



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



1MT302

Učební text

Část: Tržní rizika





Tržní rizika

SHRNUTÍ

- Tržní rizika jsou speciální skupinou rizik se společnou vazbou na tržní parametry.
- Na začátku jsou vymezena jako skupina i samostatně.
- Poté se výklad soustředí na úrokové riziko, které je z pohledu bank významnou kategorií tržních rizik. Je provedena jeho dekompozice na riziko gapu, riziko výnosové křivky, riziko báze, riziko vtělené opce a riziko čisté úrokové pozice.
- Dále jsou rozebrány vlastnosti finančních nástrojů, které při změně úrokových sazeb ovlivňují jejich chování a je diskutována bankovní bilance. Představeny jsou metody BPV a CBPV. Riziko se měří pomocí dvou významných faktorů: směrodatnou odchylkou neočekávané ztráty neboli *volatilitou* a *výší expozice* k danému tržnímu riziku. Oba tyto faktory zachycuje metoda VaR, která je jako klíčová zařazena na začátek subkapitoly obsahující přístupy k měření tržních rizik. Vysvětlen je postup propočtu pomocí parametrické metody, historické simulace i simulace Monte Carlo.
- Následuje přečeňovací gapová analýza s odkazem na gap analýzu durační a škála dalších metod používaných bankami i doporučovaných regulatorní autoritou.
- Poslední část se podrobně zabývá vývojem regulace tržního rizika. Zatímco mezi dodatkem Basel I, kde se regulace tržního rizika objevuje poprvé a Basel II, není z pohledu regulatorních požadavků významný rozdíl¹. V reakci na světovou finanční krizi kulminující okolo roku 2008, pro kterou byly typické ztráty v obchodním portfoliu bank z titulu tržního rizika, se úroveň kapitálu ukázala jako nedostatečná a došlo k výraznému posunu v zacházení s pozicemi obchodního portfolia ve vztahu k tržnímu riziku a pozornost se zaměřila také na úrokové riziko portfolia investičního, a to ve vazbě na 2 pilíř. Od roku 2012, kdy vznikl první konzultační materiál *Fundamental Review of the Trading Book* (dále FRTB) přes rok 2016, kdy byl vydán oficiální mezinárodní standard označovaný jako *Minimální kapitálové požadavky pro tržní riziko* až po současnost a s ní spojené další regulatorní úpravy², byly vygenerovány regulatorní požadavky, jejichž dopady se odhadují jako natolik silné, že byla jejich implementace odložena až na rok 2022³.

Vymezení tržních rizik

Tržní riziko je rizikem ztráty z bilančních a mimobilančních pozic banky způsobené *pohybem* tržních faktorů a díky existenci opcí také *mírou volatility tržních faktorů*. Převážně⁴ je dáváno do souvislosti

1 Důvodem je mimo jiné i ve vztahu k úpravě regulace úvěrového rizika v Basel I vyšší náročnost a možnost alternativního přístupu bank.

2 Konzultační materiál revidující standard z roku 2016 (BCBS2018).

3 Původně se předpokládal začátek roku 2019.

4 Například úrokové riziko lze měřit pouze ve vztahu k obchodnímu portfoliu, které je tvořeno cennými papíry a finančními kontrakty určenými k obchodování s cílem dosažení kapitálových zisků. Ale úrokové riziko se vyskytuje také u pozic v bankovním portfoliu, lze je identifikovat na obou stranách bilance i u derivátů., jejichž hodnota se odvozuje od tržních úrokových sazeb. V rámci Basel III lze nalézt v pilíři 1 obchodní portfolio a v pilíři 2 obě portfolia.



s obchodním portfoliem banky (dále Sironi, 2007). Podle faktoru, jehož změnou je tržní riziko iniciováno, lze hovořit o úrokovém, měnovém, akciovém a komoditním riziku, resp. o skupině dílčích tržních rizik, která souvisí s nejistotou plynoucí ze změn úrokových sazeb, směnných kurzů, cen akcií, cen komodit. Tyto změny mohou způsobit ztrátu, pokud vzroste hodnota závazků banky více než hodnota jejích aktiv, anebo hodnota aktiv klesne víc, než klesla hodnota závazků. Tržní riziko obchodního portfolia se v 1. pilíři promítá do kapitálu banky prostřednictvím výsledovky a ve 2. pilíři přímo do kapitálu. Výsledným efektem může ovšem být také situace opačná, která povede k pozitivnímu vlivu na hospodářský výsledek a případně také kapitál banky. Jde o *spekulativní typ* rizika.

U dílčích tržních rizik lze identifikovat jak *kvantitativní*, tak také *kvalitativní* parametr. Kvantitativním parametrem je hodnota daného finančního nástroje na aktivech a pasivech s tím, že za předpokladu shodného kvalitativního parametru je rizikem rozdíl tohoto kvantitativního faktoru na aktivech a pasivech. Kvalitativním parametrem, resp. rizikovým faktorem je např. u úrokového rizika měna a splatnost nástroje.

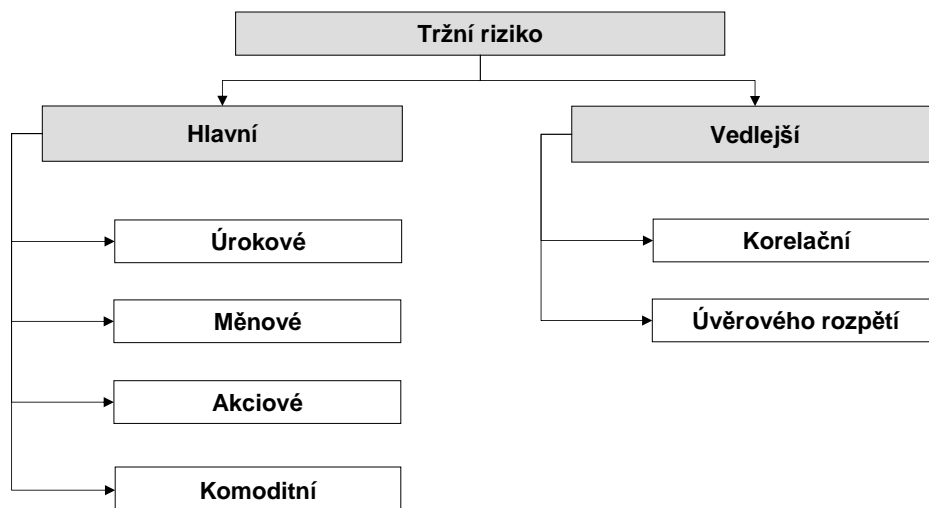
Tržní rizika se někdy též⁵ člení jemněji s tím, že výše uvedená dílčí tržní rizika jsou vnímána jako tzv. *hlavní*, a kromě toho lze hovořit také o tzv. *vedlejších tržních rizicích*, kam se řadí *korelační (bazické)* riziko, které vyplývá z rizika porušení historické korelace mezi navzájem různými rizikovými kategoriemi a *riziko úvěrového rozpětí*, které vzniká jako důsledek změny kreditního spreadu typicky u cenných papírů s odlišným ratingem, resp. úvěrovým hodnocením.

Tržní riziko je možno také vnímat ve dvou rovinách: jako riziko *obecné* a *specifické*. Obecné riziko je determinováno externími vlivy typu makroekonomických podmínek, zatímco specifické riziko se váže k finančnímu zdraví emitenta finančního nástroje, například úrokového či akciového, které ovlivňuje tržní hodnotu příslušného nástroje. Specifické tržní riziko je vhodné chápat jako součást rizika úvěrového.

⁵ Z českých autorů respektují strukturu a uvedené definice např. Cipra () a Jílek (). Sironi (2007) uvádí členění do pěti kategorií, resp. namísto korelačního rizika a rizika úvěrového rozpětí pracuje s rizikem volatility, které souvisí s citlivostí portfolia na změny ve volatilitě jakékoliv jiné proměnné kromě úrokových sazeb, měnových kurzů, akciových kurzů, cen komodit.



Schéma č. 1.5 Struktura tržního rizika



Zdroj: autor

Velikost expozice vůči tržnímu riziku lze vymezit jednak jako *absolutní riziko* neboli absolutní velikost ztráty v korunovém vyjádření a jednak jako *relativní riziko*, které vyjadřuje relativní ztrátu ve vztahu k benchmarku.⁶

V rámci tržních rizik lze za nejvýznamnější pokládat riziko úrokové^{7 8}. Především z toho důvodu, že velká část bilančních položek banky jsou úročená aktiva a pasiva a jsou tedy vystavena riziku změny úrokových sazeb. Z pohledu výskytu daného rizika v bilancích bank v podmínkách České republiky je druhým nejdůležitějším tržním rizikem riziko devizové, což vyplývá ze zastoupení cizoměnových aktiv a cizoměnových pasiv v rámci agregované bilance za bankovní sektor ČR.

Měnové (devizové) riziko souvisí s nejistotou o vývoji kursů měn, v nichž jsou denominována rozvahová a podrozvahová aktiva a pasiva a platby, které do banky přicházejí nebo z ní odcházejí (došlé a vyšlé platby). Výše rizika závisí na struktuře bankovní bilance z hlediska cizoměnových aktiv a cizoměnových pasiv s tím, že k měnovému riziku dochází tehdy, je-li množství aktiv a pasiv v každé jednotlivé cizí měně různě velké (otevřená FX pozice). Pohyb kursů cizích měn vůči domácí měně pak vede k dopadům do hospodářského výsledku banky. Pro banku mohou nastat následující situace: pokud má v určité cizí měně dlouhou pozici, pak pro ni není výhodné, když hodnota dané cizí měny klesá a naopak získává, pokud hodnota této měny stoupá. Pokud má v určité měně pozici krátkou, ztrácí při růstu hodnoty této cizí měny a získává při poklesu její hodnoty.

K vymezení měnového rizika je možno také zvolit přístup, který vychází ze statistického vyjádření, rozlišuje tři devizové expozice a chápe devizové riziko ve trojím smyslu:

6 Referenční ukazatel výnosnosti daného aktiva, např. pro akciové portfolio lze použít akciový index.

7 Toto platí v podmínkách bankovního sektoru ČR a v rámci bank v EU.

8 Úrokovému riziku je pro jeho nesporný význam věnována následující subkapitola xxx



- změna devizového kursu
- změna v domácí hodnotě čistého cash flow (měří kolísání zisku)
- změna v domácí hodnotě cash flow, aktiv nebo pasiv, který je vyvolán rozptylem změn v devizovém kursu (kombinace předchozích dvou postupů, nejpřesnější).⁹

Akciové riziko plyne z možného vývoje cen akcií v portfoliu. Rozlišuje se *specifické akciové riziko*, které se váže na volatilitu ceny jednotlivých akcií a souvisí se změnou finanční situace konkrétního emitenta akciového nástroje a *systémové akciové riziko*, které souvisí s vývojovým trendem akciového trhu. Lze také říci, že jde o riziko ztráty při změnách cen nástrojů citlivých na dynamiku ceny akcií a volatilitu akciového trhu.¹⁰

Komoditní riziko se váže na nejistotu o vývoji cen komodit. Banky s komoditami většinou obchodují v omezeném rozsahu, obchodují se standardizovanými i nestandardizovanými komoditními deriváty.

Výše uvedená tržní rizika souvisí s pohyby cen, lze ale uvést i ta rizika, která mají vazbu na pohyby rozdílů cen. *Korelační riziko* neboli *bazické riziko* je rizikem z porušení dosud existující, historické trendové korelace mezi finančními nástroji jako jsou cenné papíry nebo měny. Banka by neměla vycházet pouze z dosavadních korelací a pokládat je za neměnné s ohledem na budoucnost. Typickým projevem korelačního rizika je situace, kdy se úrokové sazby na aktivní straně bilance přestanou vyvíjet shodně s úrokovými sazbami závazků. Lze říci, že riziko korelace souvisí s nedokonalým zajištěním expozic a vyplývá z rozdílu ceny zajišťovaného finančního nástroje a ceny zajišťujícího nástroje. Situaci lze vyřešit zajištěním pomocí příslušného derivátu (podle podkladového aktiva).

Riziko úvěrového rozpětí neboli *kreditního spreadu* je riziko ztráty ze změn rozpětí u cenných papírů různého úvěrového hodnocení (např. podnikových a státních dluhopisů). Úvěrové rozpětí je rozdíl mezi výnosností do splatnosti daného finančního nástroje a výnosností do splatnosti obdobného bezrizikového nástroje blíže mimo jiné Cipra (2000), Jílek (2000).

Úrokové riziko jako významná kategorie tržních rizik

Komplexní vymezení úrokového rizika nabízí Ghoshe (2012), který je definuje jako riziko ztráty současných a budoucích bankovních výnosů, které souvisí s obchodním a bankovním portfoliem včetně rizika snížení hodnoty těchto portfolií s tím, že vyjadřuje rozsah citlivosti banky na pohyb úrokových sazeb. Rozsah citlivosti determinuje velikost změny ceny finančního nástroje v reakci na velikost změny úrokových sazeb. Platí, že čím vyšší citlivost finanční nástroj vykazuje, tím vyšší je volatilita jeho ceny. Obdobně platí vazba mezi splatností a citlivostí: čím delší má finanční nástroj svou splatnost, tím má vyšší citlivost na změny úrokových sazeb.

Podle BCBS (2004) jde o expozici bankovní finanční pozice vůči nepříznivému pohybu úrokových sazeb. Banka je vystavena úrokovému riziku vlivem fluktuací tržních úrokových sazeb. V obecném pojetí je úrokové riziko ovlivněno především vnějšími ekonomickými podmínkami a znamená, že hospodářský výsledek banky je ohrožen pohybem *tržních úrokových sazeb*. Výše rizika závisí na současné a

⁹ Blíže např. Durčáková, J., Mandel, M.: Mezinárodní finance. Management Press, Praha 2003.

¹⁰ Specifické akciové riziko se někdy považuje za úvěrové riziko, protože souvisí s ratingem emitenta.



předpokládané budoucí struktury položek bankovní bilance¹¹ v rámci jejich splatností a přečeňování, z hlediska citlivosti úrokových sazeb jednotlivých aktiv a pasív na změny tržních úrokových sazeb. Pokud velikost úrokové citlivosti aktiv v libovolném budoucím období neodpovídá velikosti úrokové citlivosti pasív, banka je vystavena riziku. Tyto změny mohou mít negativní vliv na čistý úrokový příjem¹² banky. Mohou způsobit snížení hodnoty aktiv v portfoliu banky, nebo zvýšení hodnoty jejích závazků. Portfolio citlivé na pohyby úrokových sazeb zahrnuje například dluhopisy, FRA nástroje, úrokové futures, swapy, opce. Lze také říci, že úrokové riziko závisí na tvaru výnosové křivky jako grafickém vyjádření výše úrokových sazeb pro dané splatnosti. Vyloučení úrokového rizika by znamenalo nastolit rovnováhu mezi aktivy a pasivy ve smyslu souladu amortizačních profilů a splatností aktiv a pasiv, souladu četnosti výskytu přečeňování aktiv a pasiv, harmonizace aktiv a pasiv téže měny, harmonizace typů úrokových sazeb. V bankovní praxi úplné zajištění není zcela žádoucí a je podmíněno nákladovostí. Otevřená úroková pozice v rámci bankou schválených limitů může totiž být zdrojem dodatečného úrokového příjmu – zde uvažujeme o spekulativních pozicích jak v rámci obchodního, tak i bankovního portfolia.

Úrokové riziko lze v souladu s platnou regulací Basel III vnímat ze dvou pohledů:

- Dáváme je do souvislosti s *obchodním portfoliem* a pozornost zaměřujeme jen na finanční nástroje obchodované na sekundárních trzích. Předpokládáme, že je banka vystavena riziku v krátkém časové horizontu, po jehož uplynutí uzavírá příslušné obchodní pozice a riziko eliminuje. Nástroje zařazené do obchodního portfolia, resp. obchodní knihy, je třeba přečeňovat na denní bázi a promítají se do výsledovky banky.
- Respektujeme pohled řízení aktiv a pasiv a úrokové riziko řídíme v rozsahu části bilance spojené s *bankovním portfoliem*, resp. bankovní knihou. V rámci bankovní knihy existují dva typy portfolií. První portfolio zahrnuje nástroje, u kterých banka předpokládá, že je bude držet do splatnosti, tyto nástroje mají historickou pořizovací cenu a typicky jde o korporátní nebo státní dluhopisy v domácí nebo cizí měně. Portfolio se označuje HTM (*held to maturity*, držené do splatnosti). Druhé portfolio se značí AFS (*available for sale*, k prodeji), může být složeno ze stejných finančních nástrojů, které jsou ale oceněné reálnou hodnotou. Změny hodnoty nástrojů jsou po jednotlivá účetní období promítnuty do kapitálu banky, a to do doby prodeje nebo do splatnosti.

Úrokové riziko lze dále dělit na *specifické úrokové riziko* a *obecné úrokové riziko*. Specifické úrokové riziko se vztahuje ke konkrétnímu úrokovému nástroji a je rizikem ztráty z možného nepříznivého nebo příznivého vývoje jeho ceny v souvislosti se zhoršením nebo zlepšením finanční situace emitenta. Bývá označováno také jako specifické úrokové riziko úvěrové. Často se používá pojem „credit spread risk“, riziko změny rizikové přírážky u dluhových cenných papírů. Jde o aktuální problematiku, která se projevila především v období dluhové krize v Evropě, která kulminovala v roce 2011 a kdy se zdánlivě bezrizikové státní dluhopisy v případě některých zemí změnilo na toxická aktiva v bilancích bank. Někteří experti toto riziko chápou jako jednoznačně úvěrové a označení specifické úrokové riziko

11 Pod pojmem bankovní bilance či aktiva a pasiva si představujeme nejen položky bilanční, ale také podrozvahu, tedy včetně mimobilančních aktiv a pasív s tím, že úrokové riziko závisí na splatnostech a přečeňování.

12 Rozdíl mezi úrokovými výnosy a úrokovými náklady.



nerespektují. Obecné úrokové riziko se neváže pouze na finanční nástroj určitého emitenta, jde o úrokové riziko v obvyklém pojetí neboli o samotný pohyb bezrizikových úrokových sazeb PRIBOR, IRS.

Očekávané a neočekávané riziko se typicky sleduje v kontextu rizika úvěrového. Stejný pohled lze uplatnit také vůči riziku úrokovému. Pokud jde o *očekávané riziko*, lze se proti němu ex-ante zajistit nebo při oceňování daného nástroje zohlednit rizikové komponenty. V realitě se ovšem očekávané pohyby úrokových sazeb často odchylně od skutečně dosažených hodnot. Jde o *rizika neočekávaná*, která jsou rozdílem mezi skutečně dosaženou úrovní úrokových sazeb a jejich původně očekávanou úrovní.

Z krátkodobého pohledu ovlivňuje fluktuace úrokových sazeb čisté úrokové výnosy nebo čistou úrokovou marži.¹³ Z dlouhodobého pohledu ovlivňuje fluktuace úrokových sazeb hodnoty aktiv, závazků i mimobilančních nástrojů v podobě současné hodnoty budoucích peněžních toků.

Dekompozice úrokového rizika

Úrokové riziko je ve srovnání s ostatními tržními riziky nejkomplicovanější (má více parametrů). Aby jej banky dokázaly řádně měřit a řídit, musí provést jeho dekompozici. Lze vyjít z členění uvedeného již v regulačním opatření BCBS 2004, které pracuje s rizikem gapu, výnosové křivky, báze, vtělené opce a čisté úrokové pozice.

Riziko gapu souvisí s nástroji¹⁴ s fixní úrokovou sazbou s jejich rozdílnou splatností a u nástrojů s variabilní sazbou s přeceněním, vázaným na referenční úrokovou sazbu. Existuje za předpokladu, že existují stejné změny úrokových sazeb aktiv i pasiv a ta se liší buď svou nominální hodnotou, nebo dobou držby. Riziko gapu je funkcí čistého úrokového výnosu banky. Riziko gapu lze ještě rozlišit na riziko refinanční a reinvestiční. O *refinančním riziku* lze hovořit, pokud mají aktiva delší splatnost než pasiva a při pohybu úrokových sazeb je banka vystavena riziku neschopnosti obstarat zdroje za stejných úrokových podmínek jako v minulosti. Pokud má banka delší splatnost závazků než aktiv, vzniká *riziko reinvestiční* v souvislosti s nedostatkem takových investičních příležitostí, aby bylo docíleno požadované výnosnosti, resp. úrokového rozpětí.

Riziko výnosové křivky vyplývá z neočekávané změny tvaru nebo sklonu výnosové křivky. Přestože u výše uvedeného rizika gapu se předpokládá paralelní pohyb výnosové křivky¹⁵, v reálném světě k tomuto jevu dochází pouze ojediněle. V krátkém období jsou pohyby sice spíše paralelní, v dlouhém období jsou však spíše neparalelní. Rizikem výnosové křivky jsou tedy rozdílné změny ve výnosech srovnatelných nástrojů s rozdílnou splatností. Změna sklonu výnosové křivky se promítne do změny hodnoty nástroje díky změně diskontních faktorů

13 Čistý úrokový výnos je rozdílem mezi úrokovými výnosy aktiv a úrokovými náklady pasiv. Čistá úroková marže je vztahem mezi čistým úrokovým výnosem v čitateli a úročenými aktivy ve jmenovateli. Pokud banka pracuje s vysokou úrokovou marží, dává jí tato situace prostor k zachování zisku i při přiměřeném růstu úrokových sazeb na pasivní straně bilance či přiměřeném poklesu úrokových sazeb na aktivní straně bilance.

14 Finančním nástrojem jsou myšlena aktiva, závazky a nástroje mimobilanční.

15 Výnosy se mění ve stejném rozsahu a směru v každém sledovaném čase.



Riziko báze lze interpretovat jako nedokonalou korelaci (negativní korelaci) mezi podkladovým aktivem/pasivem a zajišťovacím nástrojem. Jde o důsledek změny ve výnosovém rozpětí, která je způsobena vzájemně odlišnými změnami referenčních úrokových sazeb použitých jako základ pro ocenění aktiv, závazků a mimobilančních nástrojů. Banka je tedy vystavena úrokovému riziku i v případě shodné splatnosti nebo přečeňovacích intervalů aktiv a závazků, a to v důsledku nedokonalé korelace referenčních sazeb, které se mění v navzájem odlišném rozsahu a na něž jsou navázána aktiva a závazky. Bazické riziko je velmi důležitým faktorem pro efektivitu zajištění (hedging) úrokových pozic pomocí derivátů. Nedokonalost hedgovacího vztahu má dopad do hospodářského výsledku, a tudíž je v případě negativního vývoje tržních faktorů pro banku zdrojem rizika. Mezi příčiny nedokonalé korelace patří nevhodně zvolený zajišťovací instrument, třeba z důvodu unifikace kontraktů na trhu (např. amortizovaný úvěr vs. bullet IRS¹⁶, pro který je typické průběžné splácení úroků a ke splacení jistiny dochází až při maturitě), dále změna tvaru výnosové křivky – neparalelní posuny výnosové křivky nebo změny tržních podmínek, např. změna basis spreadu u CCIRS¹⁷ (cross currency swap), distorze na trhu v důsledku zhoršujících se podmínek na trhu mezibankovním (finanční krize, market squeeze¹⁸ neboli situace, kdy je na trhu nedostatek určitého nástroje).

Riziko vtělené opce souvisí s využitím opcí vtělených do finančních nástrojů jak na aktivní (např. příjemce úvěru), tak na pasivní (poskytovatel vkladu) straně bilance. S tímto rizikem se lze setkat u úvěrové smlouvy, která má zakomponovanou možnost splatit dluh před kontraktovou splatností nebo u vkladové smlouvy, která má ukotvenu možnost kdykoliv z banky vyzvednout finanční prostředky. Držitelé opce vyžadují plnění, pokud je to pro ně výhodné, banky mají v roli vypisovatele povinnost plnit v každém případě.

Riziko čisté úrokové pozice souvisí s úrokovým rozpětím a závisí na tom, zda jsou aktiva a pasiva navázána na referenční sazby.

Vlastnosti finančních nástrojů ovlivňující jejich chování při změně úrokových sazeb

Pro správné chápání rizika úrokových sazeb je třeba podrobněji vymezit vlastnosti finančních nástrojů, které ovlivňují jeho finanční toky a rovněž chování při změně úrokových sazeb. Cash flow nástroje ovlivňuje splatnost, amortizace a předsplácení. Většina nástrojů disponuje tzv. *kontraktovou splatností*, která je určena při uzavírání kontraktu a která determinuje tvorbu cash flow. Existují typy finančních nástrojů, které mají takový režim splácení, kdy se jistina splácí ne při splatnosti nástroje, ale postupně v průběhu života nástroje. Každou splátku, kterou banka obdrží, znovu investuje, a přitom je vystavena riziku. Další faktor, který činí banku citlivou na změny tržních úrokových sazeb je možnost předčasného splacení úvěrů nebo předčasné výběry vkladů. Riziko je v tomto případě významné,

16 Bullet úrokový nástroj je charakteristický tím, že po celou dobu jeho životnosti jsou spláceny pouze úroky. Jistina je splácena až při maturitě.

17 Basis spread vyjadřuje likviditní prémii/diskont u výměny úrokové platby jedné měny CCIRS za druhou. Např. basis spread – 50 bps u výměny 3M PRIBOR za 3M EURIBOR říká, že úroková platba u 3M PRIBORU bude o 50bps (tj. o 0,5%) nižší.

18 Odborný finanční termín pro situaci, kdy je na daném trhu nedostatek nabídky daného instrumentu – obvykle z důvodu nějakých tržních anomálií či poruch – např. intervence ČNB oslabující korunu vedla k nedostatku EUR likvidity (intervence de facto znamenala prodej CZK a nákup EUR do bilance ČNB a tím pádem došlo k „market squeeze“ na EUR likviditě)



protože klienti přistupují k tomuto chování vždy v souvislosti s tržní situací, která je výhodná pro ně, nikoli pro banku. Ve všech uvedených případech cash flow ovlivňuje úrokovou citlivost.

Při pořizování finančních nástrojů citlivých na změny úrokových sazeb má banka k dispozici dva základní přístupy. Může použít sazbu pevnou (fixní), anebo sazbu pohyblivou. Pokud je finanční nástroj úročen pevnou sazbou, tato sazba se nemění po celou dobu života nástroje, a to bez ohledu na vývoj tržních úrokových sazeb. Pokud je finanční nástroj úročen pohyblivou sazbou, tato sazba se v průběhu života nástroje mění, a to v závislosti na vývoji tržních úrokových sazeb. Konstrukce přeceňování může být teoreticky různá:

- ke změně úrokové sazby dochází vždy současně se změnou sazby, na kterou je vázána (termíny přizpůsobování nejsou předem dány),
- modifikací předchozího přístupu je režim, kdy si banka předem vyhradí právo na změnu pevně dané sazby, pokud dojde k významnější, přesně předem definované změně tržních úrokových sazeb,
- úroková sazba se mění v předem dohodnutých termínech v závislosti na určené tržní úrokové sazbě.

Při pohyblivém úročení banky používají tzv. *referenční sazby*. Jde o tržní úrokové sazby, resp. úrokové sazby odvozené od tržních, jejichž vývoj je snadno ověřitelný a stojí mimo kontrolu banky. Většinou jde o průměrné úrokové sazby mezibankovního trhu. V některých případech bylo snahou bank generovat své vlastní referenční sazby, které vycházely např. z průměrné ceny zdrojů dané banky. Tento způsob není vhodný pro klienty s ohledem na netransparentnost konstrukce a subjektivní prvky, které odrážejí postavení banky na trhu a mohou mít při zhoršující se situaci negativní vliv na klienty.

Pro důkladnou predikci úrokového rizika je nutno brát v úvahu i *nepřímé dopady změn úrokových sazeb* na strukturu a objem nástrojů v bilanci banky, které jsou závislé na elasticitě poptávky po konkrétních nástrojích (bankovních produktech) při změnách tržních úrokových sazeb o 1 %. Lze očekávat určité časové zpoždění, ale například při růstu úrokových sazeb lze predikovat, že dojde k přesunu peněžních zůstatků na běžných účtech do výnosovějších alternativních nástrojů (produktů, investičních příležitostí). V této situaci patrně také dojde ke snížení čerpání finančních prostředků prostřednictvím úvěrů z kreditních karet, kontokorentů. Mezi nepřímé dopady lze zařadit i změnu pevného úročení na úročení pohyblivé, které se odvíjí od referenční úrokové sazby, ke které se přiřazuje fixní marže.

Bankovní bilance z hlediska úrokového rizika

Nezáleží pouze na tom, jakým směrem se úrokové sazby vyvíjejí, ale i na tom, jakou má banka ve sledovaném období strukturu bilance. Banka je na aktivní straně své bilance v roli věřitele a úrokové sazby jsou pro ni úrokovými výnosy. Na pasivní straně bilance, ve spojení s cizími zdroji, resp. svými závazky, jsou pro ni úrokové sazby úrokovými náklady. Některé bilanční položky nejsou úrokově citlivé, a tudíž ani negenerují úrokové riziko, jde o neúročená aktiva a neúročená pasiva. Takovým příkladem je pokladní hotovost, hmotný a nehmotný majetek¹⁹ na aktivech (tato aktiva jsou mapována²⁰ do nejkratšího časového pásma).

19 Tato aktiva nemají dání ani splatnost.

20 Rozmapování nekontraktuálních depozit, které je navázáno na vnitřní depozitní sazbu. Úrokovou pozici rozložíme do časových pásem, přirozený hedging.



Pokud se soustředíme na aktivní stranu bilance, objemově významnou položkou jsou poskytnuté úvěry nebankovním subjektům. Ty jsou mapovány podle jejich tzv. repricingu, neboli přecenění, nikoliv podle jejich splatnosti. Jako příklad lze uvést kategorii hypotečních úvěrů. Je třeba posuzovat jednotlivé složky, resp. splátky úvěrů, úrokové sazby z úvěrů a přecenění úvěrů. Přitom se banka nemůže zaměřit jen na již poskytnuté úvěry, ale i na zatím pouze částečně čerpané i na ty, které jsou ve fázi schvalování, dále se musí zabývat předčasnými splátkami a migrací mezi fixacemi. K úrokově citlivým aktivům náleží i mezibankovní vklady s různou dobou splatnosti. Cenné papíry, ať již v obchodním či investičním (bankovním) portfoliu, jsou také mapovány podle repricingu. Je třeba si uvědomit, že převážná většina cenných papírů má fixní kupón neboli termín repricingu je shodný s termínem maturity. Do mimobilančních aktiv se řadí pozice v derivátech, u kterých banka očekává plnění, např. FRA, IRS, úrokové opce (ty jsou spíše okrajové).

Na pasivní straně bilance jsou objemově významnou položkou vklady na běžných a spořicíh účtech, které jsou z úrokového hlediska málo citlivé a teoreticky lze mapování nasměrovat do nejkratšího časového pásma. Jde o nástroje, které nemají danu kontraktuální splatnost. Přesto z důvodu jejich objemové stability lze jejich část tzv. replikovat formou investování do delších časových pásem, což souvisí s přirozeným zajištěním aktivních položek bilance a přináší dodatečný úrokový výnos. Jde o tzv. *model replikovaného portfolia*²¹. Další položkou na pasivech jsou termínové vklady, které jsou mapovány podle kontraktové splatnosti. Emitované dluhové cenné papíry v nominální hodnotě, například hypoteční zástavní listy, mají předem danu splatnost a jsou také úrokově citlivé. Vlastní kapitál je mapován obdobně jako vklady na běžných účtech, prostřednictvím replikovaného portfolia. Do mimobilančních pasiv se řadí pozice v derivátech, kde má banka závazek v budoucnu plnit, např. prodané opce.

Měření úrokového rizika

V rámci procesu řízení úrokového rizika je jednou z nejdůležitějších činností jeho správná identifikace a měření. Úrokové riziko jako významná součást tržního rizika je s ohledem na potřebnou kvalitu a množství potřebných dat velmi komplexní, náročnou oblastí měření. Pro správnou identifikaci a následné měření úrokového rizika je potřebná databáze obsahující všechna potřebná data o pozicích banky:

- údaje o jednotlivých položkách bankovní knihy – úvěry, depozita
- údaje o jednotlivých obchodech obchodní knihy – pozice v cenných papírech, derivátech.

Stejně důležitou částí měření rizika jsou správná tržní data.

²¹ Banka pro účely rozmapování nekontraktuálních deposit používá model tzv. replikovaného portfolia – na straně pasiv rozmapuje depozita do příslušných časových pásem tak, jak předpokládá, že budou splacena (za využití statistických modelů pro modelování časových řad – např. Geometric Brownian Motion). Na straně aktiv potom banka provede zrcadlově opačné mapování aktiv (ať už již existujících – úvěry, investice do cenných papírů či nově zainvestuje tak, aby se objem pozic v replikovaném portfoliu vyrovnal). Důvodem tvorby replikovaného portfolia je zdroj dodatečného úrokového výnosu, neboť nekontraktuální depozita obvykle nesou mnohem menší úrokový náklad, než je výnos z investic na straně aktiv



- Banka využívá jako primární zdroj informační systémy Reuters, Bloomberg, MarkIT, odkud čerpá data o výnosových křivkách, spreadych, volatilitách. Tato primární data banka dále zpracovává do finální podoby revalvačních křivek, které se používají pro oceňování pozic²².

Metody²³ k měření úrokového rizika:

BPV, basis point (bp) value, metoda bazického bodu – určuje citlivost úrokové pozice na 1bp paralelní pohyb úrokových sazeb. BPV lze určit a nastavit jako limit za banku jako celek, za obchodní a bankovní knihu, na jednotlivé úrokové pozice pro jednotlivé měny atd. Výpočet se provádí denně a jde o součást reportingu pro útvar ALM, Treasury a vrcholový management. Výpočet BPV je následující:

$$BPV = \frac{-t \times e^{-rt} \times CF}{10.000}$$

kde: t....zbývající čas do maturity (splatnosti)

r....úroková sazba

CF ...cash flow

CBPV – credit basic point value je obdobou BPV. Jde o sledování citlivosti pozic na změnu kreditního spreadu o 1bp. Výpočet je následující:

$$CBPV = \frac{-t \times e^{-st} \times CF}{10.000}$$

kde: t...zbývající čas do maturity

s....spread

CF...cash flow

22 Pokud je banka součástí finanční skupiny, má vybudovanou jednotnou platformu, pro ukládání revalvačních křivek, čímž docílí stavu, kdy je P/L všech bank ve finanční skupině konzistentní, což je předpoklad nezbytný pro následnou agregaci rizika na skupinové úrovni.

23 Jde o výběr dvou frekventovaných metod. V dalším textu jsou představeny další metody měření, které banky používají a které jsou většinou využitelné pro potřeby regulace.



Přístupy k měření tržních rizik

Následující výčet metod zohledňuje možnost jejich využití, poukazuje na výhody i omezení jednotlivých přístupů. První uváděnou metodou, resp. přístupem je VaR, následují metody, které banky využívají „pouze“ pro potřeby interního měření a řízení rizika, mnohé jsou navíc využitelné pro potřeby regulátora, některé jsou dokonce doporučované například k měření úrokového rizika investičního portfolia.

Volatilita finančních trhů vytváří rizika a současně příležitosti související se změnami cen finančních nástrojů. Riziko se měří pomocí dvou významných faktorů: směrodatnou odchylkou neočekávané ztráty neboli *volatilitou* a *výší expozice* k danému tržnímu riziku. Oba tyto faktory zachycuje metoda VaR. Odhad volatility lze v praxi získat z cen opcí příslušných aktiv (implikovaná volatilita). Ale zdaleka ne pro každé finanční aktivum existuje obchodovaná opce. Problémem je také faktor času, kdy implikovaná volatilita je obvykle odvozena z opcí se standardizovanou splatností 3 měsíce, 6 měsíců, 1 rok, ale VaR pro tržní riziko pracuje s časovým horizontem 1 až 10 dní. Dalším možným přístupem, který odhadne volatilitu, je použití exponenciálního klouzavého průměru z historických pozorování s tím, že poslední pozorování má nejvyšší váhu v odhadu volatility (blíže Bessis, 1998). Neboli data z blízké minulosti mají vyšší váhu než data ze vzdálené minulosti. Rovněž platí, že po významném šoku volatilita exponenciálně klesá v souladu se slábnutím šoku.

Pokud se posuzuje tržní riziko z pohledu portfolia, je třeba akcentovat odhad korelace, která je z portfoliového pohledu významnější parametr než volatilita jednotlivých nástrojů. Pokud portfolio vykazuje nízkou korelaci, snižuje se jeho riziko. Je prokázáno, že šokové faktory typu surovinových krizí vyvolávají růst korelací a volatilit. Růst korelací snižuje diverzifikační efekt portfolia.

Metoda Value at Risk

Přední nadnárodní banky se od přelomu 80. a 90. let minulého století angažovaly ve vývoji modelových přístupů, které by dokázaly kvantifikovat, agregovat a komparovat riziko, které vyplývá z různých pozic a různých portfolií. Průkopníkem byla společnost JP Morgan, která v roce 1995 vyvinula model RiskMetrics²⁴. VaR (Value-at-Risk) jako výsledek zadání reprezentuje maximální možnou ztrátu z portfolia nebo pozice, kterou banka může utrpět s určitou pravděpodobností za určitý časový úsek. Metoda VaR (hodnota v riziku) se začala používat právě ve vztahu k rizikům tržním a až později se její využití rozšířilo také na měření ostatních rizik. Zpočátku se využívala především při měření měnového a akciového rizika. Tato skutečnost má své důvody. Měnová a akciová portfolia se oceňují relativně snadno.²⁵ Například u měnového rizika je k dispozici potřebný velký rozsah vstupních dat a tím také možnost sledování změn na denní bázi. Rozdělení zisků a ztrát má spíše symetrický charakter, blíží se normálnímu rozdělení (ve srovnání například s rizikem kreditním). Měřitelnost tržního rizika pomocí VaR je snazší než při aplikaci tohoto přístupu na rizika ostatní, kde je třeba se vypořádat například s nízkou obchodovatelností předmětných aktiv a dalšími charakteristikami, které mají vliv na

24 Údajné zadání předsedy představenstva bylo sestavit report na denní bázi, který bude obsahovat informace o všech rizicích průřezově za veškeré tržní segmenty, na kterých banka působí.

25 Nominální hodnota nástroje se vynásobí příslušným kursem a tím se dostane tržní hodnota.



významnější posun ve směru od normálního rozdělení zisků a ztrát. Obecně ale platí, že výnosy finančních nástrojů mají tzv. tlusté konce, které odpovídají častějšímu výskytu extrémních cenových pohybů, než předpokládá normální rozdělení. Rovněž vrchol empirického rozdělení výnosů je vyšší a užší, než odpovídá normálnímu rozdělení. Přístup VaR má tedy svá omezení.

Postup výpočtu VaR

Finančním nástrojem, který může být předmětem výpočtu VaR je např. akcie, dluhopis, opce, futures, swapový kontrakt, pohledávka – neboli finanční nástroj, který může být předmětem držby v portfoliu obsahujícím aktiva či podrozvahové položky (potenciální závazky a pohledávky). *Tržními faktory* jsou skutečné či referenční ceny, které jsou produkovány finančním trhem – typicky jde o tržní ceny akcií, výnosnosti do doby splatnosti dluhopisů, referenční úrokové sazby na trhu mezibankovních depozit, měnové kursy, ceny swapových obchodů, opční prémie apod. *Oceňovací postupy* jsou bankou definované oceňovací funkce, které z konkrétních údajů o finančním nástroji a z tržních faktorů stanoví potenciální tržní cenu nástroje – např. pomocí kupónové míry, způsobu vyplácení výnosů, zbytkové splatnosti dluhopisu apod.

Existují v zásadě tři základní postupy výpočtu VaR tak, jak je zná ekonomická (bankovní) praxe

- a) metoda historické simulace
- b) metoda Monte Carlo
- c) variačně-kovarianční metoda (parametrická metoda)²⁶

Postup výpočtu VaR pomocí parametrické metody

Výpočet VaR pomocí parametrické metody je početně relativně jednoduchá záležitost. Nejdůležitějším krokem je správný odhad parametrů (volatility a korelace aktiv). Parametrická metoda má však poměrně významné nedostatky, které mohou výrazným způsobem ovlivnit přesnost výpočtu hodnoty VaR.

První problém se týká rozdělení výnosů. Parametrická metoda pracuje s faktem, že výnosy aktiv jsou normálně rozděleny. Ve skutečnosti je rozdělení výnosů aktiv více špičaté a s těžkými chvosty. Zejména těžké chvosty rozdělení výnosů mají vliv na zkrácení hodnoty VaR. Empirické rozdělení výnosů vykazuje větší výskyt extrémních hodnot, což při aproximaci výnosů normálním rozdělením hodnotu VaR (zejména pro vyšší hodnoty percentilu) podhodnocuje.

Druhý problém se týká nelinearity některých typů aktiv. Pro nelineární aktiva nemůže být parametrická metoda použita. Týká se to především všech typů opcí. Parametrická metoda se tedy hodí zejména pro výpočet VaR akciových, měnových portfolií a dluhopisových portfolií s relativně nízkou citlivostí na úrokové sazby.

Samotný postup výpočtu se dá shrnout do základních bodů takto:

²⁶ Metoda není vhodná pro tzv. nelineární portfolia. Portfolio je pokládáno za nelineární, pokud se jeho cena mění nelineárně v závislosti na pohybu cen podkladových aktiv a tržních faktorů.



Odhad rozptylu portfolia

Rozptyl portfolia můžeme spočítat pomocí maticového počtu následovně:

Zdroj: autor

$$\sigma_p^2 = [w_1 \dots w_N] \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_N \end{bmatrix}$$

matici $\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix}$ nazveme kovarianční maticí²⁷ a značíme ji Σ .

σ_i^2 značí rozptyl i-tého aktiva

$\sigma_{i,j}$ značí kovarianci (tj. lineární závislost) mezi i-tým a j-tým aktivem

N značí počet aktiv v portfoliu

w značí cash flow i-tého aktiva

Volba příslušného kvantilu VaR a časový horizont výpočtu

Pro výpočet VaR portfolia musíme dále zvolit kvantil (hladinu spolehlivosti) VaR. Jelikož parametrická metoda vychází z předpokladu, že výnosy aktiv jsou v portfoliu normálně rozděleny²⁸, pak jsou kvantily odvozené z distribuční funkce normovaného normálního rozdělení $N(\alpha)$ takto:

- $N(95\%) \sim 1,65$
- $N(99\%) \sim 2,33$

VaR se obvykle počítá s 1denním horizontem výpočtu.

Samotný výpočet VaR

VaR počítaný parametrickou metodou je dán potom součinem rozptylu portfolia, dané hodnoty kvantilu a časového horizontu takto:

$$VaR = N(\alpha) \sqrt{\Delta t} \sqrt{w \Sigma w'}$$

Kde:

- Za $N(\alpha)$ dosadíme příslušnou hodnotu distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. V praxi se obvykle počítá VaR s 99 % kvantilem spolehlivosti, potom bude tedy $N(99\%) \sim 2,33$

²⁷ Kovarianční matice musí být symetrická a pozitivně definitní typu (n, n)

²⁸ Zde máme na mysli normované normální rozdělení s parametry



- Za t dosadíme horizont výpočtu VaR ve dnech "
- Σ značí rozptyl portfolia (kovarianční matice – viz výše „odhad rozptylu portfolia“)
- w značí vektor Cash Flow jednotlivých úrokových instrumentů v portfoliu

Postup výpočtu VaR pomocí historické simulace

Metoda historických simulací nepoužívá ve svém výpočtu výnosy finančních aktiv ale přímo historické časové řady výnosových křivek, směnných kursů apod., kterými pak oceňuje aktuální pozice v portfoliu. Tržní hodnota portfolia se tedy oceňuje historickými cenami následovně:

$$R_{p,\tau} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,\tau}, \quad \tau = 1, \dots, t$$

kde: $R_{p,\tau}$ je výnos portfolia

$w_{i,t}$ je váha i -tého aktiva v portfoliu (v čase konstantní)

$R_{i,\tau}$ je historický výnos i -tého aktiva v portfoliu

Tento výnos portfolia nepředstavuje aktuální portfolio, ale spíše rekonstruuje historii hypotetického portfolia se současnými pozicemi. Obecně se dá říci, že pro ocenění portfolia potřebujeme místo výnosů souhrn cen a úrokových sazeb ve formě výnosových křivek, FX kursů apod. Hypotetickou budoucí cenu pro scénář τ získáme s použitím historických změn cen pro současnou cenu takto:

$$P_{i,\tau}^* = P_{i,0} + \Delta P_{i,\tau}, \quad i=1, \dots, N$$

Nová hodnota portfolia $P_{p,\tau}^*$ je tedy spočítána ze sady hypotetických cen, které v sobě rovněž obsahují nelineární vztahy.²⁹ Z hypotetických cen získáme hypotetické výnosy korespondující se sledováními τ takto:

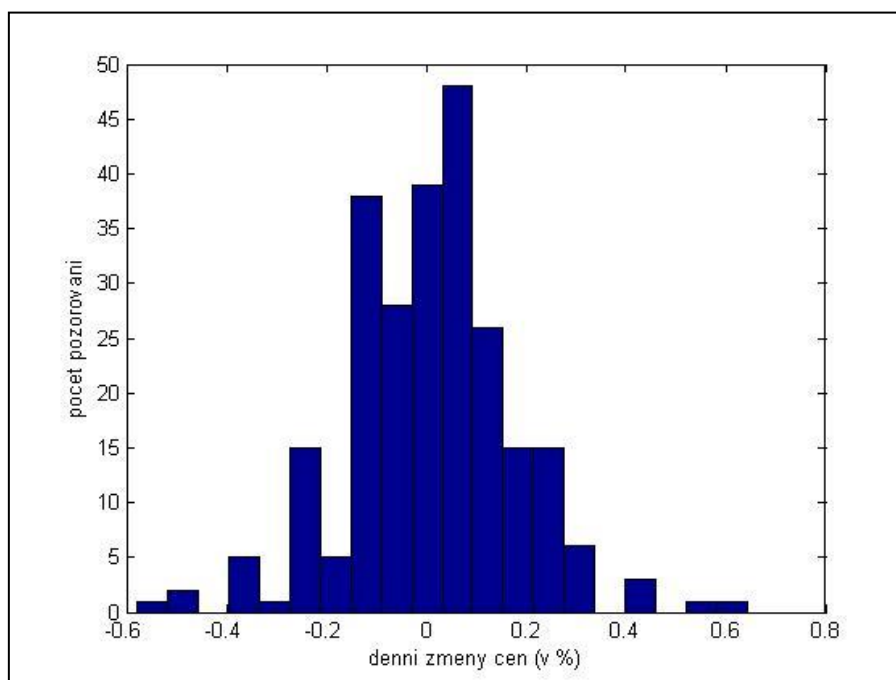
$$R_{p,\tau} = \frac{(P_{p,\tau}^* - P_{p,0})}{P_{p,0}}$$

VaR poté jednoduše získáme z daného rozdělení hypotetických výnosů pomocí výpočtu příslušného percentilu. Následující obrázek č. 1 ilustruje rozdělení výnosů za posledních 250 obchodních dní u českého státního dluhopisu CZGB 3.8/09.

²⁹ Na rozdíl od parametrické metody, která pro nelineární portfolia musí modifikovat oceňování na delta-gamma metodu.



Obrázek č. 1.5 Rozdělení výnosů



Zdroj: autor

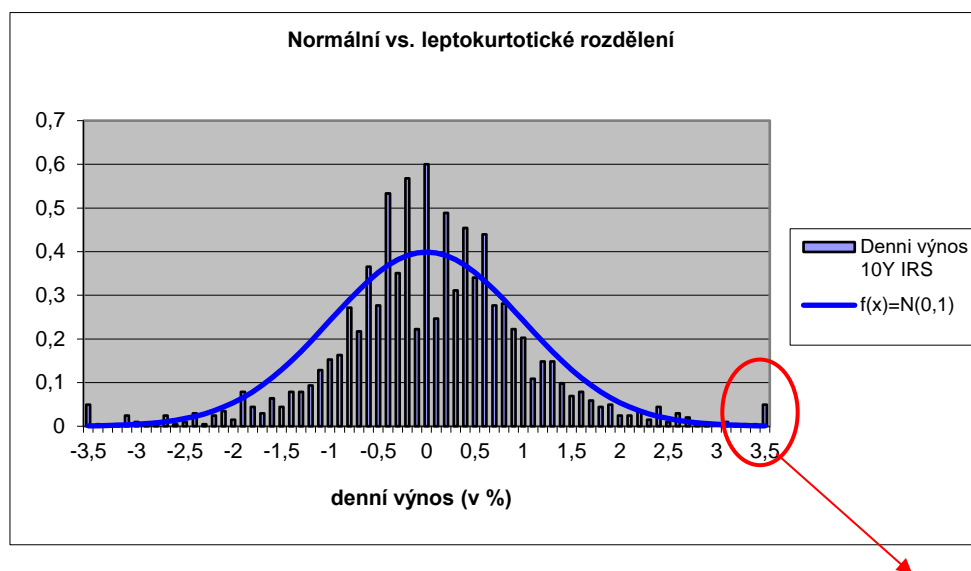
Metoda historických simulací je relativně jednoduchá na implementaci, jestliže historická data jsou k dispozici za požadované období. Asi nejsložitější částí této metody je ocenění jednotlivých aktiv v portfoliu. Akciové a měnové pozice jsou pro ocenění velice jednoduché. Součin nominální hodnoty a historické ceny akcie či příslušného měnového kursu nám dají tržní hodnotu daného aktiva v portfoliu. Opět nejsložitější na ocenění jsou úrokové instrumenty a deriváty.

Výpočet scénářů pak je již relativně jednoduchá záležitost. Hodnoty peněžních toků (rozdělených podle splatnosti k jednotlivým hrotům výnosové křivky) se pak vynásobí historickými hodnotami diskontních faktorů a vypočte se první diference přecenění tržních hodnot portfolia. Zde je důležitá správná volba historického období, ze kterého jsou brány historické vývoje daných tržních faktorů (FX kurzy, úrokové sazby, akciové kurzy). Obvykle se v praxi volí 1-2letá historie neboli 250 až 500 obchodních dní. Samotný VaR se pak stanoví jako požadovaný percentil (95 % či 99%) z historicky nasimulovaného scénáře. Vzhledem k tomu, že rozdělení výnosů portfolia není symetrické, stojí za zvážení použití k výpočtu VaR α a $1-\alpha$ percentil. Z těchto dvou hodnot vybereme tu, která je (v absolutním vyjádření) větší. Tento určitá opatrnost při výpočtu VaR není na úkor zkrácení výpočtu, naopak spíše zobecňuje výpočet.

Na závěr textu k historické simulaci je dobré zmínit jednu vlastnost, která rozlišuje parametrickou metodu a metodu historické simulace z fundamentálního hlediska. Metoda parametrická počítá striktně s předpokladem normality rozdělení výnosů portfolia, které však v praxi není téměř zajištěno. Finanční časové řady jsou charakteristické tzv. fat-tail fenoménem, který de facto znamená, že extrémní změny časových řad jsou častější, než implikuje normální rozdělení. Toto tvrzení můžeme ilustrovat na tomto jednoduchém obrázku.



Obrázek č. 2.5 Normální vs. leptokurtotické rozdělení



Zdroj: autor

Je evidentní, že historicky pozorované denní změny 10letého CZK úrokového swapu (sloupcový histogram) vykazuje větší výskyt velkých změn, než implikuje normální rozdělení (spojitá křivka hustoty pravděpodobnosti normovaného normálního rozdělení). Obecně se takovýto typ rozdělení nazývá leptokurtotické.

Tento fenomén má však velmi důležitý dopad do praktického použití VaR. Parametrická metoda totiž podhodnocuje skutečné chování portfolia směrem k nižším volatilitám, a tím pádem je VaR spočtený pomocí parametrické metody ne zcela realistický obrázek skutečnosti. To je jeden z hlavních důvodů, proč se parametrická metoda v praxi moc neosvědčila a nepoužívá se.

Postup výpočtu VaR pomocí simulace Monte Carlo

Metoda Monte Carlo je principiálně stejná jako metoda historické simulace s tím rozdílem, že scénáře pro výpočet VaR nejsou historické, ale jsou simulované na základě nějakého typu stochastických diferenciálních rovnic (SDE). Původní význam SDE lze nalézt v přírodní vědě – např. Brownův pohyb (neuspořádaný pohyb částic). S rozvojem finančních derivátů (zejména nelineární instrumenty – opce) roste požadavek na modelování dynamiky cen aktiv (úroky, akcie, FX kurzy atd.) Ekonometrické výzkumy ukazují, že ceny finančních aktiv mají vlastnosti náhodných (stochastických) procesů. Stochastické procesy jsou takové procesy, jejichž vývoj podléhá náhodným výkyvům. SDE jsou vhodným statistickým nástrojem pro popis dynamiky finančních aktiv. Postupem času ekonometrové vyvinuli řadu SDE určených pro modelování finančních aktiv – Vasicek model, Hull-White model, Cox-Ingersoll-Ross model atd. Pro účely dalšího výkladu se soustředíme pouze na takové SDE, kterými se generují scénáře vývoje úrokových sazeb. Úrokové sazby mají jistá specifika, která SDE musí zohlednit:



- **mean reversion fenomén** – úrokové sazby nerostou nade všechny meze, ale mají tendenci vracet se dlouhodobě rovnovážné hodnotě. Avšak v krátkodobém období okolo této rovnovážné hodnoty oscilují
- **úrokové sazby obvykle nenabývají záporných hodnot** – tento předpoklad nyní úplně neplatí – EUR, CHF, CZK, Sazby mohou být záporné díky operacím centrálních bank³⁰

Stochastické modely tedy musí zahrnovat tyto vlastnosti úrokových sazeb. Za všechny modely úrokových sazeb lze zmínit Cox-Ingersoll-Ross (CIR), který vyvinuli pánové Cox, Ingersoll a Ross. Poprvé jej publikovali v roce 1985 v článku „*A theory of the Term Struktur of Interest Rates*“ v časopise „*Econometria*“. Na rozdíl od základního Vašíčkova modelu není volatilita úrokových sazeb v CIR modelu konstantní, ale je závislá na druhé odmocnině úrokové sazby což zajišťuje, že úroková sazby nikdy nenabude záporných hodnot, pokud platí, že $2ab \geq \sigma^2$.

Dynamika úrokových sazeb je v CIR modelu formálně vyjádřena takto:

$$dr(t) = a[b - r(t)]dt + \sigma\sqrt{r(t)}dW(t)$$

kde: a, b, σ jsou pozitivní konstanty

a je koeficient rychlosti přizpůsobení dynamiky rovnovážné úrokové míře r

b je rovnovážná úroková míra

σ je volatilita úrokové míry

CIR model je velice oblíbeným pro svoji relativní jednoduchost (stejně jako Vašíčkův model) a i proto, že úrokové sazby nemohou nabývat záporných hodnot.

Diskrétní verze CIR modelu s použitím Eulerovy aproximace je následující:

$$r_t = r_{t-1} + a(b - r_{t-1})\Delta t + \sigma\sqrt{r_{t-1}}\Delta t \cdot \phi$$

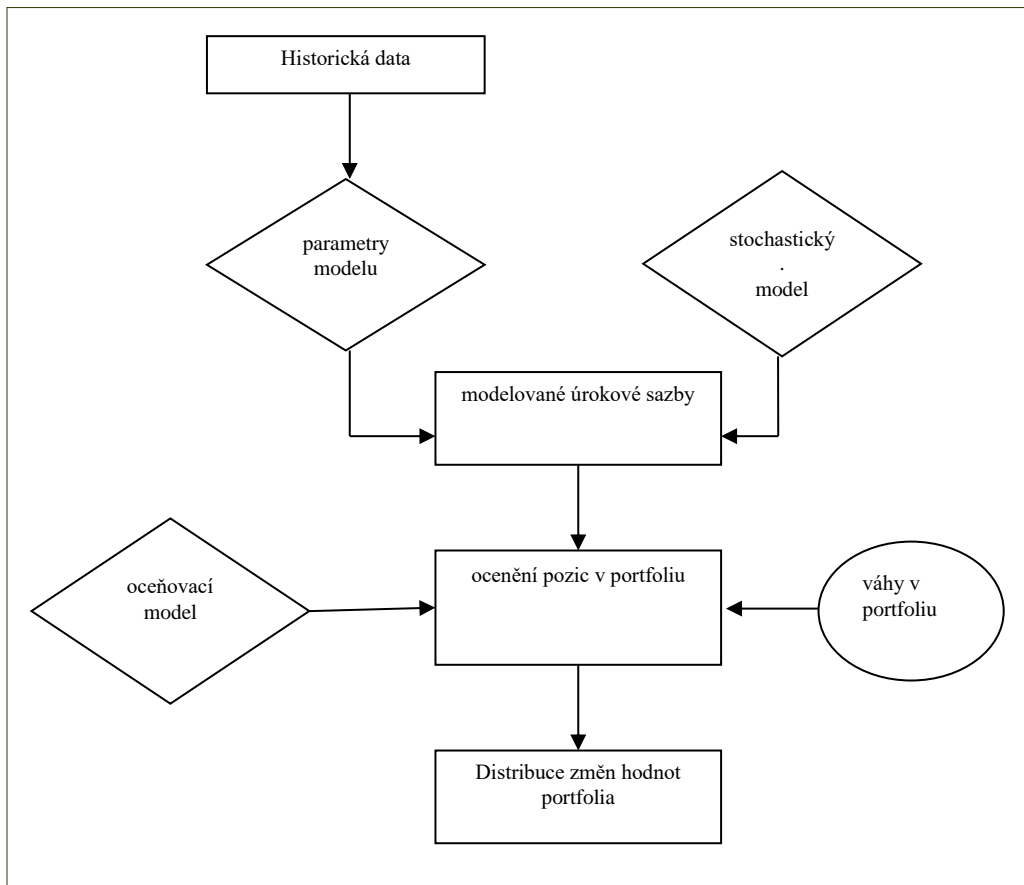
Diskrétní tvar je potom ten, který se fakticky používá pro simulaci scénářů úrokových sazeb.

Pozorného čtenáře jistě napadne, jak jsou v rovnici stanoveny parametry a, b a σ . Existuje mnoho statistických metod a postupů pro odhad těchto parametrů (např. metoda maximální věrohodnosti, kalibrace parametrů z výnosové křivky apod.) ale jejich detailní popis je nad rámec tohoto textu. Spokojíme se tedy s konstatováním, že parametry jsou odhadovány na základě historického chování časových řad úrokových sazeb. Samotný výpočet VaR pomocí metody Monte Carlo je znázorněn pomocí následujícího schématu.

30 Programy monetárního kvantitativního uvolňování za účelem podpory ekonomik v post-krizovém období.



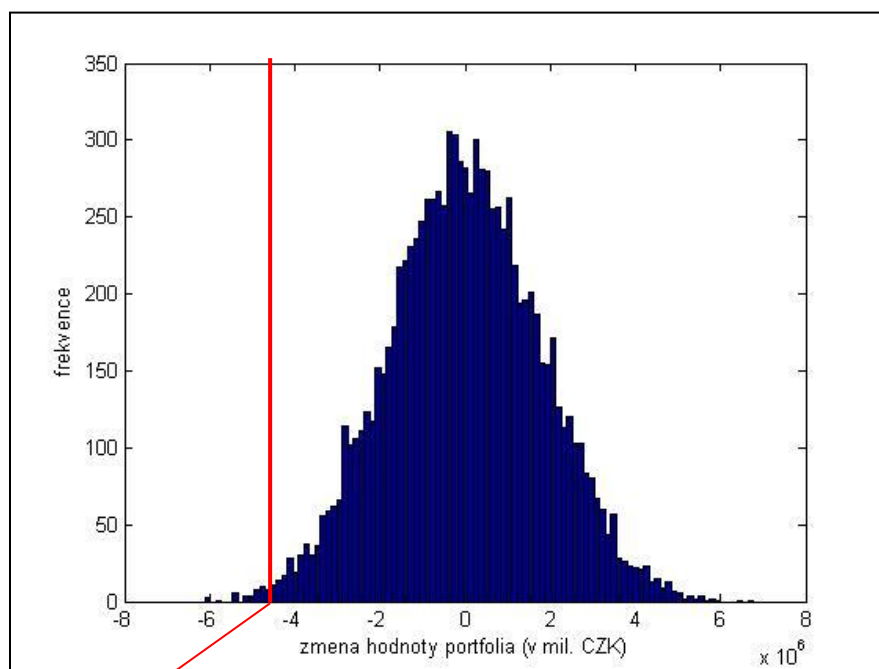
Schéma č. 2.5 Výpočet VaR pomocí Monte Carlo metody



Zdroj: autor



Graf č. 1.5 Distribuce simulovaných výnosů portfolia



99 percentil = VaR

Zdroj: autor

VaR je potom stanoven stejně jako v metodě historické simulace a to tak, že se určí hodnota příslušného percentilu (v našem případě 99%).

Metoda Monte Carlo je ze všech uvedených metod výpočtu VaR nejsložitější a nevhodnější pro komplexní portfolia obsahující velké množství nelineárních instrumentů (např. opcí) avšak je nejsložitější na samotný výpočet. Aby byl výsledek výpočtu co nejpřesnější, je potřeba vygenerovat velké množství scénářů (cca 5-10 tis pro každý typ rizikového faktoru) což klade velké požadavky na HW vybavení a strojový čas (tj. dobu výpočtu). To metodu poněkud znevýhodňuje oproti metodě historické simulace.

Gapová analýza

Gapová analýza, označovaná tak jako diferenční analýza, je jednoduchá a velice názorná metoda, která se používá při měření úrokového rizika. Nezohledňuje ale možnost vnořených opcí a nevládne analyzovat ani výnosovou křivku ani riziko báze. Řadí se mezi ukazatele zisku. Její princip je snadný. Pokud úročená aktiva a úročená pasiva vykazují odlišnou citlivost na změny tržních úrokových sazeb, banka je vystavena úrokovému riziku. Pokud chce banka znát dopad na čistý úrokový příjem, aplikuje tzv. *přečeňovací gapovou analýzu*³¹, pokud se zajímá o dopad na tržní hodnotu kapitálu, použije *durační*

31 V praxi se lze setkat také s pojmem repricing GAP.



gapovou analýzu, při které vyřeší dopad změn tržních úrokových sazeb na tržní hodnotu svých aktiv a pasiv.

Přeceňovací gapová analýza

Gapová analýza tzv. přeceňovací patří mezi tradiční přístupy k řízení rizika, je založena na expozici rizika a je analýzou rozdílu těch aktiv a pasiv, které se jeví jako citlivé (senzitivní) na změny v tržních úrokových sazbách.

$$\text{GAP} = \text{RSA} - \text{RSL}$$

kde: RSA *rate sensitive assets* aktiva citlivá na pohyb úrokových sazeb v nominální hodnotě
RSL *rate sensitive liabilities* s.... pasiva citlivá na pohyb úrokových sazeb v nominální hodnotě

Lze zaznamenat dva typy GAPu. Pozitivní GAP, kdy platí, že $\text{RSA} > \text{RSL}$ a GAP negativní, kdy platí, že $\text{RSA} < \text{RSL}$.

Metoda umožňuje zjistit, jak rychle se aktiva a pasiva banky přeceňují a na základě toho odhadnout, jak se změny úrokových sazeb promítnou do čistého úrokového příjmu banky. Prvním krokem je určení počtu časových košů³², a to s ohledem na účel provádění analýzy.³³ Obvyklý vygenerovaný počet košů se pohybuje v intervalu 5 až 15 košů. Pokud se přistoupí na malý počet košů, vypovídací schopnost analýzy bude tímto zjednodušením ovlivněna negativně. Pokud se naopak přistoupí k definování velkého množství košů, výsledky analýzy budou nepřehledné a budou se špatně interpretovat. Kromě počtu košů je třeba rovněž určit šířku časových košů. Jde o individuální rozhodnutí každé banky s tím, že obecně platí užší vymezení pro krátké splatnosti a širší vymezení pro delší splatnosti. Do takto připravených košů se zařadí veškeré finanční nástroje banky. Vychází se z jejich bilančních zůstatků, splatnosti, přeceňovacích charakteristik. Potom se spočítá gap jako rozdíl mezi přeceňovanými aktivy a pasivy v každém časovém koši.³⁴ Pokud je více aktiv citlivých na změnu úrokových sazeb než pasiv, gap se označí jako pozitivní, v opačném případě se označuje jako negativní. Vztah mezi charakterem gapu a pohybem tržních úrokových sazeb vyjadřuje následující tabulka.

Tabulka č.1.5 Vliv změny tržních úrokových sazeb na čistý úrokový příjem (ČÚP)

	pozitivní gap	negativní gap
růst úrokových sazeb	růst ČÚP ³⁵	pokles ČÚP
pokles úrokových sazeb	pokles ČÚP	růst ČÚP

Zdroj: autor

32 Nadefinované časové intervaly.

33 Podle toho, jak dlouhý časový horizont se sleduje.

34 Banka může využít gapů k propočtům řady ukazatelů, například kumulovaný gap a kumulovaný gap jako procento z celkových úročených aktiv.

35 ČÚP znamená čistý úrokový příjem.



Při zařazování jednotlivých finančních nástrojů do příslušných časových košů je třeba postupovat tak, že pro nástroje s pohyblivou sazbou je určující jejich nejbližší *přecenění*, pro nástroje s pevnou sazbou jejich *zbytková splatnost*. Nedostatkem metody gapové analýzy je především neschopnost pracovat s finančními nástroji, které nemají pevnou splatnost.³⁶ V rámci daného časového koše se již nesoulady rovněž nezaznamenávají. Určitým nedostatkem tohoto přístupu je také jeho neschopnost reagovat na tzv. *riziko báze*,³⁷ které souvisí se skutečností, že banky mohou pracovat s více referenčními sazbami a ty se nechovají identicky.

Omezení tradiční (přeceňovací) gapové analýzy souvisí především s předpokladem, že změny tržních úrokových sazeb mají identický dopad na veškerá úročená aktiva a pasiva. V realu se ale míra citlivosti na relativní změnu úrokových sazeb u různých aktiv a pasiv liší, resp. například poskytnuté úvěry, přijaté vklady na běžných účtech, nakoupené dluhopisy atd. disponují rozdílným stupněm citlivosti. Další problémem jsou nástroje, které nemají stanovenou splatnost. Tady může hrát roli i vyjednávací potenciál mezi bankou a protistranou typu retailový klient, korporátní klient apod. Pokud například dochází k růstu tržních úrokových sazeb, mohou majitelé běžných vkladů požadovat zvýšení nominální úrokové sazby. V situaci poklesu tržních úrokových sazeb by naopak majitel úvěrového účtu mohl požadovat snížení úrokové sazby nebo úvěr předčasně splatit³⁸. Změny tržních úrokových sazeb navíc neovlivňují pouze toky, ale jistinu, resp. nominální objem finančních prostředků.

Některé banky mohou k řízení úrokového rizika přistupovat *na bázi úrokového spreadu*.³⁹ V případě z pohledu banky příznivého pohybu tržních úrokových sazeb dojde k rozšíření úrokového spreadu. Objem úrokově citlivých aktiv je větší než objem úrokově citlivých pasiv při růstu úrokových sazeb nebo objem úrokově citlivých aktiv je nižší než objem úrokově citlivých pasiv při poklesu úrokových sazeb. V případě nepříznivého pohybu tržních úrokových sazeb dochází k zúžení úrokového spreadu. Objem úrokově citlivých aktiv je v této situaci větší než objem úrokově citlivých pasiv při poklesu tržních úrokových sazeb nebo objem úrokově citlivých aktiv je nižší než objem úrokově citlivých pasiv při růstu tržních úrokových sazeb.

Durační gap analýza

Od předchozí „přeceňovací“ gap analýzy přejímá přístup je klasifikaci úrokově citlivých aktiv a úrokově citlivých pasiv. K měření úrokového rizika je využito *durace*, která zjišťuje, jak se promítají změny v úrokových sazbách do změn tržních hodnot aktiv a pasiv (Mishkin, 2013). *Durace* je parametr vyjadřující citlivost nástroje na změnu úrokových sazeb. Vyjadřuje se v jednotkách času. Lze říci, že čím větší je citlivost nástroje na změnu tržních úrokových sazeb, tím větší je *durace* příslušného nástroje. Zatímco tedy tradiční gapová analýza vychází z účetních dat a gap jsou „pouze“ nominální hodnoty, *durace* vychází z dat tržních a je rizikově váženou pozicí. Informuje o tržní hodnotě kapitálu. Vyjadřuje úrokové riziko pomocí tržní ceny portfolia. Sironi (2007) poukazuje na vazbu mezi významem *durační*

36 Vychází se z časových řad a chování daných položek v minulosti, jde například o kontokorentní úvěry nebo běžné vklady.

37 S tímto rizikem se banka setkává hlavně při zajišťování, kdy může na změnu tržní úrokové sazby reagovat odlišně nástroj zajišťovací a zajišťovaný.

38 Tyto situace ale nejsou převažující, svou roli hraje časové zpoždění a často i asymetrie vztahu.

39 Úrokovým *spreadem* se chápá rozdíl úrokové sazby aktiv (vážený průměr úrokových sazeb aktivních operací) a úrokové sazby pasiv (vážený průměr úrokových sazeb pasivních operací).



gap analýzy a růstem významu oceňování nástrojů tržní hodnotou, což souvisí hlavně s existencí obchodního portfolia a sekuritizace. Omezující je, že v základné verzi nedokáže řešit riziko změny sklonu výnosové křivky, a to ji předurčuje pouze k analýzám, u nichž lze předpokládat relativně malé změny úrokových sazeb.

V obvyklých situacích, tedy pokud abstrahujeme od nestandardních, typicky spekulativních pozic banky, kdy cena aktiv či pasiv může být výrazně skokově ovlivněna cenou derivátů, jejichž velikost závisí na „úrokových sazbách“, lze ekonomický význam (úrokového) GAPu interpretovat s v praxi akceptovatelnou mírou zjednodušení následujícím způsobem:

Tabulka č. 2.5 Celkový přehled GAPu

Zkoumaný (úrokový) GAP	Současná změna ve velikosti všech „úrokových sazeb“ na nichž závisí zkoumaný GAP	Přírůstek velikosti pohledávek a velikosti (ceny) majetku banky v důsledku současného pohybu všech „úrokových sazeb“ na nichž závisí zkoumaný GAP	Přírůstek velikosti (ceny) závazků banky v důsledku současného pohybu všech „úrokových sazeb“ na nichž závisí zkoumaný GAP	Změna velikosti vlastního kapitálu banky v důsledku současného pohybu všech „úrokových sazeb“ na nichž závisí zkoumaný GAP
kladný	vzestup	kladný	kladný	přírůstek (VK banky)
kladný	pokles	záporný	záporný	úbytek
záporný	vzestup	kladný	vzestup	přírůstek
záporný	pokles	záporný	záporný	úbytek
nulový	vzestup	kladný	kladný	žádná
nulový	pokles	záporný	záporný	žádná

Zdroj: autor

5.1.1 Soubor dalších metod měření tržního rizika

Výnosy v riziku

Tento přístup je založen na tvorbě scénářů s tím, že banka vytváří základní scénář, do nějž promítá očekávaný vývoj, jde o prognózu budoucího vývoje a k němu vytváří pesimistický, zátěžový scénář. Výnosy v riziku jsou potom rozdílem mezi čistým úrokovým výnosem v základním a alternativním, stresovém scénáři a měří ztrátu čistého úrokového výnosu za určité časové období v důsledku změn úrokových sazeb. Úrokové sazby používané k přecenení v základním scénáři jsou odvozeny z forwardových sazeb pomocí příslušných rozpětí a spotových/forwardových sazeb pro různé nástroje. V zátěžovém scénáři jsou k forwardovým sazbám použitým v základním scénáři připočteny změny úrokových sazeb a rozpětí. Tento přístup je komplexní a dynamický. Komplexní v tom smyslu, že zohledňuje všechny složky úrokového rizika a dynamický z toho důvodu, že pracuje se změnami v oblasti platebního chování klientů, tvorby vkladů, se změnami splatností a fixace a velikostí sledovaného portfolia. Pokud banka vygeneruje velký počet alternativních scénářů, lze takto vhodně



simulovat škálu maximálních ztrát při určité hladině pravděpodobnosti. I při tomto přístupu ale zůstává pod nedokonalou kontrolou především odhad chování klientů.

Kapitál v riziku/ekonomická hodnota vlastního kapitálu

Jde o statický, jednoduchý model, který zohledňuje jak riziko přecenění, tak riziko výnosové křivky a měří teoretickou změnu čisté současné hodnoty aktuální bilance, a tedy také hodnoty vlastního kapitálu, v důsledku náhlé a neočekávané změny úrokových sazeb. Principem metody je komparace hodnoty vlastního kapitálu na základě generování alternativních scénářů nepříznivého vývoje s hodnotou podle základního scénáře. Vypovídací schopnost, resp. spolehlivost ocenění rozvahových pozic závisí na vypočteném cash flow a použitých diskontních sazbách. Hodnota vlastního kapitálu bude rozdílem mezi současnou hodnotou aktiv a současnou hodnotou závazků. V základním pojetí se nepřihlíží k předpokladům, které se týkají vlastního kapitálu. Banky ale mohou rozšířit výpočet o předpoklady vztahující se k vlastnímu kapitálu. Limitující pro tuto metodu může být závislost na předpokladech o časovém rozvržení peněžních toků a použité diskontní sazby a také podcenění krátkodobého vlivu konvexity a rizika výnosové křivky.

Modifikovaná durace vlastního kapitálu a současná hodnota 1 bazického bodu vlastního kapitálu

Tato metoda řeší pouze riziko přecenění. Analyzuje vliv dané změny úrokových sazeb na ekonomickou hodnotu ve vazbě k určité skupině aktiv a závazků, resp. k celkové bilanci. Ukazuje relativní změnu tržní hodnoty finančního nástroje odpovídající marginálním paralelním posunům výnosové křivky o jeden procentní bod. Principem metody je alokace aktiv a závazků do časových intervalů podle termínu fixace a druhu nástroje. Každému druhu nástroje je přiřazena výnosová křivka. Za každý časový interval a každý druh nástroje se vypočítá modifikovaná durace. Poté se vypočítá modifikovaná durace vlastního kapitálu jako průměr modifikovaných durací všech časových intervalů vážený expozičními v příslušných časových intervalech s tím, že pokud je výsledkem vyšší objem aktiv než závazků, bude rozdíl kladným číslem a záporné číslo vyjde pro rozdíl s převahou závazků. Hodnota jednoho bazického bodu vlastního kapitálu se odvodí tím způsobem, že se modifikovaná durace vlastního kapitálu vynásobí hodnotou vlastního kapitálu a vydělí 10 000, takto se formuluje hodnota bazického bodu. Ukazatel vyjadřuje absolutní změnu hodnoty vlastního kapitálu v důsledku paralelního posunu výnosové křivky o jeden bazický bod (0,01 %). Metodu limituje skutečnost, že ji lze aplikovat pouze pro paralelní posuny výnosové křivky a nelze ji využít k měření rizika báze nebo rizika výnosové křivky. Jde o statický model, který nezohledňuje případné vnořené opce.

Dílčí modifikované durace a dílčí současná hodnota jednoho bazického bodu

Metoda analyzuje vliv změn tvaru výnosové křivky na ekonomickou hodnotu investičního portfolia. Soustředí se pouze na riziko výnosové křivky. Dílčí modifikované durace a hodnota jednoho bazického bodu se počítají z čistých úrokových pozic v dílčích portfoliích, která představují různé časové intervaly investičního portfolia v souladu s výše uvedeným postupem. Dílčí ukazatele vyjadřují citlivost tržní hodnoty investičního portfolia na marginální paralelní posun výnosové křivky v konkrétních úsecích splatnosti. Pro každý ukazatel dílčího portfolia se dá aplikovat paralelní posun odlišného rozsahu a takto spočítat vliv změny tvaru výnosové křivky na celkové investiční portfolio. Banka by při rozdělování portfolia do dílčích celků podle časových intervalů měla zohlednit rozložení expozičních do časových



intervalů. Aby dílčí části portfolia korespondovala s expozicí portfolia vůči riziku výnosové křivky. Metoda jako souhrn statických ukazatelů neřeší bazické riziko, opční charakteristiky ani konvexitu.

Kapitál v riziku/ekonomická hodnota vlastního kapitálu

Sofistikovanější forma výše uvedeného statického ukazatele, kde se peněžní toky opakovaně dynamicky počítají. Jejich výše a rozdělení v čase se v jednotlivých scénářích liší v parametru chování klientů, kteří vždy reagují na daný scénář, tedy reagují různě. Jde o komplexní ukazatel úrokového rizika zahrnující všechny jeho komponenty. Limitující může být podcenění krátkodobého vlivu konvexity a rizika výnosové křivky. Ocenění je závislé na časovém rozvržení peněžních toků a zvolené diskontní sazby.

Efektivní durace vlastního kapitálu

Měří změny vyvolané marginálními paralelními posuny výnosové křivky. V principu je propočten založen na odvození změny hodnoty portfolia, ke kterému dojde zvýšením nebo snížením úrokových sazeb oproti základnímu scénáři při zohlednění jak změny diskontní sazby, tak také změny odhadovaných peněžních toků u nástrojů s vloženou opcí související s úrokovou sazbou. Tento jednoduchý ukazatel se zabývá jak rizikem přecenění, tak rizikem opčním. Limitující je skutečnost, že jej lze využít jen pro marginální posuny výnosové křivky a zohledňuje pouze část opčního rizika portfolia, tu část, která je citlivá na změny úrokových sazeb.

Tabulka č. 3.5 Shrnutí nástrojů pro měření složek úrokového rizika

NÁSTROJE A MODELY	NEGATIVA	MĚŘENÉ DRUHY RIZIK (4)
Gapová analýza (diferenční)	Předpoklad, že splatnost nebo fixace úrokových sazeb nastává současně u všech pozic daného segmentu.	✓ Přecenění
Výnosy v riziku	Citlivost na behaviorální předpoklady.	✓ Všechna dílčí rizika
Kapitál v riziku/ekonomická hodnota vlastního kapitálu	Výpočet čisté současné hodnoty, který nebere v úvahu dopad změny úrokové sazby na peněžní toky.	✓ Přecenění ✓ Výnosové křivky
Modifikovaná durace vlastního kapitálu a současná hodnota jednoho bazického bodu vlastního kapitálu	Nedají se přesně měřit relativně velké změny sazeb, konvexita. Respektuje jen paralelní posuny výnosové křivky.	✓ Přecenění
Dílčí modifikovaná durace a dílčí současná hodnota jednoho bazického bodu	Vhodné jen pro marginální posuny výnosové křivky v rámci dílčích segmentů. Nepřihlíží ke konvexitě.	✓ Výnosové křivky



Kapitál v riziku/ekonomická hodnota vlastního kapitálu	Ocenění je podmíněno použitou diskontní sazbou a časovým rozvržením peněžních toků.	✓ Všechna dílčí rizika
Efektivní durace vlastního kapitálu	Jen pro marginální posuny výnosové křivky. Zohledňuje jen tu část rizika opce, která je citlivá na změny úrokových sazeb.	✓ Přecenění ✓ opční
VaR	Extrémní, krizové situace nedokáže pokrýt (tail risk).	✓ Všechna dílčí rizika

Zdroj: autor