládat, že se mení struktura ekonomiky a též tedy parametry popisující její stav. Jde o to, že odhad parametrů makroekonomických modelů spočívá na datech, které zahrnují reakce ekonomických subjektů na současnou a taky anticipovanou hospodářskou politiku. Důsledkem toho je to, že změna hospodářské politiky způsobí změnu v chování ekonomických subjektů a tak odhady parametrů makroekonomických modelů jsou systematicky vychýlené nebo dokonce nekonzistentní.

VAR - vektorové autoregresní modely

- vyvinuta pro analýzu nestacionárních časových řad dvou a více proměnných
- použití je vhodné tam, kde při specifikaci dynamických strukturních modelů nemusí ekonomická teorie poskytovat dostatečné množství informací potřebných pro popis modelu
- VAR metodologie předpokládá, že proměnné ve všech časových řadách jsou náhodné a simultánně závislé
- Obecně vyjadřuje VAR model jednotlivé endogenní proměnné jako lineární funkce pouze úrovně konstanty a stejně zpožděných hodnot všech endogenních proměnných modelu

VAR - vektorové autoregresní modely

- Základní model VAR

$$Y_t = c + B(L)Y_t + \varepsilon_t$$

kde

$$Y_t = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}, c = \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix}, B(L) = \begin{bmatrix} B_{11}(L) & 0 \\ B_{21}(L) & B_{22}(L) \end{bmatrix}, \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

$B(L)$ je bloková rekurzivní matice polynomů s lag operátorem L

VAR - vektorové autoregresní modely

- Empirické výsledky, Lee a Ni (2002)
 - **makroekonomické ukazatele**
 - agregát M2, úroková míra vládních tříměsíčních dluhopisů, spotřebitelský cenový index, úroková míra vládních desetiletých dluhopisů, agregátní produkce a ceny ropy
 - **odvětvová data**
 - produkce a cena produktů v 16 průmyslových odvětvích
 - **Zajímavá fakta**
 - produkce v chemickém průmyslu výrazně poklesne a ceny produktů v tomto odvětví se zvýší
 - produkce v automobilovém průmyslu také poklesne, avšak ceny automobilů se také sníží
 - Tento jev je dán především poklesem poptávky po automobilech. Krátkodobě se snižuje poptávka po automobilech v důsledku nárůstu cen pohonných hmot, v dlouhodobém horizontu pak poptávka klesá jelikož spotřebitelé kupují levnější auta nebo nákup odloží.
 - recese v průmyslových odvětvích není způsobena ani tak poklesem nabídky, jako poklesem poptávky
 - Časový průběh poklesu produkce je pak podobný ve všech odvětvích
 - V průběhu prvních devíti měsíců po ropném cenovém šoku je pokles produkce relativně malý, produkce ještě nezareaguje na pokles poptávky. V následujících devíti měsících pak ovšem dochází k výraznému snížení produkce, které je po čase následováno jejím opětovným nárůstem. Rozdíl v načasování počátku poklesu produkce a opětovného nárůstu závisí na množství zásob, které jsou odčerpávány po zpomalení produkce po ropném cenovém šoku.

VAR - vektorové autoregresní modely

- Hodnocení
 - **pokrok v odhadu dopadů ropných šoků na ekonomiku oproti modelům založených na simultánních rovnicích protože nevyžaduje použití empiricky obtížně verifikovaných ekonomických předpokladů potřebných k identifikaci modelu**
 - **rovnice odhadu nevycházejí z ekonomického modelu**
 - **nedostatek přesné specifikace mechanismů působení ropných šoků na ekonomiku**
 - **hrozí buď nesprávná interpretace výsledků nebo nemožnost ověření jejich validity na základě vlastností ekonomického modelu**
 - **metodologie VAR je velice náročná na velké množství historických dat v dlouhodobém horizontu**

RBC, model reálných hospodářských cyklů

- analyzují hospodářské cykly z pohledu reálných, nikoli monetárních šoků do ekonomiky,
 - **TÍM se principiálně liší od modelů založených na keynesiánské teorii.**
- modely založeny na mikroekonomické struktuře, která modeluje ekonomické chování firem a domácností.
- předpoklad: každé stadium ekonomického cyklu je stadium rovnováhy
 - **Každé stadium hospodářského cyklu je tedy Pareto-efektivní rovnováha, ve které zdroj fluktuací není ani špatné vnímání cen nebo změny v peněžní nabídce, ale objektivní změny v agregátní produktivitě ekonomiky.**
- Cílem RBC modelů je modelovat ekonomické chování tak, že výsledný model věrně reprodukuje skutečnou ekonomiku a vysvětluje korelaci mezi časovými řadami makroekonomických veličin jako HDP, zaměstnanost, spotřeba a investice.

RBC, model reálných hospodářských cyklů

- Jádru modelu
 - firmy modelované pomocí produkční funkce (většinou Cobb-Douglasov)
 - domácnosti mají intertemporální funkci užitečnosti závislou na spotřebě a volném čase.
- Firmy a domácnosti se setkávají na trhu práce=> rovnovážná mzda
 - funkce užitečnosti určuje nabídku pracovní síly v závislosti na úrokové míře a reálné mzdě
- Fluktuace nabídky pracovní síly je spolu s technologickými šoky hlavním elementem při predikcích ekonomických cyklů v RBC modelech.
- Technologické šoky jsou modelovány autoregresivním procesem 1.řádu
- Empiricky se RBC modely verifikují kalibrací a následné simulace dávají predikce modelu
- V případě analýzy ropných šoků je nárůst cen ropy navíc modelován samostatným stochastickým procesem, který vstupuje jak do rozpočtového omezení domácností tak do produkční funkce firem.

RBC, model reálných hospodářských cyklů

- Jádru modelu
 - firmy modelované pomocí produkční funkce (většinou Cobb-Douglasov)
 - domácnosti mají intertemporální funkci užitečnosti závislou na spotřebě a volném čase.
- Firmy a domácnosti se setkávají na trhu práce=> rovnovážná mzda
 - funkce užitečnosti určuje nabídku pracovní síly v závislosti na úrokové míře a reálné mzdě
- Fluktuace nabídky pracovní síly je spolu s technologickými šoky hlavním elementem při predikcích ekonomických cyklů v RBC modelech.
- Technologické šoky jsou modelovány autoregresivním procesem 1.řádu
- Empiricky se RBC modely verifikují kalibrací a následné simulace dávají predikce modelu
- V případě analýzy ropných šoků je nárůst cen ropy navíc modelován samostatným stochastickým procesem, který vstupuje jak do rozpočtového omezení domácností tak do produkční funkce firem.

RBC, model reálných hospodářských cyklů

- Hodnocení
 - přesnější analýzu dopadů ropných šoků na ekonomiku v důsledku mikroekonomických základů ekonomického modelu
 - kvantifikace několika možných scénářů ekonomického vývoje.
 - ekonomický model je třeba kalibrovat, což opět vyžaduje velké množství historických dat,
 - metoda byla vyvinuta k analýze dlouhodobého vývoje ekonomiky a její výsledky nejsou proto příliš vhodné pro odhad krátkodobých efektů.

I-O modely

- Input-output tabulka je soubor účtů, který bere zřetel na vztahy mezi výrobou jednotlivých produktů (popř. odvětví).
- Výhodou je přirozená přeměna výdajů souvisejících s externími šoky (např. energetickými cenami nebo vstupy) na důchod a zaměstnanost v jednotlivých odvětvích produkce.
- Tato přeměna je způsobena prvotními přímými dopady a je dále znásobena v multiplikačním procesu.
 - **Např. nedostatek energetické suroviny – například ropy – se projeví ve snížení produkce nejen v energetickém sektoru, ale také v odvětvích, které jsou energeticky velice náročné nebo navazující, jako např. kovozpracující průmysl a silniční doprava. Naopak, odvětví která mají substituční charakter, jako je například těžba uhlí nebo železniční přeprava, budou mít patrně nárůst objemu výkonů.**
 - **Tyto primární změny se pak přenáší do dalších odvětví jako druhotný efekt atd.**
- Input-output tabulka tedy explicitě zachycuje vztahy mezi jednotlivými odvětvími a poskytuje detailní statistický obraz ekonomiky.
 - **Využití je v předpovědi důsledků, které bude mít změna v jednom odvětví na zbytek ekonomiky.**

I-O models

	Odvětví podle SKP	Výdaje na konečnou spotřebu (f)	Celkem (x)
Odvětví podle SKP	$\begin{matrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ & \vdots & & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nn} \end{matrix}$	$\begin{matrix} c_1 & i_1 & g_1 & e_1 \\ c_2 & i_2 & g_2 & e_2 \\ & \vdots & & \vdots \\ c_n & i_n & g_n & e_n \end{matrix}$	$\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix}$
Složky přidané hodnoty Importy	$\begin{matrix} l_1 & l_2 & \dots & l_n \\ ov_1 & ov_2 & \dots & ov_n \\ m_1 & m_2 & \dots & m_n \end{matrix}$	<p><i>Transakce mezi složkami přidané hodnoty (včetně importů) a konečnou spotřebou</i></p>	$\begin{matrix} L \\ OV \\ M \end{matrix}$
Celkem (x)	$x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n$	$C \ I \ G \ E$	

I-O modely

- z_{ij} = hodnotu prodeje produktu odvětví i odvětví j v daném období,
- f_i = hodnotu prodeje produktu odvětví i koncovému spotřebiteli (spotřeba domácností, investice, vládní výdaje, export atd.),
 - c_i = výdaje domácností na spotřebu produktu i , celková spotřeba je
 - $C = c_1 + c_2 + \dots + c_n$,
 - i_i = nákupy produktu odvětví i určené na investice, investice jsou
 - $I = i_1 + i_2 + \dots + i_n$,
 - g_i = vládní nákupy produktu i , celkové vládní nákupy se rovnají
 - $G = g_1 + g_2 + \dots + g_n$,
 - e_i = exporty produktu i , celkový dovoz je
 - $E = e_1 + e_2 + \dots + e_n$
- x_i = celková hodnota zboží vyrobeného odvětvím i
- Pro každé odvětví $i = 1, \dots, n$ platí, že výroba=spotřeba

$$x_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + f_i$$

I-O modely

- Koeficienty přímé spotřeby jsou definovány jako $a_{ij} = z_{ij}/x_j$ a označují podíl vstupů z odvětví i na výstupu odvětví j .

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Substitucí za $z_{ij} = a_{ij} \cdot x_j$ je pro každé odvětví $i = 1, \dots, n$ produkce:

$$x_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n + f_i$$

I-O modely

- Maticově

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad f = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad i = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} a_{11}x_1 & a_{12}x_2 & \dots & a_{1n}x_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}x_1 & a_{n2}x_2 & \dots & a_{nn}x_n \end{bmatrix}$$

$$x = Zi + f$$

$$x = Ax + f$$

$$(I - A)x = f$$

- $\Delta x = (I - A)^{-1} \Delta f$

Dva postupy modelování I-O

- 1. energetický šok modelujeme jako snížení produkce ve všech sektorech ekonomiky
- pomocí input-output tabulky vypočteme následný kumulativní dopad na celou ekonomiku
- Tento způsob zachycuje dopad energetického šoku ve dvou fázích;
 - šok se projeví snížením produkce ve všech sektorech, jak lze očekávat z důvodu náhlého nedostatku energetické suroviny, která je jedním z hlavních faktorů produkce;
 - šok se projeví dalším snížením produkce v důsledku poklesu dodávek surovin a materiálů.
 - ilustrace: zpracování kamene a stavebnictví
 - Následkem energetického šoku oba sektory čelí nedostatku energie, což v první fázi způsobí, že oba jsou nuceny snížit svou produkci. Ve druhé fázi ovšem sektor stavebnictví čelí kromě nedostatku energie také nedostatku surovin (kamene), což způsobí další pokles produkce. Energetický šok má tak za následek nejen pokles produkce v důsledku nedostatku energie, ale také pokles produkce v důsledku následného dopadu dodávek surovin a materiálů.
- Přístup vyžaduje znalost dopadu energetického šoku na jednotlivá odvětví

Dva postupy modelování I-O

- 2. energetický šok se přenáší na ekonomiku prostřednictvím snížení dodávek energie z energetického sektoru
 - což má za následek snížení produkce jednak v důsledku snížení dodávek energie i snížení dodávek surovin a materiálů
- Rozdíl mezi prvním a druhým způsobem:
 - při prvním způsobu je třeba odhadnout dopady první fáze energetického šoku na snížení produkce ve všech sektorech ekonomiky a poté se pro druhou fázi dopadů využívá metodologie input-output tabulky
 - druhý způsob využívá input-output tabulku pro zachycení poklesu produkce již v „první“ fázi.
- Oba způsoby jsou legitimní
 - První vyžaduje úsudek a správný odhad poklesu produkce v jednotlivých sektorech v první fázi, zase na druhou stranu není tolik citlivý na nepřesnosti v input-output tabulce.
 - Druhý způsob vyžaduje správné zachycení vztahů mezi energetickým sektorem a ostatními sektory v ekonomice uvnitř input-output tabulky.
 - Verifikace: užít oba způsoby

Závěry pro analýzu z hlediska bezpečnosti

- Ekonomické analýzy energetických šoků se zcela přirozeně zaměřovaly na dopady ropných šoků v sedmdesátých letech minulého století
- byly použity tři způsoby:
 - ekonometrické analýzy založené na statických modelech AS a AD,
 - ekonometrické metody založené na VAR metodologii a
 - dynamické modely všeobecné ekonomické rovnováhy
- pro kvantifikaci energetického rizika České republiky nehodí ze dvou důvodů:
 - metodologie vytvořené pro analýzu cenových energetických šoků a nikoli energetických šoků způsobených náhlým nedostatkem energetické suroviny,
 - metodologie vyžadují velké množství historických dat při stabilním ekonomickém vývoji
 - Plusem metod je, že poskytují přímo odhad vyvolaných změn makroekonomických agregátů.
- Doporučujeme k analýze dopadu energetického rizika ČR použít I-O metodologii
 - Input-output metodologie umožňuje analyzovat energetický šok ve formě náhlého poklesu dodávky energetických surovin, nevyžaduje velké množství historických dat a umožňuje navíc postihnout dopad na jednotlivé sektory ekonomiky.
 - Nevýhoda: metoda poskytuje obraz o změnách obratu a nikoliv přímo o vývoji HDP.