

## ANALÝZA VŠEOBECNÉ ROVNOVÁHY PRO ČESKÝ FINANČNÍ TRH A MODEL FINANČNÍ KŘEHKOSTI

Ondřej Machek, Luboš Smrčka, Jiří Hnilica, Markéta Arltová, VŠE v Praze;  
Dimitrios P. Tsomocos, University of Oxford\*

---

### Úvod

Vztahy mezi centrálními bankami, komerčními bankami a jejich klienty se staly předmětem zájmu akademiků i praktiků, a to zejména ve spojení s nedávnými bankovními krizemi a finanční nestabilitou po celém světě. Komerční banky mají v národních ekonomikách významnou úlohu finančních zprostředkovatelů mezi ostatními ekonomickými subjekty a mají tak významný dopad na celkový ekonomický vývoj. Navíc do těchto vztahů vstupují se svými aktivitami také vlády, přičemž jde jak o aktivity regulatorní, tak i o důsledky vládních finančních rozhodnutí, například o vliv emisí vládních bondů na finanční trhy jednotlivých zemí.

Mezi hlavní cíle centrálních bank ve všech vyspělých zemích patří zajištění cenové stability a finanční stability (viz Goodhart, 2010). Stabilita finančního systému je sledována prakticky všemi vládami na světě. Jedním z často využívaných nástrojů jsou zátěžové testy finančního systému, tedy techniky, které slouží k hodnocení zranitelnosti finančních institucí nebo finančního systému z důvodu statisticky méně pravděpodobných událostí nebo přímo událostí výjimečných, ale teoreticky možných. Mechanismus zátěžového testu vychází z matematického modelování určitých situací, přičemž tyto situace jsou popsány definovaným množstvím konkrétních veličin. Dále je pak zkoumáno, jak se změny parametry systému v případě, že dojde ke změně těchto veličin.

Tento článek ilustruje využití analýzy všeobecné rovnováhy k zátěžovým testům českého bankovního systému. Moderní historie dvojúrovňového českého bankovníctví začíná s pádem socialistického východního bloku. Od roku 1993 je český bankovní trh regulován Českou národní bankou, která provádí monetární politiku, nastavuje

---

\* Příspěvek je jedním z výstupů projektu TD 010093 registrovaného u Technologické agentury (projekt „Vývoj transakčních nákladů českých ekonomických subjektů v insolvenčním řízení, možnosti jejich snižování na úroveň běžnou v EU pomocí zdokonalení legislativy, možnosti zlepšení statistiky insolvenčních řízení a vytvoření modelu finanční křehkosti rodin“).

měnovou bázi, provádí operace na volném trhu, přijímá depozita od bank a poskytuje půjčky bankám, spravuje měnové rezervy a reguluje činnost komerčních bank.<sup>1</sup>

ČNB také provádí zátěžové testy, jejichž cílem je hodnocení odolnosti bankovního sektoru (a také penzijních fondů a pojišťoven) vůči nepříznivým šokům (pro detailní popis metodiky viz ČNB, 2013a). Výsledky zátěžových testů jsou zveřejňovány pololetně – jednou v rámci každoroční Zprávy o finanční stabilitě (viz například ČNB, 2013b), jednou pak v samostatné kratší zprávě (viz například ČNB, 2012). Národní banka vzhledem ke svému přístupu k datům uskutečňuje sice zátěžové testy pro celý sektor, ale primárně pro jednotlivé ústavy (i když samozřejmě zveřejňuje pouze agregovaná data).

Testy jsou typově založeny na dvou scénářích (Normální stav a Vleklá deprese), což je obdobný postup, jaký je využíván u většiny podobných modelů. Scénář Normální stav vychází z aktuální predikce ČNB, varianta zátěžového scénáře (v dané době Vleklá deprese) pak formuluje nepříznivý vývoj na hranici pravděpodobnosti. Smyslem testů je definovat vliv dramatické změny určitých proměnných (z hlediska národních bank pak především negativní změny) na bankovní sektor. Zveřejněná metodika Česká národní banky neuvádí sama o sobě konkrétní matematické postupy (starší základní model je popsán v Geršl, Seidler, 2010). Nicméně je zřejmé, že model zahrnuje všechny podstatné aspekty situace a soustavně je prohlubován, takže v posledních verzích obsahuje například vliv vyplacených dividend.<sup>2</sup> Model ČNB vždy vychází z dat ke konci posledního čtvrtletí před uskutečněním zátěžového testu a do roku 2012 implikoval vývoj v dalších následujících osmi čtvrtletích, od roku 2013 byl horizont rozšířen ještě o čtyři čtvrtletí.

Zátěžové testy uskutečňované Českou národní bankou mají vysokou a nezpochybnitelnou odbornou pověst. Avšak v naší práci vycházíme z předpokladu, že působení nesporně plně kvalifikovaného modelu využívaného národní bankou k zátěžovým testům finančního sektoru (bank, penzijních fondů a pojišťoven) je nutně vždy efektivnější v případě, kdy lze jeho výsledky konfrontovat s výsledky aplikace modelu dalšího, postaveného na poněkud odlišných východiscích. Model ČNB je zaměřen na plnění cílů České národní banky tak, jak jsou dány v jejich základních

---

1 Více o mandátu ČNB je možné zjistit přímo na webových stránkách ČNB v sekci O ČNB.

2 Model používaný Českou národní bankou využívá značné množství parametrů a je rozdělen na několik modulů, jejichž výsledky pak vstupují do modelů vyšších rovin. Z toho plyne, že počet proměnných závislých na expertních odhadech je poměrně vysoký. Rizika související s expertními odhady jsou však společná pro všechny mechanismy, které jsou na nich postaveny. V hierarchických modelech ale hrozí, že vliv jednotlivých expertních odhadů sílí s tím, jak prvotní výsledky vstupují do vyšších fází. ČNB však průběžně pracuje na zdokonalování modelu, například zpřísněním testu mezibankovní nákazy, který od roku 2013 pracuje nejen s čistou expozicí bank, ale zohledňuje nyní i vzájemné expozice mezi bankami. Vývoj tohoto modelu je zjevně motivován snahou omezovat vliv expertních odhadů a snahou vycházet při jejich formulaci z pozice detailní analýzy minulých dat. Jde o logický postup, který těžko zpochybnit, neboť lepší v podstatě není k dispozici – i když je známo, že minulá data vždy vypovídají pouze o minulosti a ve skutečnosti nemají žádný vliv na budoucnost. Snaha o soustavné zpřesňování modelu je podložena množstvím jednotlivých odborných studií (pro příklad Hlaváč, Jakubík a Galuščák, 2013).

dokumentech. Protože tyto cíle jsou vzhledem k finančnímu sektoru a především vzhledem k bankovnímu sektoru definovány velmi široce, je tak postaven i model používaný Českou národní bankou.

V tomto článku proto použijeme k modelování českého finančního sektoru Goodhartův-Tsomocosův model kalibrovaný na české podmínky.<sup>3</sup> Prostřednictvím změn některých parametrů budeme analyzovat vývoj v klíčových ukazatelích bankovního systému: úrokových měr, zisku bank, jejich kapitálové přiměřenosti, změny ve vývoji HDP a míry defaultu nebankovních klientů bank. Sledování vývoje defaultu klientů bank může být využito při odhadu finanční křehkosti klientů českých bank, a model, který prezentujeme, může být využit vládními institucemi, centrální bankou, komerčními bankami a jinými finančními institucemi k modelování vývoje českého bankovního systému. Z hlediska ČNB může být využit jako alternativní model k tomu, který ČNB v současnosti využívá.

Goodhartův-Tsomocosův model je rozšířením práce D. Tsomocose (2003), který zavedl heterogenní banky a kapitálovou přiměřenost do modelu všeobecné rovnováhy s nekompletními trhy, penězi a defaultem. Třída modelů, která byla následně vytvořena (Goodhart, Sunirand a Tsomocos, 2004, Goodhart, Sunirand a Tsomocos, 2005, a Goodhart, Sunirand a Tsomocos, 2006) má několik vlastností, které ji odlišují od tradičních modelů bankovníctví. Mezi nejdůležitější patří to, že bere v úvahu heterogenní strukturu bank a unikání vztah rizika a výnosu jejich portfolia, což umožňuje analyzovat i mezibankovní trh (pokud by byly všechny banky agregovány do jediné entity, žádný mezibankovní trh by z definice neexistoval). Dále tyto modely umožňují zakomponovat subjekty, které obchodují s jinými subjekty skrze více trhů a které mohou *dobrovolně* zvolit default jako jedno ze svých rozhodnutí, přičemž poměří přínosy a náklady spojené s tímto defaultem, stejně tak jako mohou dobrovolně porušit požadavky na kapitálovou přiměřenost. Goodhartův-Tsomocosův model byl kalibrován a úspěšně využit centrálními bankami a výzkumníky v řadě zemí včetně Velké Británie, Bulharska, Brazílie, Kolumbie a Jižní Korey, a umožňuje analyzovat složité procesy, které probíhají v bankovním systému a jsou jinými nástroji velmi složitě sledovatelné.

## 1. Tržní a časová struktura modelu

V této kapitole popíšeme tržní a časovou strukturu modelu. Přepokládáme, že v ekonomice vystupují čtyři typy ekonomických subjektů: banky, domácnosti, centrální banka a regulátor. Je třeba upozornit, že pojmem „domácnosti“ (*households*) označujeme ve shodě s původním modelem nebankovní klienty bank, tedy jak domácnosti dle klasické ekonomické definice, tak firmy. Centrální banka a regulátor mohou být z institucionálního hlediska jediným subjektem, ale není to nutně vyžadováno.

---

3 Ke specifčnosti českého prostředí se v obecné rovině vyjádříme v sekci 7 tohoto článku.

V tomto modelu uvažujeme existenci tří bank. První dvě z nich jsou dvě největší české banky: banka  $\gamma$  s 23,22% podílem na celkových aktivech (ČSOB) a banka  $\delta$  s 22,03% podílem na celkových aktivech (Česká spořitelna). Třetí bankou je banka  $\tau$ , která je *agregací* všech ostatních bank působících na finančním trhu. Banka  $\tau$  tedy zahrnuje jak několik dalších velkých bank (zejména Komerční banku a UniCredit Bank), tak větší počet malých bank. Je třeba upozornit, že se jedná o zjednodušení ekonomické reality. Model je schopný obsáhnout i větší počet bank; počet rovnic modelu však významně narůstá. Na druhou stranu, pokud bychom chtěli simulovat chování jiné konkrétní banky, je možné ji označit jako  $\gamma$  nebo  $\delta$ , původní banku položit jako součást agregátu  $\tau$  a zaměřit se v analýze na tuto banku. Banka  $\tau$  je v modelu Goodharta, Suniranda a Tsomocose (2004) čistým věřitelem; v případě České republiky se tohoto zjednodušení nedopustíme, protože v českém prostředí spíše platí, že velké banky ( $\gamma$ ,  $\delta$ ) půjčují bankám menším. Jak uvidíme, banka  $\tau$  je nejdůležitějším subjektem na mezibankovním trhu, který má významný vliv na mezibankovní úrokovou míru.

Množinu bank označíme jako  $B = \{\gamma, \delta, \tau\}$ . Každá banka působí na třech trzích: trhu půjček (banky poskytují půjčky domácnostem), trhu depozit (banky si půjčují od domácností) a na mezibankovním trhu (banky si půjčují a vypůjčují navzájem). Předpokládáme, že všechny banky berou racionálně v úvahu dopady svých rozhodnutí na hodnoty úrokových měr.

Dále uvažujeme čtyři typy domácností (nebankovních subjektů). Tři z nich ( $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\theta$ ) jsou fixně přiřazené ke svým náhodně zvoleným bankám, a z důvodu asymetrie informací a transakčních nákladů nemohou během uvažovaného období svou banku změnit (*limited participation assumption*). Čtvrtý typ domácností, pan  $\Phi$ , reprezentuje agregaci spořicíh nebankovních subjektů v ekonomice.

Na mezibankovním trhu rozhodují banky, kolik si půjčí peněz od ostatních bank a kolik peněz půjčí ostatním bankám. Na tomto trhu je ustanovena jediná mezibankovní úroková sazba  $\rho$ , která je určena silami nabídky a poptávky. Centrální banka může buď ovlivňovat výši měnové báze ( $M$ ), což vede k endogennímu přizpůsobení úrokové sazby nabídce a poptávce, nebo může nastavit úrokovou sazbu, kdy dojde k endogennímu přizpůsobení měnové báze (výsledný efekt je velmi podobný, viz Goodhart, Sunirand a Tsomocose, 2005). Centrální banka také provádí operace na volném trhu (OMO).

Tabulka 1

**Rozvaha komerčních bank**

Aktiva	Pasiva
Market book	Vlastní kapitál
Pohledávky za klienty	Závazky ke klientům
Pohledávky za bankami	Závazky k bankám
	Others

Rozvaha komerčních bank je naznačena v tabulce 1. Na levé straně rozvahy (na straně aktiv) tvoří rozdíl mezi bilanční sumou, půjčkami nebankovním klientům bank a půjčkami ostatním bankám položka, kterou nazveme „*market book*“. Tato

položka zahrnuje všechna ostatní aktiva banky včetně vkladů a úvěrů u centrální banky. Položka „*market book*“, jako součást aktiv, přináší určitý výnos, který je vyjádřen prostřednictvím rentability těchto aktiv.

Na straně pasiv tvoří rozdíl mezi bilanční sumou, vlastním kapitálem a objemem depozit položka, kterou nazveme „*others*“, která zahrnuje ostatní pasiva včetně vkladů a úvěrů přijatých od centrální banky.

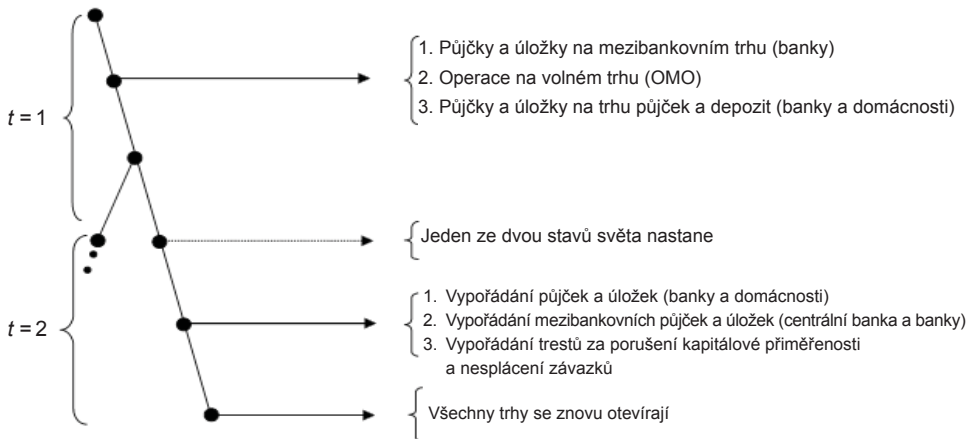
Časová struktura modelu se skládá ze dvou období  $T = \{1, 2\}$ . V prvním období se banky účastní transakcí na trhu půjček, trhu depozit a na mezibankovním trhu a centrální banka provádí operace na volném trhu a nastavuje měnovou bázi.

Následně nastane jeden ze dvou stavů světa: dobrý stav (*i*) nebo špatný stav (*ii*). V dobrém stavu světa je vyšší HDP a solventnost domácností a bank než ve špatném stavu, který reprezentuje hospodářskou krizi a bude provázen poklesem HDP a nižší solventností domácností a bank.

V druhém období dochází k vypořádání půjček a depozit na všech trzích. Regulátor aplikuje tresty za nesplácení závazků bankami, stejně jako za porušení pravidla kapitálové přiměřenosti (*capital adequacy requirements*, CAR). Předpokládáme, že tyto tresty mohou být nejen nominální v podobě peněžní penalizace, ale také reálné (nepeněžní) povahy, např. v podobě ztráty reputace (tento přístup využívá např. Shubik a Wilson, 1977 nebo Dubey, Geanakoplos a Shubik, 2005). Na konci druhého období se trhy znovu otevírají. Časová struktura modelu je znázorněna na obrázku 1.

Obrázek 1

Časová struktura modelu



Zdroj: Goodhart, Sunirand a Tsomocos (2005)

## 2. Formalizace modelu

Model zahrnuje sedm aktivních trhů, na kterých všechny subjekty maximalizují svůj očekávaný užitek. Stejně jako Goodhart, Sunirand a Tsomocos (2005) předpokládáme, že banky jsou aktivními rozhodujícími subjekty, zatímco chování domácností

je endogenní, tj. je možné je určit na základě parametrů modelu, a chování regulátora a centrální banky je exogenní.

## 2.1 Optimalizační problém bank

Všechny banky maximalizují svůj očekávaný užitek, který je funkcí očekávaného zisku mínus očekávané nepeněžní ztráty za nedodržení kapitálové přiměřenosti a za nesplácení svých závazků. Předpokládáme, že banky mají averzi k riziku a jejich funkce užitku je kvadratická s jistým koeficientem averze k riziku  $c$ , který se může lišit podle bank a stavů světa.

Banky  $b \in \{\gamma, \delta, \tau\}$  tvoří vektor rozhodnutí  $(\bar{m}^b, \mu^b, d^b, \mu_d^b, v_i^b, v_{ii}^b)$  takový, že

$$\begin{aligned} \max E[\Pi^b] = & \sum_{s \in S} p_s \left\{ \pi_s^b - c_s^b (\pi_s^b)^2 \right\} - \\ & - \sum_{s \in S} p_s \left\{ \lambda_{ks}^b \max(0, \bar{k}_s^b - k_s^b) + \lambda_s^b (1 - v_s^b) (\mu^b + \mu_d^b) \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

kde

$\bar{m}^b$  = objem půjček, který banka  $b$  poskytuje na trhu půjček,

$\mu^b$  = objem závazků, které banka  $b$  dluží na mezibankovním trhu,

$\mu_d^b$  = objem závazků, které banka  $b$  dluží na trhu depozit,

$v_s^b$  = míra splácení závazků bankou  $b$  ve stavu světa  $s$  v následujícím období,

$d^b$  = objem půjček, který banka  $b$  investuje na mezibankovním trhu,

$p_s$  = pravděpodobnost stavu světa  $s \in \{i, ii\}$ ,

$c_s^b$  = koeficient averze k riziku banky  $b$  ve stavu světa  $s$ ,

$\lambda_{ks}^b$  = nepeněžní trest za nedodržení požadavků na kapitálovou přiměřenost banky  $b$  ve stavu světa  $s$ ,

$\lambda_s^b$  = nepeněžní trest za nesplácení závazků bankou  $b$  ve stavu světa  $s$ ,

$\bar{k}_s^b$  = limit kapitálové přiměřenosti pro banku  $b$  ve stavu světa  $s$ .

Zisk banky<sup>4</sup> je rozdílem mezi příjmy a výdaji banky. Mezi příjmy uvažujeme příjmy plynoucí z klientských půjček, z půjček na mezibankovním trhu a příjmy plynoucí z držení ostatních aktiv (*market book*). Výdaje vznikají splácením závazků k bankám a závazků ke klientům. Zisk banky je tedy možné pomocí bilančního principu specifikovat jako

$$\pi_s^b = (1 + r^b) v_s^{hb} \bar{m}^b + (1 + r^A) A^b + \tilde{R}_s d^b (1 + \rho) - (v_s^b \mu^b + v_s^b \mu_d^b + e_0^b + Others^b), s \in S \quad (2)$$

4 V původním modelu je zisk označen termínem *profitability*, který se však v českém jazyce překládá jako ziskovost ve smyslu zhodnocení vložených prostředků. Přesnější termín by byl *cash flow*, avšak pro zjednodušení ztotožňujeme cash flow se ziskem.

kde

$r^b$  = úroková míra na trhu půjček domácnostem,

$v_s^{h^b}$  = míra splácení domácností  $h$  ve stavu světa  $s$  ve druhém období,

$r^A$  = rentabilita aktiv (položky *market book*) banky  $b$ ,

$A^b$  = hodnota položky *market book* banky  $b$ ,

$\tilde{R}_s$  = míra splácení očekávaná bankou  $b$  z investic na mezibankovním trhu ve stavu světa  $s$ ,

$\rho$  = mezibankovní úroková míra,

$r_d^b$  = úroková míra na trhu depozit domácností,

$e_0^b$  = původní vlastní kapitál banky  $b$ ,

$Others^b$  = položka *Others* na straně pasiv banky  $b$ .

Skutečná kapitálová přiměřenost  $k_s^b$  je určena jako procentuální poměr vlastního kapitálu na rizikově vážených aktivech banky. Rizikové váhy pro jednotlivé komponenty kapitálu reflektují rizikovost těchto složek kapitálu, a jsou určeny regulátorem.

$$k_s^b = \frac{e_s^b}{\bar{\omega} v_s^{h^b} (1+r^b)^{\bar{m}^b} + \tilde{\omega} (1+r^A) A^b + \omega \tilde{R}_s d^b (1+\rho)}, s \in S \quad (3)$$

kde vlastní kapitál ve stavu světa  $s$  je dán součtem vlastního kapitálu v počátečním stavu světa a zisku banky ve stavu světa  $s$ , tedy

$$e_s^b = e_0^b + \pi_s^b, s \in S \quad (4)$$

a

$\bar{\omega}$  = riziková váha klientských půjček,

$\tilde{\omega}$  = riziková váha položky *market book*,

$\omega$  = riziková váha půjček na mezibankovním trhu.

Zároveň musí být splněny dvě podmínky. První z nich je požadavek na rovnost aktiv a pasiv banky, tedy bilanční pravidlo.

$$\bar{m}^b + d^b + A^b = \frac{\mu^b}{(1+\rho)} + \frac{\mu_d^b}{(1+r_d^b)} + e_0^b + Others^b \quad (5)$$

Druhým z nich je kladný očekávaný zisk bank v obou stavech světa, tedy

$$v_i^b \mu^b + v_i^b \mu_d^b + e^b + Others^b \leq (1+r^b) v_i^h \bar{m} + (1+r^A) A^b + R_i d^b (1+\rho), s \in S \quad (6)$$

## 2.2 Poptávka domácností po půjčkách

Předpokládáme, že poptávka domácností po půjčkách je v tomto modelu endogenní a je úměrná očekávanému HDP v následujícím stavu světa, což vychází z teorie permanentního důchodu a vyhlazování spotřeby. Domácnosti tedy racionálně předvídají své

bohatství v dalším období a reagují přizpůsobením své poptávky za účelem vyhlazení spotřeby přes uvažovaná období. Tato hypotéza je podporována velkým množstvím autorů (např. Agénor, Aizeman a Hoffmaister, 2001, Bajaras a Steiner, 2002, Catao, 1997, nebo Nehls a Schmidt, 2004). V modelu platí, že pro domácnosti  $h \in \{\alpha, \beta, \theta\}$  je poptávka po půjčkách dána následujícími rovnicí:

$$\ln(\mu^{h^b}) = a_{h^b,1} + a_{h^b,2} \ln[p \times GDP_i + (1-p) \times GDP_{ii}] + a_{h^b,3} r^b \quad (7)$$

Stejně jako Goodhart, Sunirand a Tsomocos (2005), Tsenova (2012) a Tabak, Cajueiro a Fazio (2012) budeme předpokládat, že v daném období poptávka domácností po půjčkách závisí na úrokové míře, přičemž tento vztah je negativní – na růst úrokové míry reaguje poptávka poklesem (to znamená, že koeficient  $a_{h^b,3}$  bude záporný).

### 2.3 Nabídka klientských depozit

Předpokládáme, že nabídka depozit domácnostmi (pan  $\Phi$ ) je pozitivně korelovaná s očekávaným HDP v dalším období, neboť bohatství domácností roste úměrně s HDP a předpokládáme tendenci k vyhlazování spotřeby přes uvažovaná období (řádek 1 rovnice 8). Dále předpokládáme, že nabídka depozit bude záviset na úrokových mírách. Domácnosti racionálně poměřují úrokové sazby u jednotlivých bank, a to tak, že při růstu úrokové míry u konkrétní banky bude nabídka depozit růst (první sčítanec na druhém řádku rovnice 8). Domácnosti také sledují úrokové sazby u konkurenčních bank – budou-li růst úrokové sazby ostatních bank, poklesne nabídka depozit původní bance (suma v rovnici 8). Protože banky mají možnost dobrovolně snížit míru splácení svých závazků, sledují domácnosti i očekávanou míru splácení svých pohledávek za bankami (v dobrém i špatném stavu světa).

Nabídka depozit bude tedy dána vztahem

$$\ln(d_b^\phi) = z_{b,1} + z_{b,2} \ln[p \times GDP_i + (1-p) \times GDP_{ii}] + z_{b,3} \left[ r_d^b (pv_b^i + (1-p)v_b^{ii}) \right] + z_{b,4} \sum_{b' \in B \setminus b} r_d^{b'} (pv_{b'}^i + (1-p)v_{b'}^{ii}) \quad (8)$$

### 2.4 Míra splácení závazků domácností

Předpokládáme, že míra splácení závazků domácností je funkcí agregátní nabídky úvěrů domácnostem. Opačně platí, že pokles nabídky úvěrů může vyústit ve vyšší insolvenční domácností (tento fenomén je někdy nazýván *credit crunch*). Dále předpokládáme, že počet znehodnocených pohledávek bude klesat s očekávaným HDP v daném stavu světa, neboť vyšší důchod domácností bude pozitivně působit na schopnost splácet závazky. Formálně platí v modelu pro oba stavy světa a domácnosti  $h \in \{\alpha, \beta, \theta\}$  následující vztah:

$$\ln(v_s^{h^b}) = g_{h^b,1} + g_{h^b,2} \ln(GDP_s) + g_{h^b,3} \left[ \ln(\bar{m}^\gamma + \bar{m}^\delta + \bar{m}^\tau) \right], s \in S \quad (9)$$



## 2.5 Vývoj HDP

Očekávaný HDP v následujícím období je v modelu endogenní proměnnou a je vypočítán jako funkce agregátní nabídky úvěrů, neboť dodatečný počet úvěrů pravděpodobně zvýší spotřebu a investice soukromého sektoru, a tedy i celkový produkt. Platí tedy následující rovnice:

$$\ln(GDP_s) = u_{s,1} + u_{s,2} \left[ \ln(\bar{m}^\gamma + \bar{m}^\delta + \bar{m}^\tau) \right], s \in S \quad (10)$$

## 2.6 Monetární politika a regulace finančního sektoru – centrální banka a regulátor

Předpokládáme, že rozhodnutí centrální banky a regulátora je dáno exogenně. Centrální banka provádí operace na volném trhu (OMO) a nastavuje měnovou bázi ( $M$ ), stát emituje vládní bondy ( $B$ ), regulátor nastavuje požadovanou kapitálovou přiměřenost (CAR), rizikové váhy pro jednotlivé složky aktiv, tresty za nedodržení CAR a za nesplácení závazků bank. V českém bankovním prostředí je Česká národní banka zároveň centrální bankou i regulátorem.

## 2.7 Exogenní proměnné v modelu

V současné době nejsme schopni vyjádřit vlastní kapitál bank, položku *market book* na straně aktiv a položku *others* na straně pasiv, a předpokládáme tedy, že jsou stejně jako rozhodnutí centrální banky a regulátora dány v modelu exogenně. Stejně tak je tomu i v případě pravděpodobnosti dobrého a špatného stavu světa a rentability aktiv. Celková množina exogenních proměnných v modelu může být definována následovně:

$$E \left\{ \left( e_0^b, A^b, Others \right)_{b \in B}, M, B, \left( \bar{k}_s^b, \lambda_{ks}^b, \lambda_s^b, \tilde{\omega}, \bar{\omega}, \omega \right)_{b \in B, s \in S}, r^A, p \right\} \quad (11)$$

## 3. Ceny vyčišťující trh

V Goodhartově-Tsomicosově modelu je sedm aktivních trhů – tři trhy půjček, tři trhy depozit a jeden mezibankovní trh. Tyto trhy jsou vyčištěny pomocí tržního mechanismu, tj. úrokových měr. V rovnováze musí tedy platit následující podmínky:

1) Trhy půjček jsou v rovnováze, tj.

$$1 + r^b = \frac{\mu^b}{\bar{m}^b}, b \in \{\gamma, \delta, \tau\} \quad (12)$$

2) Trhy depozit jsou v rovnováze, tj.

$$1 + r_d^b = \frac{\mu_d^b}{d_b^\phi}, b \in \{\gamma, \delta, \tau\} \quad (13)$$

3) Mezibankovní trh je v rovnováze, tj.

$$1 + \rho = \frac{B + \sum_{b \in B} \mu^b}{M + \sum_{b \in B} d^b} \quad (14)$$

#### 4. Definice všeobecné rovnováhy

Nechť  $\sigma^b = \{\bar{m}^b, \mu^b, \mu_d^b, v_s^b, d^b, \pi_s^b, e_s^b, k_s^b\} \in R_+ \times R_+ \times R_+ \times R_+ \times R_+ \times R_+ \times R_+ \times R_+^2$ ,

$b \in \{\gamma, \delta, \tau\}$ ;  $\sigma^h = \{\mu^{h^b}, v_s^{h^b}\} \in R_+ \times R_+^2$ ,  $h \in \{\alpha, \beta, \theta\}$ ;  $\sigma^\phi = \{d_b^\phi\} \in R_+$ ,  $b \in \{\gamma, \delta, \tau\}$ ;

$GDP_s \in R_+^2$ ;  $\eta \in \{r^\gamma, r^\delta, r^\tau, r_d^\gamma, r_d^\delta, r_d^\tau, \rho\}$  a  $B^b(\eta) = \{\sigma^b : (2) - (6) \text{ platí}\}$ .

Stejně jako Goodhart, Sunirand a Tsomocos (2005) nazýváme množinu  $((\sigma^b)_{b \in B}, \eta, (\sigma^h)_{h \in H}, \sigma^\phi, (GDP_s)_{s \in S})$  rovnováhou na peněžním trhu s komerčními bankami a defaultem pro ekonomiku specifikovanou rovnicí (11) právě tehdy, když

- $\sigma^b \in \operatorname{argmax}(\Pi^b(\pi^b))$ ,  $b \in \{\gamma, \delta, \tau\}$ , tedy všechny banky maximalizují svůj užitek,
- rovnice (12) – (14) platí, tedy všechny trhy jsou vyčištěny,
- všechny banky správně odhadují míru návratnosti ze svých investic na mezibankovním trhu, tedy platí

$$\tilde{R}_s = \frac{\sum_{b \in B} v^b \mu^b}{\sum_{b \in B} \mu^b}, s \in S \quad (15)$$

- $\{\sigma^h, \sigma^\phi, (GDP_s)_{s \in S}\}$  vyhovují rovnicím (7) – (10).

#### 5. Počáteční rovnováha

Model je založen na 145 proměnných, z nichž 86 je exogenních a musí být specifikovány, aby bylo možné vypočítat numerické řešení modelu. Banky tvoří 18 simultánních rozhodnutí (hodnoty rozhodovacích proměnných), ze kterých je dále možné odvodit zbývající (endogenní) proměnné. Model byl vyřešen pomocí toolboxu Optimization Toolbox matematického programu MATLAB. Některé z uvedených proměnných byly odhadnuty na základě reálných dat, ostatní byly odhadnuty nebo vypočítány jako endogenní proměnné. Všechny proměnné modelu jsou uvedeny v tabulce 2.

Model byl kalibrován na český bankovní sektor ke konci roku 2011 pomocí dat dostupných z výročních zpráv společností a veřejné databáze ARAD, která je součástí informačního systému České národní banky a poskytuje data o českém bankovním sektoru na agregátní úrovni.

Tabulka 2

## Počáteční rovnováha – proměnné modelu

	Počáteční rovnováha			Exogenní proměnné	
Vyřešené	$GDP_i = 3841,2$	$e_i^y = 113,1$	$k_i^y = 0,229$	$M = 419,671$	$z_{y,1} = 0,059$
	$\bar{R}_i = 1,00$	$e_i^\delta = 120,3$	$k_i^\delta = 0,231$	$g_{a,i,1}^y = -0,782$	$z_{\delta,1} = 0,215$
	$\bar{R}_i = 0,95$	$e_i^t = 479,1$	$k_i^t = 0,308$	$g_{\beta,i,1}^\delta = -0,802$	$z_{t,1} = 1,047$
	$\mu^{\alpha y} = 475,0$	$e_{ii}^y = 80,56$	$k_{ii}^y = 0,178$	$g_{\theta,i,1}^t = -0,800$	$A^y = 494,8$
	$\mu^{\beta\delta} = 546,6$	$e_{ii}^\delta = 90,79$	$k_{ii}^\delta = 0,192$	$g_{a,i,1}^y = -0,890$	$A^\delta = 385,8$
	$\mu^{\beta t} = 1586,6$	$e_{ii}^t = 399,7$	$k_{ii}^t = 0,283$	$g_{\beta,i,1}^\delta = -0,909$	$A^t = 940,5$
	$\mu_d^y = 616,9$	$\pi_i^y = 51,98$	$v_i^{\alpha y} = 0,959$	$g_{\theta,i,1}^t = -0,908$	$u_{i,1} = 5,650$
	$\mu_d^\delta = 663,5$	$\pi_i^\delta = 40,54$	$v_i^{\beta\delta} = 0,941$	$Others^y = 223,5$	$u_{ii,1} = 4,628$
	$\mu_d^t = 1660,0$	$\pi_i^t = 115,7$	$v_i^{\beta t} = 0,942$	$Others^\delta = 102,8$	$a_{\alpha y,1} = -8,831$
		$\pi_{ii}^y = 19,37$	$v_{ii}^y = 0,971$	$Others^t = 342,7$	$a_{\beta\delta,1} = -9,542$
	$\pi_{ii}^\delta = 10,95$	$v_{ii}^\delta = 0,960$	$p_{ii} = 0,05$	$a_{\theta t,1} = -16,832$	
	$\pi_{ii}^t = 36,38$	$v_{ii}^t = 0,948$			
Kalibrované na základě reálných dat	$\rho = 0,017$	$r^y = 0,135$	$d^y = 22,6$	$B = 305,1$	$u_{i,2} = 0,336$
	$m^y = 418,1$	$r^\delta = 0,130$	$d^\delta = 23,3$	$z_{y,2} = 0,77$	$u_{ii,2} = 0,453$
	$m^\delta = 483,5$	$r^t = 0,132$	$d^t = 437,4$	$z_{\delta,2} = 0,76$	$a_{\alpha y,2} = 1,9$
	$m^t = 1402,6$	$r_d^y = 0,009$	$\mu^y = 41,0$	$z_{t,2} = 0,77$	$a_{\beta\delta,2} = 2,0$
	$d_y^\phi = 611,6$	$r_d^\delta = 0,008$	$\mu^\delta = 23,3$	$g_{h^b,s,3} = 0,012, \forall b \in B$	$a_{\theta t,2} = 3,0$
	$d_\delta^\phi = 658$	$r_d^t = 0,010$	$\mu^t = 437,7$	$\forall s \in S$	$e_o^y = 61,1$
	$d_t^\phi = 1644,3$				$e_o^\delta = 79,8$
					$e_o^t = 363,3$
Zvolené	$v_i^y = 0,999$	$v_{ii}^{\alpha y} = 0,853$		$\bar{\omega} = 0,85$	$r^A = 0,04$
	$v_i^\delta = 0,999$	$v_{ii}^{\beta\delta} = 0,837$		$\tilde{\omega} = 0,2$	$c_{ii}^y = 0,080$
	$v_i^t = 0,999$	$v_{ii}^{\beta t} = 0,838$		$\omega = 0,2$	$c_{ii}^\delta = 0,007$
	$GDP_{ii} = 3419,4$			$c_i^y = 0,0058$	$c_{ii}^t = 0,008$
				$c_i^\delta = 0,0050$	$\lambda_{ii}^y = 8$
				$c_i^t = 0,0038$	$\lambda_{ii}^\delta = 8$
				$\lambda_{k,i}^b = 5 \times 10^3, \forall b \in B$	$\lambda_{ii}^t = 8$
				$\lambda_{k,ii}^b = 10^4, \forall b \in B$	$\bar{k}^y = 0,22$
				$\lambda_i^b = 2,8, \forall b \in B$	$\bar{k}^\delta = 0,22$
				$z_{b,3} = 0,701, \forall b \in B$	$\bar{k}^t = 0,3$
				$z_{b,4} = -0,1, \forall b \in B$	$\rho_i = 0,95$
				$g_{h^b,s,2} = 0,078, \forall b \in B$ $\forall s \in S$	

Zdroj: vlastní výpočet

Pravděpodobnost dobrého stavu světa byla odhadnuta na 95 %, což odráží fakt, že špatný stav světa by měl reprezentovat období extrémní krize. Míra splácení závazků bank byla stanovena na 99,9 %, protože default bank je obvykle velmi nízký (míra

defaultu českých finančních institucí, včetně nebankovních institucí, byla v roce 2011 pouze 0,5 %), zatímco pro špatný stav byla míra splácení závazků bank stanovena na 95 %, neboť v období krize bude všeobecná míra defaultu spíše růst, ale pořád bude menší v případě bank, než v případě domácností.

HDP ve špatném stavu světa byl odhadnutý jako 10% pokles HDP oproti předchozímu stavu světa. Stejně jako Tabak, Cajueiro a Fazio (2012) a Saade, Osorio a Estrada (2006) jsme odhadli elasticity a konstantní členy v (7)–(10) pomocí regresní analýzy na pozorovaných datech. Sledovaným obdobím byly roky 2003–2011.

Míra splácení závazků domácností, tedy opak míry defaultu, byla vypočítána endogenně pomocí odhadnutých elasticit a rovnice (9). Za míru defaultu jsme považovali procentuální podíl individuálně znehodnocených pohledávek. Stejně jako Goodhart, Sunirand a Tsomocos (2006) a Tabak, Cajueiro a Fazio (2012) předpokládáme, že míra splácení je nižší ve špatném stavu světa a nižší, než míra splácení závazků bank. Pro banky byla míra splácení závazků vypočítána endogenně.

Mezibankovní úroková míra byla položena rovnou úrokové míře PRIBOR v roce 2011. Míra výnosnosti položky *market book* je založena na skutečné rentabilitě aktiv (ROA) v českém bankovním odvětví.

Skutečná kapitálová přiměřenost bank je vyšší než požadovaná Českou národní bankou (8 %), neboť strategie českých bank je v tomto ohledu značně konzervativní a vyšší kapitálová přiměřenost je znakem stability a důvěryhodnosti banky.<sup>5</sup> Pro zjednodušení a odstranění rohových řešení soustavy rovnic modelu předpokládáme podobně jako Goodhart, Sunirand a Tsomocos (2004), že banky si udržují dobrovolnou rezervu nad vyžadovanou kapitálovou přiměřeností a tato rezerva je pro banky *zavazující*. Jinými slovy, každá banka má svou ideální kapitálovou přiměřenost a v případě jejího porušení utrpí určitou ztrátu (mimo nominální penalizace např. ztrátu v podobě negativní reputace). Rizikové váhy pro jednotlivé složky aktiv byly zvoleny tak, aby přibližně odrážely jednotlivé vrstvy kapitálu tak, jak jsou vyžadovány podle Basel II a tak, aby odrážely skutečnou rizikovost těchto aktiv.<sup>6</sup>

Aby byla funkce užítu dobře definována, musí být koeficienty averze k riziku kladné. Protože koeficienty averze k riziku nejsou přímo pozorovatelné, byly odhadnuty tak, aby co nejlépe odrážely aktuální vývoj v českém bankovním sektoru mezi lety 2003–2011. Podobně byly odhadnuty i nepeněžní tresty za default bank a nedodržení kapitálové přiměřenosti.

5 Jde samozřejmě o předpoklad vycházející z toho, jaká data kapitálové přiměřenosti jsou zveřejňována, pouze insider však může být informován o tom, nakolik je dosahování vyšších čísel opravdu dobrovolným rozhodnutím bankovního sektoru a nakolik je výsledkem tlaku národní banky.

6 Užívání Basel II může být považováno za poněkud zastaralé v této přechodné době směřování k aplikaci pravidel Basel III, nicméně jsme toho názoru, že samotná aplikace toho nebo onoho souboru normativů není tak podstatná, jako kvalita postupu při regulační činnosti. Výhledově považujeme za potřebné v této pasáži modelu přejít na rozvrstvení vycházející z toho, jak je postupně Basel III aplikován.

## 6. Zátěžové testy českých bank

Simultánním řešením rovnic (2)–(15) a optimalizační úlohy (1) můžeme analyzovat efekt změny některé exogenní veličiny modelu na změnu v celkové počáteční rovnováze, tedy všech ostatních proměnných modelu. Budeme sledovat zejména následující klíčové proměnné: úrokové míry, zisk bank, kapitálovou přiměřenost, změny HDP a míru splácení (resp. defaultu) klientů bank. Budeme analyzovat efekt expanzivní měnové politiky, náhlého poklesu HDP, pozitivního poptávkového šoku v podobě růstu bohatství domácností, změny pravděpodobnosti špatného stavu světa a růstu trestu za nespłácení závazků bank a za porušení kapitálové přiměřenosti.

V příloze tohoto článku jsou vyjádřeny změny ostatních proměnných ve formě směru změny (kladný, záporný, neutrální).

### 6.1 Expanzivní monetární politika

Jak bylo řečeno, centrální banka má několik způsobů, jakými může ovlivnit bankovní systém. Centrální banka provádí operace na volném trhu, nastavuje měnovou bázi apod. Teoreticky také může zafixovat mezibankovní úrokovou sazbu. V této sekci budeme analyzovat efekt zvýšení měnové báze. Tento nástroj je pokládán za příklad expanzivní měnové politiky, kterou centrální banka sleduje všeobecný pokles úrokových sazeb.

Dojde-li ke zvýšení měnové báze o 0,79 %, okamžitě dojde k poklesu mezibankovní úrokové sazby. To bude mít za následek mírný pokles investic bank do mezibankovního trhu a mírný růst poptávky po mezibankovních úvěrech. Banky se budou soustředit na výnosnější trh klientských úvěrů. Růst nabídky klientských úvěrů povede ke zvýšení očekávaného HDP v obou stavech světa, což vyvolá větší poptávku nebankovních klientů po půjčkách, která povede k poklesu úrokových sazeb na trhu půjček. Banky dále budou na trhu depozit poptávat méně peněz, což povede k poklesu úrokových měr na trhu depozit. Výsledky testu naznačují, že i když má jedna banka ( $\tau$ ) dominantní pozici na mezibankovním trhu, monetární politika má významný dopad na vývoj mezibankovní úrokové sazby a zprostředkovaně i na vývoj dalších úrokových měr.

Tabulka 3

**Expanzivní monetární politika** (% změny),  $\Delta M = 0,79\%$

Banka	Úrokové míry			Zisk		CAR		HDP		Míra splácení závazků domácností	
	$r_d^b$	$r^b$	$\rho$	$\pi_i^b$	$\pi_{ii}^b$	$k_i^b$	$k_{ii}^b$	GDP <sub>i</sub>	GDP <sub>ii</sub>	$v_i^{hb}$	$v_{ii}^{hb}$
$\gamma$	-3,00	-0,082	-21,4	0,43	4,58	0,13	1,03	0,020	0,028	0,002	0,003
$\delta$	-3,23	-0,065		0,71	5,23	0,17	0,56			0,002	0,003
$\tau$	-5,65	-0,033		0,87	5,33	0,19	0,47			0,002	0,003

Zdroj: vlastní výpočet

## 6.2 Náhlý pokles HDP v dobrém stavu světa

V této sekci budeme analyzovat efekt negativního šoku HDP v dobrém stavu světa, což znamená, že všeobecné bohatství v ekonomice ve špatném stavu světa poklesne více, než bylo plánováno. Takový negativní šok může představovat řadu situací, např. razantní zvýšení daní, pokles vládních výdajů, pokles domácí nebo zahraniční poptávky atd.

Negativní šok HDP může být simulován zmenšením konstantního členu  $u_{i,1}$  v rovnici (10) o 0,175 %.

Nižší očekávaný HDP v následujícím období bude v první řadě znamenat nižší poptávku domácností po půjčkách. To bude mít za následek pokles úrokových měr na trzích půjček, který bude mít negativní vliv na zisk bank, a pokles agregátní nabídky úvěrů. Protože HDP ve špatném stavu světa je také citlivý na souhrnnou dostupnost úvěrů, dojde i k jeho poklesu, což jen podtrhne pesimistická očekávání subjektů na finančním trhu. Rostoucí míra defaultu domácností, která bude jedním z důvodů odlivu zájmu bank od trhu půjček, bude mít další negativní dopad na očekávaný zisk bank.

Pokles HDP způsobí také pokles nabídky depozit pana  $\Phi$ , neboť bohatství domácností bude menší, což vytvoří tlak na růst úrokových sazeb na trhu depozit. Tento tlak bude zesílen tlakem na růst úrokových sazeb na trhu klientských depozit, který vznikne tím, že banky zde budou poptávat méně depozit a soustředit se na relativně jistější mezibankovní trh depozit. To však povede k růstu mezibankovní úrokové sazby.

Tabulka 4

**Náhlý pokles HDP v dobrém stavu světa** (% změny),  $\Delta u_{i,1} = -0,175\%$

	Úrokové míry			Zisk		CAR		HDP		Míra splácení závazků domácností	
	$r_d^b$	$r^b$	$\rho$	$\pi_i^b$	$\pi_{ii}^b$	$k_i^b$	$k_{ii}^b$	GDP <sub>i</sub>	GDP <sub>ii</sub>	$v_i^{h^b}$	$v_{ii}^{h^b}$
<b>Banka</b>											
<b><math>\gamma</math></b>	7,176	-2,51	8,99	-5,12	41,7	-1,891	10,554	-1,16	-0,25	-0,099	-0,027
<b><math>\delta</math></b>	7,517	-2,77		-4,36	-10,0	-0,962	-11,636			-0,099	-0,027
<b><math>\tau</math></b>	7,203	-3,34		-8,18	27,0	-0,935	26,259			-0,099	-0,027

Zdroj: vlastní výpočet

## 6.3 Pozitivní šok v nabídce depozit bance $\tau$

Růst bohatství domácností, který může být způsoben např. zhodnocením nemovitostí nebo akcií držených domácnostmi, je často uváděn jako příklad pozitivního poptávkového šoku v ekonomice. V tomto příkladu budeme simulovat efekt zvýšení nabídky depozit největší bance  $\tau$ . Předpokládejme, že autonomní nabídka depozit bance  $\tau$  vzroste o 0,165 %, což odpovídá zvýšení konstantního členu  $z_{\tau,1}$  v rovnici (8) o 0,31 %.

Efekt tohoto růstu bude podobný expanzivní monetární politice, neboť zvýšení nabídky depozit (bohatství pana  $\Phi$ ) zvýší celkovou nabídku peněz v ekonomice.

Banka  $\tau$ , která nyní disponuje větším množstvím prostředků od pana  $\Phi$ , bude investovat více do mezibankovního trhu a rozšíří své investice na trhu půjček, čímž zaujme ziskovou, ale rizikovější pozici, a tyto aktivity způsobí tlak na růst celkového HDP. Větší očekávané bohatství domácností pak způsobí růst poptávky po klientských úvěrech a nabídky klientských depozit všem bankám. Přenos vyššího objemu prostředků do mezibankovního trhu prostřednictvím banky  $\tau$  pak povede k poklesu mezibankovní úrokové sazby.

Tabulka 5

**Pozitivní šok v nabídce depozit banky  $\tau$  (% změny),  $\Delta z_{\tau,1} = 0,31\%$**

Banka	Úrokové míry			Zisk		CAR		HDP		Míra splácení závazků domácností	
	$r_d^b$	$r^b$	$\rho$	$\pi_i^b$	$\pi_{ii}^b$	$k_i^b$	$k_{ii}^b$	GDP <sub>i</sub>	GDP <sub>ii</sub>	$v_i^{h^b}$	$v_{ii}^{h^b}$
$\gamma$	-5,17	-0,09	-2,64	0,57	19,60	0,16	4,61	0,036	0,049	0,004	0,005
$\delta$	-5,33	-0,06		0,78	27,72	0,17	3,25			0,004	0,005
$\tau$	-27,0	0,03		3,97	6,50	0,87	0,50			0,004	0,005

Zdroj: vlastní výpočet

#### 6.4 Růst pravděpodobnosti špatného stavu světa

Je také zajímavé pozorovat, co se stane, pokud vzroste pravděpodobnost špatného stavu světa na 6%, zatímco pravděpodobnost dobrého stavu světa poklesne na 94% (to odpovídá 1,053% poklesu  $p_i$  a 20% růstu  $p_{ii}$ ). Negativní vyhlídky a větší pravděpodobnost krize zřejmě sníží očekávaný zisk všech subjektů. Negativní očekávání jsou uváděna jako příklad negativního poptávkového šoku v ekonomice.

Banky začnou očekávat větší pravděpodobnost krize a budou se snažit redukovat očekávané tresty za nesplácení svých závazků v tomto stavu světa, a to tak, že zvýší míru splácení svých závazků v tomto stavu světa. To ale povede k tomu, že jejich očekávaný zisk se sníží. I rostoucí míra defaultu povede k tomu, že banky budou investovat méně na trhu půjček, což povede na agregátní úrovni k poklesu HDP v obou stavech světa. Negativní vývoj bohatství bude znamenat menší nabídku depozit domácností, která způsobí tlak na růst úrokové míry na trhu depozit. Protože banky na rozdíl od domácností míru splácení svých závazků ve špatném stavu světa zvýší, povede orientace na půjčky na mezibankovním trhu k růstu mezibankovní úrokové sazby.

Tabulka 6

Zvýšení pravděpodobnosti špatného stavu světa na  $\rho_{ii} = 6\%$  (% změny)

Banka	Úrokové míry			Zisk		CAR		HDP		Míra splácení závazků domácností	
	$r_d^b$	$r^b$	$\rho$	$\pi_i^b$	$\pi_{ii}^b$	$k_i^b$	$k_{ii}^b$	GDP <sub>i</sub>	GDP <sub>ii</sub>	$v_i^{h^b}$	$v_{ii}^{h^b}$
$\gamma$	8,47	-0,24	6,090	-1,22	-39,5	-0,49	-9,46	-0,018	-0,024	-0,002	-0,003
$\delta$	8,56	-0,27		-1,71	-67,8	-0,50	-8,13			-0,002	-0,003
$\tau$	4,97	-0,42		-1,40	-43,0	-0,25	-9,13			-0,002	-0,003

Zdroj: vlastní výpočet

### 6.5 Restriktivní regulatorní politika – tresty za nesplácení závazků bank

V této sekci budeme simulovat vliv zvýšení trestů za nesplácení závazků bank ve špatném stavu světa o 25 %. Regulátor tím může sledovat zmírnění dopadu případné krize na bohatství domácností.

Okamžitým efektem bude zvýšení míry splácení závazků bank ve špatném stavu světa  $R_{ii}$ , která vzroste o 2,11 %, protože banky se budou snažit zmírnit očekávané tresty plynoucí z jejich defaultu. To se týká zejména banky  $\tau$ , která je největším investorem a bude tedy čelit největším očekávaným trestům, ale také zvýšeným výdajům spojeným se zvýšením míry splácení svých závazků, která vzroste o 3,16 %. Proto banka  $\tau$  výrazně sníží své aktivity na trhu půjček a depozit, což povede k tlaku na pokles HDP a růstu defaultu všech domácností.

Tabulka 7

Restriktivní regulatorní politika – tresty za nesplácení závazků bank (% změny),  $\Delta\lambda_{ii}^b = 25,0\%$ 

Banka	Úrokové míry			Zisk		CAR		HDP		Míra splácení závazků domácností	
	$r_d^b$	$r^b$	$\rho$	$\pi_i^b$	$\pi_{ii}^b$	$k_i^b$	$k_{ii}^b$	GDP <sub>i</sub>	GDP <sub>ii</sub>	$v_i^{h^b}$	$v_{ii}^{h^b}$
$\gamma$	3,56	-1,34	10,87	-2,17	9,19	-1,49	21,49	-0,085	-0,115	-0,010	-0,012
$\delta$	-3,45	-1,11		-2,57	13,06	-1,23	15,26			-0,010	-0,012
$\tau$	-10,0	0,85		14,64	-10,0	4,21	-8,63			-0,010	-0,012

Zdroj: vlastní výpočet

### 6.6 Restriktivní regulatorní politika – tresty za porušení kapitálové přiměřenosti

Druhým způsobem restriktivní regulatorní politiky regulátora (centrální banky) může být zvýšení trestů za porušení požadavků na kapitálovou přiměřenost bank. V tomto příkladu budeme zkoumat efekt zvýšení trestů za porušení CAR o 10 % v obou stavech světa.



Protože v dobrém stavu světa všechny banky splňují požadavky na kapitálovou přiměřenost, budou se snažit zvýšit svou kapitálovou přiměřenost ve špatném stavu světa, což bude mít za následek snížení dopadu trestů za porušení CAR. Toho banky dosáhnou zvýšením svého zisku ve špatném stavu světa. Vyššího zisku banky dosáhnou zejména snížením míry splácení závazků bank ve špatném stavu světa  $R_{ii}$ , čímž zaujmou rizikovější, ale výnosnější pozici. V tomto případě banky tedy poměrují dopady trestů za nesplácení závazků a za porušení kapitálové přiměřenosti a volí méně bolestivou variantu. Na agregátní úrovni budou banky investovat méně na trhu půjček, což povede k mírnému poklesu očekávaného HDP v obou stavech světa a mírnému zvýšení míry defaultu domácností.

Tabulka 8

**Restriktivní regulatorní politika – tresty za porušení CAR** (% změny),  $\Delta\lambda_{ks}^b = 10,0\%$

Banka	Úrokové míry			Zisk		CAR		HDP		Míra splácení závazků domácností	
	$r_d^b$	$r^b$	$\rho$	$\pi_i^b$	$\pi_{ii}^b$	$k_i^b$	$k_{ii}^b$	GDP <sub>i</sub>	GDP <sub>ii</sub>	$v_i^{h^b}$	$v_{ii}^{h^b}$
$\gamma$	0,33	-0,03	2,39	-0,07	23,12	-0,04	5,56	-0,002	-0,003	-0,0003	-0,0003
$\delta$	0,20	-0,03		-0,09	12,23	-0,04	1,48			-0,0003	-0,0003
$\tau$	-2,45	0,02		0,36	65,45	0,10	6,05			-0,0003	-0,0003

Zdroj: vlastní výpočet

## 7. Specifika České republiky

Jak je možno vyrozumět z předchozích pasáží, situace při uplatňování modelu finanční křehkosti v České republice je do jisté míry specifická, což je dáno některými vlastnostmi hospodářského prostředí. Pro přesné pochopení toho, proč předložený model vychází ze zmíněných předpokladů, je třeba zmínit alespoň několik charakteristických znaků regionu plynoucích z minulého vývoje.

Česká republika prošla po pádu komunistického režimu (v roce 1989) dvěma vlnami bankovních krizí, přičemž v obou případech se centrální banka stala cílem kritiky části odborné veřejnosti s tím, že v případě jejího omezitelnějšího postupu by bylo možné situaci zvládnout lépe.

Během první vlny (druhá polovina devadesátých let minulého století, především šlo o roky 1994 až 1999) se zhroutil celý segment menších soukromých bank. Během této doby zmizelo z trhu téměř dvacet bankovních domů, což byly v dané době téměř všechny finanční instituce, které byly v soukromých rukou. Z hlediska bilanční sumy ale nešlo (s výjimkou Agrobanky) o důležitější ústavy. Došlo však k vážnému narušení důvěry ve finanční systém země. Doznívání tohoto procesu bychom našli ještě kolem roků 2003 a 2004, kdy proběhly krachy některých soukromých bank, které s pomocí přežily první fázi rozpadu systému.

Druhá významná bankovní krize se odehrála na přelomu dvacátého a jedenadvacátého století, když se do drastických potíží nejprve s kapitálovou přiměřeností a poté dokonce

i s likviditou dostala většina velkých bankovních domů, které byly tehdy ještě z valné většiny vlastněny státem. Vláda musela celý sektor zásadně ozdravit, vyčistila bilance bankovních domů a vynaložila na tento účel asi 300 miliard korun, což v dané době bylo podstatně více než deset procent hrubého domácího produktu.<sup>7</sup> Následovala pak relativně rychlá privatizace celého sektoru. Vlivem toho je naprostá většina bank v zemi v rukou velkých finančních domů francouzských, belgických či rakouských. Na straně druhé jsou vedeny velmi opatrně a navíc jsou tyto finanční domy také detailně monitorovány v oblasti obchodů s mateřskými společnostmi, což ČNB ve svých dokumentech důsledně zdůrazňuje. Regulační pravomoci národní banky se tak staly do značné míry i předmětem vážných politických diskusí v souvislosti s aktivitami Evropské unie v této oblasti a s možným omezením pravomocí národních regulátorů.<sup>8</sup>

Dlouhá série krizových událostí, kdy byly ohrožovány vklady českých domácností u bankovních domů, vytvořila v české společnosti potřebu neustálého ujišťování o bezpečnosti bankovních vkladů a určitou míru nedůvěry veřejnosti ve finanční instituce. Ty pak musely a musejí reagovat velmi opatrnou strategií. Tím je vysvětlen zvláštní důraz, který v kapitole 2.1 věnujeme averzi k riziku u bank, a také je podán způsob odhadu koeficientu averze k riziku tak, jak je uskutečněn v rámci kapitoly 5.

Tento poněkud literární popis vývoje bankovního sektoru České republiky má svoji logickou pointu v některých zvláštních okolnostech českého prostředí. Především zde o nebývalý poměr klientských depozit na klientských úvěrech (depozit/loan ratio), který podle poslední Zprávy o finanční stabilitě (ČNB 2013b, str. 57) dosáhl v roce 2012 hodnoty 125 procent a následně ještě vzrostl na 132 procent. Jde o vysoce specifickou situaci, nicméně jsme přesvědčeni, že v hlavních obrysech nemění nic na základní konstrukci modelu a tedy ani na jeho matematických výstupech. Je zde ale nezanedbatelný vliv na likviditu sektoru, když segment rychle likvidních aktiv bankovního sektoru dosáhl na konci roku 2012 objemu 29 procent aktiv sektoru (tvořených hotovostmi, pohledávkami vůči ČNB, pohledávkami mezi bankami splatnými na požádání a vládními papíry (ČNB 2013b, str. 57). Podle našeho přesvědčení tento stav neovlivňuje zásadním způsobem samotné výsledky aplikace modelu, ale je nutné ho brát v potaz během interpretace výsledků.

Z celkové situace a z poměru mezi depozity a úvěry pak plynou některé další důsledky, především přebytek likvidity na trhu a nízký význam mezibankovního trhu, ale i některé další. Ve svém důsledku pak vede tento stav k specifickému vztahu mezi sazbami centrální banky a sazbami tržními, přičemž zde nelze přehlédnout vliv hospodářského vývoje v letech 2008 až 2013, který postrádá výraznější růstové ambice.<sup>9</sup>

---

7 Jiné odhady hovoří o celkových nákladech kolem 500 miliard korun, objevily se dokonce odhady o celkových nákladech kolem jednoho bilionu korun.

8 ČNB například s účinností od 1. července 2012 zpřísnila výrazně regulační pravidla v otázce výše expozice, kterou je možné vyloučit z angažovanosti investičního portfolia instituce vůči zahraniční mateřské skupině, a to ze 75 % na 50 %.

9 Nominální HDP v roce 2008 dosáhl 3,848 bilionu korun, což je v podstatě stejná hodnota, jakou měl nominální HDP v roce 2012, kdy dosáhl 3,485 bilionu korun.

Tato problematika se ale již dostává mimo rámec úvah tohoto textu a především je již spíše otázkou pro interpretaci konkrétních výsledků.

Vzhledem k důchodové situaci domácností i podniků v letech 2008 až 2013 v kombinaci s vědomím o růstu převisu depozit nad úvěry v České republice nepřekvapí, že vývoj poskytnutých úvěrů nefinančním podnikům a domácnostem je ve zmíněném období relativně nevýrazný a je nesen primárně sektorem domácností, když u nefinančních podniků vidíme naopak pokles. Na konci roku 2008 byla celková angažovanost bank vůči podnikům a domácnostem 1,89 bilionu korun (1,01 bilionu vůči podnikům, 0,88 bilionu vůči domácnostem). V roce 2012 dosáhla tato čísla hodnot 2,123 bilionu celkově, přičemž šlo o 0,96 bilionu vůči podnikům, dále pak o 1,163 bilionu vůči domácnostem. Během recese a následné stagnace ekonomiky se tedy poměry naprosto obrátily, přičemž vývoj angažovanosti bank vůči nefinančním podnikům v podstatě kopíroval průběh hospodářské aktivity, u domácností docházelo k postupnému, relativně pomalému, ale neutuchajícímu růstu.

## 8. Závěr

Finanční sektor je komplexní systém s velkým množstvím subjektů, které mají rozdílné zájmy a cíle. Stabilita tohoto odvětví je však předpokladem všeobecného ekonomického růstu a monitoring a regulace tohoto sektoru je tak jedním ze strategicky důležitých úkolů vládních institucí. Finanční sektor je však tak složitý, že předpovídání jeho vývoje se stává extrémně obtížné.

Goodhartův-Tsomocosův model umožňuje provádět zátěžové testy bank a predikovat finanční křehkost bank a domácností. Může být využit vládními regulačními orgány k monitoringu a analýze finančního sektoru, stejně jako samotnými bankami a dalšími finančními institucemi mimo jiné k předpovídání vývoje defaultu svých klientů.

Cílem tohoto článku bylo kalibrovat Goodhartův-Tsomocosův model na český bankovní sektor a ilustrovat jeho využití pro zátěžové testy bankovního systému. Je třeba poznamenat, že smyslem uvedeného modelu není nahradit existující metodiky zátěžových testů, ale může být jejich vhodným komplementem. Na druhou stranu má zmíněný model řadu jiných využití, mimo jiné umožňuje predikovat pravděpodobnosti defaultu jednotlivých subjektů, a to i pro více období, a po rozšíření může být využit mimo jiné k modelování stability na trhu hypoték.

Přesnost a správné využití modelu by mohlo být vylepšeno spoluprací s Českou národní bankou, která disponuje přesnějšími daty a znalostmi situace konkrétních bank. Budoucí výzkum bude zaměřen na předpovídání vývoje finančního sektoru po více období a na detailní analýzu finanční křehkosti subjektů. Vždy je však třeba brát ohled na specifika českého finančního sektoru, kterými jsou především konzervativní politika České národní banky a českých finančních domů, stejně jako nestandardní vývoj úrokových měr.

## Příloha

Tabulka 9

### Změny v endogenních proměnných modelu

	$r^y$	$r^{\delta}$	$r^r$	$\mu^{\alpha y}$	$\mu^{\beta \delta}$	$\mu^{\theta r}$	$m^y$	$m^{\delta}$	$m^r$	$r_d^y$	$r_d^{\delta}$	$r_d^r$	$\mu_d^y$	$\mu_d^{\delta}$	$\mu_d^r$
$\Delta M = 0,79\%$	~	~	~	+~	+~	+~	+~	+~	+~	-	-	-	~	~	~
$\Delta u_{i,1} = -0,175\%$	-	-	-	~	~	-	~	~	~	+	+	+	+~	+~	~
$\Delta z_{\tau,1} = 0,31\%$	~	~	+~	+~	+~	+~	+~	+~	+~	-	-	-	~	~	~
$\Delta p_{ii} = 20,0\%$	~	~	~	~	~	~	~	~	~	+	+	+	+~	+~	~
$\Delta \lambda_{ii}^b = 25,0\%$	-	-	+~	+~	+~	~	+~	+~	~	+	-	-	~	~	-
$\Delta \lambda_{k_s}^b = 10,0\%$	~	~	+~	+~	+~	~	+~	+~	~	+~	+~	-	+~	+~	~

Poznámka: +(-): významný růst (pokles), +~(-~): slabý růst (pokles), 0 – žádná změna

(pokračování)

	$d_y^{\phi}$	$d_{\delta}^{\phi}$	$d_r^{\phi}$	$\rho$	$d^y$	$d^{\delta}$	$d^r$	$\mu^y$	$\mu^{\delta}$	$\mu^r$	$R_i$	$R_{ii}$	$GDP_i$	$GDP_{ii}$
$\Delta M = 0,79\%$	~	~	~	-	~	~	+~	+~	+~	~	0	~	+~	+~
$\Delta u_{i,1} = -0,175\%$	~	~	~	+	-	-	-	+	+	+~	~	-	-	~
$\Delta z_{\tau,1} = 0,31\%$	~	~	+~	-	-	-	+~	+~	+~	~	0	~	+~	+~
$\Delta p_{ii} = 20,0\%$	~	~	~	+	~	~	~	+~	+~	+~	0	+	~	~
$\Delta \lambda_{ii}^b = 25,0\%$	~	~	~	+	-	-	-	+	+	+~	0	+	~	~
$\Delta \lambda_{k_s}^b = 10,0\%$	+~	~	~	+	~	~	~	+~	+~	+~	0	-	~	~

(pokračování)

	$e_y^{\delta}$	$e_{\delta}^{\delta}$	$e_r^{\delta}$	$e_{ii}^y$	$e_{ii}^{\delta}$	$e_{ii}^r$	$p_y^{\delta}$	$p_{\delta}^{\delta}$	$p_r^{\delta}$	$p_{ii}^y$	$p_{ii}^{\delta}$	$p_{ii}^r$	$v_i^{\alpha}$	$v_i^{\beta}$	$v_i^{\theta}$
$\Delta M = 0,79\%$	+~	+~	+~	+	+~	+~	+~	+~	+~	+	+	+	+~	+~	+~
$\Delta u_{i,1} = -0,175\%$	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	~	~	~
$\Delta z_{\tau,1} = 0,31\%$	+~	+~	+~	+	+	+~	+~	+~	+	+	+	+	+~	+~	+~
$\Delta p_{ii} = 20,0\%$	~	~	~	-	-	-	-	-	-	-	-	-	~	~	~
$\Delta \lambda_{ii}^b = 25,0\%$	~	~	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	~	~	~
$\Delta \lambda_{k_s}^b = 10,0\%$	~	~	+~	+	+	+	~	~	+~	+	+	+	~	~	~

(pokračování)

	$v_{ii}^{\alpha}$	$v_{ii}^{\beta}$	$v_{ii}^{\theta}$	$v_i^y$	$v_i^{\delta}$	$v_i^r$	$v_{ii}^y$	$v_{ii}^{\delta}$	$v_{ii}^r$	$k_i^y$	$k_i^{\delta}$	$k_i^r$	$k_{ii}^y$	$k_{ii}^{\delta}$	$k_{ii}^r$
$\Delta M = 0,79\%$	+~	+~	+~	0	0	0	~	~	~	+~	+~	+~	+	+~	+~
$\Delta u_{i,1} = -0,175\%$	~	~	~	~	~	0	-	+~	-	-	~	~	+	-	+
$\Delta z_{\tau,1} = 0,31\%$	+~	+~	+~	0	0	0	~	~	+~	+~	+~	+~	+	+	+~
$\Delta p_{ii} = 20,0\%$	~	~	~	0	0	0	+	+	+	~	~	~	-	-	-
$\Delta \lambda_{ii}^b = 25,0\%$	~	~	~	0	0	0	-	-	+	-	-	+	+	+	-
$\Delta \lambda_{k_s}^b = 10,0\%$	~	~	~	0	0	0	~	~	-	~	~	+~	+	+	+

## Literatura

- AGÉNOR, P.; AIZEMAN, J.; HOFFMAISTER, A. 2001. The Credit Crunch in East Asia: What Can Bank Excess Liquid Assets Tell Us? Working Paper NBER, 7951, 2001.
- BAJARAS, A.; STEINER, R. 2002. Why Don't They Lend? Credit Stagnation in Latin America. IMF Staff Papers, 49, 2002.
- CATAO, L. 1997. Bank Credit in Argentina in the Aftermath of the Mexican Crisis: Supply or Demand Constrained? IMF Working Paper 97/32, 1997.
- ČNB. 2012. Zátěžové testy bankovního sektoru ČR, listopad 2012. [cit. 8. 11. 2013]. Dostupný na [www.cnb.cz/cs/financni\\_stabilita/zatezove\\_testy/2012/zatezove\\_testy\\_vysledky\\_2012\\_3q.pdf](http://www.cnb.cz/cs/financni_stabilita/zatezove_testy/2012/zatezove_testy_vysledky_2012_3q.pdf)
- ČNB. 2013a. Metodologie zátěžových testů bankovního sektoru. [cit. 19. 10. 2013]. Dostupný na [http://www.cnb.cz/cs/financni\\_stabilita/zatezove\\_testy/zatezove\\_testy\\_metodika.html](http://www.cnb.cz/cs/financni_stabilita/zatezove_testy/zatezove_testy_metodika.html).
- ČNB. 2013b. Zpráva o finanční stabilitě 2012/2013. [cit. 8. 11. 2013]. Dostupný na [http://www.cnb.cz/cs/financni\\_stabilita/zpravy\\_fs/fs\\_2012-2013/index.html](http://www.cnb.cz/cs/financni_stabilita/zpravy_fs/fs_2012-2013/index.html)
- DB. 2013. Banking, Financial Markets and Regulation, Deutsche Bank – DB Research, 2013, [cit. 3. 6. 2013]. Dostupný na [www.dbresearch.com/servlet/reweb2.ReWEB?rwnode=DBR\\_INTERNET\\_EN-PROD\\$BANKEN&rwobj=FLASHMAP\\_EUROBANKING.calias&rwsite=DBR\\_INTERNET\\_EN-PROD](http://www.dbresearch.com/servlet/reweb2.ReWEB?rwnode=DBR_INTERNET_EN-PROD$BANKEN&rwobj=FLASHMAP_EUROBANKING.calias&rwsite=DBR_INTERNET_EN-PROD)
- DUBEY, P.; GEANAKOPOLOS, J.; SHUBIK, M. 2005. Default and Punishment in General Equilibrium. *Econometrica*, 2005, Vol. 73, No. 1, pp. 1–37.
- GERŠL, A.; SEIDLER, J. Verifikace zátěžových testů jako součást pokročilého rámce zátěžového testování. In *Zpráva o finanční stabilitě 2009/2010*. Česká národní banka, 2010, [cit. 8. 11. 2013]. Dostupný na [www.cnb.cz/cs/financni\\_stabilita/zpravy\\_fs/FS\\_2009-2010/FS\\_2009-2010\\_clanek\\_I.pdf](http://www.cnb.cz/cs/financni_stabilita/zpravy_fs/FS_2009-2010/FS_2009-2010_clanek_I.pdf).
- GOODHART, C. A. E.; SUNIRAND, P.; TSOMOCOS, D. P. 2004. A Model to Analyse Financial Fragility: Applications. *Journal of Financial Stability*, 2004, No. 1, pp. 1–30.
- GOODHART, C. A. E.; SUNIRAND, P.; TSOMOCOS, D. P. 2005. A Risk Assessment Model for Banks. *Annals of Finance*, 2005, Vol. 1, No. 2., pp. 197–224.
- GOODHART, C. A. E.; SUNIRAND, P.; TSOMOCOS, D. P. 2006. A Model to Analyse Financial Fragility. *Economic Theory*, 2006, Vol. 27, No. 1, pp. 107–142.
- GOODHART, C. A. E. 2010. The Changing Role of Central Banks. BIS Working Papers 326, 2010.
- HLAVÁČ, P.; JAKUBÍK, P.; GALUŠČÁK, K. 2013. Zátěžové testy domácností s využitím mikrodat. In ČNB, *Zpráva o finanční stabilitě 2012/2013*, str. 114–120. [cit. 8. 11. 2013]. Dostupný na [www.cnb.cz/cs/financni\\_stabilita/zpravy\\_fs/fs\\_2012-2013/index.html](http://www.cnb.cz/cs/financni_stabilita/zpravy_fs/fs_2012-2013/index.html).
- NEHLS, H.; SCHMIDT, T. 2004. Credit Crunch in Germany? *Kredit und Kapital*, 2004, Vol. 37, No. 4, pp. 479–499.
- SAADE, A.; OSORIO, D.; ESTRADA, D. 2006. An Equilibrium Approach to Financial stability Analysis: the Colombian Case. *Annals of Finance*, 2006, Vol. 3, No. 1, pp. 75–106.
- SHUBIK, M.; WILSON, C. 1977. The Optimal Bankruptcy Rule in a Trading Economy Using Flat Money. *Journal of Economics*, 1977, Vol. 37, No. 3–4, pp. 337–354.
- TABAK, B. M.; CAJUEIRO, D. O.; FAZIO, D. M. 2012. Financial Fragility in a General Equilibrium Model: the Brazilian Case. *Annals of Finance*, 2012, pp. 1–23.
- TSENOVA, T. 2012. International Monetary Transmission with Bank Heterogeneity and Default Risk. Bulgarian National Bank Working Papers. (January 15, 2013)
- TSOMOCOS, D. P. 2003. Equilibrium Analysis, Banking and Financial Instability. *Journal of Mathematical Economics*, 2003, Vol. 39, pp. 619–655.

# GENERAL EQUILIBRIUM ANALYSIS OF THE CZECH FINANCIAL MARKET AND A FINANCIAL FRAGILITY MODEL

**Ondřej Machek, Luboš Smrčka, Jiří Hnilica**, Faculty of Business Administration, University of Economics, Prague, nám W. Churchilla 4, CZ – 130 67 Praha 3 (ondrej.machek@vse.cz; smrckal@vse.cz; jiri.hnilica@vse.cz); **Dimitrios P. Tsomocos**, Said Business School and St. Edmund Hall, University of Oxford, Park End Street, Oxford, OX1 1HP, UK (dimitrios.tsomocos@sbs.ox.ac.uk); **Markéta Arltová**, Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics, Prague, nám W. Churchilla 4, CZ – 130 67 Praha 3 (arltova@vse.cz)

---

## Abstract

The purpose of this paper is to create a financial fragility model for the Czech financial sector. We adapt the Goodhart-Tsomocos model which is based on general equilibrium with incomplete markets, money and default. The calibration of the model is based on publicly available data from the period 2003-2011. Finally, we perform comparative statics to show how the key variables of the model respond to possible events. The model can be used by government institutions to stress-test the banking sector, as well as by banking and other financial institutions to estimate the development of, inter alia, the default rates of their clients. The model also incorporates default of households and may be used, after further extension, in predicting households' default rates with respect to the behaviour of banks in consequence of changes in macroeconomic parameters of the environment.

## Keywords

financial fragility, banking, monetary policy, regulatory policy, general equilibrium, Czech republic

## JEL Classification

C68, E4, E5, G11, G21, G28