

ROZKLAD VÝNOSOVÉ KŘIVKY ČESKÝCH STÁTNÍCH DLUHOPISŮ

Adam Kučera, Michal Dvořák, Zlataše Komárková

Časová struktura výnosových měř je významným zdrojem informací ohledně očekávání trhu o budoucím makroekonomickém vývoji a vnímání rizik ze strany investorů a jejich preferencí. Článek představuje metodologický aparát, který ČNB využívá k získání těchto informací. Je popsán rozklad výnosové křivky českých státních dluhopisů na dílčí komponenty. Vývoj těchto komponent je interpretován ve vztahu k makrofinančnímu prostředí. Následně je představeno praktické využití prezentované metody v zátěžových testech finančního sektoru prováděných ČNB.

1. ÚVOD

Výnosy státních dluhopisů (dále SD) napříč širokým spektrem zemí více než dekádu klesaly. Za tímto trendem lze nalézt několik společných globálních faktorů: přebytky úspor v rozvíjejících se ekonomikách a s tím související akumulace devizových rezerv v bilancích centrálních bank, globální změny portfolií ve prospěch držby bezpečných aktiv a v neposlední řadě pokles nominálních úrokových sazeb spojený s ukotvením nízkých inflačních očekávání. Prudší pokles výnosů nastal po propuknutí globální finanční krize, kdy v reakci na nepříznivý ekonomický výhled a deflační tlaky zavedly některé centrální banky nekonvenční opatření zacílené přímo na pokles dlouhodobých výnosů.

Od počátku globální finanční krize platí klesající trend v průměru i pro výnosy českých SD. Ty klesly od počátku roku 2016 do záporných hodnot až do splatnosti šesti let. To bylo stěží možné vysvětlit jen očekáváním trhu ohledně setrvání krátkodobých sazeb na nízké úrovni či nižší premii za svrchované riziko české vlády. Jedním z cílů článku je vysvětlit příčiny tohoto vývoje, a to pomocí rozkladu výnosové křivky českých SD na komponenty, které determinují jednotlivé výnosy dluhopisů zastoupené ve výnosové křivce. Dalším cílem je analýza chování těchto komponent v čase, neboť každá komponenta nabývá na svém významu za různých podmínek. V neposlední řadě je cílem sdílet s odbornou veřejností metodu, kterou ČNB používá k získání informací o časové struktuře výnosových měř.

Časová struktura výnosových měř, resp. sklon výnosové křivky, patří mezi důležité indikátory hospodářského cyklu. Výnosová křivka agreguje očekávání tržních účastníků ohledně budoucího vývoje krátkodobé sazby, ekonomické aktivity či inflace a finančních rizik. Vyčíslení vlivu různých faktorů na tvar výnosové křivky umožní lépe pochopit rozsah možných změn výnosových měř v případě pokračování ekonomických trendů či naopak jejich obrátů a odhadnout lépe dopady různých ekonomických scénářů na jednotlivé účastníky finančního trhu. Rozkladem výnosové křivky ČNB

získává důležitý zdroj informací pro účely měnové¹ a obezřetnostní politiky.

Struktura článku je následující. V druhé části článku je představena metoda použitá pro rozklad výnosových křivek. Ve třetí části je rozložena bezkupónová výnosová křivka českých SD na čtyři komponenty a empiricky prozkoumány faktory, které je ovlivňují. Ve čtvrté části se analýza zaměřuje na využití získaných komponent pro tvorbu scénářů vstupujících do makrozátěžových testů finančního sektoru prováděných ČNB. Poslední část obsahuje shrnutí.

2. POUŽITÁ METODOLOGIE ROZKLADU VÝNOSOVÉ KŘIVKY ČESKÝCH STÁTNÍCH DLUHOPISŮ

Výnosová křivka je tvořena výnosy dluhopisů s různou zbytkovou splatností v konkrétním okamžiku. Tvar výnosové křivky je určen její úrovní (hodnota krátkého konce výnosové křivky), jejím sklonem (rozdíl mezi výnosem dluhopisu s krátkodobou a dlouhodobou splatností) a jejím zakřivením (vztah splatnosti a výnosu nemusí být lineární, může být konkávní či konvexní). Relativní úroveň krátkodobých a dlouhodobých výnosových měř by měla záviset na očekávání trhu ohledně budoucího vývoje krátkodobých sazeb. Dle čisté hypotézy očekávání by měl investor s neutrálním vztahem k riziku dosáhnout stejného výnosu z investice do dlouhodobého dluhopisu jako ze série investic do krátkodobého dluhopisu za období rovnající se zbytkové splatnosti dlouhodobého dluhopisu. Čistá hypotéza očekávání nabízí jednoduchý a atraktivní výklad výnosové křivky, nebere však v úvahu investory s averzí k riziku. V realitě tak tato hypotéza neplatí. Jinými slovy investoři vnímají dlouhodobou investici jako nejistou a požadují premii za riziko. Ta se skládá z několika dílčích premií odrážejících různé typy rizik, která

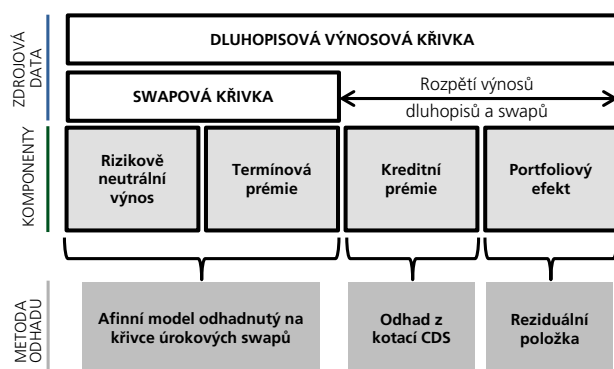
¹ Využití rozkladu výnosové křivky českých SD pro účely měnové politiky není součástí tohoto článku, nicméně je součástí výzkumného projektu C7/16 „Longer-term Yield Decomposition: The Analysis of the Czech Government Yield Curve“ s předpokládaným výstupem ke konci roku 2017.

jsou v čase a pro jednotlivé splatnosti různě významná. Pro správné pochopení vývoje výnosové křivky je tak nezbytné provést její rozklad.

Výnosovou křivku českých SD rozkládáme na čtyři komponenty (Graf 1). Těmi jsou rizikově neutrální výnos (výnos investora s neutrálním vztahem k riziku, „*risk-neutral expectations of yields*“), termínová prémie, kreditní prémie a portfoliový efekt. První dvě komponenty byly získány rozkladem swapové výnosové křivky, neboť sazba úrokového swapu je téměř výhradně tvořena rizikově neutrálním výnosem a termínovou premií (viz část 2.1). Další dvě komponenty odpovídají rozdílu mezi výnosem SD a swapovou sazbou pro příslušnou splatnost. Rozčlenění tohoto rezidua mezi kreditní premii a portfoliový efekt vychází z odhadu kreditní premie.

GRAF 1

KOMONENTY SWAPOVÉ A DLUHOPISOVÉ VÝNOSOVÉ KŘIVKY



Pramen: Autoři

Pozn.: CDS = swap úvěrového selhání.

Rizikově neutrální výnos odráží očekávání o budoucí měnové politice a ekonomickém vývoji. V případě, že investoři očekávají budoucí nárůst měnověpolitické sazby, očekávají i postupný nárůst výnosové míry z držby a pravidelné reinvestice dluhopisů krátkodobých splatností. *Termínová prémie* se vztahuje k délce splatnosti držení dluhopisu a je odměnou za úrokové riziko. Zohledňuje nejistotu investorů ohledně budoucího vývoje krátkodobé sazby. Investice do dlouhodobých dluhopisů se ukáže být relativně méně výhodnou, budou-li krátkodobé sazby vyšší než původně očekávané, a naopak. Rizikově neutrální výnosy dluhopisů a jejich termínová prémie jsou pro příslušné splatnosti ztožněny s rizikově neutrálním výnosem a termínovou premií získanými z rozkladu swapové křivky (viz část 2.1). V případě výnosů dluhopisů i sazeb swapů jsou totiž tyto dvě komponenty determinovány stejnými fundamenty.

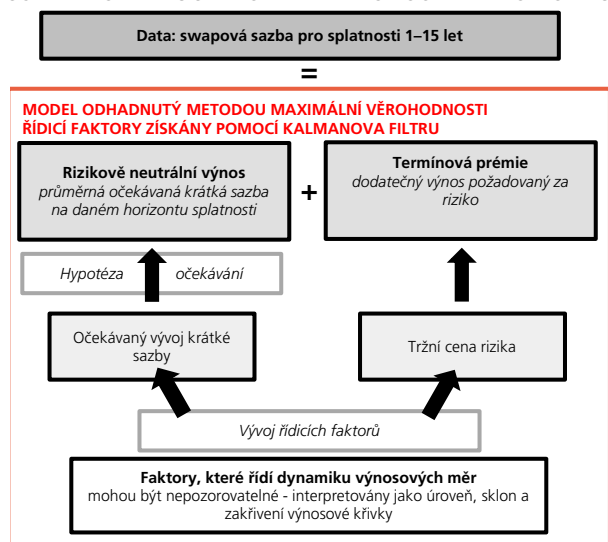
Kreditní prémie je odměna za riziko nesplacení kupónů a jistiny dluhopisu včas a/nebo v plné výši. Tato prémie obvykle roste se splatností. Pozice emitenta se může v čase výrazně zhoršit, a proto je např. jednoletá pravděpodobnost selhání za 5 let (tj. pravděpodobnost selhání mezi 5. a 6. rokem) obvykle vyšší než dnešní jednoletá pravděpodobnost selhání, tj. ode dneška za 1 rok (Moody's, 2016). Kreditní prémie byla odhadnuta na základě kotací swapů úvěrového selhání (CDS) na české SD.² V odhadu se vychází z CDS kotací ke konci měsíce pro splatnosti 1–5, 10, 20 a 30 let.³ Pro snížení volatility použitých kotací CDS byly jejich hodnoty vyhlazeny tříměsíčním klouzavým průměrem. Z těchto průměrů byla odhadnuta v každém sledovaném období Nelsonova-Siegelova funkce (Nelson a Siegel, 1987), pomocí které byly pro všechny potřebné splatnosti vypočítány hodnoty spreadů CDS, resp. kreditní premie českého SD.⁴

Portfoliový efekt výnosu odráží vývoj poptávky po SD jako investičním aktivu. SD jsou oproti jiným aktivům pro řadu investorů preferované, a to zejména z důvodu jejich nízkého úvěrového rizika, relativně vysoké tržní likvidity, nízkého poměru požadovaného finančního zajištění („*haircut*“) při použití dluhopisu jako finančního kolaterálu nebo zvýhodněného regulatorního zacházení. Portfoliový efekt je vypočítán jako rozdíl mezi výnosem SD a sazbou úrokového swapu identické splatnosti po odečtení kreditní premie. Průměrná hodnota portfoliového efektu je proto v popsaném modelu závislá na odhadu kreditní premie. Portfoliový efekt může nabývat kladné (záporné) hodnoty, pokud investor požaduje za držbu dluhopisu vyšší (nižší) výnos, než by odpovídal očekávané průměrné výši krátkodobé sazby navýšené o termínovou a kreditní premii.

- 2 Výhodou tohoto přístupu je existence kotací, které by měly představovat přímý náklad na zajištění kreditního rizika, vpředhlednost a dostupnost v libovolné periodicitě. Na druhou stranu je nutné vzít v úvahu i některé anomálie trhu CDS svrchovaných emitentů, které mohou užití CDS kotací jako indikátoru solventnosti určitého státu limitovat (Komárek a kol., 2013, Box 4 v ZFS 2009/2010 a Box 4 v ZFS 2011/2012). Dalším potenciálním omezením jsou krátké časové řady u některých splatností.
- 3 Do odhadu jsme zahrnuli CDS kotace se splatností 20 a 30 let z důvodu absence kotací pro 15leté CDS.
- 4 CDS kotace na český vládní dluh kratších splatností jsou blízké splatnostem delším. To se však neprojevovalo ve výnosech českých SD krátkých splatností. Proto byla Nelsonova-Siegelova funkce specifikována tak, aby s klesající splatností konvergovala kreditní prémie k nulové hodnotě.

GRAF 2

SCHÉMA ROZKLADU SWAPOVÉ KŘIVKY POMOCÍ AFFINÍHO MODELU



Pramen: Autoři

2.1 Metodologie rozkladu korunové swapové výnosové křivky

Rozklad swapové výnosové křivky byl proveden pomocí afinního modelu⁵ (Duffie a Kan, 1996 nebo Málek, 2005). Ten patří do skupiny faktorových modelů. Základním stavebním prvkem tohoto modelu je předpoklad o několika faktorech, které řídí vývoj celé časové struktury výnosových měr. Model představený v článku využívá tři faktory, což je obvyklý přístup používaný v literatuře (Litterman a Scheinkman, 1991). Tyto faktory mohou být pozorovatelné⁶, např. makroekonomické proměnné (Ang a Piazzesi, 2003) nebo výnos určitých portfolií dluhopisů (Joslin a kol., 2011), nebo nepozorovatelné. Pro účely představeného modelu uvažujeme nepozorovatelné faktory. Tyto tři faktory jsou odvoze-

ny v rámci odhadu modelu a v závislosti na svém vývoji mohou představovat úroveň výnosové křivky, její sklon nebo zakřivení.

Vztah mezi swapovou sazbou a třemi nepozorovatelnými faktory je zprostředkován pomocí dvou základních proměnných (Graf 2). První proměnnou je krátkodobá (okamžitá) bezriziková sazba a druhou proměnnou je investory požadovaná riziková prémie.

Krátkodobá (okamžitá) bezriziková sazba⁷ je v modelu stanovena jako lineární funkce uvedených tří nepozorovatelných faktorů. Od ní jsou dále odvozeny výnosy delších splatností. V případě, že by měli investoři neutrální vztah k riziku, očekávaný průměr budoucí krátkodobé sazby na určitém horizontu a současný výnos dluhopisu odpovídající splatnosti by se rovnaly. Dlouhodobé výnosy stanovené jako očekávaný průměr budoucí krátkodobé sazby nazýváme **rizikově neutrálními výnosy** (Graf 2, levá část).

Investoři však mají zpravidla averzi k riziku, a proto požadují rizikovou prémii. Ta je v rámci afinního modelu funkcí tzv. **tržní ceny rizika**, která vyjadřuje nejistotu ohledně budoucího vývoje nepozorovatelných faktorů a je jejich lineární kombinací (Graf 2, pravá část). V případě swapové křivky nabývá riziková prémie kladných hodnot. Swapové sazby téměř neobsahují kreditní prémii, neboť zde nedochází k platbě jistiny, kupónové platby se vzájemně započítají a způsob obchodování swapů snižuje rizika protistrany. Swap zároveň není investičním aktivem, protože jeho prostřednictvím nelze uložit volné peněžní prostředky. Proto je portfoliový efekt swapu zanedbatelný. Z těchto důvodů se v modelu předpokládá, že riziková prémie úrokového swapu je tvořena výhradně **termínovou premií**.

Hlavním důvodem odhadu rizikově neutrálních výnosů a termínové premie ze swapové výnosové křivky je zmíněná absence kreditní premie a portfoliového efektu. Tyto dvě komponenty mohou být ovlivňovány za určitých okolností některými specifickými tržními efekty jako útěk ke kvalitě, likviditě, honba za výnosem či různé typy spekulací způsobené např. nekonvenčními měnovými politikami. Tyto specifické efekty by však mohly narušit předpoklad afinního modelu o efektivitě trhu a nemožnosti arbitráže. Rizikově neutrální výnos a termínová prémie odhadnuté pomocí afinního modelu z vládních výnosových křivek by tak mohly být zkreslené.

5 Označení „afinní model“ (z anglického „*affine model*“) odráží skutečnost, že krátká sazba i tržní cena rizika jsou specifikovány jako tzv. afinní transformace řídicích faktorů, tedy zjednodušeně řečeno jsou jejich lineární kombinací. Díky tomu je možné i výnosové míry vyjádřit jako lineární kombinaci řídicích faktorů, což značně usnadňuje následný odhad parametrů modelu. Kromě afinního modelu se v praxi používá zejména tzv. „LIBOR market model“ (LMM, viz např. Gatarek a kol., 2006). Jeho přídavnou hodnotou je schopnost přesnějšího oceňování úrokových derivátů. LMM je na druhou stranu složitější a jeho odhadnutí vyžaduje využití pokročilých numerických metod. Vzhledem k cílům analýz výnosové křivky pro účely finanční stability proto považujeme využití afinního modelu za vhodnější.

6 Modely s pozorovatelnými faktory jsou technicky jednodušší. K jejich odhadu často postačuje metoda nejmenších čtverců. Na druhou stranu v sobě zahrnují předpoklady o makrofinančních vztazích a konkrétní volbu hlavních determinant vývoje výnosových měr. Zároveň mohou být spojeny s rizikem nezahrnutí důležité proměnné.

7 Krátkodobá (okamžitá) bezriziková sazba není na trhu pozorovatelná. Do určité míry však souvisí s vývojem overnight sazby (přes noc) na mezibankovním trhu a měnověpolitické sazby.

V představeném afinním modelu je dále nutné zohlednit potenciální možnost, že úrokové sazby dosáhnou své dolní hranice (tzv. „lower bound“). Tato možnost způsobuje budoucí nesymetrický vývoj úrokových sazeb. Jsou-li úrokové sazby již velmi blízko své dolní hranice, pak pravděpodobnost jejich dalšího poklesu je nižší než pravděpodobnost jejich růstu. Pro zohlednění této asymetrie je v představeném modelu využit koncept stínových sazeb (Krippner, 2013).⁸ Účelem využití tohoto konceptu není přímo získat stínové sazby, ale pouze zaručit vnitřní konzistenci představeného modelu.

Parametry modelu jsou odhadnuty metodou maximální věrohodnosti s využitím Kalmanova filtru pro získání nepozorovaných faktorů (Durbin a Koopman, 2012).

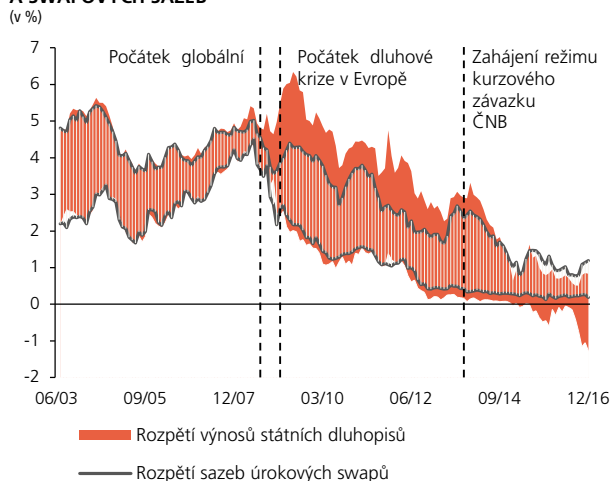
3. VÝSLEDKY ROZKLADU VÝNOSOVÉ KŘIVKY ČESKÝCH STÁTNÍCH DLUHOPISŮ

Rozklad výnosové křivky se provádí z výnosů bezkupónových dluhopisů příslušných splatností, neboť tyto výnosy nejsou ovlivněny velikostí a rozložením kupónů během životnosti dluhopisu a tudíž představují přesný ukazatel požadovaného zhodnocení pro investici na příslušný časový horizont.⁹ Z toho důvodu byla nejdříve z českých korunových vládních dluhopisů zkonstruována bezkupónová křivka. Vzhledem k tomu, že rizikově neutrální výnos a termínová prémie jsou odhadnuty pomocí swapových sazeb, bylo nutné zkonstruovat i bezkupónovou korunovou swapovou křivku. Obě bezkupónové křivky byly zkonstruovány pro splatnosti 1 až 15 let¹⁰ ke konci každého měsíce v časovém rozmezí 7/2003–12/2016. Ke konstrukci byla užitá bootstrapová metoda Fama–Blisse (Fama a Bliss, 1987), která předpokládá neměnnost forwardových sazeb mezi nejbližšími splatnostmi. Výhoda této metody oproti alternativám (např. Nelson a Siegel, 1987 nebo Svensson, 1994) spočívá v možnosti přesně replikovat jakýkoli tvar výnosové křivky, čímž odpadají problémy s nedokonalým proložením na některých segmentech křivky.

- 8 V tomto konceptu výnos z investice do dluhopisu odpovídá součtu výnosu z investice do stínového dluhopisu, jehož výnos není zdola omezen, a výnosu z prodeje opce na nákup tohoto dluhopisu za cenu odpovídající výnosu na dolní hranici. Více viz Krippner (2013).
- 9 Užití kupónových dluhopisů by mohlo potenciálně vést k podhodnocení požadovaných výnosů pro danou splatnost (Livingston a Jain, 1982).
- 10 Rozsah uvažovaných splatností byl zvolen s ohledem na dostupnost a kvalitu dat. Dluhopisy splatnosti kratších než 1 rok se v podobných studiích nepoužívají, protože jejich ceny mohou být vychýleny specifickými vlivy v důsledku nižší likvidity (BIS, 2005). Navíc pro splatnosti kratší než 1 rok nejsou k dispozici korunové úrokové swapy. Časové řady pro dluhopisy a swapy splatností přesahujících 15 let jsou kratší a jejich ceny mohou být méně spolehlivé vzhledem k nižšímu objemu obchodů.

GRAF 3

HISTORICKÝ VÝVOJ VÝNOSŮ ČESKÝCH STÁTNÍCH DLUHOPISŮ A SWAPOVÝCH SAZEB



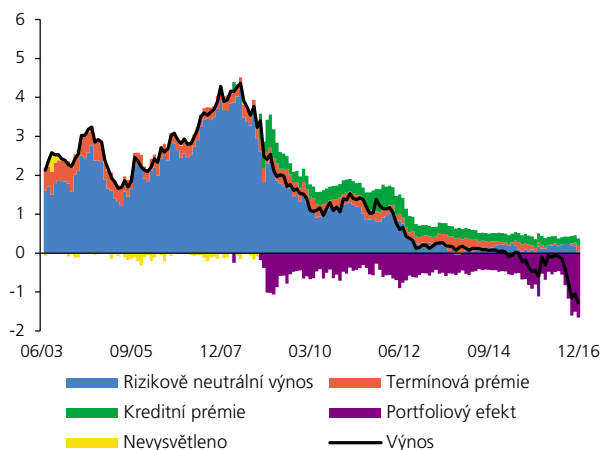
Pramen: Bloomberg, BCPP, MTS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů
 Pozn.: Svislé čary označují poslední měsíční pozorování před popsanou událostí. Počátek globální finanční krize je vztážen k pádu investiční banky Lehman Brothers v září 2008. Počátek dluhové krize v Evropě je vztážen k negativnímu hodnocení veřejných financí GR ze strany MMF a EK v únoru 2009.

Ze splatnostního rozpětí bezkupónových výnosů SD a swapových sazeb z let 2003–2016 je patrný jejich různorodý vývoj (Graf 3). Do propuknutí globální finanční krize v září 2008 se výnosy a sazby vyvíjely obdobně. Od této doby do druhé poloviny roku 2009 ovlivnila vývoj výnosů obava z nastupující dluhové krize v Evropě. V souvislosti s reakcemi různých relevantních autorit na průběh krize započal od poloviny roku 2009 klesající trend výnosů a zároveň vznikl kladný rozdíl mezi výnosy a sazbami v delších splatnostech. Na konci roku 2013 začaly výnosy klesat rychleji než sazby, do roku 2015 pro dlouhodobé splatnosti, poté výhradně pro krátkodobé splatnosti. Z tohoto jednoduchého popisu historického vývoje je patrné, že na výnosy a sazby působily různé faktory různě intenzivně, a to i pro jednotlivé splatnosti.

Bezkupónová výnosová křivka českých SD byla rozložena na čtyři popsané komponenty pro jednoletou a desetiletou splatnost (Grafy 4 a 5). U jednoletého dluhopisu je patrné, že do propuknutí globální finanční krize v roce 2008 byl jeho výnos dominantně tvořen rizikově neutrálním výnosem (Graf 4). Od konce roku 2008 výnos jednoletého dluhopisu klesal, a to z důvodu klesajícího rizikově neutrálního výnosu. Pokles této komponenty souvisel s očekáváním trhu ohledně setrvávání krátkodobých sazeb na velmi nízkých úrovních. Navíc od druhé poloviny roku 2008 klíčové centrální banky postupně uvolňovaly v rámci svých měnových politik či politik věřitele poslední instance značné objemy měnové likvidity. Z důvodu honby za kvalitou a výnosem představovaly české SD pro zahraniční investory atraktivní příležitost.

GRAF 4

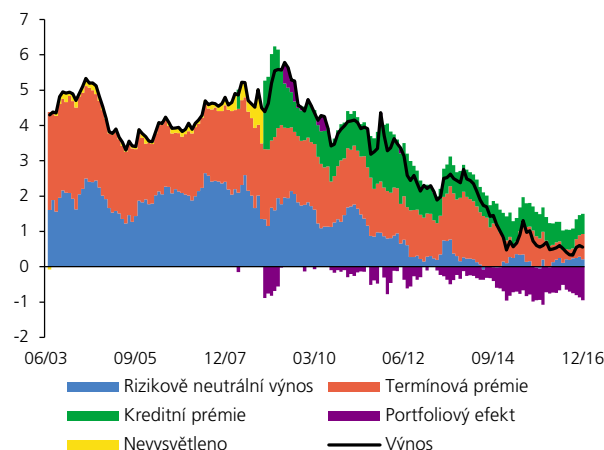
ROZKLAD VÝNOSU JEDNOLETÉHO BEZKUPÓNOVÉHO DLUHOPISU (v %)



Pramen: Bloomberg, BCPP, MtS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů
 Pozn.: Do roku 2008 chybí důvěryhodná data o kotacích CDS. Rozdíl mezi výnosem dluhopisu a sazbou swapu proto nebylo možné rozložit a je vykázan jako Nevysvětleno.

GRAF 5

ROZKLAD VÝNOSU DESETILETÉHO BEZKUPÓNOVÉHO DLUHOPISU (v %)



Pramen: Bloomberg, BCPP, MtS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů
 Pozn.: Do roku 2008 chybí důvěryhodná data o kotacích CDS. Rozdíl mezi výnosem dluhopisu a sazbou swapu proto nebylo možné rozložit a je vykázan jako Nevysvětleno.

Vzhledem k zanedbatelnému riziku selhání vlády na takto krátkém horizontu dosahovala kreditní prémie v průběhu sledovaného období relativně nízké úrovně. Záporná portfoliová komponenta souvisela s preferencí investorů držet v období tržního napětí dluhopisy kratších splatností. V roce 2015 portfoliová komponenta poprvé absolutně převýšila všechny ostatní komponenty, čímž výnos jednoletého dluhopisu dosáhl záporné hodnoty. Od té doby výnos českých státních dluhopisů krátkých splatností odrážel značný zájem zahraničních investorů, kteří spekovali na posílení české koruny vůči euru s opuštěním kurzového závazku ČNB (viz část 2.1 Zprávy).

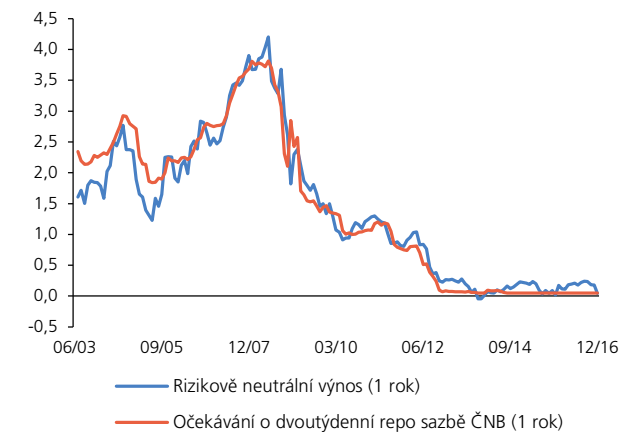
V průběhu sledovaných třinácti let došlo k podstatné změně významu jednotlivých komponent v případě výnosu desetiletého českého SD (Graf 5). Až do propuknutí globální finanční krize se výnosy desetiletých dluhopisů téměř rovnaly swapovým sazbám téže splatnosti. Rizikově neutrální výnosy a termínová prémie tvořily každá přibližně polovinu výnosu.¹¹ S úpadkem americké investiční banky Lehman Brothers v polovině září roku 2008 se situace na globálních finančních trzích značně zhoršila. Zvýšila se nejistota a averze k riziku, což se projevilo ve vyšší volatilitě tržních cen. Vlivem pokročilé mezinárodní tržní integrace se tržní napětí přesu-

nulo i na český trh SD, což je patrné z nárůstu kreditní prémie. V polovině října 2008 se na trhu českých SD prudce zhoršila tržní likvidita z důvodu nadměrné nabídky českých SD zejména ze strany zahraničních institucionálních investorů. Na zhoršenou situaci reagovala ČNB zavedením mimořádných dodávacích repo operací nově s akceptací českých SD jako kolaterálu¹², což přispělo k částečnému snížení kreditní prémie. Ze stejných důvodů jako u jednoletého dluhopisu klesaly od poloviny roku 2008 rizikově neutrální výnos a termínová prémie. Termínová prémie se na přelomu května a června 2013 zvýšila v reakci na změnu očekávání trhů ohledně načasování snížení objemů dluhopisů nakupovaných americkým Fedem v rámci programu QE3. Tato změna v očekávání spustila nebývale prudké přizpůsobení cen v celé řadě kategorií aktiv napříč globálními trhy, které bylo doprovázeno tržními turbulencemi. V listopadu 2013 však ECB snížila svou základní úrokovou sazbu a v červnu 2014 oznámila použití dalších nekonvenčních nástrojů včetně plánu odkupu SD zemí eurozóny. Od listopadu 2013 začala ČNB využívat kurz koruny jako další nástroj měnové politiky. Kombinace těchto opatření vedla u výnosu desetiletého českého SD nejen k poklesu termínové prémie, ale i k záporným hodnotám portfoliové komponenty. Od roku 2011 měla na vývoj kreditní prémie a portfoliové složky vliv i diskuze o nových regulačních opatřeních finančního trhu (Basel III, CRD IV/CRR) a následně jejich postupné zavádění.

11 Kreditní prémie a portfoliový efekt do roku 2008 nejsou vypočítány kvůli nedostupnosti likvidních kotací CDS. Jejich součet nicméně představuje rozdíl mezi výnosem dluhopisu a swapovou sazbou. Nízká úroveň tohoto rozdílu v tomto období značí, že kreditní prémie a portfoliový efekt se vzájemně kompenzovaly.

12 http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/penezni_trh/parametry_dodavaci_repo.html.

GRAF 6

SROVNÁNÍ JEDNOLETÉHO RIZIKOVĚ NEUTRÁLNÍHO VÝNOSU S PŘEDPOVĚDÍ ANALYTIKŮ (v %)


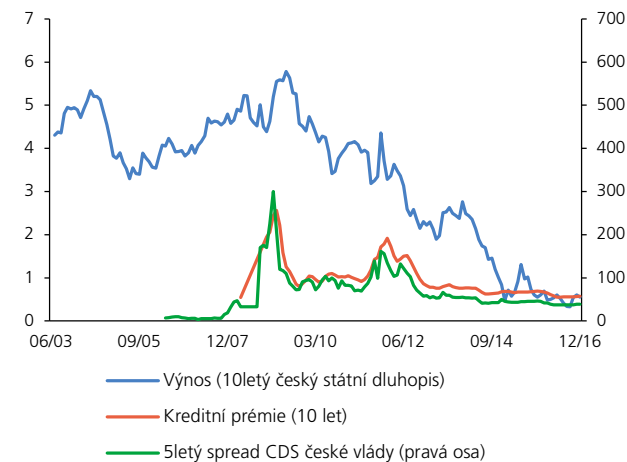
Pramen: ČNB

Pozn.: Očekávání představuje průměr dvoutýdenní repo sazby ČNB očekávané v období 1 roku od daného okamžiku. Je vypočteno jako $1/26 * \text{aktuální hodnota repo sazby} + 25/26 * (0,5 * \text{očekávání repo sazby za 1 měsíc} + 0,5 * \text{očekávání repo sazby za 1 rok})$. Očekávání za 1 měsíc a za 1 rok jsou průměry předpovědí analytiků z *Šetření ČNB o inflačních očekáváních finančního trhu* provedeného daný měsíc.

GRAF 7

KREDITNÍ PRÉMIE A SPREAD CDS

(levá osa: %; pravá osa: bps)



Pramen: Bloomberg, BCPP, MTS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů

Pozn.: Odhadnutá kreditní prémie pro dluhopis desetileté splatnosti. Rozdíl úrovně mezi pětiletým CDS a desetiletou kreditní premií je dán rozdílem ve splatnostech.

Trhu byl vydán signál o preferenčním zacházení se SD v případě kapitálových i likvidních požadavků.

Ve snaze potvrdit teoretickou interpretaci odhadnutých komponent byl jejich vývoj srovnán s vývojem vybraných makroekonomických a finančních proměnných, se kterými by měly být teoreticky úzce propojeny.

Rizikově neutrální výnos by měl odpovídat tržním očekáváním o vývoji budoucích krátkodobých sazeb. Provedené srovnání s vývojem očekávání analytiků o dvoutýdenní repo sazbě ČNB na horizontu jednoho roku tento teoretický předpoklad potvrdil (Graf 6). Ukázala se rovněž vyšší korelace mezi rizikově neutrálními výnosy a očekávanými sazbami než s jejich aktuálními úrovněmi (Tabulka 1).

Termínová prémie by měla být teoreticky úzce spojena s obtížností prognózovat vývoj budoucích krátkodobých sazeb na daném splatnostním horizontu. Obtížnost prognózování se špatně měří, a proto byla aproximována variabilitou posledních čtyř měsíčních hodnot z prognózované proměnné. Korelace termínové prémie s variabilitou inflace, inflačního očekávání a očekávání o dvoutýdenní repo sazbě ČNB byla poměrně nízká (Tabulka 1). To může být způsobeno zpěthledícím charakterem těchto nedokonalých měřítek obtížnosti prognózování. Určitou podporu teoretickému předpokladu naopak poskytla relativně silná vazba termínové prémie se současnou i očekávanou hladinou úrokových sazeb. Obecně je při nízkých úrovních úrokových sazeb ní-

ká i jejich volatilita, což umožňuje investorům činit lepší prognózy a požadovat nižší termínovou prémii.

Kreditní prémie by měla být spojena s vnímáním investorů o výši úvěrového rizika českých SD. Vzhledem ke způsobu odhadu kreditní prémie vyšla korelace mezi ní a spready CDS velmi vysoká (i se spready CDS jiných splatností, Graf 7 a Tabulka 1). Vysoké korelace s kreditní premií dosáhl i další tržní ukazatel úvěrového rizika – rozdíl mezi výnosem českého a německého pětiletého SD. Naopak často používaná fundamentální veličina pro vyjádření výše svrchovaného úvěrového rizika měřená podílem vydaných SD na HDP měla s kreditní premií jen omezený vztah. To může být dáno relativně nízkou mírou zadluženosti vlády ČR. Užší vztah mezi podílem vládního dluhu na HDP a svrchovanou kreditní premií obvykle nastává až od určité úrovně vládního dluhu. Navíc tato úroveň může být z mnoha důvodů pro různé země jiná a pro některé země i vyšší než často uváděná hodnota 60 % dluhu k HDP (Banque de France, 2012).

Kreditní prémie byla úzce korelována s krátkými sazbami a ukazateli nejistoty na trhu. Vyšší úrokové sazby potenciálně zdrazňují náklady financování vlád, a tím i částečně zvyšují pravděpodobnost jejího selhání. Rovněž globální nejistota měřená indexem VIX nebo nejistota na mezibankovním trhu měřená rozdílem tříměsíční sazby PRIBOR a tříměsíční sazby korunových OIS měly významnější vztah ke kreditní premií. To zřejmě souviselo s rostoucím podílem nerezidentů na

TAB. 1

KORELACE VÝVOJE KOMPONENT DESETILETÉHO BEZKUPŇOVÉHO DLUHOPISU S EKONOMICKÝMI A FINANČNÍMI PROMĚNNÝMI

Typ proměnné	Název proměnné	Rizikově neutrální výnos	Termínová prémie	Kreditní prémie	Portfoliový efekt
Makroekonomické	Inflace (CPI)	0,50	0,42	0,67	0,12
	Růst HDP	0,27	0,15	-0,49	-0,54
	Kurz CZK/EUR	0,29	0,45	-0,27	-0,53
Krátké úrokové sazby a tržní očekávání	Index CZEONIA	0,86	0,73	0,69	0,38
	Dvoutýdenní reposazba ČNB (aktuální)	0,88	0,76	0,77	0,36
	Tříměsíční PRIBOR	0,87	0,74	0,78	0,38
	Tříměsíční korunová OIS	0,88	0,76	0,74	0,37
	Dvoutýdenní reposazba ČNB (jednoleté očekávání)	0,95	0,79	0,57	0,53
	Inflace (jednoleté očekávání)	0,75	0,65	0,39	0,40
Fluktuace krátkých úrokových sazeb a tržní nejistota	Variabilita* inflace	0,25	0,29	0,51	-0,01
	Variabilita* jednoletého inflačního očekávání	0,30	0,14	0,23	0,13
	Variabilita* jednoletého očekávání o dvoutýdenní reposazbě ČNB	0,35	0,42	0,70	0,07
	Index volatilit VIX	0,14	0,17	0,72	0,13
Úvěrové riziko českého státu a českého mezibankovního trhu	Vydané české SD/HDP	-0,44	0,25	-0,02	0,37
	Pětiletý spread CDS na český SD	-0,06	0,13	0,93	0,15
	Rozpětí mezi tříměsíčním PRIBOR a tříměsíčním OIS	-0,14	0,01	0,59	0,24
	Rozpětí výnosů pětiletého českého a německého SD	-0,13	-0,07	0,82	0,37
Investiční toky	Objem obchodů s českými SD	-0,05	0,11	0,28	-0,01
	Podíl zahraničních držitelů českých SD	-0,33	-0,73	-0,49	-0,62
	Zisk ze zajištěné investice do korunových aktiv**	-0,45	-0,59	-0,38	-0,52
	Saldo portfoliových a ostatních investic platební bilance	0,06	0,21	0,17	0,06

Barevná škála pro Pearsonův korelační koeficient



Pramen: BCPP, Bloomberg, MTS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů

Pozn.: Vypovídací schopnost korelací může být omezena kratší délkou a existencí trendu u některých časových řad.

* Variabilita je měřena směrodatnou odchylkou 4 posledních měsíčních pozorování.

** Průměr zisku z (1) investice spočívající z konverze eur do korun, úložky za depozitní sazbu ČNB a následně konverze zpět do EUR za tříměsíční forwardový kurz a (2) investice spočívající z konverze eur do korun, nákupu dvouletého českého SD a následně konverze zpět do eur za dvouletý forwardový kurz. Od výnosů obou investic byl odečten výnos, který by bylo možné dosáhnout při tříměsíční úložce za depozitní sazbu ECB, resp. výnos dvouletého německého SD.

držbě vládního dluhu a s používáním a oceňováním SD jako finančního kolaterálu na zajištěných peněžních trzích.

Portfoliový efekt by měl teoreticky souviset s preferencí investorů držet české SD na úkor jiných aktiv – korunových či v jiné měně. Pro vyjádření této preference jsme použili čtyři veličiny. Nejdříve jsme sledovali korelaci portfoliového efektu s přítokem krátkodobých zahraničních aktiv do české ekonomiky a s objemem obchodů s českými SD. V obou případech vyšla korelace nízká. Následně jsme použili stavový ukazatel podílu českých SD v držení nerezidentů. Ten s portfoliovým efektem koreloval silně negativně. Významnější korelace portfoliového efektu byla zaznamenána také se ziskem z investování do českých aktiv při současném zajištění kurzového rizika (tj. nákup koruny na spotovém trhu, vklad v korunách nebo nákup krátkodobého dluhopisu a zpětná konverze za forwardový kurz). Vzrůstající výhodnost tohoto typu investice byla spojena s nižší hodnotou portfoliového efektu. Obě záporné korelace lze interpreto-

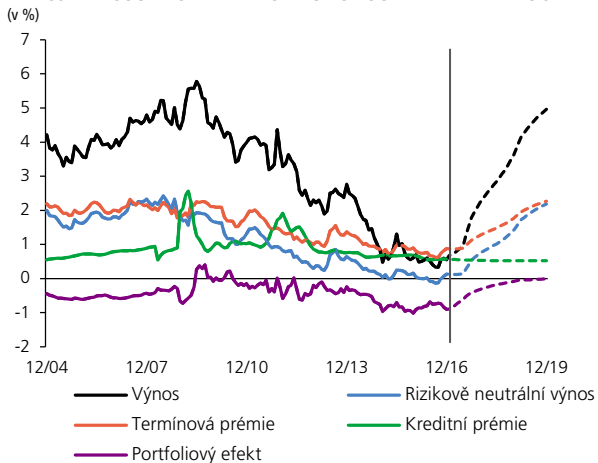
vat tak, že příliv zahraničních portfoliových investic motivovaný zajištěným ziskem zvyšuje poptávku po českých SD jakožto atraktivním instrumentu a jejich výnosy tak klesají až do záporných hodnot.

4. VYUŽITÍ ROZKLADU VÝNOSOVÉ KŘIVKY PRO ÚČELY ANALÝZ FINANČNÍ STABILITY

Popsaný rozklad výnosu má pro analýzy finanční stability uplatnění zejména při identifikaci možných tržních rizik a při tvorbě scénářů v rámci zátěžového testování finančních institucí. Zpráva o finanční stabilitě pravidelně diskutuje současnou úroveň úrokových sazeb a rizika spojená s jejich dalším vývojem. Znalost jednotlivých složek umožňuje expertně zhodnotit pravděpodobnost pokračování současných trendů či naopak jejich přerušení, zároveň i sledovat interakci komponent tlumící či naopak multiplifikující případné šoky (viz část 2.1 Zprávy).

GRAF 8

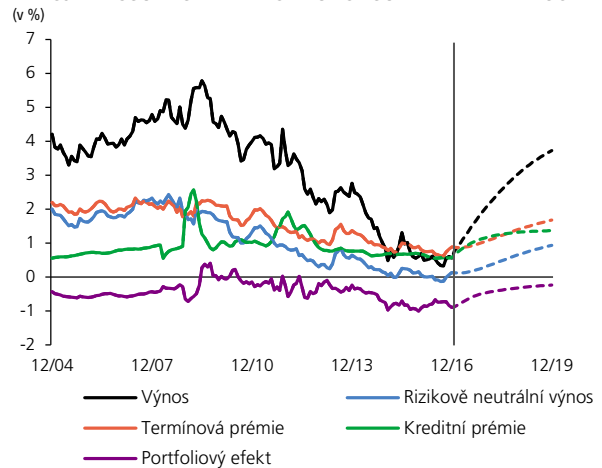
VÝVOJ VÝNOSU DESETILETÉHO DLUHOPISU V ZÁKLADNÍM SCÉNÁŘI



Pramen: Bloomberg, BCPP, MTS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů
Pozn.: Svislá čára odděluje historické hodnoty (plně křivky) od hodnot simulovaných v rámci scénáře (přerušované křivky).

GRAF 9

VÝVOJ VÝNOSU DESETILETÉHO DLUHOPISU V NEPŘÍZIVÉM SCÉNÁŘI



Pramen: Bloomberg, BCPP, MTS Czech Republic, Thomson Reuters, výpočty autorů
Pozn.: Svislá čára odděluje historické hodnoty (plně křivky) od hodnot simulovaných v rámci scénáře (přerušované křivky).

Rozklad výnosové křivky má využití i v simulačních analýzách, včetně zátěžových testů. Analýza dopadů změny výnosové křivky českých SD je součástí pravidelných citlivostních analýz a zátěžových testů finančního sektoru (viz kapitola 4 Zprávy). Dříve ČNB simulovala vývoj „pouze“ tří splatností výnosové křivky, a to bez přímé návaznosti na ostatní používané makroekonomické a finanční proměnné.¹³ Rozklad výnosové křivky na jednotlivé komponenty umožnil přesnější kalibraci scénářů svázáním výnosů s ostatními proměnnými vstupujícími do scénářů.

Výnos každé splatnosti zahrnuje unikátní hodnotu každé z komponent, což při 15 splatnostech a 4 komponentách představuje 60 veličin. Pro účely využití komponent k předpovědi chování výnosových křivek v zátěžových scénářích byla nutná redukce počtu těchto veličin. Z toho důvodu jsme pro časovou strukturu (15 splatností) každé z komponent vypočetili její úroveň a sklon prostřednictvím Nelsonovy-Siegelovy funkce. Tím byla časová struktura každé z komponent nahrazena „pouze“ dvěma veličinami. Úroveň a sklon každé komponenty následně vstupují společně s makroekonomickými a finančními proměnnými do tzv. dynamického faktorového modelu.¹⁴ V návaznosti na scénář budoucího vývoje makroekonomických proměnných (inflace,

růst HDP, měnový kurz, tříměsíční PRIBOR) je z modelu získána predikce vývoje komponent (viz kapitola 4 Zprávy). Z predikce komponent jsou následně dopočítány výnosy dluhopisů (jako součet všech komponent) a swapové sazby (jako součet rizikově neutrálního výnosu a termínové prémie).

Využití popsané metody v rámci zátěžového testování lze ukázat na příkladu desetiletého SD. Pro simulaci jeho výnosů jsme použili Základní a Nepříznivý scénář z listopadu 2016 (ČNB, 2016). *Základní scénář* (Graf 8) byl na tříletém horizontu spojen s nárůstem inflace, míry růstu HDP a tříměsíční sazby PRIBOR a posílením kurzu koruny. Pozitivní ekonomický vývoj vyústil ve výrazný nárůst rizikově neutrálních očekávání o krátké sazbě. Zároveň opuštění úzkého pásma poblíž dolní hranice sazeb vedlo k očekávání vyššího kolísání této sazby, a tedy i k nárůstu termínové prémie. Příznivé ekonomické podmínky zároveň vedly k setrvání kreditní prémie na nízkých hodnotách. Naopak portfoliový efekt měl velký vliv na nárůst výnosů, neboť se předpokládal odliv zahraničních spekulantů po ukončení kurzového závazku ČNB. Souběh těchto faktorů způsobil, že na tříletém horizontu desetiletý výnos narostl až na úroveň 5 %, což odpovídalo hodnotám před globální finanční krizí.¹⁵

13 Tyto proměnné jsou generovány predikčním modelem ČNB (G3; Andrlé a kol., 2009; Brázdík a kol., 2011).

14 Jedná se o jiný model než afinní model představený v části 2.1. Výstupem afinního modelu jsou komponenty, oproti tomu výstupem tohoto modelu je odhad společného vývoje těchto komponent a makroekonomických proměnných ze zátěžových scénářů.

15 Tento vývoj je značně ovlivněn předpokladem základního scénáře o nárůstu tříměsíční sazby PRIBOR na tříletém horizontu na 3 %.

V případě *Nepříznivého scénáře* (Graf 9), který předpokládal návrat recese, došlo k nárůstu desetiletého výnosu přibližně na 3,7 %. Rizikově neutrální výnosy a termínová prémie rostly v souvislosti s pokračováním uvolněné měnové politiky velmi mírně. Model v souladu s návratem recese očekával nárůst kreditního rizika, nicméně kreditní prémie dosáhla nižší úrovně než v období dluhové krize v Evropě. Nejistota na finančních trzích pak vedla k odchodu zahraničních investorů, což se projevilo nárůstem portfoliového efektu. Tento nárůst však byl mírný, neboť část investorů (včetně domácích finančních institucí) nadále vnímala české SD s ohledem na jejich riziko a ve srovnání se zahraniční alternativou jako atraktivní investici.

5. ZÁVĚR

Výnosová křivka patří mezi důležité indikátory hospodářského cyklu, protože agreguje očekávání tržních účastníků. Jednotlivé faktory, které ovlivňují tvar výnosové křivky, působí za různých okolností v odlišném rozsahu. Ke správné interpretaci jejího vývoje je proto vhodné provést její rozklad. V článku byla prezentována metoda, kterou k rozkladu výnosové křivky českých SD používá ČNB.

Výnosovou křivku českých SD jsme rozložili na čtyři komponenty – rizikově neutrální výnos, termínovou prémii, kreditní prémii a portfoliový efekt. První dvě komponenty byly získány rozkladem bezkupónové korunové swapové křivky pomocí afinního modelu. Kreditní prémie byla odhadnuta z kotací swapů úvěrového selhání na české SD. Portfoliový efekt tvořil reziduální položku.

Srovnání čtyř odhadnutých komponent s vybranými makroekonomickými a finančními proměnnými potvrdilo silnou teoretickou interpretaci těchto komponent. Například v souladu s předpoklady odpovídal rizikově neutrální výnos očekáváním analytiků o krátkodobých měnověpolitických sazbách a portfoliový efekt nabýval vysoce záporných hodnot s blížícím se dnem ukončení kurzového závazku ČNB.

Představený rozklad umožnil detailněji interpretovat úroveň českých výnosových měr a rizik spojených s jejich vývojem především pro účely analýz finanční stability. Navázáním jednotlivých komponent tvořících výnosové míry na ostatní makroekonomické a finanční proměnné byla zpřesněna kalibrace makroekonomických scénářů používaných ČNB. Prezentovaná metoda rozkladu výnosové křivky českých SD byla pro tvorbu zátěžových scénářů použita počínaje touto Zprávou o finanční stabilitě.

6. LITERATURA

ANDRLE M., HLÉDIK, T., KAMENÍK, O., VLČEK, J. (2009): *Implementing the New Structural Model of the Czech National Bank*, CNB Working Paper 2/2009.

ANG, A., PIAZZESI, M. (2003): *A No-arbitrage Vector Autoregression of Term Structure Dynamics with Macroeconomic and Latent Variables*, *Journal of Monetary Economics* 50(4), s. 745–787.

BANQUE DE FRANCE (2012): *Public debt, Monetary Policy and Financial Stability*, *Financial Stability Review*, duben 2012.

BIS (2005): *Zero-coupon Yield Curves: Technical Documentation*, dostupné z <http://www.bis.org/publ/bppdf/bispap25.pdf>.

BRÁZDIK, F., HLAVÁČEK, M., MARŠÁL, A. (2011): *Survey of Research on Financial Sector Modelling within DSGE Models: What Central Banks Can Learn from It*, CNB Research and Policy Note 3/2011.

ČNB (2010): *Zpráva o finanční stabilitě 2009/2010*.

ČNB (2012): *Zpráva o finanční stabilitě 2011/2012*.

ČNB (2016): *Zátěžové testy bankovního sektoru ČR*, listopad 2016.

DUFFIE, D., KAN, R. (1996): *A Yield-factor Model of Interest Rates*, *Mathematical Finance* 6(4), s. 379–406.

DURBIN, J., KOOPMAN, S. J. (2012): *Time Series Analysis by State Space Methods*, Second Edition, Oxford University Press.

FAMA, E. F., BLISS, E. (1987): *The Information in Long-Maturity Forward Rates*, *American Economic Review* 77(4), s. 680–692.

GATAREK, D., BACHERT, P., MAKSYMIIUK, R. (2006): *The LIBOR Market Model in Practice*. The Wiley Finance Series – Svazek 322. John Wiley & Sons.

JOSLIN, S., SINGLETON, K. J., ZHU, H. (2011): *A New Perspective on Gaussian Dynamic Term Structure Models*, *Review of Financial Studies* 24(3), s. 926–970.

KRIPPNER, L. (2013): *A Tractable Framework for Zero-lower-bound Gaussian Term Structure Models*, CAMA Working Paper 49/2013.

KOMÁREK, L., KOMÁRKOVÁ, Z., LEŠANOVSKÁ, J. (2013): *Analysis of Sovereign Risk Market Indicators: The Case of the Czech Republic*, Finance a úvěr 63(1), s. 5–24.

LITTERMAN, R., SCHIENKMAN, J. (1991): *Common Factors Affecting Bond Returns*, The Journal of Fixed Income 1(1), s. 54–61.

LIVINGSTON, M., JAIN, S. (1982): *Flattening of Bond Yield Curves for Long Maturities*, Journal of Finance 37(1), s. 157–167.

MÁLEK, J. (2005): *Dynamika úrokových měr a úrokové deriváty*, EKOPRESS, 2005.

MOODY'S (2016): *Sovereign Default and Recovery Rates 1983–2015*, dostupné z https://www.moody.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_1018230.

NELSON, C. R., SIEGEL, A. F. (1987): *Parsimonious Modeling of Yield Curve*, Journal of Business, 60 (4), s. 473–489.

SVENSSON, L. E. O. (1994): *Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992–1994*, NBER Working Paper 4871.