

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta financí a účetnictví

Katedra měnové teorie a politiky



**Přístupy k tvorbě kapitálu ke kreditním rizikům pro
regulatorní účely v segmentu retail klientely**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Autor disertační práce:	Ing. Michal Kováč
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Jaroslav Brada, Dr.
Studijní obor:	Finance
Rok obhajoby:	2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že disertační práci na téma „Přístupy k tvorbě kapitálu ke kreditním rizikům pro regulatorní účely v segmentu retail klientely“ jsem vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem označil a uvedl v přiloženém seznamu.

V Praze dne 10. února 2019

Michal Kováč

Děkuji

docentu Jaroslavovi Bradovi za podporu a trpělivost při vedení mé disertační práce a za řadu cenných poznámek a připomínek, které byly přínosné pro mou práci.

Abstrakt

Předložená disertační práce zkoumá dopady modelů pro výpočet rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD* na hodnotu regulatorního kapitálu v segmentu retail klientely. Výsledná hodnota regulatorního kapitálu je determinována na základě simulací stres testů na hodnoty jednotlivých rizikových parametrů, přičemž tvorba stresových scénářů byla provedená v souladu s doporučením regulatorních orgánů. Simulace dopadů změn makroekonomických veličin na hodnoty rizikových parametrů byla provedena s využitím modelu VEC, jehož vhodnost byla verifikována porovnáním modelu VEC s alternativními modely k tvorbě stres testů. Empirické porovnání výsledné hodnoty regulatorního kapitálu bylo provedeno na reálním portfoliu retail klientely působících na území České republiky.

Rozdíl v hodnotě regulatorního kapitálu u identického portfolia k 30. 6. 2018 dosahoval 20,02 %, čímž bylo demonstrováno, že volbou přístup k výpočtu rizikových parametrů lze výrazně ovlivnit hodnotu kapitálu požadovaného regulátorem.

Abstract

Dissertation thesis scrutinize the impact of risk parameters (*PD*, *EAD*, *LGD*) models on the value of regulatory capital in the segment of retail clients. The result of regulatory capital value is determined using stress test simulations on the values of the individual risk parameters. Stress scenarios are carried out in accordance with the recommendations of the regulatory authorities. Simulation of impacts of changes in macroeconomic variables on risk parameter values was performed using the VEC model. The suitability of VEC model was verified by comparing the VEC model with alternative stress test models. An empirical comparison of the regulatory capital was made on the retail clients portfolio in the Czech Republic. As of 30th June 2018 was the difference in the value of the regulatory capital in the identical portfolio equal to 20.02%. Dissertation thesis demonstrate, that the choice of the model for risk parameters calculation can significantly affect the value of the capital required by the regulator.

Obsah

Seznam zkratk a pojmů.....	8
Úvod.....	11
1. Podstata a historie kapitálových požadavků Basel.....	14
1.1. Historie kapitálových požadavků Basel	16
2. Proces výpočtu minimálního kapitálového požadavku metodou IRB.....	25
2.1. Charakteristika a podmínky pro adoptování IRB přístupu v segmentu retail klientely..	26
2.2. Proces segmentace.....	29
2.2.1. Byznys segmentace	29
2.2.2. Statistická segmentace.....	31
2.2.3. Alternativní přístup k statistické segmentaci.....	37
2.3. Přístupy k měření velikosti rizikových parametrů PD , EAD a LGD	38
2.3.1. Měření PD (Probability of Default, Pravděpodobnost selhání)	43
2.3.2. Měření EAD (Exposure at Default, Expozice při selhání)	49
2.3.3. Měření LGD (Loss Given Default, Ztráta při selhání)	58
2.4. Proces odhadování rizikových parametrů.....	74
2.5. Výpočet minimálního kapitálového požadavku metodou IRB.....	79
2.5.1. Vzájemné porovnání přístupů k měření rizikových parametrů na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku.....	82
2.6. Dodatek ke 2. kapitole: Dopad nových účetních pravidel IFRS9 na hodnotu Shortfallu	88
3. Tvorba kapitálu nad úroveň celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku	98
3.1. Analýza proměnných vstupujících do modelu VEC	102
3.1.1. Volba makroekonomických proměnných.....	102
3.1.2. Agregace rizikových parametrů	103
3.2. Konstrukce modelu VEC.....	109
3.2.1. Výsledné rovnice modelu VEC	110

3.2.2.	Výsledná hodnota kapitálu užitím modelu VEC pro účely stres testů	114
3.3.	Dodatek ke 3. kapitole: Alternativní přístupy k tvorbě stres testů pro regulační účely a jejich vzájemné porovnání v modelem VEC.....	116
3.3.1.	Modely absolutních hodnot a relativních změn rizikových parametrů	119
3.3.2.	Model VaR a CVaR.....	120
3.3.3.	Vzájemné porovnání výsledných hodnot kapitálu.....	122
3.3.4.	Shrnutí výsledků alternativních přístupů k tvorbě stres testů.....	125
	Závěr.....	128
	Literatura	132

Seznam zkratek a pojmů

BIS	Bank for International Settlements
CCF	Credit Conversion Factor (Kreditní konverzní faktor)
Celková hod. min. kap. pož.	Celková hodnota minimálního kapitálového požadavku je dána součtem očekávané ztráty a minimálního kapitálového požadavku (<i>Celková hodnota minimálního kapitálového požadavku</i> = $EL + RWA \times 0,08$).
Celková hodnota kapitálu	Celková hodnota kapitálu je stanovena na základě simulací stres testů na hodnoty jednotlivých rizikových parametrů <i>PD</i> , <i>EAD</i> , <i>LGD</i> . Celková hodnota kapitálu determinuje hodnotu regulatorního kapitálu.
CVaR	Conditional Value at Risk
ČNB	Česká národní banka
<i>EAD</i>	Exposure at Default (Expozice při selhání)
<i>EAD_{def}</i>	<i>EAD</i> v čase selhání
<i>EAD_{konz}</i>	Konzervativní <i>EAD</i>
<i>EAD_{CCF}</i>	<i>EAD</i> s využitím CCF
Ekonomický kapitál	Definuje část vlastního kapitálu z pohledu finanční instituce, která je nutná k pokrytí maximální možné ztráty při definované úrovni spolehlivosti pro daný časový horizont.
EL	Expected Loss (Očekávaná ztráta), ($EL = PD \times EAD \times LGD$)
EBA	European Banking Authority
HBP	Hodnota bilančních položek (dle účetního zachycení)
HMP	Hodnota mimobilančních položek (dle účetního zachycení)
HDP	Hrubý domácí produkt
IAS39	Mezinárodní účetní standard 39
IFRS9	Mezinárodní standard finančního výkaznictví - Finanční nástroje
IRB	Metoda interního ratingu (pro výpočet kapitálových požadavků)
IRBF	Základní metoda interního ratingu
IRBA	Pokročilá metoda interního ratingu
<i>LGD</i>	Loss Given Default (Ztráta při selhání)
<i>LGD_{klas}</i>	Klasický přístup k výpočtu <i>LGD</i>
<i>LGD_{byz}</i>	<i>LGD</i> s vlastní byznys segmentací
<i>LGD_{stat}</i>	<i>LGD</i> s vlastní statistickou segmentací

LLP	Loan Loss Provisions (Rezervy pro úvěrové ztráty)
LR	Loss Rate (Míra ztráty)
Min. kapitálový požadavek	Minimální kapitálový požadavek stanovuje minimální hodnotu kapitálu pro krytí neočekávané ztráty (UL). Hodnota minimálního kapitálového požadavku je u finančních institucí využívajících metodu interního ratingu dána hodnotou RWA, která je v segmentu retail klientely determinována rizikovými parametry PD , EAD a LGD . (<i>Minimální kapitálový požadavek</i> = $RWA \times 0,08$)
Nez	Míra nezaměstnanosti
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
PD	Probability of default (Pravděpodobnost selhání)
PD_p	PD dle počtu úvěrů
PD_o	PD dle objemu úvěrů
$PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}$	Přístup, s nímž byla dosažena nejnižší průměrná celková hodnota minimálního kapitálového požadavku v období 2003Q – 2018Q2 (PD dle objemu úvěrů, EAD s využitím CCF, LGD s vlastní byznys segmentací)
$PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{klas}$	Přístup, s nímž byla dosažena nejnižší hodnota celkového minimálního kapitálového požadavku k 30. 6. 2018 (PD dle objemu úvěrů, EAD s využitím CCF, Klasický přístup k výpočtu LGD)
$PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}$	Přístup, s nímž byla dosažena nejvyšší průměrná hodnota celkového minimálního kapitálového požadavku v období 2003Q – 2018Q2 (PD dle počtu úvěrů, Konzervativní EAD , Klasický přístup k výpočtu LGD)
$PD_p, EAD_{konz}, LGD_{stat}$	Přístup, s nímž byla dosažena nejvyšší hodnota celkového minimálního kapitálového požadavku k 30. 6. 2018 (PD dle počtu úvěrů, Konzervativní EAD , LGD s vlastní statistickou segmentací)
QRRE	Qualifying Revolving Retail Exposures (Revolvingové úvěry)
Regulatorní kapitál	Kapitál, který drží finanční instituce pro splnění regulatorních požadavků Basel. Hodnota regulatorního kapitálu je determinována celkovou hodnotou kapitálu.

RWA	Risk-Weighted Asset (Rizikově vážená aktiva). Výpočet u finančních institucí využívajících metodu IRBA je dán rovnicí $RWA = 1,06 \times K \times 12,5 \times EAD$
Shortfall	Rozdíl mezi očekávanou ztrátou (EL) a rezervou pro úvěrové ztráty (LLP).
Stres test	Stres testy lze pro účely kapitálových požadavků charakterizovat jako simulace nepříznivého ekonomického vývoje prováděného s cílem kvantifikovat dopad stresových scénářů na hodnotu kapitálu. Prostřednictvím stres testů je stanovena celková hodnota kapitálu, která determinuje hodnotu regulatorního kapitálu.
UL	Unexpected Loss (Neočekávaná ztráta). Výpočet je dán regulatorní rovnicí (24).
VaR	Value at Risk
VAR	Vector autoregressive (model)
VECM	Vector Error Correction Model

Úvod

Opakující se ekonomické krize¹ v uplynulých desetiletích demonstrovaly nedostatečnou připravenost finančních institucí čelit hrozbám z nich vyplývajících. Rezervy pro úvěrové ztráty (LLP – Loss Loan Provisions) vytvářené finančními institucemi nebyly schopné absorbovat ztráty plynoucí z ekonomických krizí a následné dlouhodobé recese. Dané okolnosti vedly v roce 1974 k založení Basilejského výboru. Úkolem Basilejského výboru bylo zlepšení mezinárodní spolupráce prostřednictvím výměny informací o vývoji bankovního systému s úmyslem včas identifikovat a následně eliminovat rizika vyplývající z vývoje na finančních trzích. Jako hlavní cíl Basilejského výboru můžeme definovat snahu o stabilizaci bankovního sektoru a tím posílení jeho věrohodnosti a ochrany věřitelů (BIS, 2016). Zmíněného cíle mělo být dosaženo zavedením minimálního kapitálového požadavku. První ucelená podoba kapitálových požadavků byla publikována v roce 1988. Ovšem s rozvojem na finančních trzích bylo nutné původní kapitálové požadavky validovat, aby byly schopné se co nejlépe vypořádat nejen s novými výzvami, které finanční trhy v podobě nových produktů a s rostoucí globalizací přinášely, ale i snahu regulatorních orgánů zapojit samotné finanční instituce do procesu kvantifikace hodnoty kapitálového požadavku. To vedlo Basilejský výbor k již dvěma revizím původních kapitálových požadavků (obecně známých jako Basel I) v podobě kapitálových požadavků Basel II (2006) a Basel III (2012).

Zatímco v první revizi vedoucí k publikování kapitálového požadavku Basel II, byl věnován prostor zejména přístupům k výpočtu rizikově vážených aktiv (RWA), druhá revize (Basel III) byla zaměřena na zpřísnění kvalitativních a kvantitativních požadavků bez dopadů na způsob kalkulace rizikově vážených aktiv. Hlavním přínosem kapitálových požadavků Basel II bylo nejen rozšíření stávajícího způsobu kalkulace (standardního přístupu), ale především představení zcela nového přístupu – metody interního ratingu (IRB), která byla prezentována ve dvou variantách (IRBF, Základní metoda interního ratingu a IRBA, Pokročilá metoda interního ratingu). Výpočet rizikově vážených aktiv (RWA) je u metody IRB založen na vlastních odhadech rizikových parametrů *PD* (Probability of Default, Pravděpodobnost selhání), *EAD* (Exposure of Default, Expozice při selhání) a *LGD* (Loss Given Default, Ztráta při selhání). Pokud finanční instituce zvolí pro výpočet RWA metodu IRBF, je oprávněna odhadovat pouze rizikový parametr *PD*, parametry *EAD* a *LGD* jsou stanoveny národním regulátorem (BIS, 2006). Pokročilá metoda interního ratingu (IRBA) umožňuje finančním institucím odhadovat všechny rizikové parametry.

¹ Obecný pojem ekonomická krize bude v dalším výkladu nahrazen, zejména pro účely stres testů, pojmy finanční a dluhová krize, které budou rovněž přesně vymezeny.

U finančních institucí využívajících metodu interního ratingu (IRB) k stanovení hodnoty minimálního kapitálového požadavku je rovněž požadováno pravidelné provádění stres testů (BIS 2006, bod 434). Cílem stres testů je stanovení dostatečné hodnoty kapitálu pro splnění minimálního kapitálového požadavku (Pilíř I) i při zhoršení ekonomické situace projevující se nárůstem rizikových parametrů (BIS 2006, bod 434 - 437).

V případě, že se finanční instituce rozhodne pro adoptování IRBA metody pro účely výpočtu kapitálových požadavků, jsou některé kroky vedoucí k determinaci kapitálového požadavku charakterizovány pouze obecně. Uvedený přístup na jedné straně poskytuje finančním institucím volnost při vytváření vlastních modelů, ovšem dané modely následně slouží pouze k interním účelům a finanční instituce je nesdílí. Výsledkem nezveřejňování postupů, které finanční instituce využívají za účelem kvantifikace kapitálu metodou IRBA, je nejen chybějící literatura zabývající se přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD*, ale následně i publikace věnující se vzájemnému porovnání jednotlivých přístupů.

Předložená disertační práce se zabývá procesem výpočtu kapitálových požadavků metodou IRBA v segmentu retail klientely. Kapitálový požadavek představuje hodnotu kapitálu, kterou musí finanční instituce držet pro splnění Basilejských požadavků. Práce prezentuje jednotlivé kroky od požadavků pro adoptování metody IRBA až po výpočet kapitálového požadavku nad úroveň minimálního kapitálového požadavku, který bývá stanoven na základě výsledků stres testů. Předložená práce kromě detailního popisu procesu segmentace v prostředí retail klientely, prezentuje přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*, které byly schváleny národním regulátorem v České republice nebo v zahraničí. V disertační práci je rovněž prezentován vlastní model pro tvorbu odhadů rizikových parametrů, který bývá rovněž zpravidla výsledkem interních procesů.

Cílem disertační práce je vzájemné porovnání přístupů k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD* na úrovni „celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku“ a „celkové hodnoty kapitálu“, který je výsledkem stres testů. „Celková hodnota minimálního kapitálového požadavku“ je dána součtem minimálního kapitálového požadavku (*Minimální kapitálový požadavek* = $RWA \times 0,08$) a očekávané ztráty ($EL = PD \times EAD \times LGD$). „Celková hodnota kapitálu“, která je výsledkem stres testů, je počítána totožným způsobem jako „celková hodnota minimálního kapitálového požadavku“ s využitím dopadů stresových scénářů na hodnoty rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*. Vzájemné porovnání na obou úrovních (tj. na úrovni „celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku“ a „celkové hodnoty kapitálu“) nám poskytne odpověď, jak významných rozdílů v hodnotě kapitálu lze dosáhnout u totožného portfolia užitím jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů. Výsledky empirické analýzy lze využít jako podpůrný nástroj při rozhodování o způsobech

měření rizikových parametrů u finančních institucí implementujících metodu IRBA v segmentu retail klientely.

Regulační pravidla, která byla využita pro výpočty kapitálových požadavků, jsou platná k 30. 6. 2018.

Empirická část disertační práce je provedena na portfoliu retail klientely působící na území České republiky, tj. rezidentů a nerezidentů s trvalým nebo přechodným pobytem na území České republiky. Dané portfolio zahrnuje přibližně půl milionu úvěrů. Produkty poskytované danému portfoliu klientů zahrnují osobní úvěry, spotřebitelské a revolvingové úvěry. Časová řada, na které je empirická analýza provedena, obsahuje data za období 2003Q4 - 2018Q2.

Předložená disertační práce má následující strukturu. První kapitola je věnována ekonomické podstatě a historii kapitálových požadavků Basel. Druhá kapitola je věnována procesu výpočtu minimálního kapitálového požadavku. Kromě představení podmínek pro adoptování IRB přístupu a procesu segmentace v segmentu retail klientely se druhá kapitola zabývá popisem jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD*, způsobu jejich odhadování a následně i vzájemnému porovnání na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Druhá kapitola je zakončena dodatkem prezentujícím dopad nových účetních pravidel IFRS9 na hodnotu Shortfallu. Závěrečná kapitola prezentuje přístupy k tvorbě stres testů, které slouží k stanovení regulačního kapitálu. Stres testy jsou následně aplikovány na vybrané přístupy k měření rizikových parametrů za účelem vzájemného porovnání hodnoty regulačního kapitálu.

1. Podstata a historie kapitálových požadavků Basel

Kapitálové požadavky Basel představují nástroj pro regulaci vybraných finančních institucí². Hlavní důvod regulace finančních institucí vyplývá ze specifické skladby pasiv, kterou se odlišují od institucí nefinančních. Pasiva finančních institucí se vyznačují vysokým podílem cizích zdrojů, které jsou tvořeny především vklady klientů a ostatních věřitelů. Daná skladba pasiv by v neregulovaném prostředí vedla k situaci, kdy by vkladatelé a ostatní věřitelé podstupovali vyšší riziko než akcionáři. V neregulovaném prostředí by mohlo dojít ke krytí ztrát všemi typy pasiv rovnoměrně, což by více penalizovalo z důvodu vysokého podílu cizího kapitálu právě „neakcionářský“ kapitál.

Výše uvedené riziko spojené s vysokým podílem cizího kapitálu a způsobu krytí ztrát by v neregulovaném prostředí mohlo akcionáře vést k postupnému navyšování podílu cizího kapitálu. Motivaci navyšování cizího kapitálu lze kromě možnosti rovnoměrného krytí ztrát vysvětlit snahou o maximalizaci zisku měřeného pomocí rentability vlastního kapitálu (ROE). Rentabilitu vlastního kapitálu lze zvyšovat nárůstem aktiv, který by vedl k nárůstu zadluženosti. V případě neregulovaného prostředí, jak prezentuje Blahová (2018), by daný postup mohl vést k hodnotě vlastního (resp. akcionářského) kapitálu blížícího se nule.

Cílem kapitálových požadavků Basel je prostřednictvím zavedení minimálního kapitálového požadavku posílení věrohodnosti bankovního systému a ochrana zejména věřitelů (BIS, 2016). Zavedení minimálního kapitálového požadavku rovněž částečně eliminuje zvyšování cizího kapitálu za účelem růstu rentability akcionářského kapitálu.

Determinace minimálního kapitálového požadavku je provedena s využitím regulatorního kapitálu a rizikově vážených aktiv (RWA). Pomocí funkce rizikově vážených aktiv, která je v případě finančních institucí využívajících metodu IRBA (Pokročilá metoda interního ratingu) počítaná s využitím rizikových parametrů PD , EAD , LGD , je determinována hodnota minimálního kapitálového požadavku. Hodnota minimálního kapitálového požadavku slouží ke krytí neočekávané ztráty (UL). Součtem očekávané ($EL = PD \times EAD \times LGD$) a neočekávané ztráty dostaneme tzv. „celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku“.

Hlavním důvodem nahrazení minimálního kapitálového požadavku „celkovou hodnotou minimálního kapitálového požadavku“ je nerovnost očekávané ztráty (EL) a rezerv pro úvěrové ztráty (LLP). Hodnota rozdílu mezi očekávanou ztrátou a rezervou pro úvěrové ztráty musí být zohledněna v regulatorním kapitálu následujícím způsobem (ESRB, 2017).

² Pro účely disertační práce budeme finančními institucemi rozumět banky. Kapitálové požadavky se v modifikované podobě týkají kromě bank i záložen a obchodníků s cennými papíry.

- $LLP > EL \rightarrow$ rozdíl je možné přičíst k Tier2 kapitálu
- $EL > LLP \rightarrow$ rozdíl musí finanční instituce odečíst z CET1

Protože u testovaného portfolia je hodnota očekávané ztráty výrazně vyšší než hodnota rezerv pro úvěrové ztráty (viz kap. 2.6), bude „celková hodnota minimálního kapitálového požadavku“ představovat vhodnější a nezkreslený přístup k měření a následně i k vzájemnému porovnání minimálního kapitálového požadavku.

Výpočet minimálního kapitálového požadavku³ je prováděn kvartálně a jeho výsledná hodnota se mění v závislosti na hodnotách rizikových parametrů (PD , EAD , LGD) a hodnotách bilančních a mimobilančních položek. Protože hodnoty rizikových parametrů, bilančních a mimobilančních položek nejsou v čase konstantní a mění se i v nekrizovém období, je regulátorem vyžadováno, aby finanční instituce držely kapitál nad úroveň minimálního kapitálového požadavku. K determinaci přiměřené hodnoty kapitálu nad úroveň minimálního kapitálového požadavku jsou Basilejským výborem doporučovány, a rovněž i finančními institucemi nejvíce využívány, stres testy. Účelem stres testů je simulace dopadů nepříznivého ekonomického vývoje na hodnotu kapitálu finanční instituce. Prostřednictvím stres testů je determinován dodatečný kapitál pokrývající nejen běžné změny rizikových parametrů a vývoj bilančních a mimobilančních položek v nekrizovém období, ale i jejich změny během mírné recese.

Součtem „celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku“ a kapitálu nad úroveň celkového minimálního kapitálového požadavku dostaneme tzv. „celkovou hodnotu kapitálu“, která determinuje hodnotu regulatorního kapitálu (Obr. 1). Aby byla zachována rovnost mezi hodnotou regulatorního kapitálu a „celkovou hodnotou kapitálu“, který zahrnuje i hodnotu očekávané ztráty (EL), obsahuje regulatorní kapitál kromě vlastního kapitálu (Tier1), dodatkového kapitálu (Tier2⁴) a ekonomického kapitálu i rezervy pro úvěrové ztráty (LLP).

Ekonomický kapitál představuje část vlastního kapitálu, která je dle finanční instituce nutná k pokrytí maximální možné ztráty při definované úrovni spolehlivosti pro zvolený časový horizont. Finanční instituce stanovují hodnotu ekonomického kapitálu pomocí stres testů⁵ nebo s využitím alternativních přístupů k měření kreditních rizik, mezi které patří Credit Portfolio

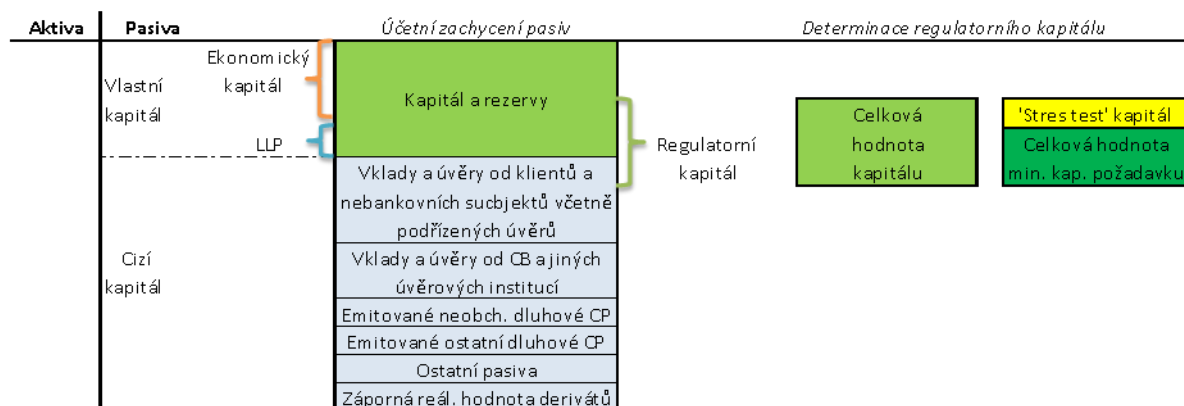
³ Pro účely disertační práce to představuje „celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku“.

⁴ Podmínky pro zařazení do jednotlivých typů kapitálu (Tier1, Tier2) a jejich vzájemné poměry budou prezentovány u jednotlivých kapitálových požadavků Basel I, Basel II a Basel III v rámci první kapitoly.

⁵ Volba stresového scénáře pro stanovení výše ekonomického kapitálu bývá u finančních institucí zpravidla přísnější v porovnání s požadavkem Basilejského výboru. Protože je hodnota ekonomického kapitálu kryta vlastními zdroji finanční instituce, bývá daný typ kapitálu součástí regulatorního kapitálu, resp. se částečně (nebo i zcela) překrývají (viz Obr. 1).

View, KMV, Credit Metrics a Credit Risk+ (ČNB, 2002). V případě retail klientely lze za relevantní považovat poslední dva zmíněné přístupy.

Obr. 1: Způsob stanovení celkové hodnoty regulatorního kapitálu a jeho vazba na účetní zachycení pasiv finančních institucí



Pozn.: Poměr jednotlivých typů pasiv je ilustrační. LLP – rezervy pro úvěrové ztráty, Skladba pasiv vychází z metodického listu rozvahy bank (ČNB, 2019).

Pro lepší porozumění hlavního cíle disertační práce budeme prezentovat výše uvedené vazby, které jsou rovněž zachycené na Obr. 1 v opačném pořadí.

Hodnota regulatorního kapitálu je determinována celkovou hodnotou kapitálu. Celková hodnota kapitálu je výsledkem dopadů stresových scénářů na hodnotu jednotlivých rizikových parametrů. Stres testy jsou prováděny za účelem determinace kapitálu nad úroveň celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Celková hodnota minimálního kapitálového požadavku u finančních institucí v segmentu retail klientely využívajících metodu IRBA je stanovena na základě odhadů rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*. Odhady hodnot rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD* nejvýznamněji ovlivňuje způsob jejich měření.

Hlavním cílem disertační práce bude prezentace variantních přístupů k měření jednotlivých rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD* a následně jejich vzájemné porovnání ve dvou úrovních. První porovnání bude provedeno na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Následně budou vybrané přístupy k měření rizikových parametrů porovnány na úrovni celkové hodnoty kapitálu.

1.1. Historie kapitálových požadavků Basel

V následující části úvodní kapitoly bude prezentován vývoj kapitálových požadavků Basel s důrazem na kapitálové požadavky ke kreditním rizikům. Kreditní (resp. úvěrové) riziko představuje širší pojem a zahrnuje všechny typy rizik související s úvěrovou činností finanční

instituce. Členění kreditního rizika není přesně vymezeno a v jednotlivých literaturách se mírně liší. Zatímco Jílek (2000) rozděluje úvěrová rizika na přímé úvěrové riziko (ztráta ze selhání protistrany u tradičních rozvahových položek), riziko úvěrových ekvivalentů (ztráta ze selhání protistrany u podrozvahových položek), riziko vypořádání (ztráta ze selhání transakcí během procesu vypořádání) a riziko angažovanosti (riziko koncentrace), Blahová (2018) kromě zmíněných typů rizik rozlišuje riziko protistrany (související s nedodržením podmínek kontraktu) a riziko reziduální (zbytkové riziko nepřesahující předem stanovenou úroveň materializace).

Kapitálové požadavky Basel ke kreditním rizikům v segmentu retail klientely jsou určeny ke krytí přímého kreditního rizika, rizika úvěrových ekvivalentů (nevyčerpaná část revolvingových úvěrů) a rizika protistrany.

Kromě kapitálových požadavků Basel, které slouží ke krytí zmíněných typů kreditních rizik již poskytnutých úvěrů, využívají finanční instituce primárně tradiční nástroje k řízení kreditních rizik, mezi které patří úvěrový rating a v segmentu retail klientely především úvěrový scoring. Dané nástroje slouží k posouzení rizikovitosti žadatele o úvěr s cílem zamítnout (resp. neposkytnout úvěr) klienty s vyšší pravděpodobností k selhání nebo k nedodržení všech úvěrových podmínek.

Následující výklad se bude zabývat charakteristikou jednotlivých kapitálových požadavků Basel I, Basel II a Basel III. Kromě způsobu přidělování vah a požadavků na kvalitu kapitálu, bude věnován prostor i jejím nedostatkům vedoucím k revizi kapitálových požadavků Basel I a Basel II. Kapitola je zakončena výčtem plánovaných změn, které byly publikovány k 30. 6. 2018.

Kapitálové požadavky Basel I (Basel Capital Accord – Basilejská kapitálová dohoda)

Dohoda Basel (Basel Accord), která je často obecně označována (po publikování Basel II a Basel III) jako Basel I⁶, měla za úkol prostřednictvím kvantitativním a technických ukazatelů harmonizovat bankovní dohled, regulaci a minimální kapitálové požadavky. Výpočet minimálního kapitálového požadavku k úvěrovému riziku („*kapitálový požadavek A*“) bylo možné provádět pouze standardním přístupem. Podstata standardního přístupu spočívá v přidělování vah dle typu protistrany (resp. pohledávky). Výše vah byla stanovena Basilejským výborem pro jednotlivé typy protistran následovně.

0 %: Vlády a centrální banky států OECD

10 %: Ústřední vlády a veřejnoprávní subjekty jednotlivých zemí

⁶ V dalším výkladu budeme rovněž užívat označení „Basel I“.

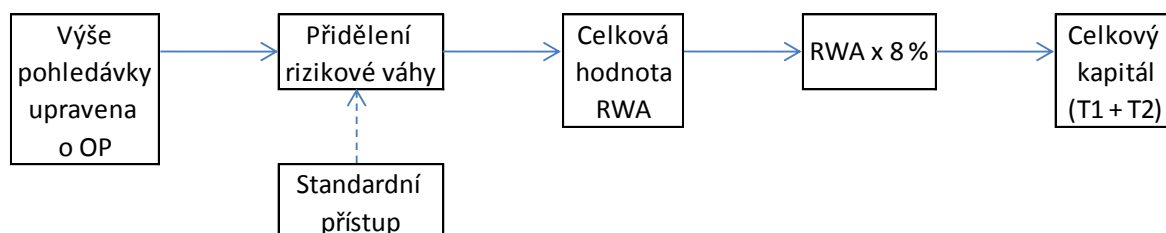
20 %: Pohledávky vůči bankovním institucím a ostatním subjektům veřejného sektoru

50 %: Hypotéky na bydlení⁷

100 %: Pohledávky vůči soukromému sektoru a obchodním společnostem

Přidělením odpovídacích vah pro jednotlivé typy pohledávek⁸ bylo dosaženo celkové hodnoty rizikově vážených aktiv (RWA). Minimální kapitálový požadavek byl stanoven na úrovni 8 % z celkové hodnoty RWA.

Obr. 2: Přidělování vah a následné krytí úvěrového rizika kapitálem (Basel I)



Pozn.: OP – opravné položky (dle účetních standardů).

Tier 1 (T1) zahrnoval kmenové akcie, neodvolatelné prioritní akcie a vykázané rezervy z nerozděleného zisku po zdanění

Tier 2 (T2) byl nižší kvality a zahrnoval zejména nevykázané rezervy a dlouhodobý podmíněný dluh. Hodnota Tier 2 kapitálu nesměla být větší než hodnoty Tier 1 kapitálu.

Za hlavní nedostatek Basel I lze považovat přidělování vah, které bylo rozděleno pouze do pěti skupin, a tudíž nedostatečně rozlišovalo riziko protistrany do takové míry, aby odráželo skutečnou složitost kreditních rizik. Rovněž změna bonity (rizikovosti) nebyla posuzována v kontextu protistrany. Výše zmíněné nedostatky vedly k první revizi kapitálových požadavků Basel I.

Kapitálové požadavky Basel II

V roce 1998 byl vypracován Basilejským výborem nový rámec kapitálové přiměřenosti. Finální dokument, označován jako Basel II byl publikován v roce 2004. Následně byly kapitálové požadavky Basel II dvakrát revidované, a to v letech 2005 a 2006 (BIS, 2006). Kapitálové požadavky Basel II se skládaly ze tří pilířů:

⁷ Hypoteční úvěr zajištěný obytným domem obývaným majitelem.

⁸ Hodnota pohledávky byla před vynásobením rizikovou vahou upravena o hodnotu opravných položek, které byly vytvořeny k dané pohledávce.

Pilíř 1: Minimální kapitálový požadavek, jehož hlavním přínosem z pohledu úvěrových rizik bylo rozšíření standardizovaného přístupu⁹ a představení metody interního ratingu (IRB).

Pilíř 2: Dohled a kontrola institucionálního řízení kapitálové přiměřenosti.

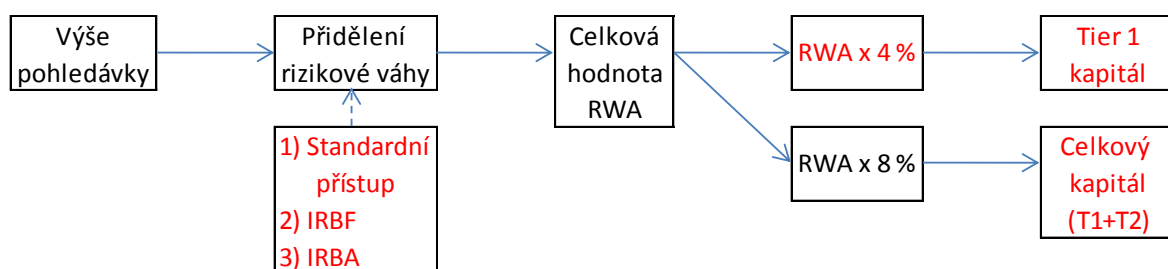
Pilíř 3: Pravidla zveřejňování informací finančních institucí s cílem posílit tržní disciplínu a transparentnost.

Metoda interního ratingu (IRB) představovala úplně nový přístup k měření úvěrového rizika, jejichž cílem bylo zapojení samotných finančních institucí do procesu výpočtu kapitálu pro regulační účely a tím lépe zachytit rizika, kterým jsou finanční instituce vystaveny. Daným přístupem mělo být dosaženo snížení rozdílu mezi hodnotami regulačního a ekonomického kapitálu.

Hlavním přínosem druhého pilíře z hlediska kreditních rizik je hodnotící proces kapitálové přiměřenosti vzhledem k rizikovému profilu finančních institucí. Pro finanční instituce využívající metodu IRB představuje hodnotící proces tvorbu modelů a přístupů pro zachycení rizika, které není dostatečně kryté minimálním kapitálovým požadavkem, tj. prvním pilířem.

Třetí pilíř doplňuje první dva pilíře v podobě přesného vymezení informační povinnosti finančních institucí ohledně struktury kapitálu, rizikových expozic, procesu rizikového hodnocení a kapitálové přiměřenosti.

Obr. 3: Přidělování vah a následné krytí úvěrového rizika kapitálem¹⁰ (Basel II)



Tier 1 (T1) zahrnuje kmenové akcie, neodvolatelné prioritní akcie (plně splacený) a vykázané rezervy z nerozděleného zisku po zdanění.

Tier 2 (T2) zahrnuje nezveřejněné rezervy z přecenění, LLP (rezervy pro úvěrové ztráty), hybridní kapitál a dlouhodobý podmíněný dluh. Hodnota Tier 2 kapitálu nesmí přesáhnout hodnotu Tier 1.

⁹ Rozšíření členění dle typu protistran, resp. typu pohledávky a stanovení rizikových vah dle externího ratingu (rostoucí význam ratingových agentur).

¹⁰ Součástí Basel II kapitálu (a tzv. dodatku k Basel I) je i Tier 3 kapitál, který sloužil pouze ke krytí tržních rizik.

Po propuknutí světové finanční krize 2008 byl Basel II podroben tvrdé kritice z důvodu neschopnosti finančních institucí krýt dostatečně své ztráty. Příčiny, které odhalila finanční krize 2008 a následně stály i za krachem mnoha finančních institucí, lze charakterizovat následovně:

- Nedostatečné krytí podrozvahových expozic (zejména derivátových obchodů), ze kterých vyplynuly obrovské ztráty.
- Nedostatečné řízení likvidity (krátkodobé i dlouhodobé), které umocnil dominový efekt po vypuknutí finanční krize v roce 2008.
- Procykličnost kapitálových požadavků Basel II vedoucí k nedostatečné tvorbě kapitálu nutné ke krytí ztrát během ekonomické recese.

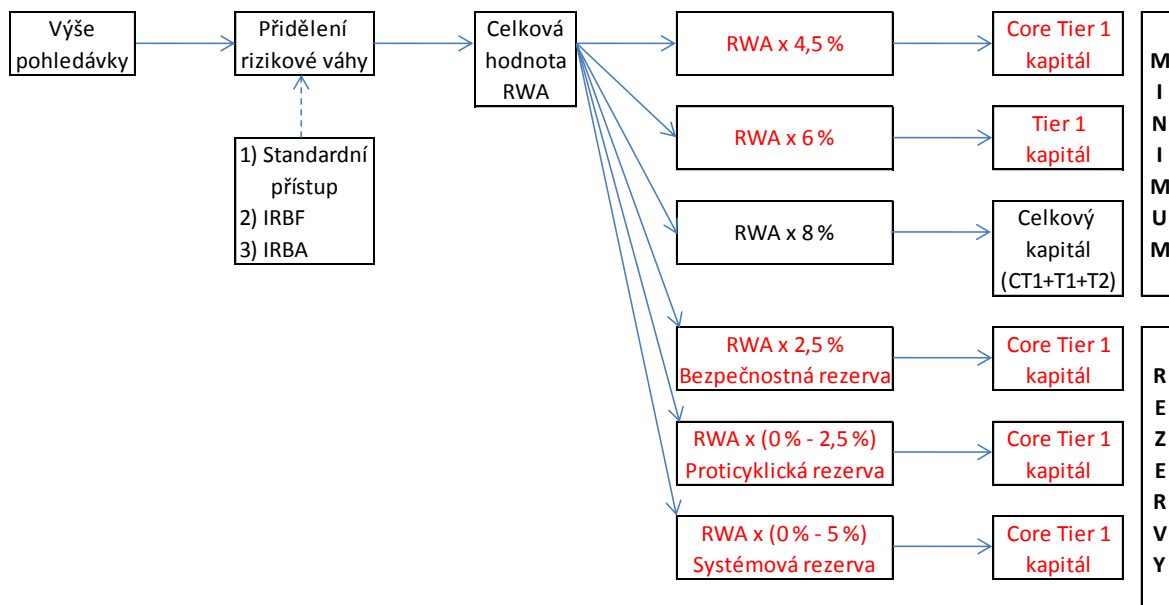
Zmíněné nedostatky vedly k rozšíření kapitálových požadavků Basel II, výsledkem kterého byly kapitálové požadavky Basel III.

Kapitálové požadavky Basel III

Kapitálové požadavky Basel III, jejichž vznik byl do značné míry ovlivněn propuknutím finanční krize v roce 2008, měly v první řadě vyřešit problém procykličnosti kapitálových požadavků ke kreditním rizikům. Procykličnost byla zřejmá již v kapitálových požadavcích Basel I a následně umocněna zapojením ratingových agentur do procesu výpočtu¹¹ kapitálových požadavků Basel II. S cílem eliminace procykličnosti kapitálových požadavků byly zavedeny tzv. kapitálové rezervy (CRD IV, 2013). Kromě kapitálových rezerv došlo k úpravě kvalitativních požadavků na regulatorní kapitál, které vedly k členění kapitálu na Core Tier 1 (CET1), Tier 1 a Tier 2 kapitál. Jednotlivé kapitálové třídy včetně jejich minimálních hodnot zachycuje Obr. 4. Podmínky pro zařazení do daných kapitálových tříd jsou prezentovány v textu pod Obr. 4.

¹¹ Standardizovaný přístup k výpočtu kapitálových požadavků Basel II.

Obr. 4: Přidělování vah a následné krytí úvěrového rizika kapitálem (Basel III)



Core Tier 1 (CT1) zahrnuje kmenové akcie¹², prioritní akcie (plně splacený), nerozdělený zisk a akumulované ostatní příjmy, vykázané rezervy, kmenové akcie emitované konsolidovanými dceřinými společnostmi držené třetí stranou.

Tier 1 (T1) zahrnuje instrumenty splňující zařazení do CT1 (ale nejsou součástí CT1), kmenové akcie emitované v rámci emise instrumentů zahrnovaných do T1, kmenové akcie emitované konsolidovanými dceřinými společnostmi držené třetí stranou (a nejsou součástí CT1)¹³.

Tier 2 (T2) zahrnuje instrumenty splňující podmínku pro CT1 nebo T1 a nejsou jejich součástí. Kromě toho lze do T2 zahrnout LLP, nebo podmíněné závazky splňující předem stanovené podmínky (BIS, 2010, bod 58).

Zatímco bezpečnostní a proticyklické rezervy jsou aplikovány plošně, pro hodnotu systémové rizikové rezervy (SRB) to neplatí. Členské státy EU mají právo vyžadovat kapitálovou rezervu pro krytí systémového rizika (0 – 5 %) plošně po celém finančním sektoru, nebo pouze po vybraných institucích. Pokud je hodnota kapitálové rezervy 3 % a méně, stačí Evropskou komisi informovat s měsíčním předstihem. V případě, že dohledová autorita má v úmyslu stanovit hodnotu kapitálové rezervy v intervalu 3 – 5 %, potřebuje souhlas Evropské komise (CRD IV, 2013).

¹² Musí splňovat přísnější požadavky pro začlenění do CET1 (BIS, 2010, bod 53).

¹³ Lze zahrnovat i instrumenty klasifikované jako závazky, ovšem pod podmínkou, že budou absorbovat ztrátu konverzí na kmenové akcie, nebo předem specifikovaným způsobem odpisu.

Kromě kapitálové rezervy pro krytí systémového rizika (SRB) může dohledový orgán využít i kapitálovou rezervu pro systémově významné instituce (SIFISs), která má dvě podoby:

I) Globální úroveň, G-SVI (1 – 3,5 %)

Povinné pro finanční instituce, které byly označeny za systémově významné na základě G-SVI kritérií, mezi které patří velikost aktiv, přeshraniční aktivity, vzájemná propojenost v rámci finančního systému aj.

II) Lokální úroveň, O-SVI (0 – 2 %)

Kapitálové rezervy pro systémově významné instituce na lokální úrovni nejsou povinné. V případě jejich uplatnění jsou danou rezervou penalizovány domácí nebo evropské významné instituce (CRD IV, 2013).

V případě, že by bylo aplikováno více kapitálových rezerv najednou (SRB, G-SVI, O-SVI), uplatní se pouze ta kapitálová rezerva, která je nejvyšší. U všech výše uvedených typů systémových rezerv je prováděna pravidelná kalibrace hodnot¹⁴. Tak jako u ostatních kapitálových rezerv, i v případě systémových rezerv (tj. systémová riziková rezerva a rezervy pro systémově významné instituce) platí, že musí být kryté nejkvalitnějším kapitálem, tj. CET1 kapitálem.

Časový harmonogram implementace kapitálových požadavků Basel III ke kreditním rizikům (BIS, 2012a) přehledně zachycuje Obr. 5.

¹⁴ ČNB (jako národní regulátor a dohledová autorita) využívá pro rok 2019 pouze kapitálové rezervy pro krytí systémového rizika, které uplatňuje pouze na vybrané finanční instituce (ČNB, 2018). ČNB rovněž identifikuje a pravidelně aktualizuje seznam systémově významných institucí na lokální úrovni (O-SVI), přičemž kapitálová rezerva (0 – 2 %) pro dané finanční instituce nebyla během období 2016 – 2019 nasazena (ČNB, 2018a).

Obr. 5: Kapitálové požadavky Basel III

% RWA	Basel II	Přechodné období (Basel III)						Basel III
	1.1.2012	1.1.2013	1.1.2014	1.1.2015	1.1.2016	1.1.2017	1.1.2018	1.1.2019
Core Tier 1 ratio (CT1)	2,00	3,50	4,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Bezpečnostní rezerva (BP)					0,625	1,25	1,875	2,50
Proticyklický bufer (PB)					≤ 0,625	≤ 1,25	≤ 1,875	≤ 2,50
Systémová rezerva (SR)*				≤ 5,00	≤ 5,00	≤ 5,00	≤ 5,00	≤ 5,00
CT1 + BP					5,125	5,75	6,375	7,00
CT1 + BP + PR					≤ 5,75	≤ 7,00	≤ 8,25	≤ 9,50
CT1 + BP + PR + SR				≤ 9,50	≤ 10,75	≤ 12,00	≤ 13,25	≤ 14,50
Tier 1 ratio	4,00	4,50	5,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Celkový kapitál (CK)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
CK + BR					8,625	9,25	9,875	10,50
CK + BR + PR					≤ 9,25	≤ 10,50	≤ 11,75	≤ 13,00
CK + BR + PR + SR				≤ 13,00	≤ 14,25	≤ 15,50	≤ 16,75	≤ 18,00

*systémová rezerva (SR) reprezentuje systémovou rizikovou rezervu (SRB), která může nabývat vyšších hodnot než kapitálová rezerva pro systémově významné instituce (SIFIs).

Pozn.: Pokud by došlo k plnému využití kapitálových rezerv, hodnota celkového kapitálového požadavku by byla 18 % (z hodnoty RWA), přičemž hodnota Core Tier 1 (CT1) kapitálu by musela být minimálně na úrovni 14,5 %.

Kromě prezentovaných změn, které přináší Basel III, je důležitým poznatkem, že kapitálové požadavky Basel III nemění způsob přidělování vah pro výpočet rizikově vážených aktiv (RWA) a ponechávají metodu interního ratingu (IRB) v segmentu retail klientely prezentovanou v rámci kapitálových požadavků Basel II (BIS, 2006) beze změny.

Připravované změny IRB přístupu v segmentu retail klientely pro období 2022 - 2027

Od publikování kapitálových požadavků Basel III Basilejský výbor publikoval řadu dalších návrhů a dokumentů, které upravovaly nebo rozšiřovaly původní kapitálové požadavky Basel III. Nejvýznamnější změny byly publikovány v dokumentech pod názvem „Basel III: Dokončení po-krizových reforem“ (BIS, 2017) a „Shrnutí Basel III reforem“ (BIS, 2017a). První významnou změnou je zavedení minimálních hodnot pro jednotlivé rizikové parametry¹⁵, jejichž budoucí hodnoty prezentuje Obr. 6.

¹⁵ Současné minimální hodnoty v segmentu retail klientely jsou stanoveny pro rizikový parametr $PD = 0,03$ %, rizikový parametr EAD nesmí být menší než hodnota bilančních položek.

Obr. 6: Minimální úroveň rizikových parametrů PD, EAD a LGD

	PD		LGD	EAD
	Nezajištěné		Zajištěné	
QRRE (A)	5 p.b.	50%	N/A	Spodní hranice EAD
QRRE (B)	10 p.b.	50%	N/A	je dána součtem
Ostatní retail expozice	5 p.b.	30%	V závislosti na typu zajištění: 0% finanční 10% pohledávky 10% komerční nebo rezidentní nemovitosti 15% ostatní fyzické zajištění	sumy bilančních položek a 50 % mimobilačních položek s využitím kreditního konverzního faktoru (CCF) ve standardizovaném přístupu

**QRRE (A) zahrnují revolvingové úvěry, které jsou aktivně využívány minimálně 6 měsíců a nikdy nebyly po splatnosti. QRRE (B) zahrnují všechny ostatní revolvingové úvěry, které nejsou součástí QRRE (A).*

Druhá významná změna představuje zavedení minimální hodnoty rizikově vážených aktiv (RWA) pro instituce využívající metodu interního ratingu (IRB). Minimální úroveň rizikově vážených aktiv bude stanovena poměrem RWA vypočítaného IRB metodou k hodnotě RWA vypočítaného standardní metodou. Minimální úrovně včetně časového harmonogramu prezentuje Tab. 1.

Tab. 1 - Minimální hodnoty RWA finančních institucí využívajících metodu IRB

Datum platnosti	Spodní hranice
1. 1. 2022	50 %
1. 1. 2023	55 %
1. 1. 2024	60 %
1. 1. 2025	65 %
1. 1. 2026	70 %
1. 1. 2027	72,5 %

2. Proces výpočtu minimálního kapitálového požadavku metodou IRB

Proces výpočtu minimálního kapitálového požadavku zahrnuje všechny kroky vedoucí k determinaci výše kapitálu pro účely minimálního kapitálového požadavku. Minimální kapitálový požadavek představuje minimální hodnotu kapitálu, kterou musí finanční instituce držet pro splnění Basilejských kapitálových požadavků.

Jednotlivé kroky související s procesem stanovení minimálního kapitálového požadavku jsou zpracovány do samostatných podkapitol. V prvním kroku, kterému je věnována podkapitola 2.1, jsou charakterizovány podmínky Basilejského výboru pro zařazení do segmentu retail klientely. Následně, dle typu produktů poskytovaných segmentu retail klientely, dochází k dalšímu dělení klientů do samostatných podsegmentů retail klientely. V případě testovacího portfolia se jedná o podsegment revolvingových úvěrů a podsegment ostatních úvěrů. Dané dělení není konečné a u jednotlivých podsegmentů je nutné provádět proces segmentace. Cílem procesu segmentace (podkapitola 2.2) je tvorba homogenních skupin, přičemž za homogenní skupinu považujeme skupinu klientů se stejnými nebo podobnými vlastnostmi vzhledem k vybranému rizikovému parametru. Jinými slovy, homogenní skupina slučuje skupinu klientů vyznačující se určitou úrovní vybraného rizikového parametru. Pro jednotlivé homogenní skupiny jsou následně počítány hodnoty rizikových ukazatelů *PD*, *EAD* a *LGD* (podkapitola 2.3). Způsob výpočtu jednotlivých rizikových parametrů výrazně ovlivňuje nejen jejich výslednou hodnotu, ale následně i hodnotu minimálního kapitálového požadavku, a proto lze považovat danou část za jádro druhé kapitoly i celé disertační práce. Podkapitola 2.4 prezentuje tvorbu odhadů jednotlivých rizikových parametrů, jejichž cílem je pokrýt očekávanou volatilitu daných rizikových parametrů pro odpovídající časové období. Následně jsou odhady využity pro výpočet minimálního kapitálového požadavku (podkapitola 2.5), který je proveden prostřednictvím regulační rovnice. Druhá kapitola je zakončena dodatkem věnujícím se dopadu nových účetních pravidel IFRS9 na hodnotu Shortfallu (podkapitola 2.6).

2.1. Charakteristika a podmínky pro adoptování IRB přístupu v segmentu retail klientely

Následující část bude věnována charakteristice retail klientely a požadavkům kladeným finančním institucím pro adoptování metody IRB pro výpočet minimálních kapitálových požadavků v segmentu retail klientely.

Definice a požadavky pro zařazení expozic do segmentu retail klientely

Za retail expozici, pro účely výpočtu kapitálových požadavků metodou IRB, jsou považovány expozice splňující následující podmínky (BIS, 2017, bod 21):

- expozice vůči jednotlivcům (kreditní karty, klasické úvěry, kontokorentní úvěry aj.),
- hypoteční úvěry na bydlení (včetně prvního a následného zástavního práva),
- úvěry poskytnuté SME, které na konsolidované bázi nepřesahují jeden milion eur.

V případě, že expozice splňuje výše zmíněné podmínky, může být zařazena do portfolia retail klientely, a to pouze v případě, že finanční instituce má ve svém portfoliu dostatečně velké množství obdobných expozic (BIS, 2017, bod 22). Minimální počet není přesně stanoven, ovšem regulátor může stanovit minimální úroveň pro jednotlivé typy retailových expozic.

Samostatné podmínky pro zařazení do podsegmentu kvalifikovaných revolvingových retail expozic (QRRE), z důvodu odlišného chování klientů, stanovuje Basilejský výbor (BIS 2006, bod 234) a jedná se o následující podmínky:

- expozice revolvingové, nezajištěné a nezávazné (tj. výše pohledávky se mění v závislosti na rozhodnutí klienta o čerpání a splácení),
- expozice vůči jednotlivcům,
- maximální pohledávka vůči jednotlivci nesmí přesáhnout 100 tisíc eur,
- korelační koeficient pro výpočet RWA je nižší než v případě ostatních retail expozic, a proto musí finanční instituce demonstrovat, že revolvingové portfolio má nízkou volatilitu zejména u nižších hodnot pravděpodobnosti selhání (*PD*),
- nutný souhlas regulátora pro zařazení aktiv do subsegmentu revolvingových expozic.

Charakteristika IRB přístupu

IRB přístup je založen na měření neočekávané ztráty (Unexpected loss, UL) a očekávané ztráty (Expected Loss, EL). Hodnota kapitálového požadavku se vztahuje k neočekávané ztrátě (UL) a je determinována pomocí funkce rizikových vah (BIS 2006, bod 212).

Fungování IRB přístupu je založeno na třech klíčových elementech (BIS 2006, bod 244):

I) Rizikové komponenty

Představují rizikové parametry *PD*, *EAD* a *LGD*¹⁶, které může finanční instituce sama odhadovat.

PD – Probability of default (Pravděpodobnost selhání)

EAD – Exposure at default (Expozice při selhání)

LGD – Loss Given Default (Ztráta při selhání)

II) Funkce rizikových vah

Jedná se o funkci, prostřednictvím které jsou rizikové parametry transformovány do rizikově vážených aktiv (RWA).

III) Minimální požadavky

Představují minimální standardy, které musí finanční instituce splnit, aby mohla IRB přístup používat. Minimální kapitálový požadavek je počítán z hodnoty RWA.

Pro většinu typů aktiv nabízí metoda interního ratingu (IRB) volbu mezi přístupem základním (IRBF, Foundation Internal ratings-based approach) a pokročilým (IRBA, Advanced internal ratings-based approach). V případě základního přístupu, finanční instituce provádějí vlastní odhady rizikového parametru *PD*, zatímco odhady *EAD* a *LGD* jsou stanovené regulátorem (BIS 2006, bod 245). V případě pokročilého přístupu finanční instituce používají vlastní odhady všech rizikových parametrů.

V případě retail klientely musí finanční instituce provádět vlastní odhady všech rizikových parametrů (*PD*, *EAD*, *LGD*), a tudíž základní metodu (IBRF) nelze u segmentu retail klientely využít (BIS 2006, bod 252).

Výčet z podmínek pro adoptování IRB přístupu

Před adoptováním IRB přístupu musí finanční instituce prokázat, že je schopná nejen na počátku, ale i průběžně plnit minimální kapitálové požadavky. Důraz je kladen zejména na schopnost finanční instituce klasifikovat rizika spolehlivým a vhodným způsobem (BIS 2006, bod 388). Pro

¹⁶ Čtvrtým parametrem je *M* (Effective Maturity, Efektivní splatnost). Daný parametr v případě retail klientely nevstupuje do výpočtu funkce rizikových vah (BIS 2006, 327).

správné fungování klasifikace rizika musí finanční instituce disponovat kvalifikovaným ratingovým systémem.

Ratingový systém zahrnuje všechny metody, procesy, kontroly, sběr dat a IT systém, které podporují hodnocení kreditního rizika, přidělování interního ratingu a kvantifikují odhady selhání a ztrát z portfolia úvěrů. Finanční instituce musí demonstrovat, že každý systém pro účely IRB funguje v souladu s minimálními požadavky na začátku i v průběhu (BIS 2006, bod 394, 395).

Finanční instituce využívající metodu IRB musí pravidelně provádět stres testy k ohodnocení kapitálové přiměřenosti. Stres testy musí zahrnovat možné události nebo budoucí změny v ekonomických podmínkách, které by měly nepříznivý dopad na kapitál (BIS, 2006).

Pro odhady rizikových parametrů musí finanční instituce disponovat dostatečně dlouhou časovou řadou. Minimální časová řada pro odhady parametrů v segmentu retail klientely je 5 let z jednoho zdroje dat pro všechny rizikové parametry (BIS 2006, bod 463, 473, 479). Kromě odhadů založených na dostatečně dlouhé časové řadě, musí finanční instituce disponovat robustním systémem pro validaci konzistence ratingového systému a procesu odhadů rizikových parametrů (BIS 2006, bod 500).

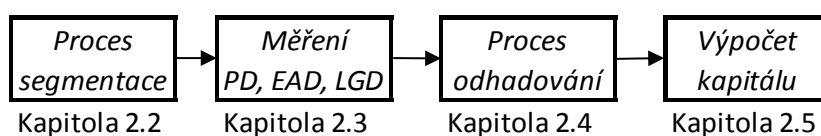
Finanční instituce musí pravidelně provádět porovnání odhadovaných a realizovaných hodnot rizikových parametrů (BIS 2006, 501).

Aby byly finanční instituce způsobilé pro používání IRB přístupu, musí splňovat požadavky ohledně zveřejňování dokumentů a informací stanovených v třetím pilíři. Jedná se o minimální požadavky na používání IRB metody, přičemž nedodržení daných podmínek může vést k tomu, že finanční instituci bude odebráno oprávnění používat IRB metodu (BIS 2006, 537).

Ostatní podmínky a požadavky Basilejského výboru vztahující se k segmentu retail klientely budou z důvodu jejich vazby na jednotlivá témata prezentována postupně v jednotlivých kapitolách a podkapitolách.

Po základní charakteristice retail klientely a metody IRB budou v další části druhé kapitoly prezentovány jednotlivé kroky vedoucí k determinaci minimálního kapitálového požadavku v pořadí, v kterém jsou zobrazeny na Obr. 7.

Obr. 7: Kroky vedoucí k determinaci minimálního kapitálového požadavku



2.2. Proces segmentace

Cílem procesu segmentace je rozdělení portfolia klientů do homogenních skupin. Homogenní skupinou rozumíme skupinu klientů se stejnými nebo podobnými vlastnostmi a charakteristikami vzhledem k vybranému rizikovému parametru. Nejčastěji je prováděna segmentace s cílem vytvořit homogenní skupiny vzhledem k rizikovému parametru *PD*. Vhodně provedená segmentace vede k nižší volatilitě rizikových parametrů a následně k přesnějším a konzistentním odhadům rizikových parametrů (BIS, 2006, bod 401).

V následující části budeme prezentovat proces segmentace, kterým bylo segmentováno testované portfolio pro účely IRBA. Protože je proces segmentace rozsahově náročný, budeme prezentovat proces segmentace pouze na části testovaného portfolia.

Z důvodu, že proces segmentace není nutné provádět pro jednotlivé rizikové parametry samostatně, bude prezentován proces segmentace vzhledem k rizikovému parametru *PD*. Volba daného parametru vychází z citlivosti hodnoty RWA na změnu hodnot parametru *PD*, která je vyšší než v případě rizikových parametrů *EAD* a *LGD* (viz BOX 3).

Proces segmentace představuje technicky dlouhý a náročný proces a zpravidla se provádí ve dvou samostatných krocích. V prvním kroku bude provedena segmentace s ohledem na požadavky Basilejského výboru. Daný typ segmentace představuje mix doporučení Basilejského výboru a manažerských dovedností a je označován jako byznys segmentace. Ve druhém kroku, který je označován jako statistická segmentace, bude provedeno dodatečné dělení s cílem nalezení dostatečně homogenních skupin pro účely odhadování rizikových parametrů. Proces segmentace dle rizikového parametru *PD* může vést k nehomogenitě u parametru *EAD* a zejména *LGD*, která se projeví nedostatečně konzistentními odhady a následně vede ke zhoršení výsledků backtestů. Dané okolnosti často vedou k dodatečnému požadavku regulátora v podobě přidání konzervativní marže pro daný rizikový parametr. Alternativním řešením je provedení samostatné segmentace, která je rovněž využita u rizikového parametru *LGD* (viz kapitola 2.3.3).

2.2.1. Byznys segmentace

Byznys segmentace představuje primární segmentaci, která je do značné míry ovlivněna požadavky Basilejského výboru. Basilejský výbor požaduje, aby byla byznys segmentace orientována nejen na riziko dlužníka, ale i na riziko transakce. Dle požadavků Basilejského výboru by měly být následující rizikové charakteristiky využité při provádění segmentace retail klientely (BIS, 2006, bod 402):

- riziko dlužníka (věk, příjem, stav atd.),
- riziko transakce včetně typu produktu (kolaterál, relativní výše splátky atd.),
- delikvence expozice (finanční instituce by měla samostatně posuzovat expozice s odlišnou mírou delikvence).

Z daných požadavků vyplývá, že výsledek byznys segmentace do značné míry závisí na produktové škále úvěrové instituce. Mezi nejvýznamnější diskriminanty byznys segmentace retail klientely patří typ úvěru, typ klienta, typ produktu, pozice úvěru, typ selhání aj. Příklad byznys segmentace u testovaného portfolia pro jednotlivé diskriminanty zachycuje Tab. 2.

Tab. 2 - Příklad byznys segmentace dle rizikového parametru *PD*

Typ úvěru	Typ klienta	Typ produktu	Pozice úvěru	Typ selhání
Klasický úvěr	FO	Spotřebitelský úvěr	Výkonná pohledávka ¹⁷	Prodlení
Revolvingový úvěr	SME	Osobní úvěr	Nevýkonná pohledávka	Odklad
				P. Vymáhání

Výstupem byznys segmentace jsou všechny přípustné kombinace z výše uvedeného dělení. Přípustnou kombinaci představují všechny typy kombinací, které úvěrová instituce za účelem poskytnutí úvěru umožňuje. Příkladem možného omezení může být rozhodnutí finanční instituce neposkytovat spotřebitelský úvěr SME klientům. I přes dané omezení je počet kombinací již po provedení byznys segmentace značný, což potvrzuje i Tab. 3, která zobrazuje pouze velmi malou část¹⁸ kombinací byznys segmentace, prezentovanou v Tab. 2.

Tab. 3 - Byznys segmentace klasických osobních úvěrů u fyzických osob

1	Klasický úvěr	FO	Osobní úvěr	Výkonná pohledávka	
2	Klasický úvěr	FO	Osobní úvěr	Nevýkonná pohledávka	Prodlení
3	Klasický úvěr	FO	Osobní úvěr	Nevýkonná pohledávka	Odklad
4	Klasický úvěr	FO	Osobní úvěr	Nevýkonná pohledávka	Právní vymáhání

Cílem byznys segmentace bylo vytvoření segmentů na základě doporučení Basilejského výboru s využitím manažerských rozhodnutí. Manažerským rozhodnutím se rozumí u procesu byznys

¹⁷ Za výkonnou pohledávku se považují všechny pohledávky, které nejsou v selhání, tj. v prodlení, v odkladu nebo v právním vymáhání (jednotlivé typy selhání budou detailně vysvětleny v části 2. 3. 1.).

¹⁸ Klasický osobní úvěr poskytovaný fyzickým osobám.

segmentace přidání dalších proměnných nad úroveň doporučení Basilejského výboru, které by mohly vést k přesnějšímu dělení úvěrů po dokončení procesu byznys segmentace. V případě, že po provedení byznys segmentace je výsledná třída dostatečně granulární, nemusí vstupovat do procesu statistické segmentace.

2.2.2. Statistická segmentace

Statistická segmentace představuje druhou část procesu segmentace. Jejím cílem je s pomocí statistických nástrojů dosáhnout homogenity u segmentů, které po dokončení procesu byznys segmentace homogenní nebyly. Jak je v úvodu kapitoly zmíněno, za homogenní skupinu považujeme skupinu klientů se stejnými nebo podobnými vlastnostmi a charakteristikami vzhledem k vybranému rizikovému parametru.

Z důvodu, že proces segmentace je prováděn vzhledem k rizikovému parametru PD , budou do procesu statistické segmentace vstupovat pouze výkonné úvěry. V Tab. 3, která obsahuje část výsledků byznys segmentace, lze vidět, že pouze jedna ze čtyř skupin byznys segmentace vstoupí do procesu statistické segmentace. Důvodem neprovádění statistické segmentace pro nevýkonné segmenty je skutečnost, že hodnota rizikového parametru PD je pro všechny nevýkonné úvěry rovna jedné ($PD = 100 \%$), a tudíž nelze dosáhnout dodatečného dělení vzhledem k parametru PD .

Postup statistické segmentace:

Iterace 1

- Výběr nejvíce diskriminujících proměnných (na základě maximálního mezitřídního rozptylu rizikového parametru PD).
- Oddělení (cut-off) vybraných proměnných a ohodnocení výsledného PD na intervalu spolehlivosti pro každou třídu.
- Pokud u vybraných proměnných dochází k překrytí (overlap) intervalu spolehlivosti, je provedeno nové dělení.
- V posledním kroku dochází ke kontrole homogenity. V případě, že jednotlivé třídy mají příliš velký rozptyl (více než 50 %), provádíme segmentaci dané třídy znova.

Iterace 2

- Stejný proces jako v iteraci 1 pro třídy s velkým rozptylem.

V prvním kroku dochází k výběru vstupních proměnných, ze kterých budou vybrány během iterace nejvíce diskriminující proměnné. Počet vstupních proměnných by měl být co nejvyšší, na druhou stranu není nutné pracovat se všemi dostupnými proměnnými. V praxi často dochází k odstranění určitých proměnných, u kterých vztah k rizikovému parametru PD není relevantní. Pro segmentaci u testovaného portfolia bylo vybráno 40 vstupních proměnných.

Příklady diskriminujících proměnných¹⁹:

- Původní výše úvěru (resp. úvěrový rámec pro revolving)
- Výše úvěru, resp. zbývající jistina (v t_0)
- Výše pohledávky po splatnosti (v t_0)
- Skóre v době přidělení úvěru
- Počet vstupů do vymáhání (během celé historie klienta)
- Nejhorší skóre klienta ze všech úvěrů
- Doba do splatnosti úvěru (v t_0)
- Původní doba do splatnosti úvěru
- Průměrné stáří úvěru (v t_0)
- Výše smluvní měsíční splátky
- Průměrní objem čerpání u revolvingového úvěru
- Počet předepsaných splátek (při udělení úvěru)
- Počet dní v prodlení (v t_0)
- Počet prodlení (v t_0)
- Počet odložených splátek (v t_0)
- Výše úrokové sazby
- Typ úrokové sazby

Z důvodu obsáhlého procesu statistické segmentace a závislosti na citlivých živých datech bude daný proces prezentován stručně, pouze na jednom vybraném příkladu. Jako příklad bude sloužit skupina osobních úvěrů, která je poskytována přímou cestou prostřednictvím telefonických

¹⁹ t_0 představuje časový moment, pro který je segmentace prováděna

kampaní, tj. z iniciativy finanční společnosti. Uvedené charakteristické znaky²⁰ dané skupiny klientů jsou již výsledkem byznys segmentace.

Krok 1: Výběr nejvíce diskriminujících proměnných²¹

Následná tabulka zobrazuje prvních šest nejvíce diskriminujících proměnných.

Tab. 4 - Přehled nejvíce diskriminujících proměnných

Pozice	Proměnná	Rozptyl Inter modality	Min	Max	Rozdíl
1	Výše pohledávky po splatnosti (v t0)	559,05	8,00	100,00	92,00
2	Počet prodlení (v t0)	538,66	8,00	100,00	92,00
3	Počet dní v prodlení (v t0)	531,23	7,71	92,00	84,29
4	Skóre v době přidělení úvěru	491,98	11,54	100,00	88,46
5	Počet vstupů do vymáhání	426,08	4,00	100,00	96,00
6	Nejhorší skóre klienta ze všech úvěrů	235,74	16,00	96,15	80,15

Protože všech 40 vstupních proměnných vstupuje do procesu u všech statistických segmentací a ne všechny proměnné mají vazbu na segmentované skupiny, které byly vyprodukovány byznys segmentací, je nutné zhodnotit, zda proměnná s nejvyšším rozptylem má skutečně vztah k testovanému segmentu²². V tomto případě vztah výše pohledávky po splatnosti a segmentu osobních úvěrů lze považovat za smysluplný. Vhodnost zvolené proměnné bude potvrzeno nebo vyvráceno v dalším kroku statistické segmentace.

Krok 2: Oddělení proměnných

V případě testovaného portfolia bude k nalezení hranic pro vybranou proměnnou využít test dobré shody (χ^2 test).

²⁰ Osobní úvěry – Přímá cesta – telefonická kampaň

²¹ Za nejvíce diskriminující proměnnou považujeme proměnnou s nejvyšším rozptylem, která představuje nejvhodnější proměnnou pro další dělení a nalezení homogenních skupin.

²² V případě segmentu kreditních karet poskytovaných nepřímou cestou byla zvolena za nejvíce diskriminující proměnnou rovněž pohledávka po splatnosti, kde ovšem hranice rozdělující daný segment byla na úrovni -500, kterou lze charakterizovat jako nepřiměřenou hranici, protože se jedná o přeplatek na kreditní kartě. Nevhodnou úroveň zvolené hranice potvrzoval i fakt, že u obou vytvořených tříd (tj. < -500 a >= -500) byla překročena přípustná úroveň rozptylu. V daných případech je následně „nevhodná“ proměnná nahrazena proměnnou, která je druhá (příp. další) v pořadí.

Tab. 5 - Tabulka výsledků hranic pro pohledávku po splatnosti (v t0)

Počet tříd	Hranice	Chi-2	CHI2 NORME
2	-5688	0	0
3	0	2,7181	0,0247
	0 ²³		
4	0	2,7181	0,0230
	0		
	0		
5	0	2,7181	0,0208
	0		
	0		
	0		

Prostřednictvím testu Chi-2 test dobré shody došlo k nalezení hranice, která by rozdělovala portfolio na klienty, kteří mají pohledávku po splatnosti a klienty, kteří nedluží nic, resp. mají přeplatek.

Krok 3: Testy překrytí intervalu spolehlivosti

Tab. 6 - Tabulka zobrazující 95% interval spolehlivost pro rozdělení pohledávky po splatnosti

Výše pohledávky po splatnosti (v t0)	FREQ	PD	ICmin	ICmax	Alerte
>0	631	76,23	71,98	79,88	--
=<0	1958	27,01	25,00	28,89	--

Tab. 6 jasně demonstruje, že dělení bylo provedeno správně. V případě, že klient měl pohledávku po splatnosti, pravděpodobnost, že se daný úvěr stane součástí portfolia nevýkonných pohledávek, byla vysoká, zatímco klienti s nulovou pohledávkou po splatnosti měli pravděpodobnost selhání výrazně nižší.

²³ Došlo k dělení pouze na dvě třídy, i když výsledky ze softwaru SAS udávají dělení na tři třídy s tím, že obě hranice jsou totožné (rovné nule).

Krok 4: Test homogenity výsledných tříd**Tab. 7 - Tabulka zobrazující výsledky testu homogenity pohledávek po splatnosti**

Výše pohl. po splat. (v t0)	nobs	PD	nbdef	VarIntra	ICmin	ICmax	VarInter	PartIntra
>0	631	76,23	481	113,89	71,98	79,88	88,25	18,96
=<0	1958	27,01	529	381,33	25,00	28,89	28,09	62,12

Z výsledku Tab. 7 je zřejmé, že segmentace není konečná. U klientů s nulovou pohledávkou po splatnosti je rozptyl výrazně nad stanovenou 50% hranicí, a tudíž je nutný další proces segmentace, který bude u dané skupiny úvěrů proveden prostřednictvím totožných čtyř kroků.

Tab. 8 - Přehled nejvíce diskriminujících proměnných (pohledávka po splatnosti =<0)

Pozice	Proměnná	Rozptyl Inter modality	Min	Max	Rozdíl
1	Skóre v době přidělení úvěru	134,56	0,00	55,00	55,00
2	Původní doba do splatnosti úvěru	119,25	5,55	52,50	46,95
3	Zaměstnání	116,83	5,55	58,65	53,10
4	Výše úrokové sazby	112,86	5,55	53,03	47,48
5	Počet odložených splátek (v t0)	111,56	5,00	52,00	47,00
6	Doba do splatnosti úvěru (v t0)	111,22	0,00	51,96	51,96

Nejvíce diskriminující proměnnou u klientů s nulovou pohledávkou po splatnosti bylo zvoleno skóre, které klient obdržel při žádosti o úvěr na základě poskytnutých informací.

Tab. 9 - Tabulka výsledků hranic pro pohledávku po splatnosti =<0

Počet tříd	Hranice	Chi-2	CHI2 NORME
2	0	0	0
3	7	1,3103	0,0197
	7		
4	7	1,3103	0,0183
	7		
	7		
5	7	1,3103	0,0173
	7		

	7		
	7		

Hodnota skóre 7 byla určena jako hranice diskriminující proměnné u zvolené skupiny klientů.

Tab. 10 - Tabulka zobrazující 95% interval spolehlivost po rozdělení pohledávky po splatnosti =<0

Skóre v době přidělení úvěru	FREQ	PD	ICmin	ICmax	Alerte
<7	954	29,98	27,08	32,88	--
>=7	1004	23,01	20,98	25,89	--

Na základě výsledků lze dospět k závěru, že hranice byly zvolené správně a nedochází na intervalu spolehlivosti 95% k překrývání parametru *PD* u jednotlivých tříd.

Tab. 11 - Tabulka zobrazující výsledky testu homogenity pohledávek po splatnosti =<0

Skóre v době přidělení úvěru	nobs	PD	nbdef	VarIntra	ICmin	ICmax	VarInter	PartIntra
<7	954	29,98	286	199,85	27,08	32,88	1,12	51,16
>=7	1004	23,01	231	177,32	20,98	25,89	1,08	46,11

I když výsledný rozptyl u klientů se skórem nižším než 7 je vyšší než přípustná hranice na úrovni 50 %, není daná hranice překročena výrazně a proces statistické segmentace pro segment osobních úvěrů poskytovaných přímou cestou prostřednictvím telefonických kampaní je ukončen a finální členění má následující podobu.

Tab. 12 – Finální výstup statistické segmentace

Byznys segmentace			Statistická segmentace		Nobs	PD	Nbdef
Osobní úvěry	Přímé	Telefonická kampaň	Pohled. po splat. >0		631	76,23	481
			Pohled. po splat. =<0	Skóre <7	954	29,98	286
				Skóre >=7	1004	23,01	231

Proces statistické segmentace vedl k dodatečnému dělení výsledků byznys segmentace, přičemž u výsledných homogenních skupin lze pozorovat významně odlišné hodnoty rizikového parametru *PD* a tudíž můžeme proces statistické segmentace považovat za přínosný.

Provedená statistická segmentace prezentovala na jednoduchém příkladu proces tvorby homogenních skupin a rovněž i roli manažerského rozhodování v daném procesu, který byl využit u testu homogenity, který zachycuje Tab. 11. Jednoduchý příklad byl zvolen z důvodu nižšího počtu kroků nezbytných k dosažení finální segmentace. Zatímco u prezentovaného příkladu byl proces volby diskriminující proměnné a všech následujících kroků proveden dvakrát, u většiny případů statistické segmentace testovaného portfolia byl proces volby diskriminující proměnné proveden tři až pětkrát.

V Tab. 13 jsou uvedeny krajní hodnoty při provádění statistické segmentace používané v praxi, které ovšem mají být pouze vodítkem a ne striktním návodem pro provádění statistické segmentace.

Tab. 13 - Tabulka prahových hodnot pro segmentaci

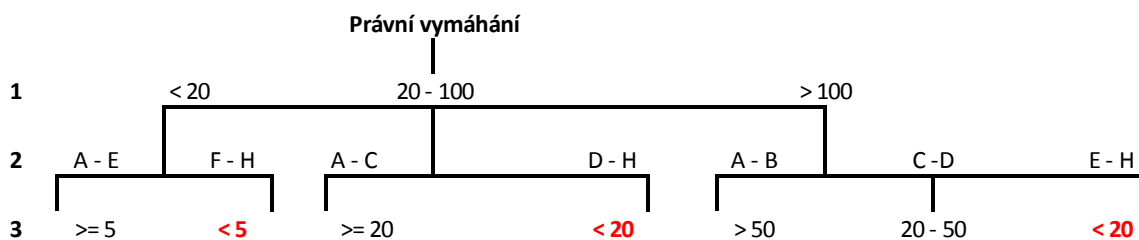
Byznys segmentace	Min. 2000 úvěrů
	Min. 500 nevýkonných úvěrů
Statistická segmentace	Min. 800 úvěrů
	Min. 200 nevýkonných úvěrů
Prah pro subsegmenty aktivních karet a spotřebitelských úvěrů	Min. 1 % nevýkonných úvěrů k sumě bilančních položek
	Max. 20 % nevýkonných úvěrů k sumě bilančních položek
Prah pro subsegment neaktivních karet	Min. 1 % nevýkonných úvěrů k hodnotě nesplacené částky
	Max. 20 % nevýkonných úvěrů k hodnotě nesplacené částky

Pro úplnost je nezbytné dodat, že výsledkem byznys segmentace bylo dosaženo 65 skupin u nevýkonných úvěrů a 15 skupin u výkonných úvěrů. Následně, během statistické segmentace, do které vstupovaly pouze skupiny výkonných úvěrů, bylo provedeno dodatečné dělení, jehož výsledkem je 59 homogenních skupin. Výsledkem procesu segmentace testovaného portfolia dle rizikového parametru *PD* je 124 homogenních skupin.

2.2.3. Alternativní přístup k statistické segmentaci

Alternativní přístup, který by mohl být využit k segmentaci pro účely IRBA a je rovněž často využíván v praxi, je přístup založen na rozhodovacích stromech. Daný přístup představuje snadnější a většinou i rychlejší způsob provedení segmentace, kdy volba a pořadí proměnných bývá většinou ponechána na algoritmu zvoleného přístupu. Mezi hlavní přístupy využívající k účelům segmentace patří regresní a klasifikační stromy.

Obr. 8: Ilustrativní příklad rozhodovacího stromu seskupující klienty dle plateb po vstupu do právního vymáhání



Pozn.: Částky jsou v tisících Kč. Čísla nalevo představují úrovně dělení. V první úrovni je dělení provedeno dle hodnoty úvěru v době přesunu do právního vymáhání. Ve druhé úrovni je provedeno členění s využitím ratingu v době přidělení úvěru. Třetí úroveň prezentuje celkové částky, které byly od klientů přijaté od vstupu do právního vymáhání. Červené hodnoty představují skupiny klientů s nejnižšími platbami po vstupu do právního vymáhání, které mohou sloužit při rozhodování o dřívějším odpisu pohledávek.

Rozhodovací stromy, zejména z důvodu rychlého provedení segmentace, jsou v praxi často využívány k podpůrným rozhodovacím procesům, nebo u procesu s menším počtem vstupních proměnných. Mezi dané procesy patří analýza klientů v právním vymáhání, s cílem určit společné znaky klientů, u kterých byly finanční toky od vstupu do právního vymáhání velmi nízké (Obr. 8), a tudíž mohou být navrženy k odpisu i výrazně dřív před uplynutím desetiletého období²⁴, během kterého jsou pohledávky považovány za daňově uznatelný náklad. Totožného postupu je čteně využíváno i při segmentaci klientely pro účely prodeje pohledávek externí společnosti jako nástroje pro stanovení prodejní ceny dané skupiny pohledávek.

Metoda rozhodovacích stromů je v praxi využívána v souladu s dostupnou literaturou. Přístupům k tvorbě rozhodovacích stromů a jejich následné aplikaci se zabývají James, Witten, Hastie, Tibshirani (2013, kapitola 8) nebo Hastie, Tibshirani, Friedman (2017, kapitola 15).

2.3. Přístupy k měření velikosti rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*

V následující kapitole budeme prezentovat jednotlivé přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*. Způsob měření můžeme považovat za klíčový, protože má významný dopad na hodnotu minimálního kapitálového požadavku. I když po samotném měření rizikových parametrů procházejí jednotlivé parametry procesem odhadování jejich velikosti pro budoucí pozorovací

²⁴ Za předpokladu splnění všech podmínek stanovených zákonem č. 593/1992 Sb., o rezervách pro zjištění základu daně z příjmů

období, jehož cílem je pokrýt očekávanou volatilitu rizikových parametrů, způsob měření stanovuje úroveň, na které se budou výsledné odhady rizikových parametrů pohybovat.

Tématu měření rizikových parametrů je věnována řada publikací, ovšem často chybí informace, zda jsou dané přístupy využívány pro výpočet minimálního kapitálového požadavku v praxi, a tudíž zda byly schváleny regulátorem. Mezi způsoby výpočtu rizikového parametru PD , které jsou vhodné pro účely kapitálových požadavků, můžeme zařadit modely založené na seskupování (tzv. pooling) úvěrů, resp. klientů, statistické modely, nebo strukturální²⁵ a redukované²⁶ modely. Zatímco první dva přístupy jsou využívány pro výpočet pravděpodobnosti selhání v segmentu retail klientely, zbylé dva přístupy jsou vhodné pouze pro kotované společnosti. Metoda seskupování je založena na výpočtu PD pro skupiny velkého počtu úvěrů. Samotnému výpočtu předchází proces segmentace seskupující klienty s totožnými nebo podobnými vlastnostmi. Následně může být hodnota PD pro jednotlivé skupiny počítána s využitím počtu nebo objemu úvěrů v selhání, a to buď na úrovni úvěru, nebo na úrovni klienta. Výpočet rizikového parametru PD na úrovni klienta není v segmentu retail klientely vyžadován. Způsob výpočtu rizikového parametru PD na úrovni úvěru dle počtu a objemu úvěrů v selhání bude detailně prezentován na testovaném portfoliu v kapitole 2.3.1. Statistické přístupy mohou využívat pro odhady rizikového parametru PD , na rozdíl od metody seskupování, nejen konkrétních informací dlužníka, ale i makroekonomická data. Mezi nejpoužívanější statistické metody patří regresní modely (lineární, logit, probit), diskriminační analýza, neuronové sítě nebo rozhodovací stromy. Možnost využití velkého množství statistických nástrojů vedlo i k značnému množství publikací zabývajících se determinací hodnoty PD na základě různých matematicko-statistických metod. Jako příklad využití matematicko-statistických metod lze uvést studie Qu (2008), Tong (2015), Bonini, Caivano (2018), Karminski, Kostrov (2014), Franke, Hardle, Hafner (2011). Qu (2008) provedl

²⁵ Výpočet PD dle strukturálního modelu je založen na hodnotě aktiv a závazků kotované společnosti. Hlavní myšlenka strukturálního přístupu je postavena na předpokladu, že společnost je v selhání v momentu, kdy hodnota aktiv je nižší než hodnota jejich závazků. V daném momentu je následně hodnota kapitálu záporná. Protože strukturální modely zahrnují i proces ocenění společnosti, jsou nazývány jako modely „hodnoty společnosti“. Mezi strukturální modely patří Merton model (Bharath, Shumway, 2008) a KMV model, který vychází z Mertonova modelu (Dar, Anuradha, 2016).

²⁶ Kalkulace rizikového parametru PD redukovaným modelem využívá rozpětí úrokových sazeb u rizikových dluhopisů obchodovaných na trhu, které nejsou v selhání (Crisil, nedatováno). Úrokové rozpětí nad úrovní státních dluhopisů představuje indikátor rizikové prémie požadované investory. Rozpětí odráží očekávanou ztrátu, která zahrnuje PD , LGD a likvidní prémii. Kalkulace PD vyžaduje osamostatnění PD od zbylých parametrů. Mezi redukované modely patří např. Jarrow-Turnbull (Zhang, Wu, 2011 a Fruhwirth, Songer, 2007), který vyžaduje konstrukce bezrizikové úrokové míry. Výnosová křivka a míra návratnosti (recovery rate) jsou převzaty z tržních dat.

na datech švédských finančních a nefinančních institucí analýzu vztahu vybraných ekonomických sektorů a pravděpodobnosti selhání. V případě retail klientely byly na základě výsledků regresního modelu za významné považovány: průmyslná produkce, rozpětí úrokových sazeb a měnový kurz. Daná studie prokázala silný vztah mezi makroekonomickými veličinami a pravděpodobnosti selhání, čehož lze využít pro simulaci hodnot rizikového parametru *PD*. Qu (2008) rovněž prokázal, že vazby mezi makroekonomickými veličinami a rizikovým parametrem se mohou v čase i výrazně měnit, a proto je nezbytné provádět pravidelnou kalibraci modelů. Tong (2015) testoval úspěšnost logistické regrese pro predikci *PD* v horizontu od jednoho do pěti let během časové období 1992 – 2012. Vstupní proměnné jsou vybrány na základě dřívější účinnosti při předvídání selhání finančních institucí. Ex-post analýza dosahovala u jednoletých intervalů nadprůměrných výsledků, v některých případech až 97 %. Karminski, Kostrov (2014) porovnávali vybrané regresní modely na datech ruských bank pro predikci parametru *PD* během období 1998 až 2011. Za nejlepší model byl na základě výsledků empirické studie zvolen model binární logit regrese s kvazi panelovou datovou strukturou. Studie rovněž prokázala prostřednictvím U-křivky vztah mezi kapitálovou přiměřeností banky a pravděpodobností selhání. U-křivka u daného vztahu indikuje vysokou pravděpodobnost selhání u finančních institucí s výrazně podprůměrnou nebo nadprůměrnou kapitálovou přiměřeností. Pro úplnost je nezbytné zmínit, že kromě různých variací regresních modelů, jsou využívány i mnohem sofistikovanější metody odhadů rizikového parametru *PD* založené na umělé inteligenci (AI), jejichž metodologii se zabývali např. Bonini, Caivano (2018).

Přístupy k měření rizikového parametru *EAD* můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupina přístupů je spojena s úvěry, druhá s deriváty. Mezi přístupy k výpočtu rizikového parametru *EAD* u derivátů pro účely kapitálových požadavků (Crisil, nedatováno) slouží metoda současné expozice²⁷ (CEM), standardizovaná metoda²⁸ (SM) a metoda interního modelu²⁹ (IMM).

²⁷ Výpočet metody současné expozice se skládá ze dvou komponent, kterými jsou současná expozice a potenciální budoucí expozice. U derivátu je současnou expozicí myšlena současná kladná tržní hodnota, potenciální budoucí expozice představuje očekávanou expozici, která nastane v budoucnu na předem stanovené míře spolehlivosti. Hodnota kolaterálu pro účely Basel II se odečítá od hodnoty *EAD* (tj. od součtu současné a potenciální budoucí expozice). „Netting“ je vyžadován na úrovni současné expozice, u potenciální budoucí expozice nikoliv.

²⁸ Užití standardizovaná metoda výpočtu *EAD* je povoleno pouze u OTC derivátů a je v porovnání s metodou současné expozice více rizikově citlivá. Standardizovaná metoda je využívána finančními institucemi, které nejsou schopné výpočtu *EAD* pro OTC deriváty metodou interního modelu (IMM).

²⁹ Metoda interního modelu je metoda výpočtu *EAD*, která je v rámci přístupů Basel II nejvíce rizikově citlivá. Metoda interního modelu počítá expozici vůči protistraně v budoucnu. Expozice jsou počítány pro

V případě výpočtu parametru *EAD* vztahujícího se k úvěrům, je nejčastěji využívána metoda konverzního faktoru (CCF). Alternativu k metodě CCF představuje metoda tzv. přímé determinace hodnoty *EAD*, která většinou pracuje s úvěry, které se stanou nevýkonné³⁰ během pozorovacího okna pro výpočet *EAD*. Práce Qi (2009) a Moral (2006) se zabývaly zkoumáním proměnných determinujících hodnotu *EAD* v segmentu retail klientely, čehož by bylo možné využít u matematicko-statistických přístupů k odhadům parametru *EAD*. Moral (2006) na portfoliu retail klienty determinoval jako nejvýznamnější faktory ovlivňující hodnotu *EAD* skóre klienta, míru využití kreditní karty, výši čerpané a nečerpané částky. Qi (2009) ve své práci v prvním řadě demonstroval odlišnost proměnných u výkonných a nevýkonných úvěrů. Zatímco u výkonných úvěrů můžeme za hlavní determinanty hodnoty *EAD* považovat skóre klienta, zůstatek na kreditní kartě, míru využití kreditní karty, počet žádostí o úvěr a počet nově otevřených revolvingových úvěrů, u nevýkonných úvěrů byly za významné faktory determinovány míra využití kreditní karty, hodnota čerpané částky a doba od aktivace kreditní karty. Qi (2009) rovněž prokázal, že hodnota parametru *EAD* u revolvingových úvěrů v segmentu retail klientely pozitivně koreluje s hodnotou parametru *PD*. Výrazně silnější vztah mezi pravděpodobností selhání a hodnotou *EAD* byl demonstrován u firemní klientely, kde studie Jimenez a kol. (2009) na empirických datech prokázala výrazně vysokou míru čerpání revolvingových úvěrů, a to až po dobu posledních pěti let před úpadkem společnosti. Výpočtu rizikového parametru *EAD* s využitím CCF se zabývají v segmentu retail klientely práce Valvionis (2008), Taplin (2007) nebo Brown (2011). Valvionis (2008) nepovažuje přístup k měření *EAD* s využitím CCF za vhodný z důvodu nestandardního statistického rozdělení. Rozdělení parametru CCF popisuje U-křivkou, která indikuje minimální nebo maximální možné čerpání mimobilančních položek. U některých empirických dat byla rovněž pozorována i záporná hodnota parametru CCF, resp. hodnota vyšší než jedna, která nastává po navýšení hodnoty mimobilančních položek v průběhu pozorovacího období pro výpočet CCF. K podobným závěrům dospěl i Taplin (2007), který na základě empirické analýzy v segmentu retail klientely nepovažuje přístup k měření *EAD* pomocí CCF za přiměřený a prezentuje modely přímé determinace hodnoty *EAD* za více statisticky logické. Do jisté míry k protichůdným výsledkům dospěl Brown (2011), který využíval robustní regresní modely k predikci rizikového parametru *EAD*. Kromě vzájemného porovnání jednotlivých modelů je zajímavý především poznatek, že zatímco síla předpovědi samotného konverzního faktoru (CCF) byla slabá, jejím následným dosazením do parametru *EAD* bylo

každou sadu expozic. Za sadu expozic je považována skupina transakcí vůči jedné protistraně, u které je rovněž možné využít netting.

³⁰ Za nevýkonné považujeme všechny úvěry v selhání (odklad, prodlení a právní vymáhání). Detailní charakteristika jednotlivých typů selhání bude prezentována v dalším výkladu.

dosaženo dostatečně vhodných předpovědí rizikového parametru *EAD*. Z výsledků dané studia vyplývá, že hodnota aktuálně čerpané částky představuje nejsilnější vysvětlující proměnnou pro predikci rizikového parametru *EAD* s využitím CCF.

Metody výpočtu rizikového parametru *LGD* pro účely interního ratingu (IRB) lze rovněž jako u parametrů *PD* a *EAD* rozdělit do dvou samostatných skupin. První skupina zahrnuje přístupy k výpočtu *LGD*, které jsou vhodné pouze pro kotované společnosti. Mezi dané přístupy patří metody tržní *LGD* a implikované tržní *LGD*. Metoda tržní *LGD* je metoda založena na historických datech a hodnotu *LGD* odvozují od tržní hodnoty dluhopisů a obchodovatelných úvěrů společnosti v selhání. Implikovaná tržní hodnota *LGD* je počítána rovněž na základě tržních cen. Pracuje s předpokladem, že tržní cena zahrnuje všechny rizikové parametry, tj. nejen *LGD*, a tudíž je nutné hodnotu *LGD* z tržní ceny extrahovat. Stejně jako v případě rizikového parametru *PD*, je možné pro výpočet implikované *LGD* využít strukturální nebo redukovaný model.

Druhá skupina zahrnuje přístupy k měření rizikového parametru *LGD*, které jsou využívány v segmentu retail klientely. Mezi přístupy výpočtu *LGD* v segmentu retail klientely patří statistická metoda a tzv. „Workout“ metoda. Workout metoda je založena na finančních tocích od dlužníků v selhání, které slouží k predikci budoucích finančních toků u úvěrů v selhání. Pro přesnou kalkulaci *LGD* je nezbytné do výpočtu zahrnout všechny typy ztrát a náklady související s úvěrem v selhání. Metodologie výpočtu *LGD* s využitím finančních toků, která představuje nejrozsáhlejší přístup k výpočtu rizikového parametru *LGD* v segmentu retail klientely, je prezentována v kapitole 2.3.3. Statistické metody výpočtu *LGD* v segmentu retail klientely jsou téměř totožné se statistickými metodami, které byly prezentovány u rizikového parametru *PD*. Statistické metody pracují s historicky naměřenými hodnotami *LGD* a prostřednictvím vybraných proměnných determinují hodnotu *LGD* v budoucnu. Jeho podobnost s přístupem k tvorbě stres testů potvrzují i Izzi, Oricchio, Vitale (2012), kteří statistický přístup neprezentují jako jeden z přístupů k měření rizikového parametru *LGD*. Stejný názor prezentují i Baesens, Rosch a Scheule (2017), kteří pro výpočet hodnoty *LGD* považují metodu workout v segmentu retail za nejvhodnější a regresní přístupy prezentují jako způsob tvorby odhadů, které by mohly být využívány finančními institucemi. Zkoumáním odhadů parametru *LGD* statistickými přístupy je věnována řada studií. Důvodem je nejen velké množství statistických nástrojů, které poskytují prostor pro zkoumání vztahů mezi *LGD* a vybranými faktory, ale i široké uplatnění dané metodiky, které má své využití kromě retail klientely i u SME a korporátní klientely. Qi, Zhao (2011) porovnávali šest vybraných statistických metod, prostřednictvím kterých bylo dosaženo výrazně lepších výsledků u neparametrických metod (rozhodovací stromy a neuronové sítě) v porovnání s parametrickými metodami. Přesnost odhadů byla u všech metod podmíněná dostatečným počtem pozorování rizikového parametru *LGD*. Totožného výsledku dosáhli i Hartmann-Weldels, Miller, Tows

(2014), kteří testovali vybrané statistické přístupy pro odhady *LGD* na datech nefinanční instituce. Nejlepších výsledků bylo opět dosaženo, při dostatečném vzorku pozorování, metodou rozhodovacích stromů. Problematiku počtu pozorování zmiňuje i Loterman (2013), který považuje investice finančních institucí do sběru více relevantních dat za nezbytné. Empirické testy, provedené na šesti nadnárodních finančních institucích s využitím dvaceti čtyř různých regresních přístupů, demonstrovaly lepších výsledků u nelineárních technik v porovnání s technikami lineárními, ovšem žádný z testovaných přístupů nedosahoval dostatečně vhodných odhadů, čímž autor dospěl k závěru, že regresní přístupy nepředstavují vhodný nástroj pro predikci rizikového parametru *LGD*. Přístupy využívající makroekonomické proměnné k tvorbě odhadů se zabývali Sabato, Smid (2008). Empirická analýza vazby vybraných makroekonomických veličin a rizikového parametru *LGD* byla provedená v segmentu retail klientely během období 2002 – 2007. S využitím konečných finančních toků³¹ místo kratšího časového intervalu, který následuje bezprostředně po selhání, je vazba mezi rizikovým parametrem *LGD* a úvěrovým cyklem nevýznamná. Studie dospívá k závěru, že penalizace kratší časové řady pro výpočet *LGD* přidáním konzervativní marže nelze považovat za nezbytné opatření ze strany regulátora. Z výsledků dané studie lze rovněž konstatovat, že modely založené na makroekonomických proměnných nepředstavují vhodný nástroj pro odhady rizikového parametru *LGD*.

V následujících podkapitolách budeme demonstrovat přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*, které budou empiricky testovány na portfoliu retail klientely působící na území České republiky, a které byly schváleny národním regulátorem v České republice nebo v zahraničí. Kromě interních informačních zdrojů budou u jednotlivých přístupů prezentovány požadavky a omezení regulačních orgánů (BIS, EBA, ESRB), které se týkají způsobu měření rizikových parametrů.

2.3.1. Měření *PD* (Probability of Default, Pravděpodobnost selhání)

Rizikový parametr *PD* představuje míru selhání protistrany za předem stanovené období, které je rovno dvanácti měsícům (BIS, 2006, bod 285). Prezentování jednotlivých přístupů k měření rizikového parametru *PD* bude předcházet definice defaultu, a to nejen z pohledu Basilejského výboru, ale i z pohledu finančních institucí, které jsou nejčastěji využívány v praxi. Definice defaultu je nezbytná pro správné zařazení pohledávek do portfolia výkonných a nevýkonných úvěrů.

³¹ Tj. veškeré finanční toky během celé doby úvěru v selhání.

Basilejský výbor definuje default obecně jako jednu z následujících událostí (BIS, 2006, bod 452 a 453):

- I) je pravděpodobné, že dlužník nesplatí svůj závazek v plné výši,
- II) úvěrová ztráta je spojena s jakýmkoliv závazkem dlužníka, u kterého dochází k tvorbě zvláštních opravných položek, anebo k restrukturalizaci zahrnující promítnutí dluhu nebo odložení splátek, úroků příp. poplatků,
- III) dlužník je v prodlení více než 90 dnů,
- IV) dlužník podal návrh na osobní bankrot anebo ochranu před věřiteli.

V praxi jsou využívány v segmentu retail klienty především následující typy defaultů:

I) Odklad

Typ defaultu nastává v případě, že klient sám oznámí před termínem splátky neschopnost splácet své závazky v předepsaném termínu a v plné výši předepsané splátky. Pro zařazení úvěru do daného typu defaultu, musí úvěr splňovat v daném okamžiku podmínku výkonného úvěru, tj. úvěr není v jiném typu defaultu.

II) Restrukturalizace

Restrukturalizace představuje typ defaultu, kdy klient má alespoň jeden ze svých úvěrů v selhání. Následně může finanční instituce po dohodě s klientem sloučit více aktivních úvěrů (pouze nevýkonných úvěrů, nebo kombinace výkonných a nevýkonných úvěrů) do jednoho nového úvěru s novým časovým harmonogramem a výší splátky. Protože daný typ klientů se vyznačuje vyšší delikvencí, mohou být pro daný typ úvěru aplikovány přísnější podmínky pro opětovné zařazení do portfolia nevýkonných pohledávek. Jednou z přísnějších podmínek využívanou v praxi je nahrazení 90 dní po splatnosti třiceti dni po splatnosti.

III) Prodlení (90 dní po splatnosti)

Daný typ defaultu nastává za situace, kdy klient je v prodlení 90 a více dní. Podmínkou pro zařazení úvěrů do dané skupiny nevýkonných pohledávek je nepřetržitá existence pohledávky po splatnosti po dobu 90 dní. U testovaného portfolia je uplatněna přísnější podmínka pro výstup z portfolia úvěrů v prodlení, kdy kromě splacení celé dlužné částky včetně úroků nesmí mít úvěr na konci daného kalendářního měsíce žádnou pohledávku po splatnosti. Uplatněním dané podmínky nedochází k přesunu klientů, kteří platí své závazky pravidelně po splatnosti, po dobu několika měsíců³² do portfolia výkonných úvěrů.

³² Po splacení celé dlužné částky a opětovném nezaplacení následující předepsané splátky by začal výpočet 90 dní po splatnosti od nuly. Daný klient by byl po dobu následujících 90 dní (cca 3 měsíce) součástí portfolia výkonných úvěrů.

IV) Právní vymáhání

Právní vymáhání představuje finální stav, do kterého se může úvěr dostat z kteréhokoliv z předcházejících typů selhání. Za určitých okolností, jako je podvod (tzv. fraud), může být úvěr přesunut do právního vymáhání přímo z portfolia výkonných úvěrů. Protože se jedná o finální stav, nemůže být úvěr přesunut zpátky do portfolia výkonných úvěrů, může být úvěr splacen nebo odepsán, resp. jejich kombinace.

V) Insolvence

Daný typ defaultu nastává, když klient požádá o insolventci, která mu je soudem schválena. Insolvence rovněž představuje finální stav a úvěr již nemůže být zařazen zpátky do portfolia výkonných úvěrů. Protože s insolventci jsou spojena určitá pravidla pro vymáhání dlužné částky, je daný typ selhání u některých finančních institucí vykazován samostatně. U testovaného portfolia je insolvence součástí portfolia právního vymáhání, resp. její podskupinou.

Výše uvedené typy defaultů, kromě restrukturalizace, jsou využívány u testovaného portfolia pro zařazení pohledávek do portfolia nevýkonných úvěrů. Za nevýkonné úvěry budou pro výpočet rizikového parametru *PD* považovány všechny úvěry v odkladu, prodlení a právním vymáhání včetně insolvence.

U všech nevýkonných pohledávek je uplatňována podmínka materiality (významnosti), která je běžnou praxí finančních institucí. Úroveň materiality slouží k odstranění úvěrů, jejichž pohledávka je velmi nízká a je následkem spíše chyb a nepřesností při provádění platby ze strany klienta, než neschopnosti klienta splácet úvěr. Hodnota materiality se v segmentu retail klientely pohybuje v rozmezí 50 – 200 Kč a její úroveň se může v čase měnit.

Následující část bude věnována detailní charakteristice způsobů výpočtů rizikového parametru *PD*, přičemž níže prezentované přístupy byly schválené pro výpočet minimálních kapitálových požadavků národním regulátorem v České republice nebo v zahraničí.

Pro účely disertační práce budou uvažovány pouze dva přístupy výpočtu *PD*, které jsou rovněž v souladu s požadavky Basilejského výboru (BIS, 2006, bod 455), který uvádí, že definici defaultu lze v segmentu retail klientely³³ uplatnit spíše na úrovni úvěru než na úrovni klienta.

³³ U jiných tříd aktiv (vlády, bankovní instituce, korporátní klientely apod.) je *PD* na úrovni klienta lépe využitelná. V případě retail klientely by měření *PD* na úrovni klienta vedlo k nárůstu *PD* a poklesu *LGD*, dopad na *EAD* nelze jednoznačně určit. Simulace na testovaném portfoliu nebylo možné provést z důvodu,

Uspořádání zbylé části kapitoly 2.3.1. je následující:

- I) *PD* dle počtu úvěrů na úrovni úvěru
- II) *PD* dle objemu úvěrů na úrovni úvěru
- III) Empirické porovnání přístupů k měření *PD*

I) *PD* dle počtu úvěrů na úrovni úvěru

Rizikový parametr *PD* dle počtu úvěrů na úrovni úvěru je počítán, jako poměr počtu úvěrů, které jsou součástí portfolia nevýkonných úvěrů na začátku pozorovacího okna, nebo se stanou jejich součástí v průběhu dvanácti měsíců a celkového počtu úvěrů na počátku pozorovacího okna. Protože rizikový parametr *PD* nepředstavuje stavovou veličinu, jsou mezi nevýkonné úvěry započítané i ty, které se staly během pozorovacího okna nevýkonné, ale na konci byly již součástí portfolia výkonných úvěrů.

Pokud má klient více aktivních úvěrů u jedné finanční instituce, za nevýkonnou pohledávku instituce považuje pouze ty úvěry, které splňují výše uvedenou definici nevýkonné pohledávky. Ostatní úvěry od stejného klienta jsou finanční institucí považovány za úvěry výkonné.

Výpočet *PD* dle počtu úvěrů na úrovni úvěru pro jednotlivé homogenní skupiny můžeme zapsat dle následující rovnice:

$$PD_{t \rightarrow t+12}^{\text{počet}} = \frac{\text{celkový počet nevýkonných úvěrů}_{t \rightarrow t+12}}{\text{celkový počet úvěrů}_t}, \quad (1)$$

kde t je počátek pozorovacího období,
 $t + 12$ je konec pozorovacího období, resp. 12 od počátku pozorovacího období a
 $PD_{t \rightarrow t+12}^{\text{počet}}$ je hodnota rizikového parametru *PD* dle počtu úvěrů během pozorovacího období.

II) *PD* dle objemu úvěrů na úrovni úvěru

Výsledná hodnota rizikového parametru *PD* je dána jako poměr sumy objemu všech úvěrů, které jsou nebo se stanou součástí portfolia nevýkonných úvěrů během pozorovacího období³⁴ a celkového objemu úvěrů na začátku pozorovacího období. Jmenovatel tudíž představuje sumu všech výkonných a nevýkonných pohledávek v čase t , resp. sumu jejich bilančních a mimobilančních položek v čase t .

že informace potřebné pro výpočet dopadu výkonných úvěrů na hodnoty rizikových parametrů *EAD* a *LGD* nejsou shromažďovány a ukládány.

³⁴ Pozorovací období a pozorovací okno považujeme pro účely disertační práce za synonymum.

Rovněž, jako v předešlém případě platí, že u klientů majících více úvěrů u jedné finanční instituce, jsou do čitatele započítány pouze hodnoty těch úvěrů, které splňují definici pro zařazení do portfolia nevýkonných pohledávek.

Výpočet PD dle objemu úvěrů na úrovni úvěru pro jednotlivé homogenní skupiny lze zapsat následovně:

$$PD_{t \rightarrow t+12}^{objem} = \frac{\text{suma nevýkonných úvěrů v čase prvního selhání}_{t \rightarrow t+12}}{\text{celková suma úvěrů}_t}, \quad (2)$$

kde t je počátek pozorovacího období,
 $t + 12$ je konec pozorovacího období, resp. 12 od počátku pozorovacího období a
 $PD_{t \rightarrow t+12}^{objem}$ je hodnota rizikového parametru PD dle objemu úvěrů během pozorovacího období.

V případě, že během výpočtu nastane následující situace na úrovni jednotlivých úvěrů

$$\text{hodnota nevýkonného úvěru v čase prvního selhání}_{t \rightarrow t+12} > \text{hodnota úvěru}_t, \quad (3)$$

je hodnota nevýkonného úvěru v čase prvního selhání v průběhu pozorovacího okna snižena na úroveň hodnoty úvěru v čase t a tudíž pro výpočet PD bude platit:

$$\text{hodnota nevýkonného úvěru v čase prvního selhání}_{t \rightarrow t+12} = \text{hodnota úvěru}_t, \quad (4)$$

Výše uvedená úprava je nutná zejména z důvodu revolvingových úvěrů, u kterých v průběhu pozorovacího období může dojít ke zvyšování úvěrového rámce, a tudíž by mohlo dojít k situaci, kterou zachycuje rovnice (3). Daná skutečnost by v případě některých homogenních skupin u revolvingových úvěrů mohla vést k situaci, kdy by byla hodnota PD vyšší než 1, což u rizikového parametru PD není možné. S daným problémem, vycházející zejména z důvodu navyšování úvěrových rámců u revolvingových úvěrů se lze vypořádat dvěma způsoby. Kromě již zmíněné úpravy na úrovni jednotlivých úvěrů, kterou zachycuje rovnice (4), je možné situaci, aby hodnota rizikového parametru PD nebyla vyšší než 1, odstranit přidáním omezující podmínky na úrovni homogenních skupin. V daném případě, pokud by došlo u homogenní skupiny k situaci

$$\text{suma nevýkonných úvěrů v čase prvního selhání}_{t \rightarrow t+12} > \text{celková suma úvěrů}_t, \quad (5)$$

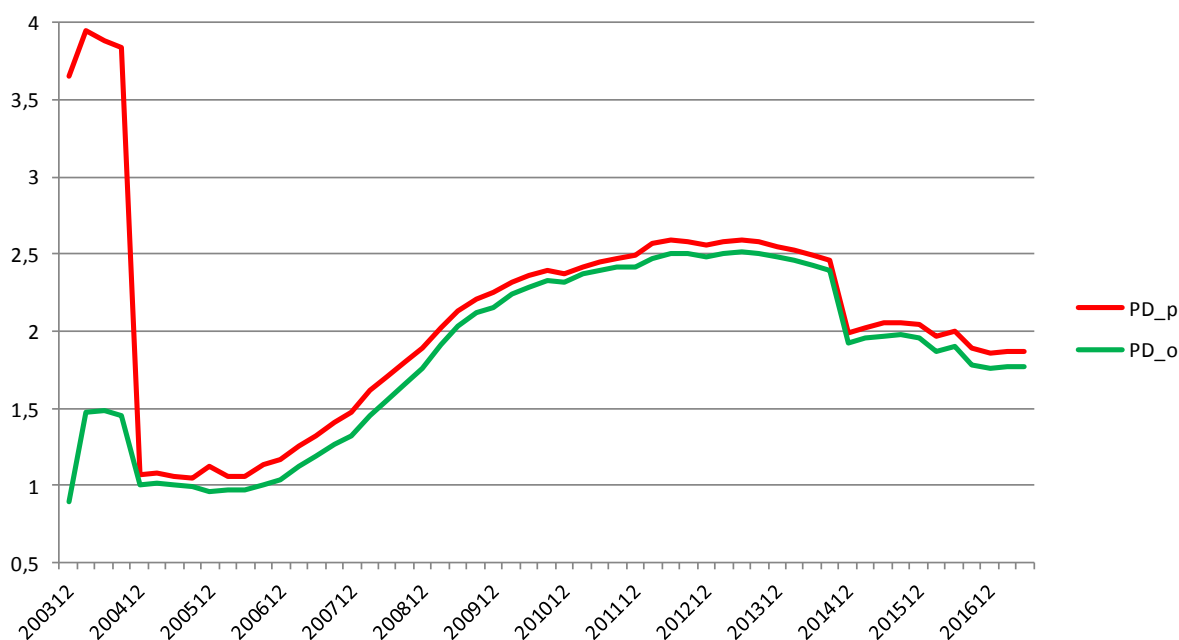
by byla hodnota rizikového parametru automaticky rovna jedné. Nevýhodou daného přístupu, resp. omezení, je fakt, že zmíněný přístup by v situacích, kdy by byla hodnota PD u části úvěrů větší než 1, vedla k nadhodnocování výsledné hodnoty parametru PD na úrovni homogenní skupiny. I když by se mohlo považovat nadhodnocování rizikového parametru PD , z důvodu růstu úvěrového rámce v průběhu pozorovacího období, za určitý typ konzervativního přístupu k měření PD dle objemu úvěrů, nebudeme daný přístup využívat, a to zejména z důvodu, že riziko vyplývající z růstu úvěrového rámce by mělo být zachyceno pomocí rizikového parametru EAD

(viz kapitola 2.3.2) a nikoliv prostřednictvím rizikového parametru PD . Proto budeme pro účely výpočtu PD dle objemu na úrovni úvěru využívat výpočtu charakterizovaného rovnicemi (2) a (4).

III) Empirické porovnání přístupů k měření PD

Obr. 9 zachycuje vývoj naměřených relativních hodnot parametrů PD . Výsledné hodnoty PD jsou počítané jako vážený průměr hodnot PD jednotlivých homogenních skupin, kde váhami jsou sumy bilančních položek. Bod 201412 u rizikového parametru PD_o (PD dle objemu úvěrů) představuje bazickou hodnotu pro vzájemné porovnání přístupů k měření PD . Hodnota váženého průměru v bodě 200412 představuje hodnotu PD naměřenou v průběhu pozorovacího okna 200412 – 200512 (tj. 1. 1. 2005 – 31. 12. 2005).

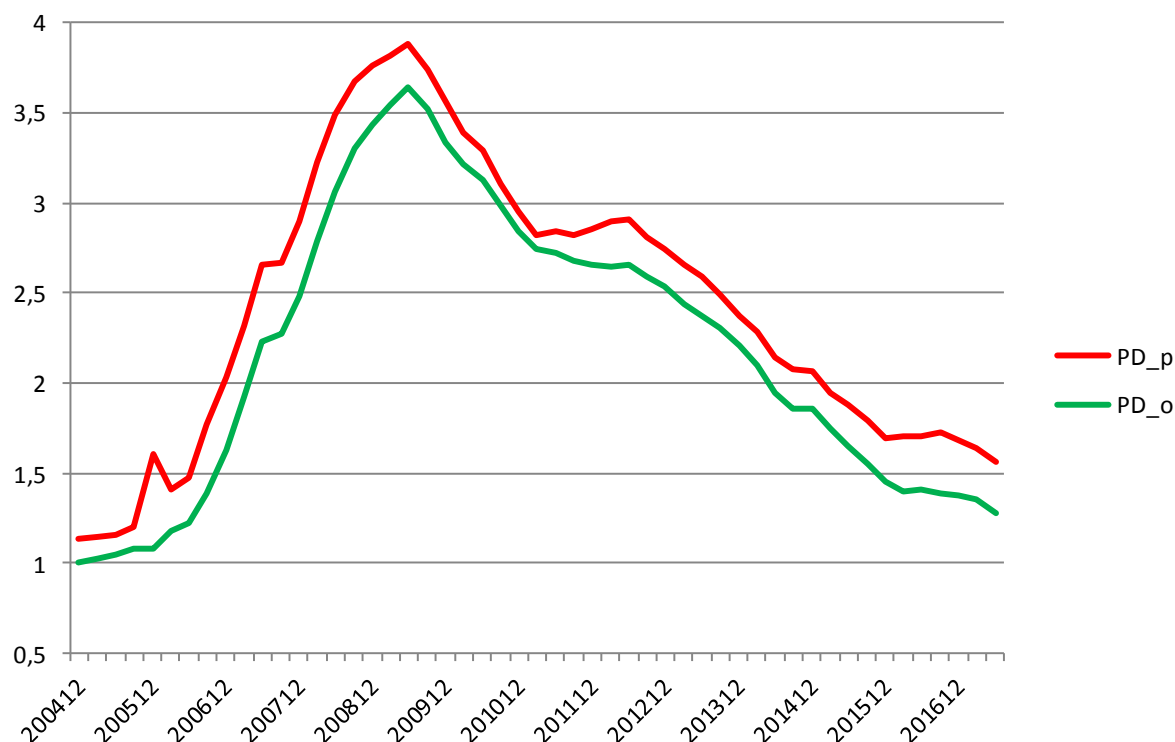
Obr. 9: Vzájemné porovnání vývoje relativních hodnot parametrů PD u všech úvěrů



Pozn.: PD_p (PD dle počtu úvěrů), PD_o (PD dle objemu úvěrů), PD_o 200412 = 1 (bazická hodnota)

Výsledné hodnoty rizikových parametrů PD_p a PD_o se pohybují značně paralelně. Významného rozdílu lze pozorovat pouze na začátku časové osy, který je způsoben nízkým počtem úvěrů vedoucí k relativně vysoké hodnotě parametru PD měřeného dle počtu úvěrů. Významný pokles v bodě 201412 je způsoben odpisem pohledávek, vedoucí k odstranění významné části portfolia mající hodnotu PD rovné 100 %. Pro lepší demonstraci rozdílů mezi jednotlivými přístupy provedeme porovnání relativních hodnot váženého průměru parametrů PD pouze u výkonných úvěrů (tj. dojde k odstranění všech pohledávek s hodnotou $PD = 100\%$). Kromě odstranění nevýkonných pohledávek zkrátíme časovou osu o období 200312 – 200409, kde byly hodnoty PD_p výrazně zkresleny nízkým počtem úvěrů.

Obr. 10: Vzájemné porovnání vývoje relativních hodnot parametrů PD u výkonných úvěrů



Pozn.: PD_p (PD dle počtu úvěrů), PD_o (PD dle objemu úvěrů), PD_o 200412 = 1 (bazická hodnota)

Obr. 10 demonstruje vyšší hodnoty parametru PD_p v porovnání s hodnotou PD_o . Z daného plyne, že během celého sledovaného období docházelo k selhání zejména u úvěrů, jejichž pohledávka v čase selhání byla nižší než průměrná hodnota pohledávky testovaného portfolia. Z Obr. 10 lze rovněž pozorovat, že v okolí bodů 201112 a 201609 vedly jednotlivé přístupy k měření rizikového parametru PD dokonce k protichůdnému vývoji hodnot parametru PD.

2.3.2. Měření EAD (Exposure at Default, Expozice při selhání)

Rizikový parametr EAD představuje výši expozice, tedy výši pohledávky, která je v případě selhání protistrany vystavena riziku nesplacení. Délku pozorovacího období pro výpočet rizikového parametru EAD si finanční instituce neurčuje sama, ale je rovněž jako v případě rizikového parametru PD stanovena Basilejským výborem. Stejně jako v případě rizikového parametru PD je délka pozorovacího období pro výpočet EAD dvanáct měsíců.

Pro účely disertační práce budeme uvažovat následující tři typy přístupů k výpočtu EAD , které byly v praxi rovněž schváleny regulátorem:

- I) EAD v čase selhání (EAD^{def})
- II) Konzervativní EAD (EAD^{konz})

- III) EAD s využitím CCF (EAD^{CCF})
- IV) Empirické porovnání přístupů k měření EAD

I) EAD v čase selhání (EAD^{def})

Výsledná hodnota rizikového parametru EAD v čase selhání je počítána jako poměr sumy bilančních položek v okamžiku přeražení do portfolia nevýkonných úvěrů a sumy bilančních a mimobilančních položek všech úvěrů, které se staly nevýkonnými během pozorovacího období.

Výpočet rizikového parametru EAD v čase selhání lze zapsat následovně:

$$EAD_{t \rightarrow t+12}^{def} = \frac{\sum_{i=1}^N (HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t \rightarrow t+12})}{\sum_{i=1}^N (HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t} \text{ a HMB nevýkonných úvěrů}_{i,t})} \quad (6)$$

kde HBP je hodnota bilančních položek (dle účetního zachycení),
 HMP je hodnota mimobilančních položek (dle účetního zachycení),
 N je celkový počet úvěrů, které se stanou nevýkonnými během pozorovacího období,
 t je počátek pozorovacího období,
 $t + 12$ je konec pozorovacího období, resp. 12 od počátku pozorovacího období a
 $EAD_{t \rightarrow t+12}^{def}$ je hodnota rizikového parametru EAD v čase selhání během pozorovacího období.

Samotný způsob výpočtu EAD v čase selhání by se dal charakterizovat jako klasický nekomplexní přístup. Klasický z důvodu nepenalizování jednotlivých vstupních proměnných. Výsledná hodnota parametru je dána skutečnou hodnotou čerpané částky v době prvního selhání v průběhu pozorovacího období. Za nekomplexnost lze považovat skutečnost, že pro celou homogenní skupinu je použita hodnota EAD , do jejichž výpočtu vstupují pouze úvěry, které se staly nevýkonnými v průběhu pozorovacího období a tudíž daný způsob výpočtu EAD vůbec nereflektuje průběh chování výkonných pohledávek³⁵. Z toho můžeme usoudit, že výsledné hodnoty rizikového parametru EAD počítané v čase selhání pouze na úvěrech, které se stanou nevýkonnými během pozorovacího okna, můžou hodnoty expozic vystavených riziku selhání nejen výrazně podhodnocovat, ale i nadhodnocovat.

Protože se jedná v případě rizikového parametru EAD v čase selhání o relativní ukazatel, je nutné daný parametr před dosazením do rovnice výpočtu rizikově vážených aktiv (26) vynásobit sumou bilančních a mimobilančních položek odpovídající homogenní skupiny.

³⁵ Daný způsob měření parametru EAD lze považovat za variantu tzv. přímé metoda měření rizikového parametru EAD .

II) Konzervativní EAD (EAD^{konz})

Výpočet rizikového parametru EAD konzervativní metodou vychází z předešlého přístupu. U konzervativního přístupu dochází za určitých okolností k penalizaci hodnoty bilančních položek nevýkonných úvěrů. Penalizace je provedena prostřednictvím maximalizační funkce, která porovnává hodnoty bilančních položek v čase selhání a hodnoty bilančních položek na začátku pozorovacího období těch úvěrů, které se stanou nevýkonnými během pozorovacího období. Vyšší z daných hodnot je následně poměřována se sumou bilančních a mimobilančních položek na úrovni homogenní skupiny. Pro jednotlivé homogenní skupiny můžeme způsob výpočtu konzervativního EAD zapsat následovně:

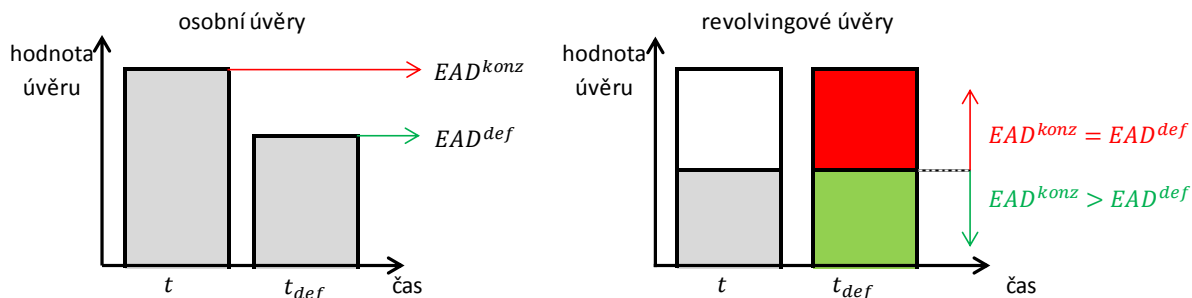
$$EAD_{t \rightarrow t+12}^{konz} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\max(HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t}^{t \rightarrow t+12}; HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t \rightarrow t+12}) \right)}{\sum_{i=1}^N (HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t} \text{ a } HMB \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t})}, \quad (7)$$

kde HBP	<i>je hodnota bilančních položek (dle účetního zachycení),</i>
HMP	<i>je hodnota mimobilančních položek (dle účetního zachycení),</i>
N	<i>je celkový počet úvěrů, které se stanou nevýkonnými během pozorovacího období,</i>
$HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t}^{t \rightarrow t+12}$	<i>je hodnota bilančních položek výkonných úvěrů v čase t, které se stanou nevýkonnými během pozorovacího období ($t \rightarrow t + 12$),</i>
$HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t \rightarrow t+12}$	<i>je hodnota bilančních položek v čase defaultu, který nastane během pozorovacího období ($t \rightarrow t + 12$),</i>
t	<i>je počátek pozorovacího období,</i>
$t + 12$	<i>je konec pozorovacího období, resp. 12 od počátku pozorovacího období a</i>
$EAD_{t \rightarrow t+12}^{konz}$	<i>je hodnota konzervativního EAD během pozorovacího období.</i>

Konzervativní přístup k výpočtu EAD , který vychází z EAD v čase selhání, svým penalizačním přístupem výběru hodnoty čitatele částečně kompenzuje³⁶ nekomplexnost samotného výpočtu EAD (Obr. 11). Za nekomplexní považujeme přístup k měření rizikového parametru EAD , který nezahrnuje všechny úvěry do výpočtu EAD , ale pouze úvěry, které se staly nevýkonnými během pozorovacího období, jak je tomu u obou již prezentovaných přístupů.

³⁶ Snižuje možnost podhodnocení parametru EAD .

Obr. 11: Vzájemné porovnání EAD^{def} a EAD^{konz} u osobních a revolvingových úvěrů



Pozn.: $t_{def} \in < t, t_{12} >$

Při vzájemném porovnání přístupů měření EAD v čase selhání a konzervativního EAD lze na základě rovnic (6), (7) a Obr. 11 formulovat následující závěry:

- V případě revolvingových úvěrů bude hodnota konzervativního EAD vždy vyšší, pokud bude alespoň jeden úvěr v homogenní skupině splňovat podmínku:

$$HBP \text{ nevýkonných úvěrů }_{i,t}^{t \rightarrow t+12} > HBP \text{ nevýkonných úvěrů }_{i,t \rightarrow t+12}$$

- V případě ostatních úvěrů nebude hodnota konzervativního EAD vyšší než hodnota EAD v čase selhání pouze v případě, že k selhání dojde před uhrazením jakékoliv splátky (řádné nebo mimořádné) během pozorovacího období.

Z výše uvedených závěrů lze konstatovat, že i když se jedná o nekomplexní přístup k měření EAD , má konzervativní přístup k měření rizikového parametru EAD sklon k nadhodnocování hodnot expozic vystavených riziku.

Pro konzervativní přístup k výpočtu EAD platí pro výpočet rizikově vážených aktiv totéž co pro EAD v čase selhání, a tudíž je nutné hodnotu EAD před dosazením do výpočtu RWA (26) vynásobit sumou bilančních a mimobilančních položek odpovídající homogenní skupiny.

III) EAD s využitím CCF (EAD^{CCF})

Kalkulace EAD s využitím CCF (Credit Conversion Factor) se významně liší od předešlých dvou přístupů. Pro daný typ výpočtu se využívají všechny úvěry homogenní skupiny, a tudíž i celého portfolia, a nejen úvěry, které se staly nevýkonnými v průběhu pozorovacího období. Existuje více přístupů pro výpočet EAD pomocí konverzního faktoru, které se od sebe mírně liší. V následujícím výkladu budeme podrobně charakterizovat způsob výpočtu EAD pomocí konverzního faktoru včetně možných alternativ výpočtu. Pro porovnání s předešlými způsoby výpočtu EAD bude následně vybrán jeden ze způsobů výpočtu EAD s využitím CCF.

Výsledná hodnota EAD s využitím CCF je dána sumou bilančních položek na začátku pozorovacího okna a sumou mimobilančních položek na začátku pozorovacího okna vynásobenou hodnotou konverzního faktoru. Konverzní faktor představuje část mimobilančních položek, které byly zaktivovány, resp. konvertovány na položky bilanční během pozorovacího období.

Způsob výpočtu EAD s využitím CCF lze zapsat pomocí následujících rovnic:

$$EAD_{t \rightarrow t+12}^{CCF} = \sum_{i=1}^N HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t} + \left(CCF_{i,t \rightarrow t+12} \times \sum_{i=1}^N HMP \text{ všech úvěrů}_{i,t} \right), \quad (8)$$

kde $CCF_{t \rightarrow t+12}$ je dána poměrem:

$$CCF_{t \rightarrow t+12} = \frac{\sum_{i=1}^N (HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t+12} - HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t})}{\sum_{i=1}^N HMP \text{ všech úvěrů}_{i,t}}, \quad (9)$$

kde HBP je hodnota bilančních položek (dle účetního zachycení),
 HMP je hodnota mimobilančních položek (dle účetního zachycení),
 N je celkový počet úvěrů homogenní skupiny,
 $CCF_{t \rightarrow t+12}$ je hodnota konverzního faktoru (pro dané pozorovací okno),
 t je počátek pozorovacího období,
 $t + 12$ je konec pozorovacího období, resp. 12 od počátku pozorovacího období a
 $EAD_{t \rightarrow t+12}^{CCF}$ je hodnota EAD s využitím CCF během pozorovacího období.

V případě klesajícího trendu zapříčiněného poklesem poptávky po úvěrech, může CCF nabývat záporných hodnot. V daném případě je záporná hodnota CCF nahrazena nulou, což je v souladu s požadavkem Basilejského výboru (BIS 2006, bod 474), který nařizuje finančním institucím využívajících vlastních odhadů rizikového parametru EAD , aby výsledná hodnota EAD nebyla nižší než hodnota bilančních položek.

Rovněž jako předešlé přístupy, i přístup založen na konverzním faktoru ne vždy dokáže zachytit skutečnou hodnotu expozice při selhání. Zatímco předešlé způsoby měření EAD byly považovány za nekomplexní, protože do výpočtu EAD byly brány pouze úvěry, které se staly nevýkonnými v průběhu pozorovacího období, výpočet užitím CCF vede k určitým nepřesnostem, které mohou výslednou hodnotu EAD zejména nadhodnocovat³⁷. Nepřesnosti, jak je u podílů zvykem, mohou vznikat v případě nulové hodnoty čitatele nebo jmenovatele. Zatímco v případě nulového čitatele lze výsledek interpretovat jako nulové využití mimobilančních položek a do výpočtu EAD s využitím CCF bude vstupovat pouze suma bilančních položek, v případě nulového (nebo i blízkého nule) jmenovatele je situace komplikovanější. Daná situace nastává v případě, kdy jsou všechny úvěry v jedné homogenní skupině na počátku pozorovacího období čerpány v maximální

³⁷ Možnost podhodnocení je eliminována především požadavkem Basilejského výboru, který nepovoluje záporné hodnoty CCF.

možné míře, nebo je hodnota mimobilančních položek relativně nízká. V daných případech často dochází k navýšení³⁸ úvěrového rámce. Pokud následně dojde k dodatečnému čerpání, nelze v případě nulového čitatele hodnotu CCF kvantifikovat. V případě nízké hodnoty mimobilančních položek na počátku pozorovacího okna jsou hodnoty CCF nepřiměřeně vysoké.

Míra nadhodnocení závisí na způsobu omezení, které může být provedeno jak u vstupu, tak i u výstupu samotné kalkulace *EAD* s využitím CCF. U vstupu je omezení uplatněno na hodnotu jmenovatele, resp. její minimální hodnotu, kterou musí dosahovat, aby daný úvěr vstupoval do výpočtu *EAD*. U výstupu je omezení aplikováno na úrovni homogenní skupiny, které stanovuje maximální hodnotu CCF. V praxi je běžná i situace, kdy jsou omezení využita u vstupu i výstupu, ovšem v méně přísném měřítku. Volba vhodného omezení za účelem významného nadhodnocení rizikového parametru *EAD* je prezentována v BOXu 1.

BOX 1: Volba omezení pro výpočet EAD s využitím CCF

Cílem volby vhodného omezení je odstranění úvěrů, které by mohly zejména nadhodnocovat naměřené hodnoty EAD. Za vhodné budeme považovat takové omezení, kdy při odstranění úvěrů, které by mohly nadhodnocovat hodnoty EAD, nedojde k výraznému redukcí portfolia, ze kterého je EAD počítáno.

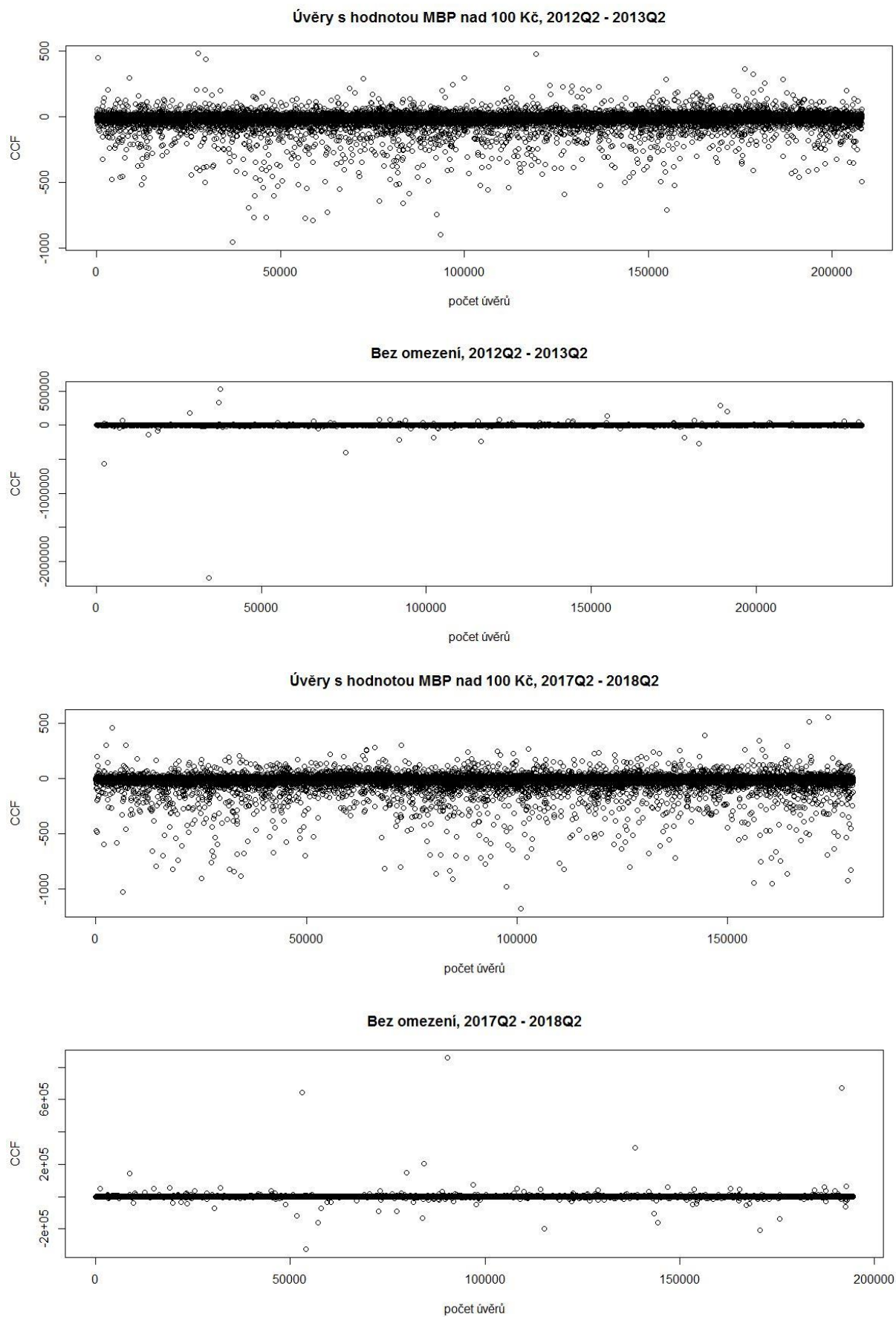
Revolvingové úvěry lze u testovaného portfolia rozdělit na dvě velké skupiny. První skupinu reprezentuje portfolio aktivních karet. Aktivní karty mají na počátku pozorovacího období kladnou hodnotu bilančních položek. Druhou skupinu představuje portfolio neaktivních karet, které u testovaného portfolia dělíme na karty neaktivní a exaktivní. Neaktivní karty mají nulovou hodnotu bilančních položek během celé historie. Exaktivní karty mají nulovou hodnotu bilančních položek po dobu posledních šesti měsíců a zároveň alespoň jednou od vydání karty měly kladnou hodnotu bilančních položek, tj. došlo alespoň k jednomu čerpání.

Míra aktivace během pozorovacího okna u neaktivních karet se v průběhu posledních pěti let pohybovala v průměru pod úrovní 1,0 %, u exaktivních karet nepřesáhla 2,0 %. Nízká míra aktivace, maximální hodnota mimobilančních položek na počátku pozorovacího období a samostatná segmentace neaktivních a exaktivních karet neumožňuje nadhodnocení nebo podhodnocení parametru EAD u daných typů revolvingových úvěrů. Analýzu vhodného omezení budeme tudíž provádět pouze na portfoliu aktivních karet.

Pro analýzu omezení jsme si zvolili dvě období s pětiletým odstupem 2012Q2 – 2013Q2 a 2017Q2 – 2018Q2, na kterém porovnáme hodnoty CCF u jednotlivých úvěrů aktivních karet.

³⁸ Automatického (po splnění předem stanovených podmínek) nebo manuálního (na žádost klienta)

Obr. 12: Porovnání hodnot CCF (úvěry s hodnotou MBP nad 100 Kč)



Vrchní obrázky (Obr. 12) u jednotlivých časových období (2012Q2 – 2013Q2, 2017Q2 – 2018Q2) zachycují hodnoty konverzního faktoru při odstranění všech úvěrů, kde hodnota mimobilančních položek (MBP) byla sto korun a méně. Z daných obrázků je zejména patrný klesající trend v čerpání revolvingových úvěrů. U obou pozorovacích období byla hodnota CCF u většiny revolvingových úvěrů záporná.

Spodní obrázky (Obr. 12) u jednotlivých časových období zobrazují vývoj konverzního faktoru bez omezení, na kterém je vidět v období 2017Q2 – 2018Q2 několik vysokých hodnot CCF. Protože extrémně vysoká hodnota se vyskytovala pouze u několika revolvingových úvěrů, přičemž u testovaného portfolia přetrvává již zmíněný klesající trend, nebudeme u výpočtu konverzního faktoru využívat žádného omezení na vstupu a do výpočtu CCF budou vstupovat všechny úvěry.

Rozhodnutí o zavedení omezení na výstupu závisí na tom, zda úvěry s extrémně vysokými hodnotami CCF nejsou součástí homogenní skupiny s nízkým počtem úvěrů vedoucí k extrémně vysoké hodnotě CCF pro celou homogenní skupinu. V případě testovaného portfolia u zvolených období nepřesahovala hodnota CCF u jednotlivých homogenních skupin hodnotu 200 %. Pouze z opatrnostních důvodů bude zavedeno omezení na maximální hodnotu odhadu konverzního faktoru u jednotlivých homogenních skupin na úrovni 500 % (viz Tab. 20).

Kromě již prezentovaného způsobu výpočtu konverzního faktoru pro účely měření EAD lze způsoby výpočtu CCF různě modifikovat. Modifikace se může vztahovat pouze na úvěry, které se stanou nevýkonnými v průběhu pozorovacího období, nebo na úvěry, které jsou během celého pozorovacího období výkonné, anebo lze uplatnit obě modifikace současně.

V případě, že chceme penalizovat především úvěry, které se stanou nevýkonné v průběhu pozorovacího období, lze aplikovat obdobu konzervativního přístupu výpočtu EAD, kde průběh výpočtu CCF bude v souladu s rovnicí (9) s tím, že hodnota HBP všech úvěrů_{*i,t+12*} bude nahrazena maximalizační funkcí, která bude penalizovat pouze úvěry, které se stanou nevýkonné během pozorovacího období.

$$CCF_{t \rightarrow t+12} = \frac{\sum_{i=1}^N (\max(HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t \rightarrow t+12}; HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t+12}) - HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t})}{\sum_{i=1}^N HMP \text{ všech úvěrů}_{i,t}} \quad (10)$$

Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (8) a (9).

Pro penalizaci úvěrů, které jsou výkonné v průběhu celého pozorovacího období, lze rovněž aplikovat maximalizační funkci, která sleduje průběh čerpání jednotlivých úvěrů během pozorovacího okna a následně dosazuje do výpočtu CCF hodnotu, která byla nejvyšší (maximálně čerpaná částka) během pozorovacího období.

$$CCF_{t \rightarrow t+12} = \frac{\sum_{i=1}^N (\max(HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t \rightarrow t+12}) - HBP \text{ všech úvěrů}_{i,t})}{\sum_{i=1}^N HMP \text{ všech úvěrů}_{i,t}} \quad (11)$$

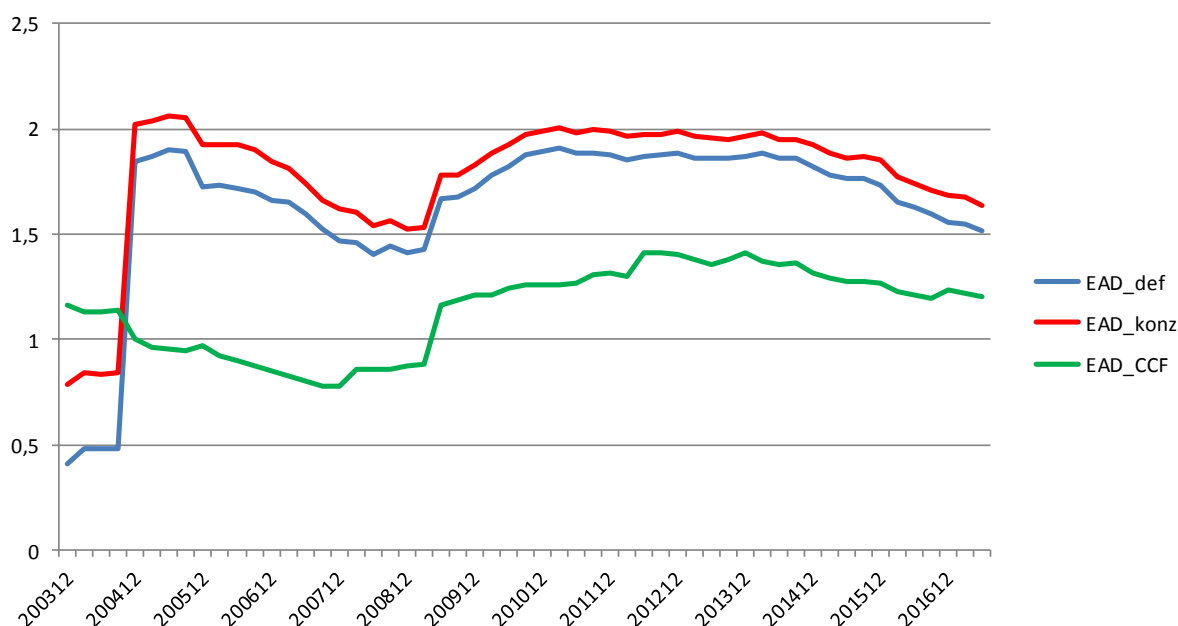
Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (8) a (9).

U testovaného portfolia bude výpočet konverzního faktoru proveden s využitím konzervativního přístupu (10) penalizujícího pohledávky, které se stanou nevýkonné v průběhu pozorovacího okna. Volbu daného přístupu k měření *EAD* lze zdůvodnit snahou o přísnější zachycení pohledávek, které se stanou nevýkonné v průběhu pozorovacího okna.

IV) Empirické porovnání přístupů k měření *EAD*

Obr. 13 zachycuje vývoj naměřených relativních hodnot parametrů *EAD*. Výsledné hodnoty *EAD* jsou počítané jako vážený průměr hodnot *EAD* jednotlivých homogenních skupin, kde vahami jsou sumy bilančních a mimobilančních položek. Bod 201412 u rizikového parametru *EAD_CCF* (*EAD* s využitím CCF) představuje bazickou hodnotu pro vzájemné porovnání přístupů k měření *EAD*. Hodnota váženého průměru v bodě 200412 představuje hodnotu *EAD* naměřenou v průběhu pozorovacího okna 200412 – 200512 (tj. 1. 1. 2005 – 31. 12. 2005).

Obr. 13: Vzájemné porovnání vývoje relativních hodnot parametrů *EAD*



Pozn.: *EAD_def* (*EAD* v čase selhání), *EAD_konz* (Konzervativní *EAD*), *EAD_CCF* (*EAD* s využitím CCF), *EAD_CCF* 200412 = 1 (bazická hodnota)

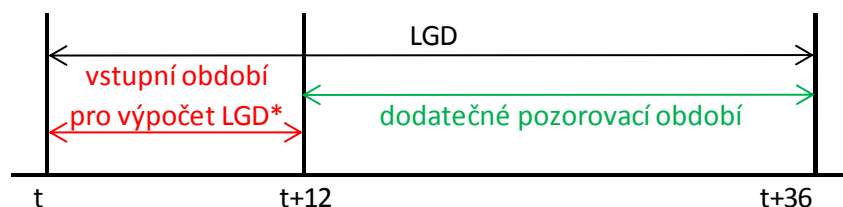
Hodnoty parametrů *EAD_def* a *EAD_konz* se vyvíjejí během celého pozorovacího období paralelně a dosahují významně vyšších hodnot v porovnání s hodnotou *EAD* s využitím CCF. I když je přístup k měření rizikového parametru *EAD* s využitím CCF považován řadou studií za

metodu, která podhodnocuje hodnotu expozice při selhání, přístupy EAD_{def} a EAD_{konz} mohou významně nadhodnocovat expozici při selhání u homogenních skupin s nízkou mírou selhání a vysokou hodnotou mimobilančních položek, jejichž typickým příkladem jsou skupiny neaktivních a exaktivních karet. Významný nárůst v hodnotě rizikového parametru EAD u přístupů EAD_{def} a EAD_{konz} v bodě 200412 je ovlivněno především výrazně nižším počtem revolvingových³⁹ úvěrů a v období 200312 – 200412.

2.3.3. Měření LGD (Loss Given Default, Ztráta při selhání)

LGD je rizikový parametr, charakterizující relativní kumulovanou ztrátu během stanoveného časového období. Časové období pro výpočet LGD se liší od časového intervalu, který je používán v případě rizikových parametrů PD a EAD . Zatímco v případě PD a EAD je délka pozorovacího okna stanovena přímo Basilejských výborem, v případě LGD je délka pozorovacího okna ponechána na finanční instituci. V praxi bývá délka časového intervalu zpravidla v rozmezí 24 až 48 měsíců, přičemž do výpočtu rizikového parametru LGD vstupují všechny úvěry, které se stanou součástí portfolia nevýkonných úvěrů během prvních dvanácti měsíců. Pro účely disertační práce budeme pro výpočet LGD využívat tříleté pozorovací okno, přičemž princip fungování daného pozorovacího okna je znázorněn na Obr. 14. Determinaci přiměřené délky pozorovacího okna je věnován prostor v části 2.3.3.2.

Obr. 14: Ilustrace fungování tříletého pozorovacího okna



Pozn.: *úvěr se stane během daného období součástí portfolia nevýkonných pohledávek

Způsob výpočtu rizikového parametru LGD pro tříleté pozorovací okno lze zjednodušeně zapsat následovně:

$$LGD_{t \rightarrow t+36} = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{ztráta z úvěru}_{i,t \rightarrow t+36}^{t \rightarrow t+12})}{\sum_{i=1}^N (HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t_{def}})}, \quad (12)$$

kde $HBP \text{ nevýkonných úvěrů}_{i,t_{def}}$ je hodnota bilančních položek v čase prvního selhání,
 $\text{ztráta z úvěru}_{i,t \rightarrow t+36}^{t \rightarrow t+12}$ je celková ztráta během tříletého pozorovacího okna pro všechny úvěry, které se staly nevýkonnými v průběhu prvních dvanácti měsíců pozorovacího období,

³⁹ 200312 – 200412 představuje u testovaného portfolia zaváděcí období revolvingových produktů.

N	<i>je celkový počet úvěrů, které se stanou nevýkonnými během pozorovacího období,</i>
t	<i>je počátek pozorovacího období,</i>
$t + 36$	<i>je konec pozorovacího období, resp. 36 od počátku pozorovacího období a</i>
$LGD_{t \rightarrow t+36}$	<i>je hodnota rizikového parametru LGD během pozorovacího období.</i>

Delší pozorovací okno, složitost výpočtu a zejména nehomogenost jednotlivých skupin, pro které je LGD počítáno, často vede k nadměrné volatilitě daného parametru. Zatímco délka pozorovacího okna a složitost výpočtu pro co nejpřesnější výpočet LGD musí zůstat zachována, nehomogenost jednotlivých skupin lze odstranit samostatnou segmentací rizikového parametru LGD . Samostatná segmentace rizikového parametru LGD by měla vést ke snížení volatility vedoucí následně k přesnějším odhadům parametru LGD .

V případě nehomogenosti rizikového parametru LGD , projevující se zejména v nedostatečně přesných odhadech parametru LGD , je regulátorem vyžadováno přidání konzervativní marže (EBA, 2018) k odhadům parametru LGD . Konzervativní marže můžeme charakterizovat jako dodatečný polštář, který je stanoven v procentních bodech. Konzervativní marže je následně připočítána k odhadům parametru LGD . Protože konzervativní marže penalizuje všechny skupiny⁴⁰ LGD , vede daný mechanismus k výraznému nárůstu celkové hodnoty rizikově vážených aktiv (RWA).

Následující část bude věnována detailní charakteristice jednotlivých typů ztrát a nákladů vstupujícího do výpočtu LGD a samotnému způsobu kalkulace LGD . Prezentovaný způsob kalkulace bude následně využit u všech přístupů k výpočtu rizikového parametru LGD .

2.3.3.1. Komponenty výpočtu LGD

Vhodný způsob kalkulace rizikového parametru LGD by měl zahrnovat všechny ztráty a náklady související s úvěry v selhání (BIS, 2006, bod 468 – 571). Způsob kalkulace a druhy komponent zahrnujících výpočet rizikového parametru LGD nejsou přesně vymezeny, a proto se u jednotlivých finančních institucí liší. Do výpočtu rizikového parametru LGD u testovaného portfolia budou vstupovat následující druhy komponent.

- I) Náklady na vymáhání (úvěry v odkladu a v prodlení)
- II) Ztráta z odkladu
- III) Ztráta z prodlení (90 dní po splatnosti)

⁴⁰ Ne pouze ty skupiny, které mají nedostatečný odhad na základě výsledků backtestingu.

- IV) Náklady na právní vymáhání
- V) Ztráta z právního vymáhání

Jednotlivé druhy komponent jsou odvozeny od typů selhání, které finanční instituce využívá pro definici nevýkonné pohledávky. Využití jiných typů selhání by vedlo k zahrnutí odlišných komponent pro kalkulaci rizikového parametru *LGD*.

I) Náklady na vymáhání

Náklady na vymáhání představují průměrné měsíční náklady spojené s obsluhou úvěrů v odkladu a v prodlení. Způsob výpočtu a jednotlivé typy nákladů vstupující do výpočtu nákladů na vymáhání jsou obdobné jako v případě nákladů na právní vymáhání. Náklady budeme dělit do tří hlavních skupin, kterými jsou obecné, pracovní a externí náklady:

Obecné náklady:

Cestovní náklady, pronájem a poplatky, poštovné a telekomunikační náklady, tisk, marketing a reklama, jiné jednorázové náklady.

Pracovní náklady:

Mzdové náklady, mzdové náklady (daňově neodečitatelné), zdravotní pojištění, dokumenty a literatura, školení a vzdělávání, příspěvek na stravování pro zaměstnance, sociální pojištění, zákonné úrazové pojištění.

Externí náklady:

Administrativní služby, příjem ze soudních a právních poplatků, náklady na soudní spory, jiné nepřímé daně a poplatky, ostatní služby (call centrum apod.).

Výše uvedené náklady vstupují do výpočtu průměrných měsíčních nákladů na vymáhání, přičemž jejich aktualizace probíhá jednou ročně a hodnota vypočtených průměrných měsíčních nákladů je aplikována na úvěry ve vymáhání během dalšího kalendářního roku.

Způsob výpočtu průměrných měsíčních nákladů na vymáhání na 1 úvěr lze zapsat následovně:

$$\text{Průměrné měsíční náklady na vymáhání na 1 úvěr}^{YYYY} = \frac{\frac{\sum \text{všech nákladů}^{YYYY}}{12}}{\frac{a^{YYYY} \cdot b^{YYYY}}{12}}, \quad (13)$$

kde $\sum \text{všech nákladů}^{YYYY}$
 $a^{YYYY} \cdot b^{YYYY}$

je suma všech nákladů za jeden rok a
 je skalární součin úvěrů, které byly v daném roce ve
 vymáhání a počtu měsíců, které ve vymáhání během
 daného roku strávily.

Následně, s využitím refundační sazby (BOX 2) dopočítáme současnou hodnotu (SH) nákladů na vymáhání během celé doby, kterou úvěr strávil v odkladu nebo v prodlení:

SH nákladů na vymáhání za 1 měsíc

$$= \frac{\text{Průměrné měsíční náklady na vymáhání na 1 úvěr}^{YYYY}}{(1 + IR/12)^{(\text{měsíc } t - \text{měsíc selhání})}}, \quad (14)$$

kde *IR* je refundační sazba,
měsíc t je aktuální měsíc, resp. měsíc, pro který výpočet provádíme a
měsíc selhání je měsíc vstupu do vymáhání.

II) Ztráta z odkladu

Princip výpočtu ztráty z odkladu je založen na předpokladu, že úvěr bude splacen v budoucnu, přičemž o počet odložených splátek se prodlouží doba do úplného umoření dluhu. Za ztrátu tudíž budeme považovat diskontovanou hodnotu odložených splátek, která je závislá na době do splatnosti úvěru. Následně je ještě nutné vypočítanou ztrátu převést na současnou hodnotu.

$$SH \text{ ztráty z odkladu za 1 měsíc} = \frac{\text{Hodnota odkladu} \times \left(1 - \frac{1}{(1 + IR/12)^{\text{doba do splatnosti}}}\right)}{(1 + IR/12)^{(\text{měsíc } t - \text{měsíc selhání})}}, \quad (15)$$

kde *IR* je refundační sazba,
měsíc t je aktuální měsíc, resp. měsíc, pro který výpočet provádíme a
měsíc selhání je měsíc vstupu do vymáhání.

Z rovnice je patrné, že současná hodnota ztráty z odkladu je dána hodnotou odkladu, úrokovou sazbou využívanou k refundaci a dobou do splatnosti. V momentě, kdy klient požádá o odklad, je hodnota jmenovatele rovna jedné, hodnota odkladu je dána výší měsíční splátky a rozhodujícím činitelem stanovujícím současnou hodnotu ztráty z odkladu se stává doba do splatnosti úvěru, u které lze pozorovat pozitivní vztah, tj. s růstem doby do splatnosti roste současná hodnota ztráty z odkladu.

III) Ztráta z prodlení

Ztráta z prodlení nastává, v porovnání s odkladem, v případě kdy klient nezaplatí předepsanou splátku včas nebo v plné výši. Do výpočtu ztráty z prodlení, z důvodu včasného neobeznámení finanční instituce o platební neschopnosti klienta, vstupuje nejen hodnota splátky, ale i úroky vyplývající z nedodržení smluvních podmínek. Z důvodu dodatečných úroků je pro výpočet ztráty z prodlení využíváno tří rovnic, a to v závislosti na fázi, v jaké se úvěr v prodlení nachází.

a) Měsíc vstupu do prodlení

$$SH \text{ ztráty z prodlení v 1. měsíci} = \frac{\text{pohledávka}_t}{(1 + IR/12)^{(\text{měsíc } t - \text{měsíc selhání})}}, \quad (16)$$

kde IR	<i>je refundační sazba,</i>
měsíc t	<i>je aktuální měsíc, resp. měsíc, pro který výpočet provádíme,</i>
měsíc selhání	<i>je měsíc vstupu do vymáhání a</i>
$pohledávka_t$	<i>je hodnota pohledávky po splatnosti v měsíci t včetně úroků z prodlení.</i>

Ztráta z prodlení v prvním měsíci bude vždy rovna pohledávce po splatnosti včetně úroků z prodlení. V prvním měsíci bude jmenovatel umocněn vždy na nultou, a tím pádem bude celý jmenovatel roven jedné a hodnota ztráty v daném měsíci bude i současná hodnota (SH) ztráty.

b) Měsíc následující po vstupu do prodlení a zároveň nedochází k výstupu z prodlení

$$SH \text{ ztráty z prodlení za měsíc} = \frac{(pohledávka_t - pohledávka_{t-1})}{(1 + IR/12)^{(měsíc\ t - \text{měsíc selhání})}} \quad (17)$$

Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (16)

Ztráta v dalších měsících představuje současnou hodnotu (SH) rozdílu pohledávek po splatnosti posledních dvou měsíců. V hodnotě pohledávek po splatnosti jsou již zahrnuty i úroky z prodlení.

c) Měsíc výstupu z prodlení

$$SH \text{ ztráty z prodlení v posledním měsíci} = \frac{pohledávka_t + (pohledávka_t - pohledávka_{t-1})}{(1 + IR/12)^{(měsíc\ t - \text{měsíc selhání})}} \quad (18)$$

Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (16)

Rovnice (18) představuje současnou hodnotu ztráty v posledním měsíci. Její hodnota je zpravidla záporná a tudíž snižuje celkovou hodnotu ztráty z prodlení. Záporná hodnota při přesunu úvěru do portfolia výkonných úvěrů je z důvodu doplacení celé dlužné částky včetně úroků. Při přesunu úvěru do portfolia v právním vymáhání je hodnota ztráty v posledním měsíci záporná z důvodu zamezení dvojího zaúčtování ztráty⁴¹⁴².

IV) Náklady na právní vymáhání

Způsob výpočtu nákladů v právním vymáhání je téměř totožný s výpočtem nákladů na vymáhání. Její měsíční výše na jeden úvěr je u testovaného portfolia v porovnání s měsíčními náklady na vymáhání významně nižší, a to zejména ze dvou důvodů. Prvním důvodem je outsourcing, kde prostřednictvím specializovaných společností dochází k výrazné úspoře nákladů u soudních sporů. Druhým důvodem je větší počet úvěrů v právním vymáhání v porovnání s klasickým

⁴¹ Po přesunu pohledávky do právního vymáhání je počítána ztráta z právního vymáhání z celkové hodnoty pohledávky včetně úroků z prodlení. Viz rovnice (20).

⁴² Při přesunu do právního vymáhání se účtují úroky i v posledním měsíci.

vymáháním, a to zejména z důvodu delší doby, během které jsou klienti součástí právního vymáhání. Promlčecí doba od započetí soudního sporu je v České republice až deset let. Během dané doby jsou pohledávky daňově uznatelným nákladem a z daného důvodu dochází často k odpisu pohledávky těsně před vypršením promlčecí lhůty.

Výpočet nákladů na právní vymáhání představuje součin nákladů na právní vymáhání na jeden měsíc a počtu měsíců, které daný úvěr stráví v daném portfoliu. Výsledná suma je následně diskontována až do data transferu pohledávky do právního vymáhání, tj. až do momentu, kdy úvěr přešel z prodlení nebo odkladu do právního vymáhání. V případě, že úvěr přešel do právního vymáhání přímo z portfolia výkonných úvěrů, je datum transferu totožný s datem selhání. Příčinou přímého přechodu bývá většinou podvod (např. formou zneužití dokladů apod.).

$$SH \text{ nákladů z právního vymáhání} = \frac{n \times \text{měsíční náklady na soudní vymáhání}}{(1+IR/12)^{(\text{měsíc transferu} - \text{měsíc selhání})}}, \quad (19)$$

kde IR je refundační sazba,
měsíc transferu je měsíc převodu pohledávky do právního vymáhání a
měsíc selhání je měsíc vstupu do vymáhání.

V) Ztráta z právního vymáhání

V případě, že úvěr se dostane do právního vymáhání, resp. insolvence, hodnota rizikového parametru LGD významně roste. Výsledná ztráta z právního vymáhání je determinována hodnotou transferu, která se už nezvyšuje o úroky, míru ztráty (Loss Rate, LR) a refundační sazbou. Míra ztráty (LR) je dána historickými hodnotami peněžních toků úvěrů v právním vymáhání. Prostřednictvím míry ztráty finanční instituce odhaduje, jaká část úvěrů v právním vymáhání bude splacena. Způsob výpočtu ztráty z právního vymáhání zachycuje rovnice (20):

$$SH \text{ ztráty z právního vymáhání} = \frac{\text{Loss Rate} \times \text{hodnota transferu}}{(1+IR/12)^{(\text{měsíc transferu} - \text{měsíc selhání})}}, \quad (20)$$

Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (19)

U ztráty z právního vymáhání je nutné se podrobně zaměřit na způsob výpočtu míry ztráty, která nejvýznamněji ovlivňuje výslednou hodnotu LGD . Prezentovaný způsob výpočtu míry ztráty pro účely LGD je totožný s výpočtem míry ztráty pro účely stanovení rezerv pro úvěrové ztráty (LLP). I když finanční instituce musí od 1. 1. 2018 používat nové účetní pravidla IFRS9 pro stanovení rezerv pro úvěrové ztráty, způsob výpočtu míry ztráty byl ponechán beze změny. Metodika výpočtu míry ztráty u testovaného portfolia je převzata z článku zabývajícím se metodami stanovení výše rezerv pro úvěrové ztráty (Kováč, 2016).

Výpočet míry ztráty (Loss Rate, LR)

Cílem výpočtu je stanovení výše ztráty z úvěrového portfolia v právním vymáhání. Vstupní data nezbytná pro výpočet ztráty z úvěrů v právním vymáhání jsou celková výše pohledávky včetně úroků v době vstupu do vymáhání a platby od klientů generované po vstupu do vymáhání v jednotlivých obdobích, přičemž způsob zápisu je zachycen v horní části Tab. 14.

Řádky zobrazují 11 generací klientů (2015Q4 – 2018Q2), které vstoupily v jednotlivých kvartálech do právního vymáhání. Výše pohledávek (pohl1 – pohl11) představují celkové výše pohledávek včetně úroků pro danou generaci klientů v momentě vstupu do právního vymáhání. Řádky s označením p1-0 až p1-10 představují příjmy v jednotlivých obdobích (kvartálech) od klientů z jedné generace (2015Q4) po vstupu do právního vymáhání. Generace 2015Q4 představuje skupinu klientů, která vstoupila do právního vymáhání v období od 1. 10. 2015 do 31. 12. 2015. Sloupce s označením p1-1 – p10-1 představují platby deseti generací (2015Q4 – 2018Q1) v průběhu prvního období (kvartálu) po vstupu do právního vymáhání. Příjmy v nultém období zachycují situaci, kdy klient vstoupil do právního vymáhání, a během téhož kvartálu byla přijata platba od klienta. Samostatné zachycení nulté generace má význam zejména pro účely diskontování, ale představuje i cennou informaci popisující chování klientů bezprostředně po vstupu do právního vymáhání. Z důvodu, že výše přijatých plateb od klientů v právním vymáhání má s rostoucím počtem období výrazně klesající charakter, je sběr dat na úrovni kvartálů dostatečný a poskytuje dostatečné informace pro výpočet ztráty z portfolia úvěrů v právním vymáhání.

Tab. 14 - Vstupní data pro výpočet míry ztráty

Generace	Výše pohledávky	Období						
		0	1	2	...	8	9	10
2015Q4	pohl1	p1-0	p1-1	p1-2	...	p1-8	p1-9	p1-10
2016Q1	pohl2	p2-0	p2-1	p2-2	...	p2-8	p2-9	
2016Q2	pohl3	p3-0	p3-1	p3-2	...	p3-8		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
2017Q4	pohl9	p9-0	p9-1	p9-2				
2018Q1	pohl10	p10-0	p10-1					
2018Q2	pohl11	p11-0						
Hrubá výt.		%h0	%h1	%h2	...	%h8	%h9	%h10
Čistá výt.		%net0	%net1	%net2	...	%net8	%net9	%net10

Zdroj: vlastní zpracování

V dalším kroku je s využitím dat zachycených v Tab. 14 vypočtena hrubá a čistá výtěžnost pro jednotlivá období. Schéma výpočtu je zachyceno ve spodní části Tab. 14. Výpočet hrubé výtěžnosti (%h0) představuje poměr celkové sumy příjmů daného období (období 0) a sumy

pohledávek ve vymáhání. Hrubá výtěžnost tedy popisuje vývoj příjmů od dlužníků po jednotlivých obdobích od momentu vstupu do právního vymáhání. Čistá výtěžnost (%net2) představuje diskontovanou hrubou výtěžnost (%h2) k momentu (kvartálu) vstupu do vymáhání. Diskontují se všechny příjmy, kromě příjmů v nultém období, kde hodnota hrubé výtěžnosti je totožná s hodnotou čisté výtěžnosti. Výše diskontní sazby (BOX 2) je rovna váženému průměru současné efektivní úrokové sazby, kde vahou je současná výše pohledávky všech úvěrů v právním vymáhání. Hodnoty čisté výtěžnosti představují doplňkový ukazatel a do výpočtu očekávané ztráty nevstupují. Hodnoty hrubé výtěžnosti jsou následně využity v posledním kroku pro finální výpočet ztráty z úvěrového portfolia v právním vymáhání. Princip výpočtu míry ztráty (Loss Rate) spočívá v aplikaci historických hodnot hrubé výtěžnosti pro odhad očekávaných příjmů ze současného portfolia úvěrů ve vymáhání. V případě hrubé výtěžnosti %h1, která představuje podíl celkových příjmů k celkové pohledávce pro generace 2015Q4 až 2018Q1 (Tab. 14), se hodnota %h1 uplatní jako parametr pro výpočet očekávané výše příjmů pro generaci 2018Q2 pro období 1 (Tab. 15). V případě %h2, která představuje podíl celkových příjmů k celkové pohledávce pro generaci 2015Q4 až 2017Q4, se %h2 použije jako parametr pro výpočet očekávané výše příjmů pro generaci 2018Q2 pro období 2 a rovněž pro generaci 2018-1 pro období 1. Stejnou logikou se vyplní celý trojúhelník, který bude mít na diagonále totožnou hodnotu hrubé výtěžnosti. Průběh výpočtu zachycuje Tab. 15.

Tab. 15 - Kalkulace míry ztráty (Loss Rate, LR)

Generace	Výše pohledávky	Zůst. výše pohledávky	1	2	...	9	10
2015Q4	pohl1	zůst1					
2016Q1	pohl2	zůst2	%h10				
2016Q2	pohl3	zůst3	%h9	%h10			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
2018Q1	pohl10	zůst10	%h2	%h3	...	%h10	
2018Q2	pohl11	zůst11	%h1	%h2	...	%h9	%h10
	sumPohl	sumZůst					
❶	sum všech Kvartálů		sum Kvar1	sum Kvar2	...	sum Kvar9	sum Kvar10
❷	disSum všech Kvartálů		disSum Kvar1	disSum Kvar2	...	disSum Kvar9	disSum Kvar10

Zdroj: vlastní zpracování

Výpočet celkové hodnoty očekávaných příjmů ze současného portfolia je proveden ve dvou variantách – bez diskontování (varianta 1) a s diskontováním (varianta 2). Kromě hodnoty pohledávky je nezbytné znát výše aktuálních zůstatků pro jednotlivé generace. U nejstarších generací je hodnota zůstatků rovna nebo blízká nule. Hodnota zůstatků může klesat v případě, že dojde k jedné z následujících událostí, kterými může být splacení části anebo celého závazku

klientem, odprodej pohledávky externí agentuře anebo odpis pohledávky. V prvním kroku se spočítají veškeré sumy očekávaných příjmů pro jednotlivé kvartály (resp. období) jako skalární součin hrubé výtěžnosti a hodnoty zůstatků. Danou hodnotu ($\text{sumKvar1} - \text{sumKvar10}$) následně diskontujeme, přičemž výše diskontní sazby a průběh diskontování je totožný s metodou použitou pro výpočet čisté výtěžnosti. Součtem všech diskontovaných příjmů ($\text{disSumKvar1} - \text{disSumKvar10}$) dostaneme celkovou diskontovanou sumu všech kvartálů. Daným způsobem jsme dostali celkový diskontovaný očekávaný příjem pro současné portfolio v právním vymáhání. Následně, celkovou absolutní diskontovanou ztrátu dopočítáme jako rozdíl celkové sumy zůstatků a diskontované sumy všech kvartálů, které představují očekávaný příjem. Relativní diskontovaná ztráta, která představuje očekávanou úroveň ztráty – Loss Rate (LR) je dána podílem absolutní diskontované ztráty a sumou zůstatků. Matematický zápis výpočtu Loss Rate (LR) na základě dat obsažených v Tab. 15 lze zapsat následovně:

$$LR = \frac{(\sum_{j=1}^{11} \text{zůst } j - \sum_{j=1}^{10} \text{disSumKvar } j)}{\sum_{j=1}^{11} \text{zůst } j}, \quad (21)$$

kde $\sum_{j=1}^{11} \text{zůst } j$ je suma všech zůstatků, ze kterých se LR počítá a
 $\sum_{j=1}^{10} \text{disSumKvar } j$ je diskontovaná suma očekávaných budoucích příjmů.

BOX 2: Porovnání refundační a diskontní sazby pro účely výpočtu LGD

Refundační sazba

Pomocí refundační sazby se diskontují všechny komponenty výpočtu LGD k momentu začátku pozorovacího okna. Proces jejího stanovení není přesně vymezen a tím pádem mají finanční instituce vlastní metodiku pro její kvantifikaci. Pro diskontování komponentů LGD u testovaného portfolia se refundační sazba odvíjí od sazby PRIBOR, ke které jsou připočítané různé typy marží (např. likvidní marže aj.). Marže mohou nabývat i záporných hodnot, čímž snižují samotnou hodnotu sazby PRIBOR. Refundační sazba se kalibruje jednou ročně a je stanovena pro různé časové intervaly v závislosti na délce úvěrů ve vymáhání, resp. právním vymáhání. Pro testované portfolio, i z důvodu desetileté promlčecí lhůty, se stanovuje refundační sazba od 1 měsíční až po desetiletou refundační sazbu. Jejich hodnoty se dlouhodobě pohybují v intervalu 0,1 % - 2 % p. a. Pro vztah refundační sazby a hodnoty LGD platí:

↓ refundační sazba → ↑ LGD

Diskontní sazba⁴³

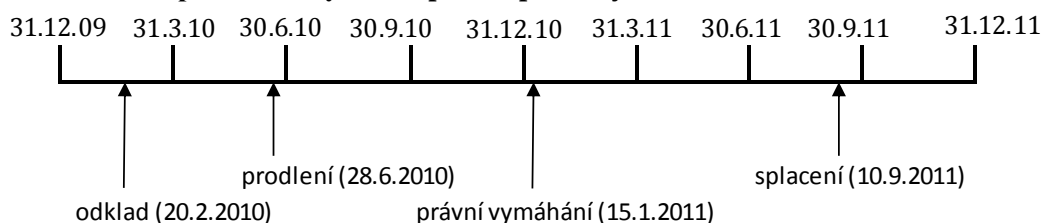
Diskontní sazba slouží pro diskontování peněžních toků pro účely výpočtu míry ztráty (Loss Rate, LR). Jak bylo zmíněno, míra ztráty představuje hlavní determinant ztráty z úvěrů v právním vymáhání. Výše diskontní sazby je počítána jako vážený průměr současné efektivní úrokové sazby, kde vahou je současná výše pohledávky všech úvěrů v právním vymáhání. Na rozdíl od refundační sazby je kalibrována každé tři měsíce a je počítána pro každý produkt samostatně. Hodnoty diskontní sazby se u testovaného portfolia dlouhodobě pohybují u revolvingových úvěrů v intervalu 20 % - 25 %, u osobních úvěrů cca 15 % a u spotřebitelských úvěrů kolem 25 % p. a. Výrazně vysoké hodnoty jsou výsledkem vysokých smluvních sazeb v období před i více než deseti lety, které jsou pořád součástí portfolia v právním vymáhání. Pro vztah diskontní sazby a hodnoty LGD platí:

$\uparrow \text{diskontní sazba} \rightarrow \downarrow \text{recovery rate} \rightarrow \uparrow \text{míra ztráty (LR)} \rightarrow \uparrow \text{LGD}$

2.3.3.2. Cyklus úvěru během pozorovacího období a volba jeho délky

V této části si na základě ilustrativního příkladu předvedeme způsob kalkulace LGD a jeho přechod mezi homogenními třídami během pozorovacího období. Příklad zobrazen na Obr. 15 je následně přepsán do Tab. 16, která přehledně zobrazuje jednotlivá tříletá pozorovací období, pořadí pozorovacího období a homogenní skupinu, ve které se úvěr na začátku jednotlivých pozorovacích období nachází.

Obr. 15: Ilustrační příklad cesty úvěru po vstupu do vymáhání



Tab. 16 - Tabulkové zobrazení Obr. 15

Pořadí	Pozorovací období	Homogenní skupina na začátku období
1	31. 12. 2009 - 31. 12. 2012	Výkonná pohledávka
2	31. 03. 2010 - 31. 03. 2013	Odklad
3	30. 06. 2010 - 30. 06. 2013	Prodlení

⁴³ Hodnota a způsob výpočtu diskontní sazby nemají žádnou souvislost s diskontní sazbou pro účely měnové politiky. Diskontní sazbu pro účely výpočtu LGD si finanční instituce stanovuje sama.

4	31. 03. 2011 - 31. 03. 2014	Právní Vymáhání
5	30. 09. 2011 - 30. 09. 2014	<i>(není součástí výpočtu LGD)</i>

1) Úvěr je na začátku pozorovacího období (31. 12. 2009 - 31. 12. 2012) součástí výkonného portfolia. Protože klient požádal 20. 2. 2010 o odklad, tj. v průběhu prvních dvanácti měsíců pozorovacího období, úvěr vstupuje do výpočtu *LG**D* pro odpovídající pozorovací okno. Do kalkulace vstupují všechny druhy nákladů a ztrát (Obr. 15) až do momentu, kdy je úvěr splacen (10. 09. 2011).

2) Úvěr je pro pozorovací období (31. 03. 2010 - 31. 03. 2013) součástí homogenní skupiny určené pro odklad. Náklady na vymáhání a ztráta z odkladu jsou účtovány pouze od začátku pozorovacího období až do výstupu úvěru z daného typu selhání, tj. (31. 3. 2010 – 28. 6. 2010). Následně, až do splacení úvěru, jsou účtovány všechny typy nákladů a ztrát.

3) Úvěr je pro pozorovací období (30. 06. 2010 - 30. 06. 2013) součástí homogenní skupiny určené pro prodlení. Náklady a ztráta z prodlení jsou účtovány až od začátku pozorovacího období. Náklady a ztráta z právního vymáhání jsou totožné jako v předešlých případech.

4) Úvěr je pro pozorovací období (31. 03. 2011 - 31. 03. 2014) součástí homogenní skupiny určené pro právní vymáhání. Náklady na právní vymáhání jsou účtovány od 31. 3. 2011 až do splacení úvěru. Protože je úvěr v právním vymáhání již na počátku pozorovacího období, není nutné ztrátu z právního vymáhání diskontovat. **Výše ztráty se rovná součinu pohledávky při vstupu do právního vymáhání a míry ztráty (LR).**

5) Úvěr byl 10. 09. 2011 splacen a **pro pozorovací období 30. 09. 2011 – 30. 09. 2014 již není součástí kalkulace rizikového parametru *LG**D*.**

Z posledního bodu je patrné, že úvěr vystoupil z kalkulace *LG**D* až po uplynutí tří let od úplného splacení úvěru⁴⁴. Stejný princip platí i pro odpis nebo odprodej pohledávky. Z výše uvedeného lze vyvodit, že čím delší pozorovací období pro výpočet *LG**D* je využíváno, tím delší období je nutné pro očištění portfolia od „uzavřených“ pohledávek.

Na druhou stranu, delší pozorovací okno může vést k výrazně přesnějšímu výpočtu rizikového parametru *LG**D*. Úroveň přesnosti a tudíž i délka pozorovacího okna závisí na mnoha faktorech. Jeden z hlavních faktorů je nastavení procesů přechodu mezi jednotlivými typy selhání. Jak již

⁴⁴ Výpočet *LG**D* pro pozorovací období 30. 09. 2011 – 30. 09. 2014 byl proveden 30. 9. 2014, přičemž úvěr byl splacen již 10. 09. 2011.

bylo zmíněno, úvěry⁴⁵ vstupují nejdříve do prodlení nebo je proveden odklad splátek. V následujícím kroku, po splnění předem stanovených podmínek, jsou úvěry transferovány do právního vymáhání. Právní vymáhání představuje stav absorpce, tj. stav, ze kterého se nelze vrátit do portfolia výkonných pohledávek. Právní vymáhání je ze strany finanční instituce ukončeno splacením úvěru, částečným splacením, odprodejem pohledávky nebo úplným odpisem pohledávky. Z uvedených faktů je zřejmé, že z úvěrů v právním vymáhání generují finanční instituce vysokou ztrátu. U testovaného portfolia se pohybovala míra ztráty (LR) od roku 2011 v rozmezí 59 až 82 %, u klientů v insolvenční se míra ztráty pohybovala v průměru až na úrovni 83 %. Vysoké hodnoty míry ztráty (LR) implikují vysokou hodnotu ztráty u úvěrů v právním vymáhání vzhledem k ostatním typům ztrát a nákladům podílejícím se na celkové hodnotě *LGD*.

Tab. 17 - Podíly jednotlivých typů nákladů a ztrát na celkové hodnotě *LGD*

	06/2009*	06/2012*	06/2015*
Náklady na vymáhání	1,39%	0,52%	0,43%
Ztráta z odkladu	0,36%	0,08%	0,04%
Ztráta z prodlení	1,33%	1,96%	1,27%
Náklady na právní vymáhání	1,05%	0,88%	0,07%
Ztráta z právního vymáhání	95,86%	96,56%	98,19%

Pozn.: *Počátek tříletého období

Z výsledků Tab. 17 plyne, že pokud úvěr přejde z odkladu nebo z prodlení do právního vymáhání, které tvoří nejvýznamnější část výsledné hodnoty *LGD*, musí být pozorovací okno dostatečně dlouhé, aby daný přechod dokázalo zachytit.

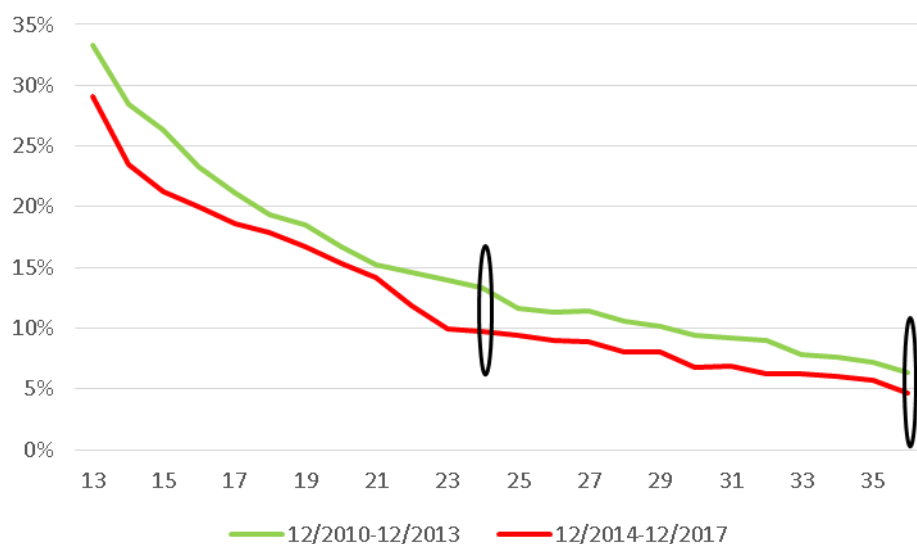
Je zřejmé, že nelze zachytit během jednoho pozorovacího období všechny úvěry, které skončí v právním vymáhání, ovšem v případě vhodného nastavení interních procesů, může být hodnota zbytkového portfolia dostatečně nízká již po 24 nebo 36 měsících. Zbytkové portfolio zahrnuje všechny úvěry, které se stanou součástí nevýkonného portfolia během prvních dvanácti měsíců a zároveň se nestanou do konce pozorovacího období součástí výkonného portfolia nebo portfolia úvěrů v právním vymáhání.

Volba pozorovacího okna tedy představuje časový test přesunu úvěrů v odkladu nebo v prodlení do portfolia výkonných úvěrů nebo portfolia v právním vymáhání. Pro ilustraci můžeme uvést, že v praxi je často používána hodnota zbytkového portfolia na úrovni 5 % - 10 %. Dané hodnoty je nutné opět brát jako orientační hodnoty, výběr délky pozorovacího období představuje

⁴⁵ Může nastat i situace přímého přesunu výkonné pohledávky do právního vymáhání.

kompromis mezi přesnějším měřením parametru *LGD* a rychlejší aktualizací parametru *LGD*. Finanční instituce využívající četné odprodeje pohledávek bude upřednostňovat kratší okno, zatímco konzervativní společnosti kvitující zejména přesnost měření *LGD* budou volit delší pozorovací okno.

Obr. 16: Vývoj portfolia pohledávek ve vymáhání během dodatečného pozorovacího období pro účely volby pozorovacího okna pro výpočet *LGD*



Obr. 16 zachycuje vývoj portfolia úvěrů ve vymáhání (tj. v prodlení nebo v odkladu) během dodatečného pozorovacího období, které slouží k volbě pozorovacího okna pro výpočet *LGD*. Celkové pozorovací okno se tudíž skládá ze „vstupního“ pozorovacího okna, které je totožné s délkou pozorovacího okna pro výpočet rizikového parametru *PD* a dodatečného pozorovacího okna (Obr. 16). Dodatečné pozorovací okno představuje časový horizont po uplynutí prvních dvanácti měsíců. Pro výpočet *LGD* a rovněž i délky dodatečného pozorovacího období bereme v potaz pouze úvěry, které vstoupí do vymáhání během vstupního, dvanáctiměsíčního pozorovacího okna. Z Obr. 16 je patrné, že nejvyšší přesun z portfolia pohledávek ve vymáhání do právního vymáhání, nebo do portfolia výkonných pohledávek je během vstupního pozorovacího období⁴⁶. Hodnota zbytkového portfolia již na počátku dodatečného období je na úrovni 30 %.

Vývoj zbytkového portfolia během pozorovacího období se v čase mění, a proto je nutné provádět pravidelné analýzy. V případě významných změn ve vývoji zbytkového portfolia je nutné délku pozorovacího období pro výpočet rizikového parametru *LGD* kalibrovat. Obr. 16 zobrazuje vývoj

⁴⁶ Nejvyšší úspěšnost přesunu z portfolia ve vymáhání do portfolia výkonných pohledávek je během prvního měsíce vstupu do vymáhání, a proto je podíl zbytkového portfolia již na počátku dodatečného pozorovacího období relativně nízký.

zbytkového portfolia během dvou pozorovacích období se čtyřletým odstupem. Mezi vývojem zbytkových portfolií je patrný rozdíl. Vývoj aktuálnějšího zbytkového portfolia vykazuje zlepšení během celého dodatečného období, to znamená, že docházelo k rychlejšímu přesunu úvěrů v odkladu nebo v prodlení do právního vymáhání anebo zpátky do portfolia výkonných úvěrů. Černé obdélníky označují rozhodující okamžiky pro volbu 24 a 36 měsíčního pozorovacího okna. V bodě, kde by končilo 24 měsíční pozorovací okno, došlo k výraznějšímu zlepšení, v případě 36 měsíčního pouze k mírnému zlepšení. Při úvaze o změně pozorovacího období je nutné říct, že i když se jedná o výrazné zlepšení v průběhu prvních 24 měsíců, jedná se v případě testovaného portfolia o finanční instituci působící v segmentu retail klientely s umírněným přístupem k odpisům a odprodejům pohledávek. Zkrácení pozorovacího období na 24 měsíců by vedlo k zhoršení přesnosti výpočtu rizikového parametru LGD , který by převážil, z důvodu nízkých objemů odpisů a odprojeů pohledávek, pozitivní efekt rychlejší aktualizace výpočtu rizikového parametru LGD . Z daných důvodů bude u testovaného portfolia zachováno původní 36 měsíční pozorovací okno.

2.3.3.3. *Prezentace přístupů výpočtu LGD a jejich vzájemné porovnání*

Pro účely disertační práce budeme porovnávat tři přístupy k měření LGD . Kalkulace bude provedena u všech přístupů na základě výše prezentovaných způsobů výpočtů jednotlivých komponent LGD . Rovněž pro všechny přístupy bude využito stejné pozorovací okno o délce tří let.

Hlavním rozdílem mezi jednotlivými přístupy představuje způsob segmentace. U klasického přístupu je segmentace převzata ze segmentace rizikového parametru PD (kapitola 2.2), jejichž důsledkem je nehomogenost⁴⁷ skupin rizikového parametru LGD . U dalších dvou způsobů je provedena vlastní segmentace rizikového parametru LGD za účelem dosažení homogenních skupin.

I) Klasický přístup k výpočtu LGD (LGD^{klas})

Klasický přístup výpočtu LGD je proveden na základě prezentovaného způsobu výpočtu a segmentace je totožná se segmentací rizikového parametru PD . Důsledkem převzetí segmentace dle rizikového parametru PD je nehomogenost skupin LGD , která vedla, na základě výsledků backtestů, k požadavku regulátora na přidání konzervativní marže. Konzervativní marže na úrovni 5 p. b. bude připočítána k odhadům rizikového parametru LGD .

⁴⁷ Projevující se vyšší volatilitou naměřených a následně i odhadovaných hodnot rizikového parametru vedoucí ke zhoršení výsledků backtestů.

II) *LGD* s vlastní byznys segmentací (*LGD^{byz}*)

LGD s vlastní byznys segmentací představuje klasický přístup k výpočtu *LGD* s tím rozdílem, že je provedena vlastní byznys segmentace (první úroveň segmentace), výsledkem které je 30 homogenních skupin. Segmentace je prováděna za účelem snížení volatility naměřených hodnot rizikového parametru *LGD* vedoucí k přesnějším a konzistentním odhadům parametru *LGD*. Přesnější odhady vedli k uspokojivějším výsledkům backtestů než v případě klasického přístupu k výpočtu *LGD* a tudíž požadavek na konzervativní marži by neměl být ze strany regulátora vyžadován.

V praxi ovšem může vlastní segmentace vést k zvýšení naměřených hodnot rizikového parametru *LGD*. Důvodem jsou větší homogenní skupiny z hlediska objemu úvěrů, které mohou penalizovat skupiny úvěrů, které měly u původní segmentace (dle parametru *PD*) nižší hodnotu *LGD* a zároveň významnou hodnotu pohledávky. Příklad reálné situace, kdy vlastní segmentace vedla k stabilnějším odhadům za cenu vyššího kapitálového požadavku, zachycuje Tab. 18.

Tab. 18 – Porovnání *LGD_klas* a *LGD_byz* pro účely kapitálového požadavku

	HBP (v tis. Kč)	<i>LGD_klas</i>	<i>LGD_byz</i>	KP <i>LGD_klas</i>	KP <i>LGD_byz</i>
1	22 666	91,7 %	85,9 %	22 981	20 330
2	15 015	43,1 %	85,9 %	6 469	12 901
3	514	53,9 %	85,9 %	277	442
4	12 480	25,8 %	85,9 %	3 224	10 773
				32 952	44 395

Pozn.: HBP = hodnota bilančních položek, KP = kapitálový požadavek (pro zbylé rizikové parametry platí $PD = 1$, $EAD = 1$).

III) *LGD* s vlastní statistickou segmentací (*LGD^{stat}*)

Poslední přístup k výpočtu *LGD* vychází z přístupu *LGD* s vlastní byznys segmentací, u které byla následně provedena statistická segmentace. Cílem statistické segmentace v případě rizikového parametru *LGD* je rozpoznat situaci prezentovanou v Tab. 18, a tím snížit hodnotu kapitálového požadavku a současně zachovat homogenitu u nově vytvořených skupin.

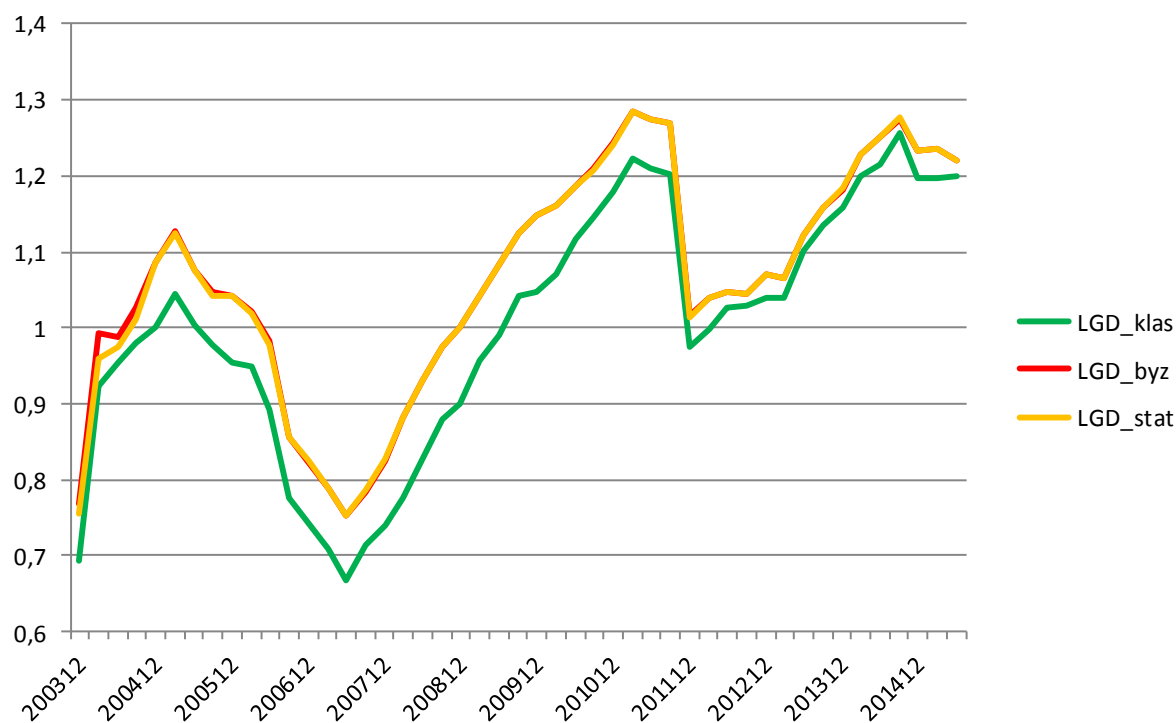
V případě, že statická segmentace indikovala dodatečné rozdělení homogenní skupiny byznys segmentace a zároveň by byly nové homogenní skupiny nevýznamné z hlediska objemu úvěrů, je ponechána původní byznys segmentace. Výsledkem statistické segmentace je mírné zvýšení počtu

homogenních skupin z 30⁴⁸ na 35, přičemž došlo k dodatečnému dělení homogenních skupin byznys segmentace u výkonných i nevýkonných pohledávek.

IV) Vzájemné porovnání naměřených hodnot u jednotlivých přístupů k výpočtu *LGD*

Obr. 17 zachycuje vývoj naměřených relativních hodnot parametrů *LGD*. Výsledné hodnoty *LGD* jsou počítané jako vážený průměr hodnot *LGD* jednotlivých homogenních skupin, kde vahami jsou sumy bilančních položek. Bod 200412 u rizikového parametru *LGD* (klasický přístup k výpočtu *LGD*) představuje bazickou hodnotu pro vzájemné porovnání přístupů k měření *LGD*. Hodnota váženého průměru v bodě 200412 představuje hodnotu *LGD* naměřenou během pozorovacího okna 200412 - 200712 (tj. 1. 1. 2005 – 31. 12. 2007).

Obr. 17: Vzájemné porovnání relativních hodnot parametrů *LGD*



Pozn.: *LGD_klas* (Klasický přístup k výpočtu *LGD*), *LGD_byz* (*LGD* s vlastní byznys segmentací), *LGD_stat* (*LGD* s vlastní statistickou segmentací), *LGD_klas* 200412 = 1 (bazická hodnota)

Z výsledků naměřených hodnot *LGD* lze vyvodit následující závěry. Vlastní segmentace vedla z důvodu větších homogenních skupin k penalizaci skupin, které v původní segmentaci (dle *PD*) měly nižší hodnoty *LGD*. Dodatečné dělení, které bylo výsledkem statistické segmentace, vedlo pouze k mírnému snížení vážených hodnot *LGD*.

⁴⁸ Výsledek byznys segmentace.

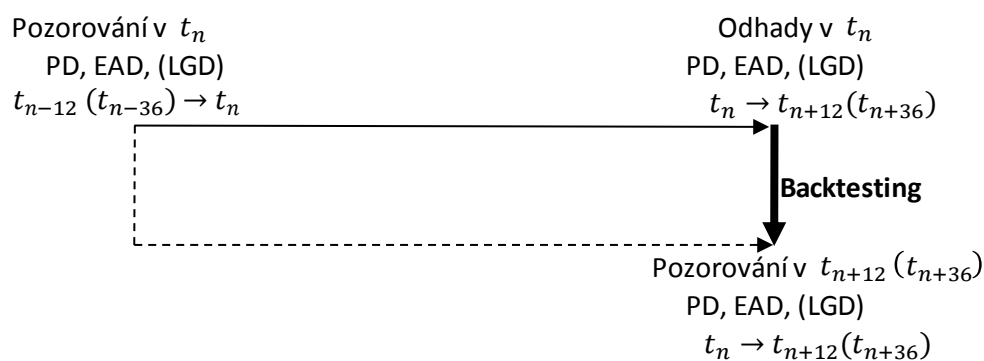
I když jsou hodnoty LGD po provedení vlastní segmentace vyšší než u klasického přístupu k výpočtu LGD , hodnoty odhadů LGD_{klas} budou penalizovány konzervativní marží na úrovni 5 p. b., zatímco hodnoty LGD s vlastní segmentací nikoliv. Penalizace a pouze mírný rozdíl mezi hodnotami LGD_{klas} a LGD s vlastní segmentací, který lze pozorovat především v období od 2011/12, může v konečném důsledku vést k nižším hodnotám kapitálového požadavku u přístupů k měření rizikového parametru LGD s vlastní segmentací.

2.4. Proces odhadování rizikových parametrů

Předchozí kapitoly prezentovala přístupy k měření rizikových parametrů. Měřením je dosaženo historických hodnot jednotlivých rizikových parametrů pro odpovídající časové období. Protože cílem kapitálových požadavků je determinace hodnoty kapitálu pro současné portfolio, pro které hodnoty rizikových parametrů neznáme, musíme dané rizikové parametry pro odpovídající časové období odhadovat.

Cílem procesu odhadování rizikových parametrů je krytí očekávané volatility jednotlivých rizikových parametrů pro odpovídající časové období. Časové období, pro které jsou odhady vytvářeny, je totožné s časovým oknem výpočtu jednotlivých rizikových parametrů. To znamená, že pro rizikové parametry PD a EAD se bude jednat o jednoletý odhad, zatímco pro parametr LGD bude odhad tříletý.

Obr. 18: Ilustrace procesu odhadování a následné kontroly odhadů (backtesting) jednotlivých rizikových parametrů



kde $t_{n-12}(t_{n-36}) \rightarrow t_n$ je historické pozorovací období pro parametry PD , EAD (resp. LGD),
 t_n je časový okamžik posledního naměřeného pozorování (pro které provádíme odhady parametrů PD , EAD , LGD) a
 $t_n \rightarrow t_{n+12}(t_{n+36})$ je pozorovací období, pro které je prováděn odhad (a následně i backtestig) parametrů PD , EAD (resp. LGD).

Z důvodu odlišné délky pozorovacího období jednotlivých rizikových parametrů, je možné ověřit správnost odhadů, která je prováděna prostřednictvím backtestů (Obr. 18), u parametrů *PD* a *EAD* s jednoletým odstupem, u parametru *LGD* s tříletým odstupem. Kromě backtestů jednotlivých rizikových parametrů provádí finanční instituce i backtesty na úrovni očekávané (EL) a neočekávané ztráty (UL), které lze provést z důvodu tříleté prodlevy u rizikového parametru *LGD* rovněž s tříletým odstupem.

Backtesting představuje proces kontroly, která poskytuje odpověď, zda byl⁴⁹ proces tvorby odhadu přiměřený, pokrývající očekávanou volatilitu rizikových parametrů na úrovni homogenních skupin. Při vysokém počtu nedostatečných odhadů (alertů), tj. situace, kdy odhad je nižší než naměřená hodnota pro odpovídající časový interval dané homogenní skupiny, dochází nejčastěji k požadavku regulátora o zavedení konzervativní marže pro rizikový parametr s neuspokojivými výsledky backtestingu. V případě významných nedostatků může regulátor požadovat úpravu modelu nebo nasazení modelu s více konzervativnějšími odhady.

Basilejský výbor ve svých požadavcích na odhady rizikových parametrů (BIS, 2017) klade důraz zejména na historickou časovou řadu, ze které jsou odhady vytvářeny. Délka časové řady je pro všechny parametry stejná a musí být minimálně 5 let (BIS 2006, bod 463, 473, 479). Odhady by měly vycházet z dlouhodobého průměru naměřených hodnot jednotlivých rizikových parametrů (BIS, 2006, bod 447). V případě kratší časové řady musí finanční instituce provádět konzervativnější odhady, kterých lze dosáhnout např. přidáním konzervativní marže k odhadované hodnotě rizikového parametru.

Kromě výše uvedených požadavků Basilejského výboru je proces odhadování plně ponechán na finančních institucích. Proces tvorby modelu je v podstatě založen na dvou restrikcích, které by měl vhodný model splňovat. První restrikce spočívá v produkci dostatečně vysokých hodnot odhadů, které by minimalizovaly počet alertů při provádění backtestů. Druhá restrikce spočívá v schopnosti modelu omezit nepřiměřeně vysoké odhady, které by se okamžitě projevíly zvýšením minimálního kapitálového požadavku. Vhodný modelu je tudíž výsledkem kompromisu, kdy při uspokojivých výsledcích backtestů nedochází k výraznému navýšení kapitálového požadavku. Za uspokojivý výsledek backtestu považuje stav, kdy regulátor nepožaduje zavedení konzervativní marže nebo jiné úpravy v modelu.

Protože finanční instituce nemusí zveřejňovat naměřené hodnoty rizikových parametrů a ani modely využívající k jejím odhadům, není možné provést vzájemné porovnání jednotlivých modelů, resp. úspěšnost jednoho modelu na datech různých finančních institucí. Z čistě matematického pohledu by bylo možné k tvorbě odhadů rizikových parametrů využít zejména

⁴⁹ Historicky přiměřené odhady poskytují vysoký předpoklad, že odhady budou přiměřené i v budoucnu.

různé druhy „univariate“ modelů, Markovových řetězců, simulace Monte Carlo nebo Bootstrappingu. Výstavbou odhadů v „univariate“ modelech se zabývali Klose, Pircher a Sharma (2004), Wichern (2003) nebo Stock a Watson (1998). Aplikací Markovových řetězců na odhady časových řad jsou věnovány práce Soloviev, Saptsin, Chabanenko (2011) a Liu (2010). Simulaci Monte Carlo k predikci časových řad včetně výstavby modelu se zabývá práce Whiteside (2008). Davies, Coole a Osipow (2014) vzájemně porovnávají predikce modelu Monte Carlo, ARIMA modelu a modelu exponenciálního vyrovnání. Metodologii Bootstrap metody pro predikci časových řad se zabývá práce Cordeiro, Neves (2006), nebo Alonso, Pena, Romo (2002), kteří následně odhady užitím metody Bootstrap testují na reálných datech.

Výčet literatury představuje metodologický přístup k tvorbě odhadů, na základě kterého by bylo možné odhady pro jednotlivé rizikové parametry provádět. Pro účely kapitálových požadavků byl pro testované portfolio sestaven vlastní model. Konstrukce vlastního modelu byla provedena v souladu s výše prezentovanými požadavky pro vhodný model. Vhodnost vlastního modelu pro tvorbu odhadů rizikových parametrů lze zdůvodnit následovně:

- Vlastní model poskytoval přiměřené odhady rizikových parametrů *PD* a *EAD*. V případě *LGD*⁵⁰ i z důvodu nehomogenity daných skupin, bylo dosaženo méně uspokojivých výsledků vedoucích k požadavku regulátora pro přidání konzervativní marže.
- Empirickým porovnáním vlastního modelu s vybranými přístupy k tvorbě odhadů rizikových parametrů.

Porovnání vlastního modelu s vybranými přístupy k tvorbě odhadů na testovaném portfoliu je provedeno ve studii Kováč (2017). Tvorba odhadů s využitím klouzavých průměrů MA(3), MA(5), modelu AR(1) nebo simulace Monte Carlo bylo na testovaném portfoliu dosaženo⁵¹ v porovnání s vlastním modelem vyššího počtu alertů u všech rizikových parametrů. V případě zvýšení kvantilu u modelu AR(1) z 50 % na 80 % byl počet alertů nižší než u vlastního modelu, ovšem za cenu významného nárůstu kapitálového požadavku. Z výsledků studie vyplývá, že užitím jakékoliv z vybraných modelů samostatně nelze dosáhnout obou požadovaných restrikcí, což má za následek nedostatečně vysoké nebo přestřelené odhady rizikových parametrů.

Z výše uvedených důvodů bude využit vlastní model k tvorbě odhadu rizikových parametrů pro účely minimálního kapitálového požadavku.

⁵⁰ Přístup *LGD_klas*.

⁵¹ Po provedení backtestů.

Konstrukce vlastního modelu je provedena ve dvou krocích. V prvním kroku je odhad stanoven jako mix trendu a dlouhodobého průměru rizikového parametru, který lze zapsat následujícím způsobem:

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{(MS_t \times DP_t) + MN_t \times [(R_t < 0) \times DT_t + (R_t \geq 0) \times ST_t]}{2}, \quad (22)$$

kde $\hat{X}_{t+1}$ je odhad parametrů PD , EAD a LGD ,
 MS_t je míra stability v čase t ,
 DP_t je dlouhodobý průměr,
 MN_t je míra nestability v čase t ,
 R_t je prostý rozdíl mezi posledními dvěma pozorovanými hodnotami ($X_t - X_{t-1}$),
 DT_t je dlouhodobý trend,
 ST_t je současný trend,
 t je současné (pozorované) období a
 $t + 1$ je následující období (pro které je odhad prováděn).

Dlouhodobý průměr DP_t je počítán jako prostý průměr všech pozorování u jednotlivých homogenních skupin.

Současný trend ST_t je počítán jako průměr všech rozdílů pozorovaných hodnot od poslední změny trendu.

Dlouhodobý trend DT_t je počítán jako průměr všech rozdílů pozorovaných hodnot.

Míra stability MS_t představuje váhu, která je počítána jako poměr časových období, ve kterých nebyla pozorována změna trendu k celkovému počtu časových období plus jedna. Pro výslednou hodnotu míry stability platí, že $MS_t \in < 1,2 >$.

Míra nestability MN_t představuje váhu, která je počítána jako poměr časových období, ve kterých byla pozorována změna trendu k celkovému počtu období. Pro výslednou hodnotu míry nestability platí, že $MN_t \in < 0,1 >$.

Z výše uvedeného vyplývá, že rovnice (22) je více citlivá v případě přetrvávajícího trendu, kde vahou je míra stability, jejíž hodnota se pohybuje na uzavřeném intervalu $< 1,2 >$. Daná citlivost je žádoucí zejména při rostoucím trendu, naopak při klesajícím trendu může vést k nepříznivě rychlému poklesu odhadovaných hodnot. Pro snížení citlivosti na pokles trendu jsou výsledné odhady rovnice (22) dosazovány do finální rovnice (23), která představuje druhý krok tvorby vlastního modelu a která je charakterizována následovně:

$$\hat{X}_{t+1}^{Basel} = \text{Max}(\hat{X}_{t+1}, X_t | R_{t-1} \geq 0 \vee (R_{t-1} < 0 \wedge R_t \geq 0), X_{t-1} | R_{t-1} < 0 \wedge R_t < 0) \quad (23)$$

kde $\hat{X}_{t+1}^{Basel}$ je výsledný odhad pro účely kapitálových požadavků,
 $\hat{X}_{t+1}$ je odhad parametrů PD , EAD a LGD dle výsledků rovnice (22),
 t je současné (pozorované) období a
 $t + 1$ je následující období (pro které je odhad prováděn).

Rovnice (23) vybírá nejvyšší ze tří hodnot. První hodnotou je výsledek rovnice (22). Druhou hodnotou je poslední naměřená hodnota rizikového parametru (X_t) za podmínky, že trend (R_t) není v čase $t - 1$ klesající nebo je trend v čase $t - 1$ klesající a zároveň je současný trend neklesající. Třetí hodnotou je naměřená hodnota rizikového parametru (X_t) v čase $t - 1$ při splnění podmínky, že současný a předešlý trend (v čase $t - 1$) je klesající.

Hlavním přínosem rovnice (23) je snížení citlivosti odhadů na pokles hodnoty rizikových parametrů, přičemž k snížení odhadu dojde až při přetrvávajícím klesajícím trendu. Vzájemné porovnání výsledků vyprodukovaných dle rovnic (22) a (23) je přehledně znázorněno na příkladu reálných hodnot parametru *EAD* v Tab. 19.

Tab. 19 - Ilustrace tvorby odhadů pro rizikový parametr *EAD*

Konec období (12 měsíční okno)	2012Q1	2012Q2	2012Q3	2012Q4	2013Q1	2013Q2	2013Q3
Pozorování X_t	45,65	45,25	42,36	48,86	42,16	39,62	38,42
Trend R_t	-	-	-	+	-	-	-
Odhad $\hat{X}_{t+1}$		45,90	45,50	42,86	55,00	42,94	40,66
Odhad $\hat{X}_{t+1}^{Basel}$		45,90	45,65	45,25	55,00	42,94	42,16

Pozn.: Tabulka neobsahuje celou historii pozorování, pouze část, která byla postačující pro účely demonstrace dopadu rovnice (23) na výsledné odhady parametru *EAD*.

Červeně zvýrazněné hodnoty představují situace, kdy odhady dle rovnice (23) vedly k vyšším hodnotám v porovnání s odhady namodelované rovnice (22), čímž byla demonstrována robustnost modelu v případě krátkodobého poklesu trendu.

Z důvodu zmiňované významně vyšší citlivosti odhadů na růst hodnoty rizikových parametrů s cílem dosáhnout dostatečně vysokých odhadů, dochází k situacím, kdy jsou odhady nereálně vysoké. K daným situacím dochází zejména u menších homogenních skupin, kdy i malý pohyb jedné z proměnných vede k relativně vysokým změnám v hodnotě rizikových parametrů. V daných případech jsou nepřiměřeně vysoké odhady odstraněny pomocí CAPů (resp. maximálně přípustné hodnoty odhadů pro daný parametr), jejichž hodnoty pro testované portfolio zachycuje Tab. 20.

Tab. 20 – Přehled CAPů pro odhady rizikových parametrů testovaného portfolia

Rizikové parametry	CAP
PD_p, PD_o	100 %
EAD_{def}, EAD_{konz}	120 %
CCF (pro výpočet EAD_{CCF})	500 %
$LGD_{klas}, LGD_{byz}, LGD_{stat}$	200 %

2.5. Výpočet minimálního kapitálového požadavku metodou IRB

Minimální kapitálový požadavek představuje minimální úroveň kapitálu, který musí finanční instituce držet pro splnění Basilejských požadavků. Determinace minimálního kapitálového požadavku je provedena s využitím regulatorního kapitálu a rizikově vážených aktiv (RWA).

Metoda interního ratingu (IRB) je založena na měření neočekávané ztráty (UL) a očekávané ztráty (EL). Funkce rizikových vah determinuje kapitálový požadavek pro neočekávané ztráty (UL), s hodnotou očekávané ztráty (EL) je zacházeno samostatně. Výpočet kapitálového požadavku (K) pro neočekávanou ztrátu (UL) je dáno regulatorní rovnicí⁵², která je následujícího tvaru (BIS 2006, bod 329):

$$K = LGD \times N \left[(1 - R)^{-1/2} \times G(PD) + \left(R / (1 - R)^{1/2} \times G(0,999) \right) \right] - PD \times LGD, \quad (24)$$

kde K je kapitálový požadavek neočekávané ztráty,
 LGD je ztráta při selhání,
 PD je pravděpodobnost selhání,
 N je kumulativní distribuční funkce normálního normovaného rozdělení,
 G je inverzní kumulativní distribuční funkce normálního normovaného rozdělení a
 R je korelace.

⁵² Výpočet regulatorní rovnice pro IRB přístup pochází z modelu úvěrového portfolia ASRF (Asymptotic Risk Factor), který je odvozen z Mertonova modelu. Přístup ASRF je používán pro výpočet kapitálu s cílem předcházení bankrotu finanční instituce pro období jednoho roku s pravděpodobností 99,9 % (Martin, 2013).

Pravá strana rovnice⁵³ představuje očekávanou ztrátu⁵⁴ (EL), která musí být odečtena, aby byla determinována hodnota kapitálového požadavku (K) pro krytí neočekávané ztráty (UL).

Hodnota korelačního koeficientu vstupujícího do regulační rovnice je dána typem produktu poskytovaného retail klientele. Pro testované portfolio to znamená, že v případě revolvingových úvěrů bude hodnota korelačního koeficientu rovna 0,04 (BIS 2006, bod 329). Pro portfolia osobních a spotřebitelských úvěrů bude hodnota korelačního koeficientu dána rovnicí (BIS 2006, bod 330):

$$R^{ost} = 0,03 \times \frac{(1 - \exp(-35 \times PD))}{(1 - \exp(-35))} + 0,16 \times \left[\frac{1 - (1 - \exp(-35 \times PD))}{(1 - \exp(-35))} \right], \quad (25)$$

kde R je výsledná korelace pro výpočet RWA,
 PD je pravděpodobnost selhání a
 $\exp$ je exponenciální funkce.

V dalším kroku dochází k výpočtu rizikově vážených aktiv (RWA)

$$RWA = 1,06 \times K \times 12,5 \times EAD, \quad (26)$$

kde K je kapitálový požadavek neočekávané ztráty,
 RWA jsou rizikově vážená aktiva,
 EAD je expozice při selhání a
 $1,06$ je tzv. „scaling“ faktor pro výpočet RWA⁵⁵.

Výslednou hodnotu minimálního kapitálového požadavku, který rovněž determinuje minimální hodnotu regulačního kapitálu, dostaneme vynásobením hodnoty RWA minimálním kapitálovým poměrem ve výši 8 %:

$$\text{Minimální kapitálový požadavek} = RWA \times 0,08 \quad (27)$$

⁵³ Tlustě zvýrazněno.

⁵⁴ Pro výpočet LGD pro portfolio nevýkonných pohledávek by měla finanční instituce uplatňovat nejlepší odhad očekávané ztráty, tzv. ELBE ($EL = ELBE \times EAD$). Hodnota ELBE může být vyšší, ale i nižší než hodnota LGD (BIS, 2006, bod 272 a 471). V případě testovaného portfolia je hodnota ELBE u všech nevýkonných pohledávek stanovena na úroveň 100 %, tj. dochází ke snížení hodnoty LGD u všech (ne)homogenních skupin přesahujících hodnotu 100 % (včetně konzervativní marže). Z důvodu, že počet (ne)homogenních skupin nevýkonných portfolií přesahující u rizikového parametru LGD hodnotu 100 % je velmi nízký, a tudíž dopad na hodnotu očekávané ztráty (EL) nevýznamný, bude proveden výpočet očekávané ztráty, celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku a celkové hodnoty kapitálu s původně odhadovanými hodnotami LGD .

⁵⁵ „Scaling“ faktor lze charakterizovat jako opatrnostní konstantu. Její hodnota je stanovena na základě aktuálně nejlepšího odhadu výsledků kvantitativní dopadové studie (BIS 2006, bod 14 a 44).

Hodnota minimálního kapitálového požadavku slouží ke krytí neočekávané ztráty (UL). Hodnota očekávané ztráty (EL) by měla být identická s hodnotou rezerv pro úvěrové ztráty (LLP), které finanční instituce vytvářejí v souladu s účetní metodikou IFRS9⁵⁶. Účetní tvorba rezerv (LLP) se ovšem liší od Basilejských pravidel výpočtu očekávané ztráty a proto nejsou hodnoty očekávané ztráty (EL) a rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) v praxi totožné. Rozdíl mezi očekávanou ztrátou (EL) a rezervou pro úvěrové ztráty (LLP) představuje tzv. „Shortfall“. O hodnotu Shortfallu musí finanční instituce upravit hodnotu regulatorního kapitálu následovně (ESRB, 2017):

Pokud platí $LLP > EL$, finanční instituce může hodnotu $(LLP - EL)$ připočítat k Tier2 kapitálu⁵⁷.

Pokud platí $LLP < EL$, finanční instituce musí hodnotu $(EL - LLP)$ odečíst z CET 1 kapitálu⁵⁸

Na základě výše uvedených faktů a poznatků prezentovaných v kapitole 2.6, která demonstruje významnou nerovnost mezi hodnotou očekávané ztráty (EL) a rezerv pro úvěrové ztráty (LLP), budeme pro srovnání jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů využívat „celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku“, která je dána rovnicí (28).

$$\text{Celková hodnota minimálního kapitálového požadavku} = EL + RWA \times 0,08 \quad (28)$$

Protože u testovaného portfolia je hodnota očekávané ztráty výrazně vyšší než hodnota rezerv pro úvěrové ztráty (kapitola 2.6), bude **celková hodnota minimálního kapitálového požadavku** představovat vhodnější a nezkreslený přístup k měření a následně i vzájemném porovnání minimálního kapitálového požadavku.

Situace ohledně Shortfallu se změnila po implementaci nových účetních pravidel IFRS9 pro výpočet rezerv pro úvěrové ztráty (LLP). Dopad nové metodiky na výslednou hodnotu rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) a následně i hodnotu Shortfallu u testovaného portfolia je vyčleněn do dodatku druhé kapitoly (2.6).

⁵⁶ Od 1. 1. 2018

⁵⁷ Maximálně 0,6 % RWA (BIS, 2006, bod 43).

⁵⁸ Kapitálový požadavek Basel II umožňoval odečet rozdílu v poměru 50:50 z Tier1 a Tier2 kapitálu (BIS, 2006, bod 43).

2.5.1. Vzájemné porovnání přístupů k měření rizikových parametrů na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku

Vzájemné porovnání všech kombinací prezentovaných přístupů na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku (28) přehledně zachycuje Tab. 21, která obsahuje výsledky celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku k poslednímu pozorovanému období (2018Q2) a průměrnou celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku v průběhu celého sledovaného období včetně minimálních a maximálních hodnot. Bazickou hodnotou pro porovnání výsledků je průměrná celková hodnota minimálního kapitálového požadavku u přístupu (*PD_o*, *EAD_{CCF}*, *LGD_{byz}*), který dosahoval nejnižší průměrné hodnoty celkového minimálního kapitálového požadavku.

Tab. 21 – Vzájemné porovnání přístupů k měření rizikových parametrů

	Stav k 2018Q2	Průměr za pozorované období	MIN z průměru	MAX z průměru
<i>PD_p, EAD_{def}, LGD_{klas}</i>	98,85 %	123,94 %	42,69 %	194,18 %
<i>PD_o, EAD_{def}, LGD_{klas}</i>	92,58 %	119,23 %	35,88 %	187,22 %
<i>PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}</i>	102,20 %	126,23 %	40,26 %	198,08 %
<i>PD_o, EAD_{konz}, LGD_{klas}</i>	94,02 %	120,13 %	33,66 %	189,28 %
<i>PD_p, EAD_{def}, LGD_{byz}</i>	103,99 %	121,07 %	71,41 %	188,61 %
<i>PD_o, EAD_{def}, LGD_{byz}</i>	94,86 %	115,62 %	70,70 %	178,58 %
<i>PD_p, EAD_{konz}, LGD_{byz}</i>	108,32 %	123,36 %	72,87 %	192,71 %
<i>PD_o, EAD_{konz}, LGD_{byz}</i>	97,37 %	116,68 %	71,19 %	181,16 %
<i>PD_p, EAD_{CCF}, LGD_{klas}</i>	91,46 %	109,63 %	18,79 %	176,56 %
<i>PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{klas}</i>	85,76 %	105,32 %	16,71 %	171,24 %
<i>PD_p, EAD_{CCF}, LGD_{byz}</i>	94,70 %	104,71 %	61,31 %	168,76 %
<i>PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}</i>	86,89 %	100,00 %	58,87 %	160,68 %
<i>PD_p, EAD_{def}, LGD_{stat}</i>	104,29 %	121,03 %	71,45 %	189,68 %
<i>PD_o, EAD_{def}, LGD_{stat}</i>	95,16 %	115,57 %	70,75 %	179,66 %

<i>PD_p, EAD_konz, LGD_stat</i>	108,62 %	123,32 %	72,92 %	193,78 %
<i>PD_o, EAD_konz, LGD_stat</i>	97,67 %	116,64 %	71,23 %	182,24 %
<i>PD_p, EAD_CCF, LGD_stat</i>	94,97 %	104,78 %	61,48 %	169,86 %
<i>PD_o, EAD_CCF, LGD_stat</i>	87,17 %	100,07 %	59,02 %	161,78 %

V případě celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku pro poslední pozorované období (2018Q2), u kterého byly využity poslední dostupné odhady parametrů *PD*, *EAD*, *LGD*, bylo dosaženo nejnižší hodnoty kapitálu u přístupu *PD_o, EAD_CCF, LGD_klas*. Všechny tři parametry dosahovaly rovněž nejnižších hodnot při vzájemném porovnání na úrovni jednotlivých parametrů (kapitola 2.2.). Nejvyšší hodnoty celkového minimálního kapitálového požadavku, která byla o 26,65 % vyšší v porovnání s nejnižší dosaženou hodnotou pro poslední pozorované období, bylo dosaženo přístupem *PD_p, EAD_konz, LGD_stat*. První dva parametry dosahovaly nejvyšších hodnot i při vzájemném porovnání na úrovni jednotlivých parametrů, hodnoty *LGD_stat* byly v některých obdobích nepatrně nižší než hodnoty *LGD_byz*. Vyšší hodnota kapitálu s využitím *LGD_stat* v porovnání s *LGD_byz* lze odůvodnit odlišným vývojem naměřených hodnot *LGD* u jednotlivých přístupů, což mělo za následek mírně vyšší odhad u přístupu *LGD_stat* pro období 2018Q2 – 2019Q2.

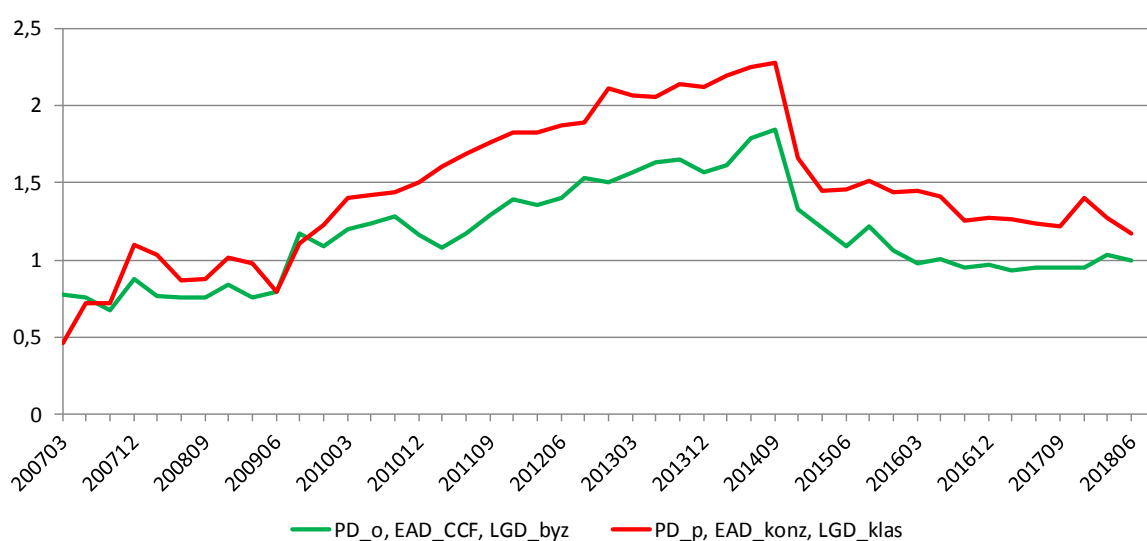
Z důvodu vysoké citlivosti odhadů na růst rizikových parametrů během posledních pozorování nelze považovat porovnání s využitím posledních odhadů (tj. stav k 2018Q2) za dostatečně objektivní a výsledné hodnocení jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů provedeme pomocí průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Průměrná celková hodnota minimálního kapitálového požadavku byla počítaná jako prostý průměr během celého pozorované období (2007Q3 – 2018Q6).

V průběhu celého pozorovaného období bylo dosaženo nejnižší průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku u přístupu *PD_o, EAD_CCF, LGD_byz*. První dva parametry jsou v souladu s výsledky porovnání na úrovni jednotlivých parametrů, *LGD_byz* představuje naopak nejvyšší hodnotu ze všech prezentovaných přístupů k výpočtu *LGD*. Důvodem nejnižších hodnot kapitálu s využitím parametru *LGD_byz* je důsledek konzervativní marže u přístupu *LGD_klas* a dopadu odhadů na hodnotu⁵⁹ rizikového parametru *LGD_byz*. Nejvyšší průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku bylo dosaženo u přístupu *PD_p, EAD_konz, LGD_klas*, která byla v průměru o 26,23 % vyšší než nejnižší průměrná

⁵⁹ Nižší hodnota rizikového parametru *LGD_byz* v porovnání s *LGD_stat*.

hodnota celkového minimálního kapitálového požadavku. Parametry *PD_p* a *EAD_{konz}* představují „nejpřísnější“ přístup k měření daných parametrů, *LGD_{klas}* je významně ovlivněna konzervativní marží, což potvrzuje i průměrná celková hodnota minimálního kapitálového požadavku s využitím přístupu *PD_p, EAD_{def}, LGD_{klas}*, která dosahovala druhé nejvyšší hodnoty. Obr. 19 zachycuje vývoj nejnižší a nejvyšší průměrné hodnoty celkového minimálního kapitálového požadavku. Bod 201806 u přístupu *PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}* představuje bazickou hodnotu pro účely vzájemné porovnání. Hodnota kapitálu v bodě 201806 je vypočítána na základě odhadů *PD*, *EAD* pro období 201806 – 201906, odhadu *LGD* pro období 201806 – 202106 a hodnoty bilančních a mimobilančních položek k 30. 6. 2018.

Obr. 19: Vzájemné porovnání relativních hodnot u přístupů dosahujících nejnižší a nejvyšší průměrnou hodnotu celkového minimálního kapitálového kapitálu



Pozn.: *PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}* 201806 = 1 (bazická hodnota)

Obr. 19 potvrzuje vhodnost porovnání jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů na úrovni průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku během celého sledovaného období. Nevýhodu stavového porovnání demonstrují hodnoty kapitálu v bodech 200703, 200706, 200909, kdy hodnota kapitálu u přístupu, který dosahoval v průměru nejnižších hodnot (*PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}*), převyšoval hodnotu kapitálu, která v průměru dosahovala nejvyšších hodnot celkového minimálního kapitálového požadavku (*PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}*).

Provedením empirického porovnání jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů bylo prokázáno významných rozdílů v hodnotě kapitálu pro účely minimálního kapitálového požadavku. Významných rozdílů v hodnotě kapitálu bylo dosaženo nejen k poslednímu pozorování (2018Q2), ale i v průměrné hodnotě celkového minimálního kapitálového požadavku během celého pozorovacího období (200703 – 201806). Z důvodu prokazatelně vyšší

objektivnosti bylo výsledné porovnání jednotlivých přístupů k výpočtu rizikových parametrů provedeno s využitím průměrných hodnot celkového minimálního kapitálového požadavku. Nejnížší průměrná hodnota kapitálu byla generovaná přístupem PD_o, EAD_CCF, LGD_byz , nejvyšší průměrná hodnota kapitálu byla dosažena u přístupu PD_p, EAD_konz, LGD_klas . Na základě vzájemného porovnání všech přístupů prezentovaných v Tab. 21 lze formulovat následující závěry.

Společným faktorem přístupů, které dosahovaly nejnižších hodnot kapitálu (průměrná hodnota celkového minimálního kapitálového požadavku v rozmezí 100 % - 110 % nejnížší průměrné hodnoty kapitálu dosaženo přístupem PD_o, EAD_CCF, LGD_byz), byl rizikový parametr EAD s využitím konverzního faktoru (EAD_CCF). Všech šest přístupů využívajících konverzní faktor (CCF) pro výpočet rizikového parametru EAD nepřesahovalo úroveň 110 % nejnížší průměrné hodnoty minimálního kapitálového požadavku. U přístupů, které dosahovaly nejvyšších průměrných hodnot celkového minimálního kapitálového požadavku (průměrná hodnota celkového minimálního kapitálového požadavku nad úrovní 120 % nejnížší průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku), lze za společné faktory považovat způsob výpočtu rizikového parametru PD dle počtu selhání (PD_p) a absence EAD_CCF přístupu. Zatímco absence EAD_CCF je zřejmá, přístup využívající výpočet rizikového parametru PD dle počtu úvěrů v selhání je přítomen u šesti ze sedmi nejvyšších průměrných celkových hodnot minimálního kapitálového požadavku.

BOX 3: Analýza citlivosti RWA na změnu hodnot rizikových parametrů PD, EAD a LGD

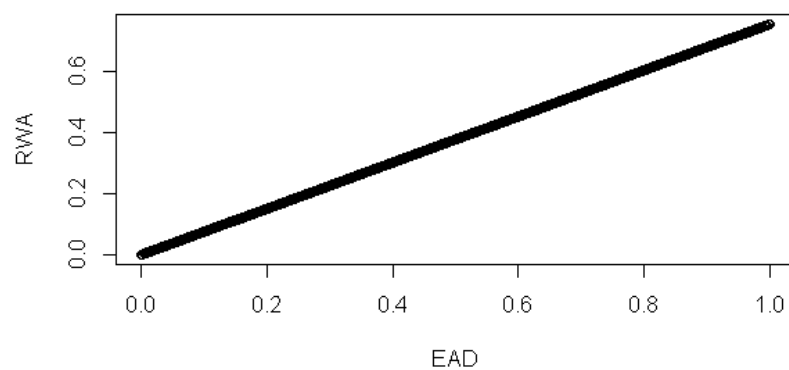
Box 3 je věnován analýze citlivosti RWA na změnu hodnot rizikových parametrů. Způsob chování RWA na změnu hodnoty jednotlivých rizikových parametrů nám poskytne odpověď, proč finanční instituce provádějí segmentaci s cílem tvorby homogenních skupin vzhledem k parametru PD.

Pro analýzu citlivosti RWA na změnu hodnot jednotlivých rizikových parametrů budeme vyžívat rovnici (28), která vychází z regulatorní rovnice (24).

$$RWA = 1,06 \times K \times 12,5 \times EAD \quad (28)$$

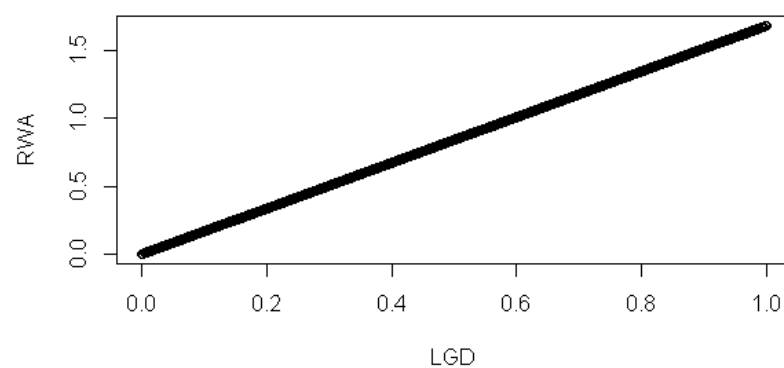
Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (26).

Rizikový parametr EAD (Simulace: $EAD \in < 0,01; 1,00 >$, $PD = 10 \%$, $LGD = 45 \%$)



V případě EAD se jedná o klasickou lineární závislost.

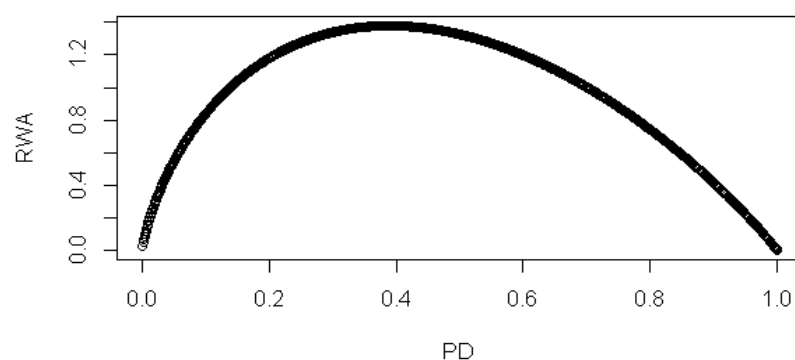
Rizikový parametr LGD (Simulace: $LGD \in < 0,01; 1,00 >$, $PD = 10 \%$, $EAD = 100 \%$)



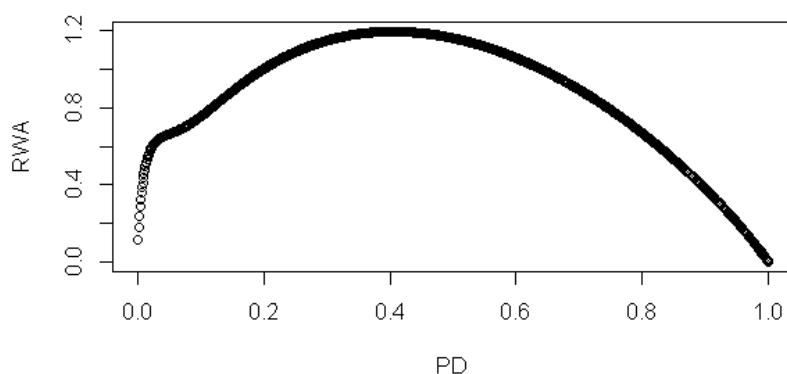
U parametru LGD se rovněž jedná o klasickou lineární závislost.

Rizikový parametr PD u revolvingových expozic

(Simulace pro PD: $PD \in < 0,01; 1,00 >$, $LGD = 45 \%$, $EAD = 100 \%$)



Rizikový parametr PD u ostatních retail expozic



V případě rizikového parametru PD je situace odlišná. Zvýšení parametru PD až do úrovně 40 % vede k nadproporcionálnímu zvýšení RWA. Nejvyšší citlivost lze pozorovat zejména u nízkých hodnot PD u ostatních retail expozic, a to z důvodu vyššího korelačního koeficientu, který je dán rovnicí (25).

Vyšší citlivost RWA na parametr PD vede finanční instituce k segmentaci dle rizikového parametru PD s cílem zabránit zvýšené volatilitě odhadů daného parametru a následně i hodnoty rizikově vážených aktiv (RWA), která determinuje hodnotu minimálního kapitálového požadavku.

BOX 4: Paradox při provádění backtestingu vycházející z citlivosti RWA na hodnotu PD

Finanční instituce provádějí backtesting⁶⁰ nejen pro jednotlivé rizikové parametry PD, EAD a LGD, ale i pro očekávanou ztrátu (EL) a neočekávanou ztrátu (UL). Cílem je zjistit, zda v případě nedostatečného odhadu například pro parametr PD, dokážou vhodné odhady zbylých parametrů (EAD a LGD) pokrýt nedostatečný odhad parametru PD. Z důvodu nelineárního vztahu mezi RWA a parametrem PD může dojít k paradoxnímu případu, který bude znázorněn na reálném příkladu. Tab. 22 zachycuje odhadnuté a naměřené hodnoty parametrů PD, EAD, LGD a dopočítané hodnoty EL a UL dle rovnic 29 – 31.

$$EL = PD \times EAD \times LGD, \quad (29)$$

$$K = LGD \times N \left[(1 - R)^{-1/2} \times G(PD) + \left(R / (1 - R)^{1/2} \times G(0,999) \right) \right] - PD \times LGD, \quad (30)$$

$$RWA = 1,06 \times K \times 12,5 \times EAD, \quad (31)$$

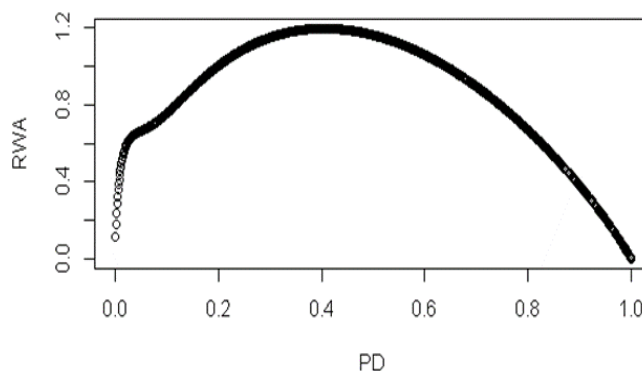
Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (24) a (26).

⁶⁰ Backtesting představuje proces kontroly, který poskytuje odpověď, zda byl proces tvorby odhadu přiměřený, pokrývající očekávanou volatilitu jednotlivých rizikových parametrů během časového období, pro které byl odhad proveden.

Tab. 22 – Porovnání naměřených hodnot (realita) a odhadů pro účely backtestů

	Odhad	Realita	BT
<i>PD</i>	50,97%	45,97%	OK
<i>EAD</i>	76,72%	76,62%	OK
<i>LGD</i>	47,48%	46,80%	OK
<i>EL</i>	46.931.797	41.666.753	OK
<i>UL</i>	21.570.058	21.879.331	KO

Pozn.: BT = Backtesting.



Na hodnotách v Tab. 22 lze pozorovat situaci, kdy vhodný odhad parametrů *PD*, *EAD*, *LGD* vedl k tvorbě nedostatečně vysoké hodnoty neočekávané ztráty (*UL*) pro danou homogenní skupinu. Daný paradox nastává v případech, kdy se naměřené hodnoty *PD* (realita) nachází na křivce těsně před vrcholem, nebo na klesající straně křivky a odhady se nacházejí na klesající straně křivky, přičemž jejich rozdíl musí být dostatečný, aby překryl pozitivní dopad v případě vhodných odhadů parametrů *EAD* a *LGD*.

2.6. Dodatek ke 2. kapitole: Dopad nových účetních pravidel IFRS9 na hodnotu Shortfallu

Dodatek druhé kapitoly je věnován kvantifikaci rozdílů mezi očekávanou ztrátou (*EL*) a rezervou pro úvěrové ztráty (*LLP*). Rozdíl mezi *EL* a *LLP* je nazýván „Shortfall“ a rozdíl mezi danými hodnotami má dopad na hodnotu regulatorního kapitálu (složeného z Tier1 a Tier2 kapitálu). S rozdílem mezi očekávanou ztrátou (*EL*) a rezervou pro úvěrové ztráty (*LLP*) je zacházeno následovně:

Pokud platí $LLP > EL$, tak finanční instituce může hodnotu $(LLP - EL)$ připočítat k Tier2 kapitálu.

Pokud platí $LLP < EL$, tak finanční instituce musí hodnotu $(EL - LLP)$ odečíst z CET1 kapitálu.

Situace ohledně hodnoty Shortfallu se významně změnila od 1. 1. 2018, kdy vstoupily v platnost nové standardy finančního výkaznictví IFRS9, které nahradily výpočet LLP dle účetních standardů IAS39. Jedním z hlavních důvodů⁶¹ vedoucím k nahrazení účetních standardů IAS39 (založený na pravidlech) standardy finančního výkaznictví IFRS9 (založený na zásadách) byla prokazatelná procykličnost IAS39 přístupu, projevující se poklesem rezerv a nárůstem kapitálu v období ekonomického růstu a nárůstem rezerv při současném poklesu kapitálu během ekonomické recese (ESRB, 2017).

Následující text bude z důvodu specifických a citlivých informací týkajících se výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) prezentovat způsob výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty dle mezinárodního standardu finančního výkaznictví IFRS9 pouze obecně. Protože způsob výpočtu LLP dle IFRS9 není striktně stanoven⁶² a u jednotlivých finančních institucí se může i významně lišit, je nutné poznamenat, že prezentovaný způsob výpočtu LLP dle IFRS9 se vztahuje pouze k testovanému portfoliu.

Nejdřív budeme charakterizovat hlavní důvody vedoucí k rozdílným hodnotám očekávané ztráty (EL) a rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) dle účetních standardů IAS39, kterými jsou:

I) Pravidla přesunu pohledávky do portfolia výkonných úvěrů

Přísnější pravidla pro přesun úvěrů z portfolia nevýkonných úvěrů do portfolia výkonných úvěrů při kalkulaci očekávané ztráty (důsledek: $LLP < EL$).

II) Třídy, pro které jsou rezervy tvořeny

Tvorba rezerv (LLP) pro všechny pohledávky po splatnosti 30 dnů, zatímco u EL je kritérium selhání 90 dnů po splatnosti (důsledek: $LLP > EL$).

Odhady rizikových parametrů PD , EAD , LGD i pro homogenní skupiny, které jsou na počátku pozorovacího okna výkonné. Účetní standardy IAS39 nevyžadovaly tvorbu rezerv pro výkonné úvěry (důsledek: $LLP < EL$).

III) Mimobilanční položky

Hodnota očekávané ztráty (EL) počítá prostřednictvím rizikového parametru EAD nejen se současnou hodnotou mimobilančních položek, ale i s možným budoucím navýšením hodnoty mimobilančních položek v průběhu pozorovacího období (důsledek: $LLP < EL$).

⁶¹ Podrobným výčtem důvodů zavedení mezinárodních standardů finančního výkaznictví IFRS9 se zabývá ESRB (2017).

⁶² Přístup založen na zásadách.

IV) Odhady rizikových parametrů PD , EAD a LGD

Výpočet očekávané ztráty (EL) je založen na odhadech rizikových parametrů (viz kapitola 2.4), ne na naměřených hodnotách, přičemž pro odhady rizikových parametrů platí, že jsou vyšší nebo rovny naměřeným hodnotám rizikových parametrů. (důsledek: $LLP < EL$).

Zavedení mezinárodních účetních pravidel vykazování IFRS9 vedlo k výrazným změnám v metodice výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty (LLP). Hlavní změny při výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty v segmentu retail klientely lze shrnout do následujících bodů:

- Změna dělení pohledávek do jednotlivých tříd

Účetní standardy IAS39 využívají k dělení pohledávek do jednotlivých tříd počet splátek v prodlení a odklad úvěru. IFRS9 prezentuje dělení s využitím NPE (Non-Performing Exposures), FBE (Forborne Exposures) s tím, že počet splátek v prodlení je nahrazen počtem dnů v prodlení. IFRS9, na rozdíl od IAS39 přístupu, vytváří rezervy pro úvěrové ztráty (LLP) i pro výkonné pohledávky.

- Tvorba rezerv pro mimobilanční položky
- Koeficienty budoucího vývoje (Forward Looking Coefficient)

Výpočet rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) dle IFRS9

Výpočet rezerv pro úvěrové ztráty dle IFRS9 lze rozdělit do čtyř samostatných kroků. U jednotlivých kroků budou prezentovány pouze hlavní změny v porovnání s výpočtem rezerv⁶³ pro úvěrové ztráty dle účetních standardů IAS39.

- I) Přirazení jednotlivým pohledávkám status NPE a FBE⁶⁴.
- II) Výpočet pravděpodobností přechodu do právního vymáhání⁶⁵ s využitím IFRS9 členění.
- III) Výpočet míry aktivace u mimobilančních položek a následná úprava výše pohledávky pro výpočet rezerv pro úvěrové ztráty.
- IV) Kalkulace „Forward Looking Coefficient“ a jeho aplikace na pravděpodobnosti přechodu do právního vymáhání.

Jednotlivým krokům se budeme věnovat detailněji v následujícím výkladu.

⁶³ Způsob výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty dle účetních standardů IAS39 prezentuje na testovaném portfoliu k 30. 6. 2016 práce Kováč (2016).

⁶⁴ V případě, že splňují podmínky pro přirazení daného statusu.

⁶⁵ Stav absorpce.

I) Přirazení jednotlivým pohledávkám status NPE a FBE.

EBA pro definici NPE a FBE expozic vychází z existujících pojmů selhání, s tím rozdílem, že poskytuje harmonizovaný rámec. Definice NPE expozic je zaměřena na prahovou hodnotu 90 dnů po splatnosti, zatímco definice FBE se zaměřuje na úlevy aplikované na dlužníky, kterým čelí nebo mohou čelit. FBE expozice lze identifikovat jak v nevýkonných, tak i ve výkonných portfoliích.

Expozice NPE jsou ty, které splňují jedno nebo obě následující kritéria:

- Materiální expozice, která je víc než 90 dní po splatnosti.
- U dlužníka je považováno za nepravděpodobné, že zaplatí své úvěrové závazky.

FBE expozice se skládají z ústupků vůči dlužníkovi, který čelí finančním potížím nebo jim bude s velkou pravděpodobností čelit. Lze rozlišovat dva typy úlev:

- Změna předchozích smluvních podmínek.
- Úplné nebo částečné refinancování problémového smluvního kontraktu.

Výše uvedené definice se vztahují na všechny úvěry a dluhové cenné papíry, které jsou v rozvaze (s výjimkou těch, které jsou drženy k obchodování), a také na některé podrozvahové expozice.

Výše uvedené obecné charakteristiky EBA pro přirazení NPE a FBE statusu jsou v praxi transformovány do striktnějších pravidel, které jsou prezentovány⁶⁶ v Tab. 23.

Tab. 23 – Podmínky pro přirazení NPE a FBE statusu

NPE	FBE
Právní vymáhání	Konsolidace*
Prodlení více než 90 dnů	Odklad
NPE status během posledních 12 měsíců	FBE status během posledních 24 měsíců
FBE (v daném měsíci)	
FBE status během posledních 24 měsíců a prodlení více než 30 dnů	

*Pozn.: *Konsolidace představuje jakoukoliv změnu původních smluvních podmínek (spojení více problémových úvěrů, snížení hodnoty splátek anebo prodloužení doby do splatnosti úvěru atd.)*

⁶⁶ Způsob přirazení NPE a FBE statusu se může u jednotlivých finančních institucí lišit. Prezentovaný přístup je využíván u testovaného portfolia pro účely výpočtu LLP.

IFRS9 zavádí u NPE a FBE i tzv. probační dobu, která je v případě NPE 12 měsíců, u FBE až 24 měsíců. Z Tab. 23 rovněž plyne, že pokud dojde ke konsolidaci nebo k odkladu, je úvěru po dobu prvních 12 měsíců přiřazen nejen FBE, ale i NPE status. Po dobu následujících 12 měsíců je úvěru přiřazen pouze FBE status. FBE lze tudíž charakterizovat jako status pro dodatečné pozorovací období pro úvěry, které měly NPE status na žádost klienta (konsolidace i odklad jsou prováděny na žádost klienta, přičemž daná žádost je zpravidla prováděna v době, kdy je úvěr součástí portfolia výkonných pohledávek, tj. není v prodlení nebo v jiném typu selhání).

II) Výpočet pravděpodobností přechodu do právního vymáhání s využitím IFRS9 členění.

Tab. 24 zobrazuje členění pohledávek dle IFRS9 s využitím NPE a FBE statusů. Pravděpodobnosti přechodu do právního vymáhání jsou počítané na rozdíl od kalkulace dle IAS39 standardů i pro pohledávky, které nejsou v prodlení nebo v odkladu.

Tab. 24 – Členění pohledávek dle IFRS9 s využitím NPE a FBE statusů

Stage	Třída
1	01 – R0 „čisté“
1 – 2	02 – R0 byly v prodlení více než 90 dnů před více než 12 měsíci a nikdy nebyly NPE
1 – 2	03 – R0 byly v prodlení více než 90 dnů během posledních 12 měsíců a nikdy nebyly NPE
1 – 2	04 – R0 FBE, ne NPE
1 – 2	05 – R0 byly NPE, ne FBE, prodlení více než 90 dnů před více než 12 měsíci
1 – 2	06 – R0 byly NPE, ne FBE, prodlení více než 90 dnů během posledních 12 měsíců
1 – 2	07 – R0 NPE
2	08 – R1 nikdy nebyly NPE
2	09 – R1 byly NPE
2	10 – R1 NPE
2	11 – R2 a R3 nikdy nebyly NPE
2	12 – R2 a R3 byly NPE
2	13 – R2 a R3 NPE
3	14 – R4 a vyšší počet prodlení

3	15 – Restrukturalizace a prodlení
3	16 – Právní vymáhání

Obr. 20: Přejchodová matice s využitím členění prezentovaného v Tab. 24

Výše pohledávky na konci pozorovacího období (12 měsíční okno)						
	01 – R0 „čisté“	02 – R0	...	15 – R+P	16 – PV	
01 – R0 „čisté“	R0 „čisté“ → R0 „čisté“	R0 „čisté“ → R0	...	R0 „čisté“ → R+P	R0 „čisté“ → PV	
02 – R0	R0 → R0 „čisté“	R0 → R0	...	R0 → R+P	R0 → PV	
:	:	:	...	:	:	
14 – R4	R4 → R0 „čisté“	R4 → R0	...	R4 → R+P	R4 → PV	
15 – R+P	R+P → R0 „čisté“	R+P → R0	...	R+P → R+P	R+P → PV	

Pozn.: R0 – R0 byly v prodlení více než 90 dnů před více než 12 měsíci a nikdy nebyly NPE,

R4 – R4 a vyšší počet prodlení, R+P – Restrukturalizace a prodlení, PV – Právní vymáhání.

Po přiřazení pohledávek do jednotlivých tříd je postup výpočtu pravděpodobnosti přechodu do právního vymáhání s využitím Markovových řetězců dle IFRS9 (Obr. 20) téměř totožný s výpočtem dle IAS39. U výpočtu dle IFRS9 jsou provedeny dvě úpravy. První z nich, z důvodu větší robustnosti modelu, je prováděn u vstupu. Zatímco u metodiky IAS39 vstupovalo do výpočtu pouze jedno pozorovací okno, v rámci IFRS9 jsou u testovaného portfolia využité tři jednoletá pozorovací okna, tj. pro výpočet pravděpodobnosti vstupu do právního vymáhání k 30. 6. 2018 jsou ke kalkulaci potřebné hodnoty pohledávek na začátku a konci následujících pozorovacích období 1. 7. 2015 – 30. 6. 2016, 1. 7. 2016 – 30. 6. 2017 a 1. 7. 2017 – 30. 6. 2018. Druhá úprava souvisí se zavedením stádií (tzv. stages), které jsou prezentovány v Tab. 24. IFRS9 zavádí tři stádia, kde třetí, nejhorší stádium je přiřazeno nejhorším pohledávkám s prodlením větším než 90 dní. Nejlepší, první stádium je přiřazeno pouze výkonným pohledávkám, které nebyly nikdy v prodlení a rovněž nikdy neobdržely NPE nebo FBE status (R0 „čisté“). Kromě zmíněných výkonných pohledávek může finanční instituce po splnění předem stanovených interních pravidel⁶⁷ přiřadit stage jedna i ostatním třídám, které nejsou v prodlení, tj. všechny ostatní „R0“ třídy. Všem ostatním třídám je přiřazeno druhé, prostřední stádium. Na základě přiděleného stádia se u jednotlivých tříd stanovuje časové období, pro které se pravděpodobnost vstupu do právního vymáhání počítá. V případě prvního stádia je pravděpodobnost vstupu do právního vymáhání počítána pro období 12 měsíců, u ostatních stádií je pravděpodobnost počítána po dobu životnosti pohledávky (tzv. lifetime period).

⁶⁷ Podmínky pro přiřazení prvního stádia pro pohledávky R0 si finanční instituce stanovují sami, musí ovšem být přiměřené a dostatečně konzervativní.

III) Výpočet míry aktivace u mimobilančních položek a následná úprava výše pohledávky pro výpočet rezerv pro úvěrové ztráty.

Pro výpočet míry aktivace je nutné rozdělit portfolio revolvingových úvěrů na aktivní a neaktivní. Za aktivní karty jsou pro účely výpočtu LLP považovány všechny revolvingové úvěry s kladnou hodnotou pohledávky, tj. v rozhodném datu dochází k čerpání úvěru. Za neaktivní jsou považovány všechny ostatní revolvingové úvěry v portfoliu finanční instituce. Pro účely výpočtu LLP je maximální míra aktivace dána hodnotou mimobilančních položek na začátku pozorovacího období, a tudíž nebere v úvahu zvyšování úvěrových rámců v průběhu pozorovacího období, jak je tomu při výpočtu rizikového parametru *EAD*.

Hodnota pravděpodobnosti vstupu do právního vymáhání u aktivních karet je dána pravděpodobností třídy, ve které se úvěr na počátku pozorovacího okna nachází. U neaktivních karet, které představují samostatní skupinu⁶⁸, je hodnota pravděpodobnosti vstupu do právního vymáhání dána interním předpisem finanční instituce, který u testovaného portfolia využívá vážený průměr hodnot pravděpodobností vztahujících se k aktivním kartám.

IV) Kalkulace „Forward Looking Coefficient“ (FLC) a jeho aplikace na pravděpodobnosti přechodu do právního vymáhání.

Prostřednictvím „Forward Looking Coefficientu“ dochází v posledním kroku k úpravě vypočítaných hodnot pravděpodobnosti vstupu do vymáhání. Úprava pomocí FLC může hodnoty pravděpodobnosti vstupu do právního vymáhání nejen zvýšit, ale za určitých okolností i snížit. K stanovení hodnoty FLC se využívají stres testy, které propojují makroekonomické veličiny s vybraným ukazatelem. Pro stanovení výsledné hodnoty FLC se využívají 3 scénáře makroekonomického vývoje, kterými jsou:

- očekávaný vývoj makroekonomických veličin (Baseline scenario)
- příznivý makroekonomický vývoj (Favourable scenario)
- nepříznivý makroekonomický vývoj (Adverse scenario)

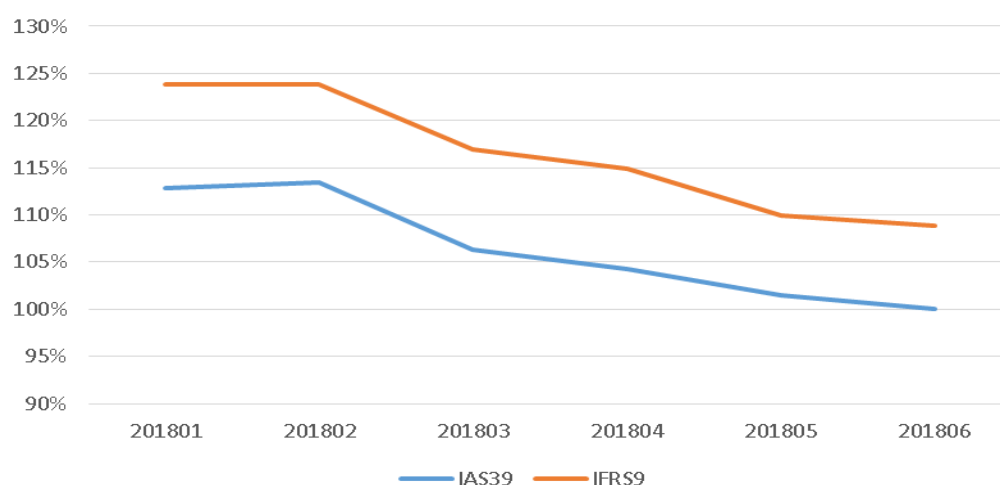
Na základě interního modelu využívajícího historické pohyby vybraného rizikového ukazatele, jsou stanoveny váhy jednotlivých scénářů a následně determinována i hodnota FLC. V posledním kroku jsou hodnoty pravděpodobnosti vstupu do právního vymáhání u jednotlivých tříd a skupina neaktivních karet upraveny využitím „Forward Looking Coefficient“.

⁶⁸ Z důvodu nulové hodnoty pohledávky nejsou neaktivní karty součástí žádné ze tříd prezentovaných v Tab. 24.

Porovnání hodnot LLP dle IAS39, IFRS9 a hodnoty očekávané ztráty (EL)

Vzájemné porovnání rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) dle IAS 39 a IFRS9 je provedeno na Obr 21. Obr. 21 zachycuje vývoj hodnot LLP u jednotlivých typů výpočtu od začátku roku 2018, tj. od momentu, kdy finanční instituce musí vykazovat hodnotu LLP v souladu s metodikou IFRS9. Bazickou hodnotou pro porovnání je hodnota rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) vytvořena dle účetních standardů IAS39 k 30. 6. 2018. Hodnota rezerv pro úvěrové ztráty dle účetních pravidel IFRS9 je k 30. 6. 2018 vyšší o 9 % v porovnání s LLP vytvořených dle IAS39, přičemž během celého pozorovacího období 201801 – 201806 lze považovat rozdíl mezi účetními pravidly IAS39 a IFRS9 za konstantní.

Obr. 21: Porovnání hodnoty LLP dle IAS39 a IFRS9



Pozn.: LLP dle IAS39 201806 = 100 % (bazická hodnota).

Tab. 25 shrnuje výsledné hodnoty LLP dle IAS39 a IFRS9 a hodnoty očekávané ztráty (EL) s využitím všech prezentovaných přístupů k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*. Pro porovnání EL s LLP jsou využity pouze hodnoty k 30. 6. 2018, přičemž bazickou hodnotou pro porovnání je hodnota LLP dle účetních standardů IAS39 k 30. 6. 2018.

Tab. 25 – Porovnání hodnot LLP dle IAS39, IFRS9 s hodnotou očekávané ztráty (EL) u jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů

	201806
IAS39	100,00 %
IFRS9	108,75 %
<i>PD_p, EAD_{def}, LGD_{klas}</i>	162,71 %
<i>PD_o, EAD_{def}, LGD_{klas}</i>	155,39 %

<i>PD_p, EAD_konz, LGD_klas</i>	164,52 %
<i>PD_o, EAD_konz, LGD_klas</i>	156,37 %
<i>PD_p, EAD_def, LGD_byz</i>	164,47 %
<i>PD_o, EAD_def, LGD_byz</i>	153,28 %
<i>PD_p, EAD_konz, LGD_byz</i>	167,44 %
<i>PD_o, EAD_konz, LGD_byz</i>	155,03 %
<i>PD_p, EAD_CCF, LGD_klas</i>	156,94 %
<i>PD_o, EAD_CCF, LGD_klas</i>	151,07 %
<i>PD_p, EAD_CCF, LGD_byz</i>	157,85 %
<i>PD_o, EAD_CCF, LGD_byz</i>	148,37 %
<i>PD_p, EAD_def, LGD_stat</i>	165,12 %
<i>PD_o, EAD_def, LGD_stat</i>	153,93 %
<i>PD_p, EAD_konz, LGD_stat</i>	168,08 %
<i>PD_o, EAD_konz, LGD_stat</i>	155,67 %
<i>PD_p, EAD_CCF, LGD_stat</i>	158,44 %
<i>PD_o, EAD_CCF, LGD_stat</i>	148,96 %

Z výsledků prezentovaných v Tab. 25 je zřejmé, že i zpřísnění výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty užitím metodiky IFRS9 je hodnota rezerv (LLP) u testovaného portfolia významně nižší než hodnota očekávané ztráty (EL) u přístupu (*PD_o, EAD_CCF, LGD_byz*) generujícího nejnižší hodnotu očekávané ztráty k 30. 6. 2018. Nejvyšší hodnota očekávané ztráty byla dosažena u přístupů *PD_p, EAD_konz, LGD_stat*, jejichž hodnota je o 68,08 % vyšší než LLP dle IAS39 a o 54,55 % vyšší než LLP dle IFRS9.

Hlavní důvody vedoucí k významně vyšším hodnotám očekávané ztráty (EL) v porovnání s LLP dle IFRS9 můžeme shrnout do následujících bodů:

- odlišné definice defaultu pro rizikový parametr *PD* (viz kapitola 2.3.1),
- rizikový parametr *EAD* má v sobě obsaženu informaci ohledně možného zvýšení úvěrového rámce v průběhu budoucího pozorovacího období (hodnota rizikového parametru *EAD* u vybraných skupin dosahuje hodnoty vyšší než 1, resp. 100 %),

- výpočet rizikového parametru *LGD* zahrnuje kromě míry ztráty (LR), která je totožná s mírou ztráty pro portfolio v právním vymáhání pro výpočet rezerv pro úvěrové ztráty (LLP), i všechny druhy nákladů a ztrát spojených s úvěry v selhání (viz kapitola 2.2.3). Daný přístup výpočtu *LGD* způsobuje, že výsledná hodnota *LGD* je výrazně vyšší než hodnota samotné míry ztráty (LR), v některých případech dosahující úrovně až 200 % (tj. dvojnásobek hodnoty úvěry v čase prvního selhání),
- výpočet očekávané ztráty (EL) pracuje s odhady rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD*. Odhady pro účely kapitálového požadavku jsou vyšší nebo rovné naměřeným hodnotám rizikových parametrů, zatímco „Forward Looking Coefficient“ u výpočtu LLP může i snižovat hodnotu pravděpodobnosti přechodu do právního vymáhání.

Výsledky prezentovány v dodatku druhé kapitoly demonstrovaly výrazný rozdíl v hodnotě očekávané ztráty (EL) a v hodnotě rezerv pro úvěrové ztráty (LLP). I když se hodnota rozdílu (Shortfall) se zavedením metodiky IFRS9 (v porovnání s metodikou IAS39) snížila, zůstala hodnota očekávané ztráty (EL) u všech přístupů k měření rizikových parametrů nad úrovní rezerv pro úvěrové ztráty dle metodiky IFRS9. Z výsledků tudíž plyne, že u žádného z prezentovaných přístupů k měření rizikových parametrů nedochází k navýšení Tier2 kapitálu, ale bude vyžadováno snížení CET1 kapitálu o hodnotu Shortfallu.

Na základě výše prezentovaných výsledků můžeme **celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku (28), který zahrnuje i celkovou hodnotu očekávané ztráty (EL), považovat za vhodný a nezkreslený přístup k měření a následně i k vzájemnému porovnání minimálního kapitálového požadavku.**

3. Tvorba kapitálu nad úroveň celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku

V předešlé kapitole byl prezentován proces kvantifikace minimálního kapitálového požadavku finančních institucí využívajících metodu interního ratingu (IRB). Výpočet minimálního kapitálového požadavku je prováděn kvartálně a jeho výsledná hodnota se mění v závislosti na hodnotách odhadů rizikových parametrů (*PD*, *EAD*, *LGD*) a hodnotách bilančních a mimobilančních položek (viz kapitola 2.5.). Protože odhady rizikových parametrů a hodnoty bilančních a mimobilančních položek nejsou v čase konstantní a mění se i v nekrizovém období, je regulátorem vyžadováno, aby finanční instituce držely kapitál nad úrovní minimálního kapitálového požadavku. Z daných důvodů, Basilejský výbor vyžaduje po finančních institucích využívajících metodu interního ratingu (IRB) držet kapitál nad hodnotou minimálního kapitálového požadavku (BIS, 2006, bod 434). Pro kvantifikaci kapitálu nad úroveň minimálního kapitálového požadavku se využívají především různé simulace nepříznivého ekonomického vývoje, označované pod pojmem „stres testy“. Prostřednictvím stres testů pro účely prvního pilíře je determinován dodatečný kapitál pokrývající nejen běžné změny rizikových parametrů a vývoj bilančních a mimobilančních položek v nekrizovém období, ale i jejich změny během mírné recese⁶⁹.

Kromě požadavků na kapitál nad úrovní minimálního kapitálového požadavku, které jsou součástí prvního pilíře, Basilejský výbor ve druhém pilíři charakterizuje další požadavky dozoru na hodnotu kapitálu finančních institucí, které jsou prezentovány jako čtyři klíčové principy dohledu (BIS, 2006, bod 725 – 760).

Princip I: Finanční instituce by měly mít proces hodnocení celkové kapitálové přiměřenosti ve vztahu k jejich rizikovému profilu a rovněž i strategii udržení dané úrovně.

Princip II: Orgány dohledu by měly pravidelně vyhodnocovat proces interní kapitálové přiměřenosti, a v případě nespokojenosti přijmout vhodné opatření.

Princip III: Regulátor by měl očekávat, že finanční instituce budou fungovat nad minimálním kapitálovým požadavkem⁷⁰ a měl by mít možnost vyžadovat, aby instituce držely kapitál nad minimem.

⁶⁹ Simulace mírné recese, která představuje požadavek Basilejského výboru, bude detailně vysvětlena v dalším výkladu.

⁷⁰ Polštář nad kapitálovým požadavkem vztahujícím se k prvnímu pilíři (BIS, 2006, bod 434 – 437), který slouží ke krytí specifických bankovních rizik, tj. nesystematického rizika (BIS, 2006, bod 757).

Princip IV: Zásah orgánu dohledu by měl být v raném stadiu s cílem zabránit poklesu kapitálu pod minimální úroveň. U rizikovějších institucí by regulátor měl požadovat vyšší kapitálový polštář.

Cílem třetí kapitoly je kvantifikace kapitálu nad úroveň minimálního kapitálového požadavku (BIS, 2006, bod 434) pro účely porovnání vybraných přístupů k měření rizikových parametrů na úrovni celkové hodnoty kapitálu⁷¹. Kvantifikace kapitálu bude provedena prostřednictvím stres testů u přístupů, které dosahovaly nejnížší (PD_o, EAD_CCF, LGD_byz) a nejvyšší (PD_p, EAD_konz, LGD_klas) průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku dle výsledků prezentovaných v Tab. 21. Daným způsobem bude demonstrováno, jak významného rozdílu lze dosáhnout v celkové hodnotě kapitálu u vybraných přístupů k měření rizikových parametrů při splnění všech požadavků Basilejského výboru týkajících se kapitálového požadavku ke kreditním rizikům v rámci prvního pilíře. Přístupy, u kterých budou provedeny stres testy, byly vybrány na základě průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku, a ne na základě stavu k 30. 6. 2018. Vhodnost výběrů přístupů na základě průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku demonstruje Obr. 19, kde je možné pozorovat situace, kdy i přístup, který měl průměrně nejvyšší hodnotu celkového minimálního kapitálového požadavku, dosahoval nižších hodnot⁷² než přístup, který měl v průměru nejnížší hodnotu celkového minimálního kapitálového požadavku. Z daného plyne, že výběrem nejvyšší a nejnížší hodnoty celkového minimálního kapitálového požadavku na základě stavového přístupu by mohlo dojít k nevhodnému výběru přístupů k měření rizikových parametrů pro účely demonstrace rozdílu v celkové hodnoty kapitálu. Lze totiž předpokládat, že přístup, který dosahoval průměrně nejvyšší hodnoty celkového minimálního požadavku, dosahoval i vyšších hodnot rizikových parametrů během krizových období (Obr. 19). Vyšší hodnoty rizikových parametrů by měly vést při simulaci krizového období k relativně vyššímu nárůstu daných parametrů. Při splnění daného předpokladu dojde po provedení stres testů k nárůstu rozdílu v hodnotě kapitálu⁷³ v porovnání s rozdílem, který byl pozorován⁷⁴ na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku.

Stres testy lze obecně charakterizovat jako nástroj sloužící k simulaci dopadů zvolených stresových scénářů na kapitálový požadavek. Vhodný typ stres testu musí zahrnovat identifikaci

⁷¹ Součtem „celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku“ (kapitola 2) a kapitálu nad úrovní celkového minimálního kapitálového požadavku dostaneme tzv. „celkovou hodnotu kapitálu“, která determinuje hodnotu regulatorního kapitálu.

⁷² Stav celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku v bodech 200703, 200706 a 200909.

⁷³ Tj. celková hodnota kapitálu.

⁷⁴ Rozdíl mezi vybranými přístupy k 30. 6. 2018

možných událostí nebo budoucích změn ekonomických podmínek, které by mohly mít nepříznivý vliv na úvěrové expozice (BIS, 2006, bod 434). Test, který bude k analýze dopadů na kapitálové požadavky využit, je ponechán na finanční instituci, ovšem podléhá kontrole ze strany regulátora. Basilejský výbor popisuje stres testy jako vyhodnocení finanční pozice finanční instituce při simulaci kritického, avšak věrohodného scénáře (BIS, 2009). I proto není nutné při provádění stres testů provádět simulace katastrofických scénářů a za dostačující je považováno simulování mírné recese na všech rizikových parametrech *PD*, *EAD*, *LGD*. Jako příklad mírné recese Basilejský výbor uvádí situaci dvou po sobě jdoucích období nulového růstu (BIS, 2006, bod 435).

Výše uvedené charakteristiky a požadavky Basilejského výboru pracují s předpokladem, že finanční instituce jsou schopné provázat vybrané makroekonomické veličiny s jednotlivými rizikovými parametry. Provázanosti makroekonomických veličin s rizikovými parametry lze dosáhnout například pomocí různých typů regresních modelů, ovšem z důvodu prokazatelné nestacionarity ekonomických časových řad a potažmo i rizikových parametrů, lze model VEC (Vector Error Correction) považovat za nejvhodnější. Hlavní výhodou daného modelu je, že pracuje s nestacionární časovou řadou a tudíž není nutné provádět stacionarizaci pomocí diferenciací a tím nedochází ke ztrátě informace.

Problematickou propojení makroekonomických veličin a rizikových parametrů pro účely simulací nepříznivého ekonomického vývoje je věnováno velké množství publikací. Model VEC ve svých studiích využili i Assouan (2012) a Guerrouaz (2016), kteří pomocí daného modelu propojovali vybrané makroekonomické veličiny a parametr *PD* v segmentu retail klientely. Assouan využil danou vazbu pro provedení stres testů, přičemž následné simulování hodnot parametru *PD* užitím modelu VEC považoval za vyhovující. Řada studií se ovšem potýkala s problémem provázanosti rizikového parametru *LGD*. Daný problém byl vysvětlován delším časovým oknem (2 – 4 roky) a nedostatečně dlouhou časovou řadou (Stein, 2008). Hoggarth, Logan a Zicchino (2005) využívají pro tvorbu stres testů více paralelních šoků a jejich dopad do výkazu zisků a ztrát, případně do kapitálu finanční instituce působící ve Velké Británii. Simulace poklesu cen nemovitostí, HDP a depreciace národní měny vedla pouze k minimálnímu poklesu kapitálu⁷⁵, který nepřesahoval 1 % Tier 1 kapitálu. Obdobným způsob zvolili i Ardia, Guerrouz a Rey (2016) nebo Sommar a Shahnazarian (2008), kteří propojovali pomocí VEC modelu pro účely stres testů u hypotečních úvěrů vybrané makroekonomické veličiny a rizikový parametr *PD*. Sommar a Shahnazarian prokázali vazby inflace, průmyslné produkce a krátkodobé úrokové sazby na rizikový parametr *PD* na švédském korporátním trhu. End, Hoeberichts a Tabbae (2006) prezentovali přístup, kde nestresování rizikových parametrů *EAD* a *LGD* nahrazovali simulací rizikového parametru *PD*

⁷⁵ Většina ztrát byla kryta ziskem běžného období.

během nejkritičtějšího období finanční⁷⁶ nebo dluhové⁷⁷ krize. Právě využití simulací v období krize, která významně přesahuje požadavky Basilejského výboru, kompenzuje nestresování rizikových parametrů *EAD* a *LGD*. Stejný přístup jako End, Hoeberichts a Tabbæ (2006) prezentovali na teoretickém portfoliu Wong, Choi a Fong (2006), kteří ovšem zvyšovali robustnost původního modelu pomocí stochastických simulací Monte Carlo. Studie týkající se stres testů byla provedena i v České republice spolu s Německem (CNB, 2008), která v první řadě demonstrovala odlišnosti ve vazbách mezi vývojem pravděpodobnosti selhání a makroekonomických ukazatelů. Zatímco v Německu byly defaulty retail klientely korelovány s vývojem příjmů domácností a HDP, v České republice byla prokázána vazba na úrokovou míru a míru nezaměstnanosti. Vypovídající schopnost dané studie ovšem snižuje fakt, že byla provedena pouze na hypotetickém portfoliu 6 000 domácností a podnikatelských subjektů a úroveň rizikového parametru *LGD* nebyla zvýšena⁷⁸ na základě vazeb na makroekonomické veličiny, jako tomu bylo v případě *PD*.

Přístupy k tvorbě stres testů založené na stresování pouze rizikového parametru *PD* kritizoval ve své práci Foglia (2009), kde tvrdí, že nestresování rizikových parametrů *EAD* a zejména *LGD* může výrazně podhodnocovat výsledky stres testů. Problematice vhodnosti penalizačního přístupu k rizikovému parametru *PD*, jako přístupu kompenzujícího nestresování parametrů *EAD* a *LGD*, je věnován dodatek ke třetí kapitole.

V následující části bude prezentován proces výstavby modelu VEC. Model VEC bude využit pro kvantifikaci vazeb mezi makroekonomickými veličinami a rizikovými parametry *PD*, *EAD* a *LGD* pro účely stres testů. Postup výstavby modelu VEC vychází z příspěvku Kováč (2018), kde je daný proces proveden na totožném portfoliu s časovou řadou končící v 2017Q2. V prvním kroku provedeme volbu makroekonomických proměnných a agregaci rizikových parametrů. V druhém kroku bude následovat konstrukce VEC modelu. Pro následnou simulaci stresových scénářů budeme vycházet z basilejského doporučení nulového růstu (BIS, 2017). V případě neprokázání vazeb mezi makroekonomickými veličinami a parametry *EAD* anebo *LGD*, využijeme ke stanovení kapitálu pro účely stres testů přístup maximální penalizace parametru *PD*. Daná

⁷⁶ Za finanční krizi považujeme pro účely disertační práce Globální finanční krizi 2008 (Verick a Islam, 2010), projevující se v České republice významným poklesem HDP a růstem nezaměstnanosti v období 2008Q4 – 2009Q3 (ČSÚ, 2018 a ČSÚ, 2018a).

⁷⁷ Za dluhovou krizi považujeme pro účely disertační práce Evropskou dluhovou krizi (Kraussl, Lehnert a Stefanova, 2017), projevující se v České republice mírným poklesem HDP a značným růstem nezaměstnanosti v období 2012Q1 – 2012Q4 (ČSÚ, 2018 a ČSÚ, 2018a).

⁷⁸ Růst *LGD* o 20 % (z regulační úrovně 45 % na stresovou hodnotu 54 %).

penalizace bude provedena pomocí simulace dopadu zvolené makroekonomické veličiny na parametr *PD* během nejkritičtějšího období finanční nebo dluhové krize.

Pro účely tvorby a simulace stres testů pracujeme, pokud není uvedeno jinak, s naměřenými hodnotami rizikových parametrů *PD*, *EAD*, *LGD* (kapitola 2.3) a ne s odhadovanými hodnotami rizikových parametrů (kapitola 2.4 a 2.5).

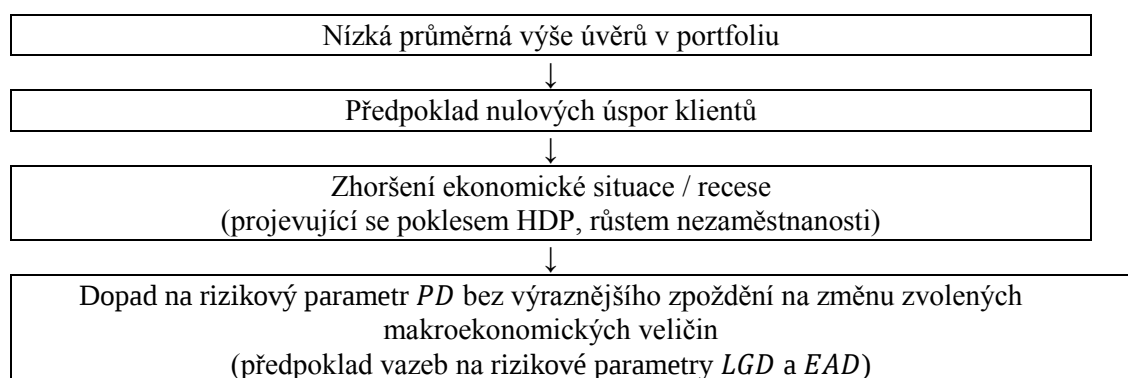
3.1. Analýza proměnných vstupujících do modelu VEC

V následující části budou provedeny kroky nezbytné pro kvantifikaci vazeb užitím modelu VEC. Nejdříve určíme makroekonomické veličiny vhodné pro výstavbu modelu VEC v prostředí retail klientely. Následně bude věnován prostor agregaci rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*.

3.1.1. Volba makroekonomických proměnných

Cílem této části je určit makroekonomické proměnné, které by měly mít nejvýznamnější vliv na rizikové parametry testovaného portfolia. Při volbě makroekonomických proměnných budeme vycházet z již zmíněné charakteristiky testovaného portfolia. Protože se jedná o segment retail klientely, u kterého se průměrná výše úvěru za období 2012Q2 – 2018Q2 pohybovala u revolvingových úvěrů na úrovni 20 – 25 tisíc Kč a u ostatních úvěrů v rozmezí 40 – 50 tisíc Kč, lze předpokládat u daného typu klientů téměř nulovou míru úspor. Na základě předpokladu nulové míry úspor, lze usuzovat silnou vazbu mezi rizikovými parametry a nezaměstnaností, kde růst nezaměstnanosti se projeví v nárůstu hodnoty parametru *PD*, *EAD* a *LGD*. Kromě nezaměstnanosti využijeme pro účely konstrukce modelu VEC i makroekonomickou veličinu HDP. Vztah mezi HDP a nezaměstnaností není dokonale inverzní a proto existuje možnost nalezení silnějších kointegračních vazeb mezi rizikovými parametry a HDP. Kromě výše zmiňovaných předpokladů je nezbytné dodat, že testované portfolio splňuje i předpoklad vhodné diversifikace klientů napříč odvětvími z hlediska jejího zaměstnání. Za vhodnou diversifikaci považujeme situaci, kdy objem poskytnutých úvěrů klientům zaměstnaným v jednom odvětví nepřesahuje 20 % celkového objemu poskytnutých úvěrů.

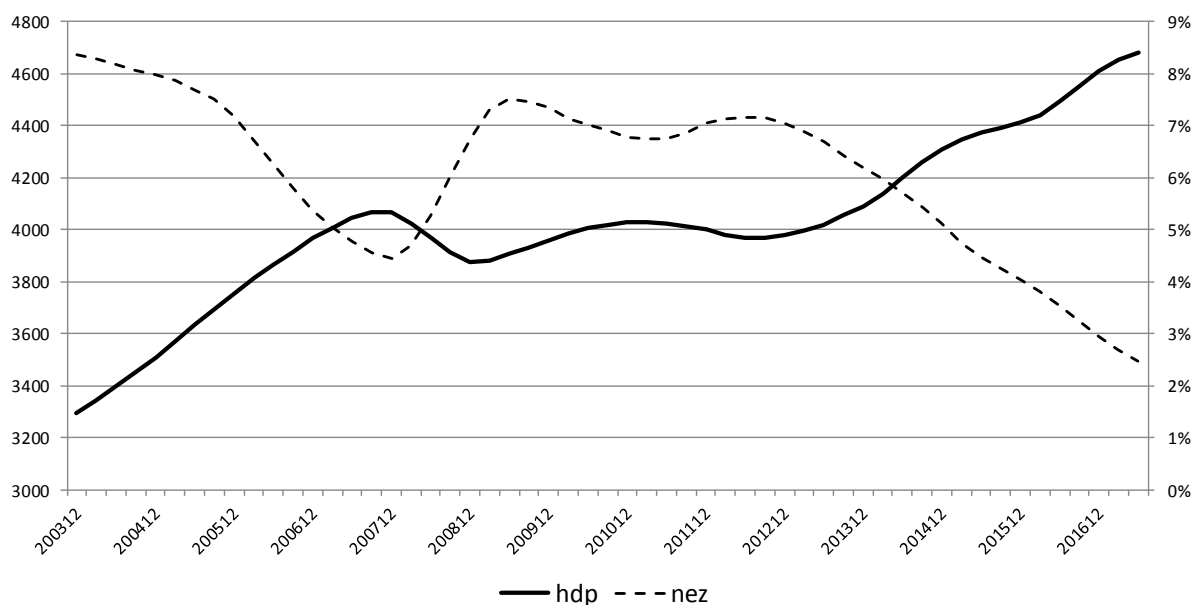
Obr. 22: Vazba mezi rizikovými parametry a makroekonomickými veličinami



Obr. 23 zobrazuje vývoj HDP a nezaměstnanosti v České republice v období 2004Q1 – 2018Q2. Protože rizikové parametry *PD* a *EAD* představují ukazatele s ročním pozorovacím obdobím na kvartální bázi, jsou i HDP a nezaměstnanost převedené na stejné pozorovací období. To je dosaženo v případě HDP součtem posledních čtyř kvartálů. Roční nezaměstnanost je počítána jako prostý průměr nezaměstnaností posledních čtyř kvartálů. Hodnota HDP (resp. nezaměstnanosti) v bodě 200312 představuje hodnotu dané veličiny za období 1. 1. 2004 – 31. 12. 2004. Důvodem daného způsobu zobrazení hodnot je zajištění shody se způsobem zobrazování hodnot rizikových parametrů, kterého bude využito v dalším výkladu. Pro výpočet kapitálu pro účely stres testů bude využita simulace nulového růstu, považovaného Basilejským výborem za postačující při tvorbě stresových scénářů.

V případě stresování pouze rizikového parametru *PD* budou využity hodnoty makroekonomických veličin během finanční krize (pokles HDP a růst nezaměstnanosti v období 2008Q4 – 2009Q3) a dluhové krize (mírný pokles HDP a značný růst nezaměstnanosti v období 2012Q1 – 2012Q4).

Obr. 23: Vývoj HDP a nezaměstnanosti v České republice



Zdroj: ČSÚ (2018), ČSÚ (2018a), vlastní zpracování.

Pozn.: Levá svislá osa zobrazuje roční hodnoty HDP (ve stálých cenách roku 2010 v mld. Kč), pravá svislá osa zobrazuje průměrné hodnoty nezaměstnanosti (v %).

3.1.2. Agregace rizikových parametrů

Agregaci rizikových ukazatelů je nezbytné provést ze tří hlavních důvodů. Prvním důvodem je velké množství homogenních skupin (kapitola 2.2.). Druhým důvodem je rozdílná hodnota korelačního koeficientu pro výpočet RWA pro portfolia revolvingových a ostatních úvěrů

(kapitola 2.5.). Posledním důvodem, vedoucí k dalšímu členění portfolií je snaha získat dodatečné informace o chování subportfolií jednotlivých rizikových parametrů, a tím dosáhnout silnějších vazeb v modelu VEC.

V první kroku agregace je nutné stanovit ukazatel (resp. ukazatele), který bude sloužit jako váha k agregování jednotlivých rizikových parametrů. Pro rizikový parametr *EAD* budou váhami součet bilančních a mimobilančních položek. Mimobilanční položka představuje u revolvingových úvěrů⁷⁹ nečerpanou část úvěru, která může být klientem v budoucnu využita a proto je součástí výpočtu *EAD*. V případě *LGD* budou váhami bilanční položky, protože u úvěrů v selhání je hodnota mimobilančních položek ve většině případů nulová. Pro rizikový parametr *PD* se nabízejí dvě možnosti, jak pravděpodobnost selhání vážit – počtem úvěrů nebo sumou bilančních položek. Z důvodu zachování konzistentnosti v rámci modelu, budeme vážit pravděpodobnost selhání sumou bilančních položek, která byla zvolena i v případě *LGD*.

Následné dělení portfolia na revolvingové a nerevolvingové je nutné z již zmiňovaného odlišného výpočtu korelace vstupující do rovnice pro výpočet kapitálového požadavku. Zatímco u revolvingových úvěrů je hodnota korelace rovna 4 %, u osobních a spotřebitelských úvěrů je hodnota korelačního koeficientu dána rovnicí (32).

$$R^{ost} = 0,03 \times \frac{(1 - \exp(-35 \times PD))}{(1 - \exp(-35))} + 0,16 \times \left[\frac{1 - (1 - \exp(-35 \times PD))}{(1 - \exp(-35))} \right] \quad (32)$$

Pozn.: Symboly jsou totožné s rovnicí (25).

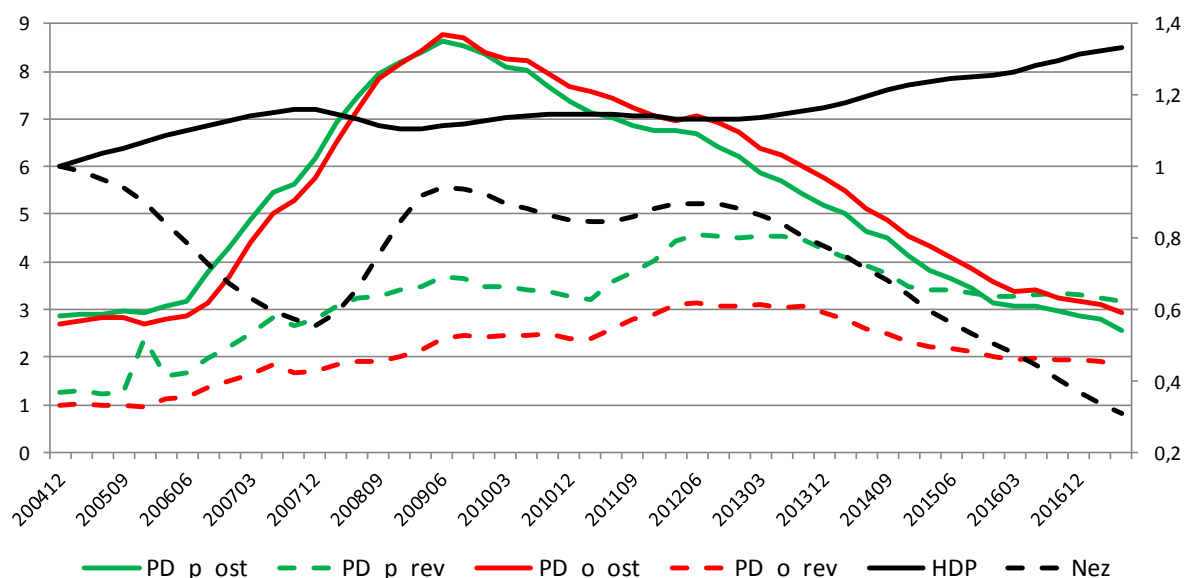
Vypočítaná hodnota korelace je následně dosazena do regulační rovnice pro výpočet kapitálového požadavku v segmentu retail klientely (24) a poté do rovnice pro výpočet rizikově vážených aktiv (26).

Poslední krok, který spočívá v rozdělení revolvingových a ostatních úvěrů na menší subportfolia, provedeme postupně pro jednotlivé rizikové parametry. V případě rizikového parametru *PD* rozdělíme portfolia revolvingových a ostatních úvěrů na portfolia výkonných a nevýkonných pohledávek. Důvodem daného členění je fakt, že všechny nevýkonné pohledávky mají pravděpodobnost defaultu rovnu jedné ($PD = 100\%$). V případě nerozdělení by mohl vést měnící se objem nevýkonných pohledávek k výraznému zkreslení rizikového ukazatele *PD*.

⁷⁹ U osobních úvěrů a spotřebitelských úvěrů se mimobilanční položky vyskytují pouze z důvodu prodlevy mezi schválením úvěru a jeho načerpáním. Jeho hodnota je však v poměru k celkové hodnotě mimobilančních položek zanedbatelná (< 0,6 % u testovaného portfolia k 30. 6. 2018).

Značně odlišný vývoj subportfolií revolvingových a ostatních úvěrů, který je znatelný zejména v druhé polovině sledovaného období (Obr. 24), potvrzuje vhodnost zvoleného dělení. Zatímco v průběhu finanční krize se *PD* u obou subportfolií vyvíjí značně paralelně, dluhová krize měla dopad pouze na *PD* u revolvingových úvěrů. Hodnota *PD* u ostatních úvěrů měla od vrcholu finanční krize klesající charakter.

Obr. 24: Vývoj subportfolií *PD*



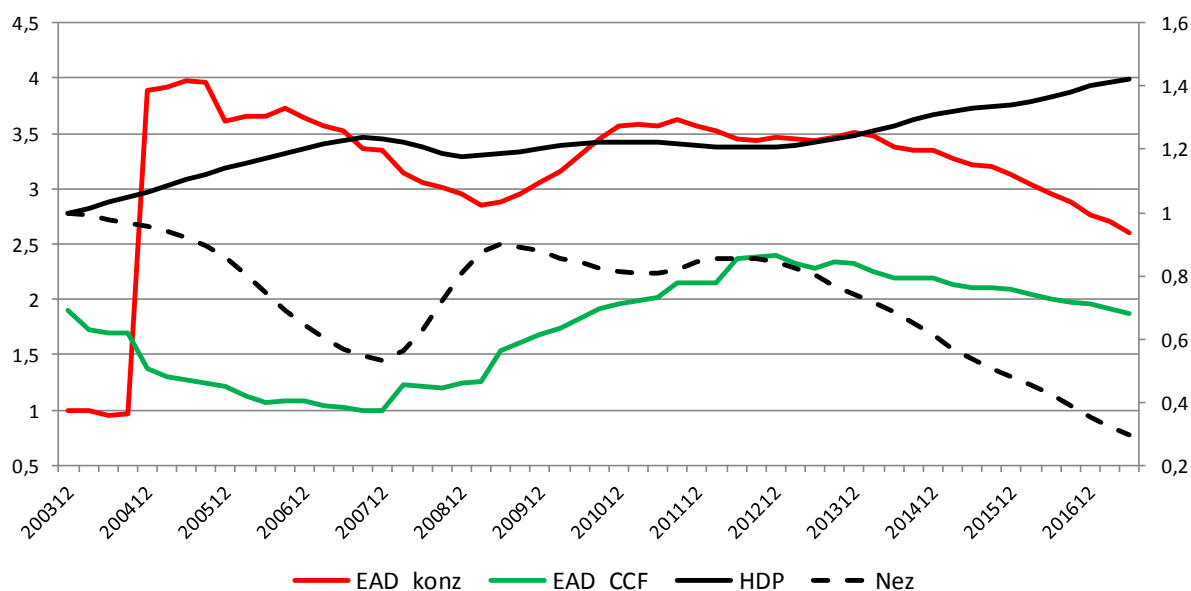
Zdroj: ČSÚ (2018), ČSÚ (2018a), interní data, vlastní zpracování.

Pozn.: *PD_p_ost* (*PD* dle počtu, subportfolio ostatních úvěrů), *PD_p_rev* (*PD* dle počtu, subportfolio revolvingových úvěrů), *PD_o_ost* (*PD* dle objemu, subportfolio ostatních úvěrů), *PD_o_rev* (*PD* dle objemu, subportfolio revolvingových úvěrů). Levá svislá osa představuje relativní vývoj parametrů *PD*. *PD_o_rev* v bodě 200412 představuje bazický bod pro všechny rizikové parametry *PD*. Pravá svislá osa zachycuje relativní mezikvartální změny v úrovni roční nezaměstnanosti a HDP (200412 = 100 %).

U rizikového parametru *EAD* bude dělení v prvním kroku velmi podobné jako v případě *PD* s tím rozdílem, že bude zkoumán vztah pouze mezi revolvingovým portfoliem výkonných pohledávek k vybraným makroekonomickým veličinám. Hodnoty *EAD* u nevýkonného portfolia revolvingových úvěrů a všech ostatních úvěrů lze považovat za konstantu, pro kterou platí $EAD = 1$. V druhém kroku očistíme revolvingové portfolio výkonných pohledávek o portfolio dlouhodobě neaktivních karet. Skupina dlouhodobě neaktivních karet zahrnuje všechny kreditní karty, které mají nulovou hodnotu bilanční položky minimálně během posledních šesti měsíců. Daná skupina představuje významnou část revolvingového portfolia, což potvrzuje i fakt, že suma mimobilančních položek dlouhodobě neaktivních karet se během sledovaného období pohybovala v průměru na úrovni 28 % celkové sumy mimobilančních položek revolvingového portfolia. Portfolio dlouhodobě neaktivních karet, resp. suma mimobilančních položek, představuje nástroj, který může sloužit u některých přístupů k měření rizikového parametru *EAD* ke „korekci“

RWA⁸⁰. Vhodnost vyloučení dané skupiny potvrzuje nízká úroveň aktivace i v průběhu finanční a dluhové krize. Nevyloučení dlouhodobě neaktivních karet by mohlo vést ke zkreslení hodnot rizikového parametru *EAD*, které by výrazně narušovalo nalezení vazeb mezi parametrem *EAD* a makroekonomickými veličinami.

Obr. 25: Vývoj revolvingového portfolia *EAD*



Zdroj: ČSÚ (2018), ČSÚ (2018a), interní data, vlastní zpracování.

Pozn.: *EAD_konz* (subportfolio revolvingových úvěrů), *EAD_CCF* (subportfolio revolvingových úvěrů). Levá svislá osa představuje relativní vývoj parametrů *EAD*. *EAD_konz* v bodě 2003:12 představuje bazický bod pro oba rizikové parametry *EAD*. Pravá svislá osa zachycuje relativní mezikvartální změny v úrovni roční nezaměstnanosti a HDP (2003:12 = 100 %).

Na první pohled lze charakterizovat vývoj revolvingového portfolia parametru *EAD* vzhledem k makroekonomickým veličinám jako nestabilní (Obr. 25). Zatímco hodnota *EAD_konz* dosahovala během finanční krize svého minima a *EAD_CCF* výrazně klesala, v průběhu dluhové krize byla situace opačná, a oba rizikové ukazatele dosahovaly téměř nejvyšších hodnot během sledovaného období.

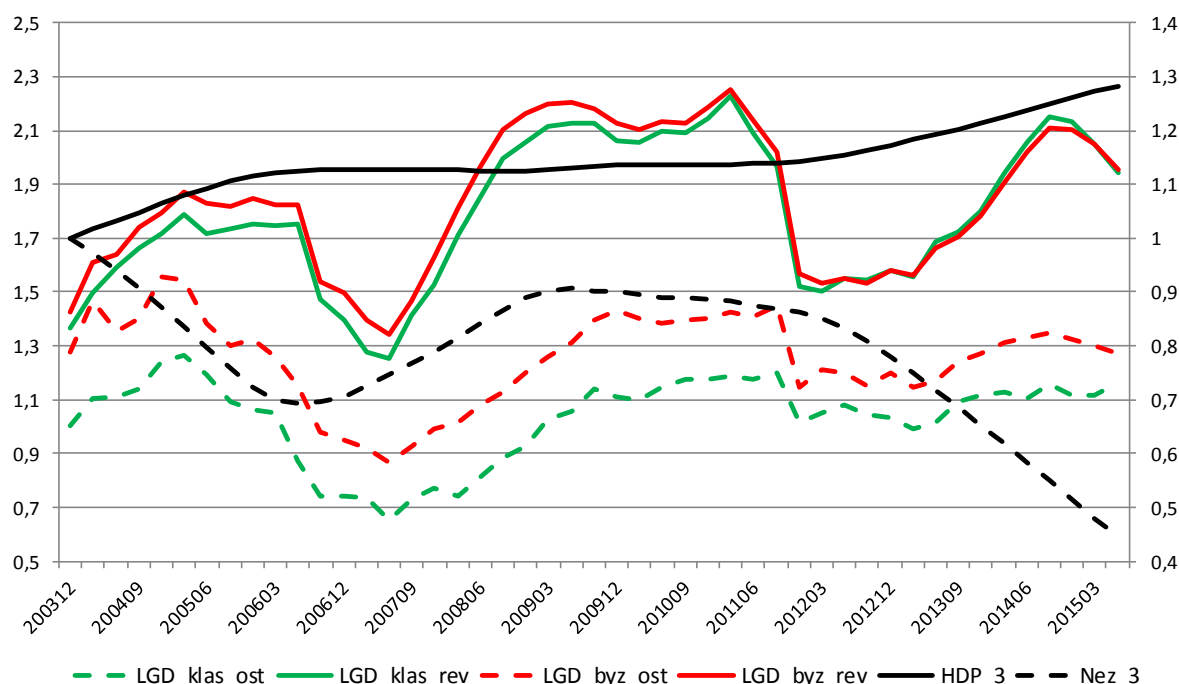
Rozklad rizikového parametru *LGD* bude proveden obdobně jako v předešlých případech s tím rozdílem, že žádnou hodnotu z vytvořených subportfolií *LGD* nelze nahradit aproximací, jak tomu bylo u některých subportfolií rizikových parametrů *PD* a *EAD* (viz. Tab. 26). Významnou odlišností u parametru *LGD* oproti rizikovým parametrům *PD* a *EAD* je délka pozorovacího okna. V případě testovaného portfolia je pro výpočet *LGD* využíváné 36 měsíční pozorovací okno. Dané pozorovací okno znamená, že u portfolia výkonných pohledávek na počátku pozorovacího okna

⁸⁰ U dlouhodobě neaktivních revolvingových úvěrů si mohou finanční instituce vyhrazovat právo na zneaktivnění daných úvěrů (tzv. cut-off). Daným mechanismem lze bezprostředně snížit hodnotu rizikově vážených aktiv (RWA).

vstupují do výpočtu *LGD* pouze úvěry, které se stanou pohledávkami nevýkonnými v průběhu prvních 12 měsíců. Po dobu následujících 24 měsíců se úvěry monitorují. Monitorování zahrnuje všechny činnosti od sledování plateb od dané skupiny klientů až k stanovení a následné kalibraci nákladů na správu portfolia nevýkonných pohledávek (kapitola 2.3.3). V případě, že úvěr je součástí nevýkonných pohledávek již na začátku pozorovacího období, je daný úvěr monitorován během celého tříletého okna. Tříleté pozorovací okno rovněž vede k nutnosti využít tříleté makroekonomické ukazatele pro analýzu parametru *LGD*. Toho bude dosaženo součtem dvanácti kvartálů HDP, resp. prostým průměrem dvanácti kvartálních stavů nezaměstnanosti.

Na obr. 26 lze pozorovat mírnou vazbu mezi vývojem subportfolia výkonných pohledávek a nezaměstnaností. Daná vazba rovněž vykazuje významné zpoždění rizikového parametru na změnu makroekonomických veličin. Zpoždění lze zjednodušeně vysvětlit prodlevou mezi zhoršením peněžních toků u původně výkonných pohledávek a hodnotou parametru *LGD*. Z obr. 26 lze rovněž pozorovat protichůdný vývoj *LGD* a makroekonomických veličin v období 201212 – 201503, který bude významně komplikovat nalezení vztahu u modelu VEC.

Obr. 26: Vývoj subportfolií *LGD* (výkonných pohledávek)



Zdroj: ČSÚ (2018), ČSÚ (2018a), interní data, vlastní zpracování.

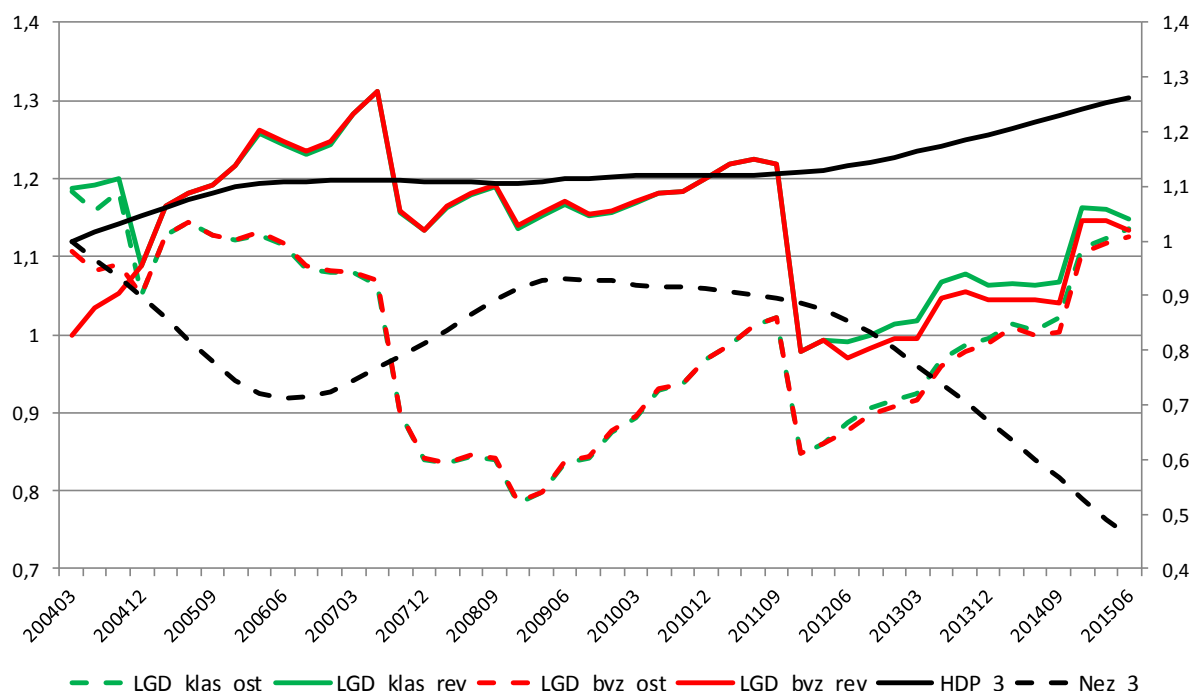
Pozn.: *LGD_klas_ost* (*LGD_klas*, subportfolio ostatních úvěrů), *LGD_klas_rev* (*LGD_klas*, subportfolio revolvingových úvěrů), *LGD_byz_ost* (*LGD_byz*, subportfolio ostatních úvěrů), *LGD_byz_rev* (*LGD_byz*, subportfolio revolvingových úvěrů). Levá svislá osa představuje relativní vývoj parametru *LGD*.

LGD_klas_ost v bodě 200312 představuje bazický bod pro všechny rizikové parametry *LGD*. Pravá svislá osa zachycuje relativní mezikvartální změny v úrovni tříleté nezaměstnanosti a HDP (200312 = 100 %).

V případě portfolia nevýkonných pohledávek na počátku pozorovacího okna (Obr. 27), kde se předpokládal vztah mezi hodnotou rizikového parametru a makroekonomickými veličinami

s minimálním zpožděním, jsou vazby významně narušovány opakujícími se zlomy, které výrazně snižují hodnoty *LGD*. Tyto zlomy jsou zapříčiněny odpisy⁸¹ pohledávek, které budou představovat problém při nacházení vazeb mezi parametrem *LGD* a makroekonomickými veličinami.

Obr. 27: Vývoj subportfolií *LGD* (nevýkonných pohledávek)



Zdroj: ČSÚ (2018), ČSÚ (2018a), interní data, vlastní zpracování.

Pozn.: *LGD_klas_ost* (*LGD_klas*, subportfolio ostatních úvěrů), *LGD_klas_rev* (*LGD_klas*, subportfolio revolvingových úvěrů), *LGD_byz_ost* (*LGD_byz*, subportfolio ostatních úvěrů), *LGD_byz_rev* (*LGD_byz*, subportfolio revolvingových úvěrů). Levá svislá osa představuje relativní vývoj parametrů *LGD*.

LGD_byz_rev v bodě 2004Q3 představuje bazický bod pro všechny rizikové parametry *LGD*. Pravá svislá osa zachycuje relativní mezikvartální změny v úrovni tříleté nezaměstnanosti a HDP (2004Q3 = 100 %).

Tab. 26 přehledně shrnuje konečné dělení rizikových parametrů pro účely výstavby VEC modelu. Šedá políčka představují subportfolia, která jsou neměnná, a tudíž budou využita pouze při kalkulaci výsledné hodnoty kapitálu. Světlá políčka zobrazují rizikové parametry, pro které bude model VEC konstruován, včetně makroekonomické proměnné a délky období v letech, která budou při hledání kointegračních vazeb využita.

⁸¹ K odpisům zpravidla dochází těsně před uplynutím desetileté promlčecí doby, během které odpisy pohledávek představují daňově uznatelný náklad.

Tab. 26 – Finální dělení rizikových parametrů pro konstrukci VEC modelu

	Výkonné		Nevýkonné	
	Revolving	Ostatní	Revolving	Ostatní
<i>PD</i>	(HDP_1/Nez_1)	(HDP_1/Nez_1)	<i>PD</i> = 1	
<i>EAD</i>	(HDP_1/Nez_1)	<i>EAD</i> = 1	<i>EAD</i> = 1*	<i>EAD</i> = 1
<i>LGD</i>	(HDP_3/Nez_3)	(HDP_3/Nez_3)	(HDP_3/Nez_3)	(HDP_3/Nez_3)
Dopad	<i>EL</i> a <i>RWA</i>		<i>EL</i>	

Zdroj: vlastní zpracování.

Pozn: *představuje aproximaci vedoucí k mírnému nadhodnocení *EL* (očekávané ztráty). U některých typů selhání (např. odklad) není hodnota mimobilančních položek nulová (nevyčerpaná část úvěru zůstává k dispozici).

3.2. Konstrukce modelu VEC

Volba modelu VEC pro kvantifikaci vazeb mezi rizikovými parametry a makroekonomickými veličinami vychází z již zmiňované nestacionarity časových řad obou proměnných, kterou bylo možné pozorovat během agregace rizikových parametrů testovaného portfolia. V případě, že dané nestacionární časové řady jsou po provedení první difference $I(1)$ stacionární a spojuje je ekonomická teorie v dlouhodobém časovém horizontu, mohou být dané časové řady kointegrované (Arlt a Arltová, 2009). Kointegraci lze charakterizovat jako stabilní dlouhodobý vztah mezi časovými řadami, který je narušován krátkodobými vlivy, které se časem vytrácejí. Pro test kointegrace mezi zkoumanými časovými řadami využijeme Johansenův test (Johansen, 1988, 1995). V případě, že kointegrační vztah bude nalezen, budeme konstruovat model VEC dle rovnice (33) (Hauser, 2016), který bude sloužit k odhadu rizikových parametrů při simulování změn ve vývoji makroekonomických veličin pro účely stres testů.

$$\Delta x_t = \Pi x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Phi_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (33)$$

kde x_t je vektor endogenní proměnné $n \times 1$,
 Π je matice parametrů $n \times n$; $\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I$,
 $\Phi_1, \dots, \Phi_{p-1}$ je matice parametrů $n \times n$; $\Phi_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$ a
 ε_t je vektor normálního rozdělení náhodných chyb $n \times 1$.

Protože platí hodnost(Π) = m , $0 < m < k$, matici Π přepíšeme do tvaru:

$$\Pi = \alpha\beta'$$

Platnost rovnice a rozměry jednotlivých prvků rovnice lze demonstrovat následujícím vztahem mezi maticemi⁸²:

$$(n \times n) = (m \times n)[(m \times n)'].$$

⁸² Matice $(m \times n)'$ představuje transformovanou matici $(m \times n)$.

Pro interpretaci výsledků modelu VEC je daný vztah klíčový, protože parametr β' popisuje dlouhodobý vztah v modelu a parametr α charakterizuje sílu, jakou je daný dlouhodobý vztah prosazován. Detailním popisem Johansenových testů a konstrukcí modelu VEC včetně jejich vazeb na model VAR se zabývá ve svých publikacích Dwyer (2015) nebo Magee (2013).

3.2.1. Výsledné rovnice modelu VEC

Před prezentováním výsledných rovnic kointegračních vektorů a následné simulace dopadu stres testu na hodnotu kapitálu, Tab. 27 přehledně shrnuje všechny rizikové parametry, pro které byl model VEC konstruována včetně informace, zda byl kointegrační vektor nalezen⁸³.

Tab. 27 – Výsledky kointegračních testů u subportfolií jednotlivých rizikových parametrů

Rizikový parametr	Kointegrační vektor
<i>PD_p_ost</i>	ANO
<i>PD_p_rev</i>	ANO
<i>PD_o_ost</i>	ANO
<i>PD_o_rev</i>	ANO
<i>EAD_konz</i>	ANO
<i>EAD_CCF</i>	NE
<i>LGD_klas_ost</i> (výkonné)	NE
<i>LGD_klas_rev</i> (výkonné)	NE
<i>LGD_byz_ost</i> (výkonné)	NE
<i>LGD_byz_rev</i> (výkonné)	NE
<i>LGD_klas_ost</i> (nevýkonné)	NE
<i>LGD_klas_rev</i> (nevýkonné)	NE
<i>LGD_byz_ost</i> (nevýkonné)	NE
<i>LGD_byz_rev</i> (nevýkonné)	NE

Kointegrační vektor byl nalezen u všech subportfolií rizikového parametru *PD*. V případě rizikového parametru *EAD* byla potvrzena existence kointegračního vektoru pouze u přístupu

⁸³ Výsledky obsažene v Tab. 27 jsou v souladu s literaturou prezentovanou v literární rešerši k přístupům k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD* (kapitola 2.3).

EAD_konz. U *EAD_CCF* nebyl nalezen vztah daného rizikového parametru ani na jednu z vybraných makroekonomických veličin. V případě rizikového parametru *LGD*, v souladu s očekáváním prezentovaným u Obr. 26 a Obr. 27, nebyly nalezeny žádné kointegrační vazby mezi *LGD* a tříletým HDP, resp. tříletou nezaměstnaností.

Z důvodu, že v případě rizikového parametru *LGD* a subportfolia *EAD_CCF* nebyly nalezeny kointegrační vazby, budou stres testy prováděny s využitím maximální penalizace rizikového parametru *PD*. Ze stejného důvodu budou rovněž prezentovány kointegrační rovnice včetně výsledků statistických testů pouze u jednotlivých subportfolií rizikového parametru *PD*.

Vazby mezi rizikovým parametrem *PD* a makroekonomickou veličinou HDP byly potvrzeny u všech čtyř subportfolií. V případě nezaměstnanosti nebyly nalezeny žádné kointegrační vztahy. Pro konstrukci kointegračních vztahů byly použity sezónně očištěné časové řady makroekonomických veličin a následně byly všechny proměnné vstupující do modelu VEC zlogaritmovány. Z důvodu výrazných skoků hodnoty parametru *PD* na počátku pozorovacího období (200312 – 200409), byly všechny časové řady s výjimkou subportfolia *PD_o_ost* o dané období zkráceny (viz kapitola 2.3.1).

Výsledné rovnice u subportfolií rizikového parametru *PD_p* (*PD* dle počtu selhání) zachycují rovnice (34) a (35). Výsledky statistických testů jsou obsaženy v Tab. 28, Tab. 29 a Tab. 30⁸⁴.

$$\Delta PD_p_rev_t = -0,241 \times (7,538 - 0,62 \times HDP_{t-1}) - 0,413 \times \Delta PD_p_rev_{t-1} - 0,284 \times \Delta PD_p_rev_{t-2}, \quad (34)$$

$$\Delta PD_p_ost_t = -0,033 \times (40,213 - 4,494 \times HDP_{t-1}) + 0,527 \times \Delta PD_p_rev_{t-1} + 0,282 \times PD_p_rev_{t-2}, \quad (35)$$

Tab. 28 – Krátkodobé vazby portfolia revolvingových úvěrů a HDP

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
EC	-0,241	0,0469	-5,144	$6,31 \cdot 10^{-6}$ (***)
rev.dl1	-0,413	0,1203	-3,433	0,00133 (***)
rev.dl2	-0,284	0,12299	-2,312	0,02563 (**)

Zdroj: vlastní výpočty.

Tab. 29 – Krátkodobé vazby portfolia ostatních úvěrů a HDP

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
EC	-0,033	0,018	-1,864	0,06911 (*)
ost.dl1	0,527	0,1452	3,627	0,00076 (***)
ost.dl2	0,282	0,143	1,972	0,0551 (*)

Zdroj: vlastní výpočty.

Pozn. * resp. ** resp. *** významnost parametrů na 10% resp. 5% resp. 1% hladině.

⁸⁴ Konstrukce modelu VEC byla provedena v softwaru RStudio.

Tab. 30 – Výsledky testů residuí

	Rev x HDP	Ost x HDP
Residuální standardní chyba	0,096	0,034
Koeficient determinace	0,445	0,721
Adj. koeficient determinace	0,38	0,689
DW test	2,2303	1,9415
(p-hodnota)	(0,7328)	(0,2967)
Standardizovaný Breusch – Pagan test	13,033	7,2331
(p-hodnota)	(0,01112)	(0,1241)
Shapiro-Wilk test normality	0,915	0,911
(p-hodnota)	(0,015)	(0,0156)

Zdroj: vlastní výpočty.

K výše uvedeným výsledkům je nezbytné doplnit, že u obou modelů bylo využito tři zpoždění, která byla potvrzena u všech testů (AIC, HQ, SC, FPE). Konstanta a makroekonomické veličiny byly v rámci kointegračního vektoru významné na hladině 5 %, čímž lze potvrdit existenci dlouhodobého vztahu. Dlouhodobé vztahy jsou v souladu s předpokladem, že růst HDP vede k zlepšení rizikového parametru PD , který se projeví poklesem.

Protože parametr korekce chyby (EC), který charakterizuje, jakou silou se prosazuje dlouhodobý vztah, není zejména u subportfolia ostatních úvěrů vysoký, jsou výsledné hodnoty daného rizikového parametru determinovány hlavně krátkodobými vztahy. V případě krátkodobých vztahů jsou hodnoty parametru PD dané jejími předešlými hodnotami, což je v souladu se způsobem výpočtu rizikového parametru PD ⁸⁵. Zatímco u subportfolia ostatních úvěrů krátkodobé vztahy indikují stejný vývoj parametru PD pro následující období, v případě revolvingových úvěrů je daný vztah opačný. Krátkodobý inverzní vztah u portfolia revolvingových úvěrů je možné vysvětlit vyšší volatilitou v porovnání s parametrem u ostatních úvěrů, kterou lze pozorovat i v průběhu přetrvávajícího trendu daného parametru (Obr. 24).

Výsledné rovnice subportfolií rizikového parametru PD_o (PD dle objemu selhání) zachycují rovnice (36) a (37). Statistické testy jsou následně prezentovány v Tab. 31, Tab. 32 a Tab. 33.

$$\Delta PD_{o_rev_t} = -0,1098 \times (19,832 - 2,149 \times HDP_{t-1}) - 5,97 \times \Delta HDP_{t-3}, \quad (36)$$

$$\Delta PD_{o_ost_t} = -0,1925 \times (5,378 - 0,309 \times HDP_{t-1}) - 9,053 \times \Delta HDP_{t-1}, \quad (37)$$

Tab. 31 – Krátkodobé vazby portfolia revolvingových úvěrů a HDP

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
EC	-0,1098	0,0246	-4,461	$6,48 \cdot 10^{-5}$ (***)
hdp.dl3	-5,9703	3,2122	-1,859	0,0704 (*)

Zdroj: vlastní výpočty.

⁸⁵ Roční pozorovací okno kalkulované na kvartální bázi, vede k jeho vzájemnému překrývání.

Tab. 32 – Krátkodobé vazby portfolia ostatních úvěrů a HDP

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
EC	-0,19253	0,0653	-2,948	0,00486 (**)
hdp.dl1	-9,0528	2,8054	-3,227	0,00221 (**)

Zdroj: vlastní výpočty.

Pozn. * resp. ** resp. *** významnost parametrů na 10% resp. 5% resp. 1% hladině.

Tab. 33 – Výsledky testů residuí

	Rev x HDP	Ost x HDP
Residuální standardní chyba	0,046	0,148
Koeficient determinace	0,501	0,195
Adj. koeficient determinace	0,414	0,147
DW test	2,0289	2,0715
(p-hodnota)	(0,4224)	(0,5511)
Standardizovaný Breusch – Pagan test	13,88	6,5321
(p-hodnota)	(0,031)	(0,0382)
Shapiro-Wilk test normality	0,9443	0,9401
(p-hodnota)	(0,019)	(0,017)

Zdroj: vlastní výpočty.

Délka zpoždění dle testů (AIC, HQ, SC, FPE) byla v případě revolvingových úvěrů stanovena na čtyři, u ostatních úvěrů byla rovné dvěma. Konstanta a makroekonomické veličiny byly v rámci kointegračního vektoru významné na hladině 5 %, čímž můžeme potvrdit existenci dlouhodobého vztahu. Dlouhodobé vztahy jsou v souladu s předpokladem, že růst HDP vede k zlepšení rizikového parametru *PD*, který se projeví poklesem.

Parametr korekce chyby (*EC*) není ani v případě subportfolií *PD_o* vysoký, a proto jsou výsledné hodnoty parametru *PD* determinovány zejména krátkodobými vztahy. Krátkodobé vztahy jsou rovněž jako vztahy dlouhodobé, determinovány minulými hodnotami HDP. I v tomto případě je vztah v souladu s teoretickým předpokladem, že růst HDP vede k poklesu parametru *PD* pro následující období.

Tab. 34 zobrazuje nárůst rizikového parametru *PD* u jednotlivých subportfolií, kterého bylo dosaženo s využitím rovnic (34) – (37) a relativních změn hodnot HDP pozorovaných během nejkritičtějšího období finanční krize (2007Q1 – 2007Q4). Relativní změny HDP pozorované během období 2007Q1 – 2007Q4 byly následně aplikovány na hodnotu HDP (2018Q2), čímž byla provedena simulace hodnot *PD* pro účely stres testů pro období 2018Q2 – 2019Q2. Relativní nárůst hodnot rizikového parametru *PD* pro účely stres testů prezentuje Tab. 34.

Tab. 34 – Relativní nárůst hodnot parametru *PD* u jednotlivých subportfolií

	<i>PD_p_ost</i>	<i>PD_p_rev</i>	<i>PD_o_ost</i>	<i>PD_o_rev</i>
Nárůst vzhledem k naměřené hodnotě parametru <i>PD</i> (2017Q2 – 2018Q2)	+ 59,24 %	+ 27,59 %	+ 27,12 %	+ 70,68 %

3.2.2. Výsledná hodnota kapitálu užitím modelu VEC pro účely stres testů

V poslední kroku provedeme simulace dopadu stres testů na hodnotu kapitálu. Z důvodu, že model VEC se podařilo zkonstruovat pouze pro parametr PD , a tudíž nedisponujeme hodnotami parametrů EAD a LGD pro odpovídající časový interval do budoucna, budou naměřené hodnoty rizikových parametrů EAD a LGD nahrazeny jejich odhady, které mají za účel pokrývat očekávanou volatilitu daných parametrů pro odpovídající časové období (kapitola 2.4) a jsou využívány pro výpočet minimálního kapitálového požadavku (kapitola 2.5). S využitím výsledků modelu VEC pro rizikový parametr PD a odhadů parametrů EAD a LGD , je výsledná hodnota kapitálu pro účely stres testu determinována rovnicemi (38) – (41).

$$K_t = LGD_{2018Q2 \rightarrow 2021Q2}^e \times N \left[(1 - R)^{-1/2} \times G(PD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^{VECM}) + \left(\frac{R}{(1-R)} \right)^{1/2} \times G(0,999) \right] - PD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^{VECM} \times LGD_{2018Q2 \rightarrow 2021Q2}^e, \quad (38)$$

$$EL_t = PD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^{VECM} \times EAD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^e \times LGD_{2018Q2 \rightarrow 2021Q2}^e, \quad (39)$$

$$RWA_t = K_t \times 12,5 \times EAD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^e, \quad (40)$$

$$\text{Kapitál}_t^{ST} = EL_t + RWA_t \times 0,08, \quad (41)$$

kde $PD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^{VECM}$ je parametr PD vypočítaný VECM,
 $EAD_{2018Q2 \rightarrow 2019Q2}^e$ je současný odhad parametru EAD (pro období 2018Q2 – 2019Q2) a
 $LGD_{2018Q2 \rightarrow 2021Q2}^e$ je současný odhad parametru LGD (pro období 2018Q2 – 2021Q2).

Z výše uvedených rovnic vyplývá, že rozdíl mezi celkovou hodnotou kapitálu stanovenou na základě stres testů a celkovou hodnotou minimálního kapitálového požadavku, bude generován pouze rozdílem hodnot PD pro účely stres testů a jejich současnými odhady pro účely minimálního kapitálového požadavku. Dosazením jednotlivých parametrů do rovnic (38) až (41) bylo dosaženo výsledků, které zachycuje Tab. 35.

Tab. 35 – Porovnání celkové hodnoty kapitálu po provedení stres testů (ST_2018Q2) a celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku (2018Q2).

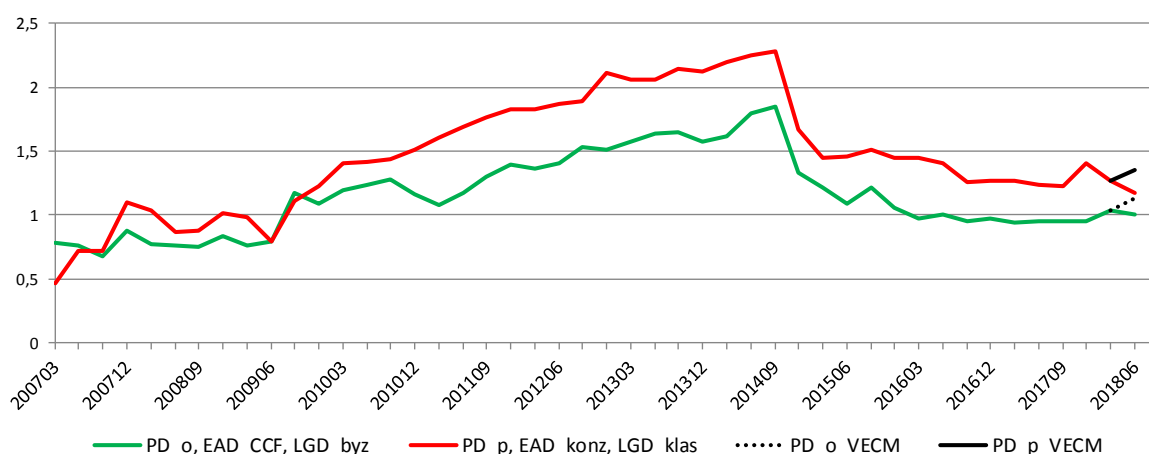
	2018Q2	ST_2018Q2
$PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}$	+17,6 %	+35,57 % (+15,27 %)
$PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}$	1	+12,95 %
$PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}$		+20,02 %
$PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}$		1

Výsledky v Tab. 35 jsou rozděleny na dvě části. Vrchní část porovnává výsledné hodnoty celkového kapitálu s celkovou hodnotou minimálního kapitálového požadavku vytvořeného přístupem PD_o, EAD_CCF, LGD_byz . Daným přístupem bylo dosaženo nejnižší průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Přístupem PD_p, EAD_konz, LGD_klas bylo dosaženo nejvyšší průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Rozdíl v hodnotě celkového minimálního kapitálového požadavku mezi danými přístupy k 30. 6. 2018 činí 17,6 %. Po provedení stres testů modelem VEC byl pozorován u přístupu PD_o, EAD_CCF, LGD_byz nárůst o 12,95 %, v případě PD_p, EAD_konz, LGD_klas se hodnota celkového kapitálu zvýšila z původních 17,6 % na 35,57 %, což představuje nárůst o 15,27 %. Vyšší nárůst kapitálu v případě přístupu, který dosahoval nejvyšší průměrné hodnoty kapitálu, demonstruje i spodní část Tab. 35, kde bazickou hodnotou je celková hodnota kapitálu u přístupu PD_o, EAD_CCF, LGD_byz po provedení stres testů. V porovnání s hodnotou PD_o, EAD_CCF, LGD_byz je hodnota celkového kapitálu u přístupu PD_p, EAD_konz, LGD_klas o 20,02 % vyšší.

Z výše uvedeného můžeme učinit závěr, že rozdíl v hodnotě kapitálu mezi vybranými přístupy se po provedení stres testů zvýšil z 17,6 % na 20,02 %. Nárůst rozdílu potvrzuje předpoklad, že přístup dosahující nejvyšší průměrné hodnoty minimálního kapitálového požadavku bude dosahovat relativně vyššího nárůstu při simulaci identických stresových scénářů než přístup dosahující nejnižší průměrné hodnoty minimálního kapitálového požadavku.

Hodnota 20,02 % tudíž představuje rozdíl v celkové hodnotě kapitálu k 30. 6. 2018, kterého bylo dosaženo při porovnání přístupů, které generovaly nejnižší a nejvyšší průměrnou celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku během celého pozorovacího období.

Obr. 28: Výsledná hodnota kapitálu pro účely stres testů užitím modelu VEC



Pozn.: PD_o, EAD_CCF, LGD_byz 201806 = 1 (bazická hodnota).

Obr. 28 zachycuje výsledky stres testů prezentovaných v Tab. 35 včetně historického vývoje relativních hodnot celkového minimálního kapitálového požadavku. Bazickou hodnotou pro účely porovnání je hodnota kapitálu s využitím přístupu *PD_o, EAD_CCF, LGD_byz* v bodě 201806, což představuje celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku u daného přístupu pro současné portfolio. Na Obr. 28 lze pozorovat značný rozdíl mezi hodnotou kapitálu pro účely stres testů a celkovou hodnotou minimálního kapitálového požadavku dosaženého během finanční a dluhové krize. Pro odůvodnění výrazného rozdílu mezi danými hodnotami je nezbytné připomenout, že stres testy pro regulační účely jsou prováděny za účelem krytí zvýšeného kapitálového požadavku během nekrizového období nebo mírné recese.

Hodnocení přiměřenosti hodnoty kapitálu pro účely stres testů s využitím maximální penalizace rizikového parametru PD a nestresování parametrů EAD a LGD je vyčleněno do dodatku třetí kapitoly, kde je provedeno porovnání s alternativními přístupy k tvorbě stres testů pro regulační účely.

3.3. Dodatek ke 3. kapitole: Alternativní přístupy k tvorbě stres testů pro regulační účely a jejich vzájemné porovnání v modelem VEC

Stres testy lze charakterizovat jako kvantitativní hodnocení kritických, avšak věrohodných scénářů (BIS, 2009), které by mohly mít vliv na finanční situaci a kapitálovou přiměřenost finanční instituce. Jako věrohodný scénář je Basilejským výborem považováno simulování mírné recese⁸⁶ na všech rizikových parametrech (*PD, EAD, LGD*). Snahou finančních institucí⁸⁷ je provádět simulace dopadů mírné recese na všechny rizikové parametry pomocí statistických nástrojů determinujících přímou vazbu mezi makroekonomickými veličinami a rizikovými parametry. Mezi dané statistické nástroje můžeme zařadit různé typy regresních modelů, model VAR (Vector Autoregression) nebo model VEC (Vector Error Correction), který byl využit při tvorbě stres testů u testovaného portfolia. V praxi ovšem někdy nastává situace, kdy ani jeden z modelů⁸⁸ není schopný dostatečně vhodně⁸⁹ kvantifikovat vztah mezi makroekonomickou

⁸⁶ Dvě po sobě jdoucí období nulového růstu (BIS, 2017).

⁸⁷ Často vyžadováno i regulátorem.

⁸⁸ Modelů determinujících přímou vazbu mezi makroekonomickou veličinou a rizikovým parametrem.

proměnnou a zvoleným rizikovým parametrem. Nejčastějším důvodem je přítomnost strukturálních zlomů v časových řadách v kombinaci s nedostatečnou délkou časové řady. Mezi další důvody můžeme zařadit zavádění nových produktů vedoucí krátkodobě ke změně vazeb mezi makroekonomickými veličinami a rizikovými parametry *PD*, *EAD* a *LGD*, nebo změna v metodice výpočtu rizikových parametrů. Za daných okolností musí finanční instituce využívat přístupy k determinaci kapitálu pro účely stres testů, které nepracují s provázaností makroekonomických veličin a rizikových parametrů. Za alternativní způsoby, které jsou rovněž v současné době využívané finančními institucemi působícími v segmentu retail klientely (BIS, 2012), se řadí především přístupy založené na různých způsobech historických simulací, nebo model VaR (Value at Risk). Zejména model VaR má při tvorbě stres testů široké uplatnění a jeho využitím pro účely stres testů se zabývala řada autorů. Výhodám integrace stresových scénářů s modelem VaR se věnuje ve své práci Naimy (2012). Danou metodou by byly stresové scénáře přísnější, což potvrzuje ve své práci i Berkowitz (1999). Pokročilejší metodou VaR, která využívá simulace Monte Carlo, se věnuje ve své práci Alexander a Ledermann (2012). Dominguez a Alfonso (2004) porovnávali různé přístupy k výpočtu VaR. Pro účely porovnání byla provedena simulace Latinské krize (2002). Daná studie dospěla k závěru, že parametrický VaR je nejreaktivnější⁹⁰, zatímco ostatní přístupy modelu VaR včetně simulací Monte Carlo demonstrovaly vyšší citlivost. Využití modelu VaR pro účely stres testu prezentuje i Basilejský výbor (BIS, 2005). Kromě metodologie samotného výpočtu popisuje i způsob volby vhodného historického, příp. hypotetického stresového scénáře.

Rozdíly mezi doporučeným modelem a zvolenými alternativními modely jsou značné. Jednotlivé přístupy pracují s jinými předpoklady, způsoby interpretace a rovněž se významně liší i v konstrukční náročnosti. Zatímco u modelu VEC je nezbytné provést před samotnou konstrukcí, z důvodu vysokého počtu homogenních skupin⁹¹, agregaci rizikových parametrů, alternativní přístupy pracují na úrovni homogenních skupin. Na druhou stranu, pro finanční instituce využívající alternativní metody je nutné, aby časová řada pro účely stres testů obsahovala alespoň jeden strukturální zlom, zatímco u modelu VEC to nezbytné není.

⁸⁹ Např. vztah mezi zkoumanými veličinami není v souladu s teoretickými předpoklady (např. růst HDP vede k růstu hodnoty parametru *PD* aj.), výsledky testů residuí indikují významné zkreslení výsledného modelu aj.

⁹⁰ Ve smyslu okamžitého nárůstu hodnot (a zároveň pomalý pokles hodnot).

⁹¹ Homogenní skupiny představují výsledek procesu segmentace, která je prováděna za účelem seskupení úvěrů se stejnými nebo podobnými charakteristikami. Cílem segmentace je minimalizace volatility při odhadech rizikových parametrů pro jednotlivé homogenní skupiny (kapitola 2.2.).

Tvorba alternativním modelů a jejich porovnání s modelem VEC bude provedena za účelem posouzení, zda penalizačním přístupem rizikového parametru PD u modelu VEC lze dostatečně kompenzovat nestresování rizikových parametrů EAD a LGD . Hlavním cílem následující části je tudíž posouzení, zda výsledné hodnoty celkového kapitálu vytvořené modelem VEC lze považovat za relevantní pro účely vzájemného porovnání celkové hodnoty kapitálu u vybraných přístupů (PD_o, EAD_CCF, LGD_byz a PD_p, EAD_konz, LGD_klas) k měření rizikových parametrů.

Vzájemné porovnání alternativních přístupů s modelem VEC je převzato ze studie Kovač (2018a), kde jsou všechny přístupy testovány na identickém portfoliu v období 2005Q1 – 2017Q3⁹².

Kratší časová řada nepředstavuje pro účely porovnání problém, a to z důvodu, že výsledné rovnice modelu VEC (42) a (43), které slouží k porovnání s alternativními modely, se liší od rovnic⁹³ modelu VEC pro účely porovnání celkové hodnoty kapitálu (34) a (35) pouze nepatrně.

$$\Delta PD_{rev_t} = -0,241 \times (9,819 - 0,486 \times HDP_{t-1}) - 0,408 \times \Delta PD_{rev_{t-1}} - 0,279 \times \Delta PD_{rev_{t-2}}, \quad (42)$$

$$\Delta PD_{ost_t} = -0,033 \times (51,379 - 3,187 \times HDP_{t-1}) + 0,508 \times \Delta PD_{ost_{t-1}} + 0,305 \times \Delta PD_{ost_{t-2}}, \quad (43)$$

Za alternativní přístupy budeme považovat model absolutních hodnot, model relativních změn a modely VaR a CVaR (Conditional VaR). Alternativní přístupy budou sestrojeny ve dvou úrovních. První z nich bude stresovat pouze rizikový parametr PD simulující nejkritičtější období finanční krize, zatímco druhá úroveň bude stresovat všechny rizikové parametry za podmínek mírné recese (BIS, 2017). Konstrukce na úrovni parametru PD je nezbytná hlavně z důvodu vhodného porovnání s modelem VEC, který se povedl zkonstruovat pouze na úrovni rizikového parametru PD . Konstrukce alternativních přístupů ve dvou úrovních nám poskytne odpověď, jak významných rozdílů v hodnotě kapitálu lze dosáhnout při provádění stres testů na úrovni všech rizikových parametrů za podmínek mírné recese v porovnání se stresováním pouze rizikového parametru PD během krizového období.

Pro účely porovnání alternativních modelů s modelem VEC, pokud není uvedeno jinak, budeme pracovat s naměřenými hodnotami rizikových parametrů PD , EAD , LGD (kapitola 2.3) a ne odhadovanými hodnotami rizikových parametrů (kapitola 2.4 a 2.5).

⁹² Tj. o 3 pozorování méně než má časová řada, která byla využita pro konstrukci modelu VEC v kapitole 3.

⁹³ Rovnice PD_p_rev a PD_p_ost (PD dle počtu selhání, subportfolio revolvingových a ostatních úvěrů).

3.3.1. Modely absolutních hodnot a relativních změn rizikových parametrů

Modely absolutních hodnot a relativních změn představují dva přístupy kvantifikace kapitálu pro účely stres testů, které se vzájemně doplňují. Model absolutních hodnot a model relativních změn můžeme zařadit mezi modely historických simulací. Velkou výhodou daných modelů je rychlá proveditelnost a jednoduchá interpretace výsledků. Další předností modelu v porovnání s modelem VEC je fakt, že není nutná úprava parametrů, protože pracuje na úrovni homogenních skupin u všech rizikových parametrů.

Výsledné hodnoty kapitálu modelem absolutních hodnot bude dosaženo tak, že na portfolio, které stresujeme, aplikujeme postupně naměřené hodnoty PD , EAD , LGD v průběhu celé historie. Hodnoty rizikových parametrů pro výpočet kapitálu v jednotlivých obdobích (2004Q4 – 2014Q3) budou dosazovány do regulační rovnice následujícím způsobem:

$$K_t = LGD_{t \rightarrow t+36} \times N \left[(1 - R)^{-\frac{1}{2}} \times G(PD_{t \rightarrow t+12}) + \left(\frac{R}{(1 - R)^{\frac{1}{2}}} \times G(0,999) \right) \right] - \quad (44)$$

$$-PD_{t \rightarrow t+12} \times LGD_{t \rightarrow t+36}, \quad (45)$$

$$RWA_t = 1,06 \times K_t \times 12,5 \times EAD_{t \rightarrow t+12}, \quad (46)$$

$$EL_t = PD_{t \rightarrow t+12} \times EAD_{t \rightarrow t+12} \times LGD_{t \rightarrow t+36}, \quad (47)$$

$$\text{Kapitál}_t^{ST} = EL_t + RWA_t \times 0,08, \quad (47)$$

kde PD je pravděpodobnost selhání,

EAD je expozice při selhání,

LGD je ztráta při selhání,

K je kapitálový požadavek,

RWA jsou rizikově vážená aktiva,

EL je očekávaná ztráta,

N je kumulativní distribuční funkce a

G je inverzní kumulativní distribuční funkce.

Pro účely stres testů na úrovni rizikového parametru PD budou parametry EAD a LGD substituovány stejným způsobem jako u modelu VEC. Parametry EAD a LGD budou nahrazeny jejich odhady pro odpovídající časové období, tj. $EAD_{2017Q3 \rightarrow 2018Q3}^e$ a $LGD_{2017Q3 \rightarrow 2020Q3}^e$.

Model relativních změn rizikových parametrů lze charakterizovat jako přístup podpůrný k modelu absolutních hodnot. Model relativních změn totiž může vést za určitých okolností k vyšším hodnotám kapitálu pro účely stres testů oproti modelu absolutních hodnot. Daná situace může nastat, pokud jsou hodnoty rizikových parametrů již v nekrizovém období nadprůměrné v porovnání s obdobím před finanční anebo dluhovou krizí. Důvod způsobující nadprůměrnost

rizikových parametrů může být zapříčiněn změnou strategie finanční instituce, v podobě poskytování nových⁹⁴ produktů nebo akviziční činností, kterou finanční instituce podstupuje s cílem zvýšit podíl na trhu. Následné simulování finanční nebo dluhové krize na dané portfolio by vedlo u modelu absolutních hodnot pouze k mírnému nebo dokonce k nulovému růstu rizikových parametrů, a tudíž by model absolutních hodnot podhodnocoval kapitál pro účely stres testů. Postup a způsob výpočtu kapitálu pro účely stres testů na úrovni všech rizikových parametrů bude totožný jako v případě modelu absolutních hodnot s tím rozdílem, že hodnoty rizikových parametrů budou nahrazeny následujícím způsobem:

$$LGD_t = \frac{LGD_{t \rightarrow t+36}}{LGD_{t-12 \rightarrow t+24}} \times LGD_p, \quad (48)$$

$$PD_t = \frac{PD_{t \rightarrow t+12}}{PD_{t-12 \rightarrow t}} \times PD_p, \quad (49)$$

$$EAD_t = \frac{EAD_{t \rightarrow t+12}}{EAD_{t-12 \rightarrow t}} \times EAD_p, \quad (50)$$

kde PD_p, EAD_p, LGD_p jsou poslední pozorování pro dané parametry.

U výpočtu kapitálu, pro účely stres testů na úrovni rizikového parametru PD v jednotlivých obdobích (2004Q4 – 2017Q3), budou parametry EAD a LGD substituovány stejným způsobem jako u modelu absolutních hodnot.

$$\frac{EAD_{t \rightarrow t+12}}{EAD_{t-12 \rightarrow t}} \times EAD_p = EAD_{2017Q3 \rightarrow 2018Q3}^e \quad (51)$$

$$\frac{LGD_{t \rightarrow t+36}}{LGD_{t-12 \rightarrow t+24}} \times LGD_p = LGD_{2017Q3 \rightarrow 2020Q3}^e \quad (52)$$

3.3.2. Model VaR a CVaR

Model VaR (Value at Risk) představuje metodu publikovanou v říjnu 1987, která se brzy stala nejpožívanějším nástrojem pro měření ztrát z konkrétního portfolia. Model VaR můžeme pro konkrétní portfolio, určitou míru pravděpodobnosti α a předem stanovený časový horizont, charakterizovat jako prahovou hodnotu, kde pravděpodobnost přesažení prahové hodnoty je dána pravděpodobností α . I když byl model VaR primárně sestaven pro řízení tržních rizik, své uplatnění našel i v oblasti likvidních a kreditních rizik. Jeho široké využití demonstruje i fakt, že regulatorně stanovený výpočet rizikově vážených aktiv (RWA) pro účely kapitálové přiměřenosti využívá právě model VaR. Značná obliba modelu VaR u finančních institucí pramení z rychlého výpočtu a snadné interpretace výsledků vedla rovněž k různým modifikacím modelu VaR. Mezi nejvyužívanější metody výpočtu VaR patří historická simulace, metoda simulací Monte Carlo

⁹⁴ O kterých nemáme data během krize, a mohou být výrazně rizikovější.

nebo filtrované historické simulace kombinující historické simulace s modely podmíněné volatility (GARCH nebo EGARCH). Detailním porovnáním jednotlivých metod se ve svých pracích zabývali Li a kol. (2012) nebo Lindgren (2014).

Model VaR byl rovněž podroben značné kritice. Kritika byla směřována zejména k dvěma nedostatkům, které omezovaly vypovídající schopnost modelu VaR. První nedostatek spočíval ve významně nižších hodnotách VaR v předkrizovém období, na kterou poukazoval ve své práci Stein (2012), a kterou bude možné pozorovat i u testovaného portfolia. Druhý nedostatek představuje neschopnost modelu kvantifikovat hodnotu ztrát v případě, že přesáhnou předem stanovenou míru pravděpodobnosti alfa. Zatímco podhodnocení rizik modelem VaR v předkrizovém období lze do jisté míry korigovat úpravou intervalu, ze kterého je VaR počítán⁹⁵, odstranění druhého nedostatku bylo provedeno modifikací modelu VaR, který pracuje právě s intervalem přesahujícím prahovou hodnotu charakterizovanou parametrem α . Model CVaR (Conditional VaR) kvantifikuje ztrátu jako střední hodnotu všech ztrát přesahujících stanovenou prahovou hodnotu. Výsledná hodnota CVaR je tudíž podmíněna zvolené míře pravděpodobnosti alfa „klasického“ modelu VaR. Detailní charakteristiku modelu CVaR a její vazbu na model VaR ve svých publikacích prezentují Lindgren (2014), Brunel (nedatováno), Lutkebohmert (2009) nebo Hibbeln (2010).

Velkou výhodou modelů VaR a CVaR a hlavní důvod, proč budeme dané modely aplikovat na testované portfolio, je jejich odlišnost od předešlých modelů ve způsobu stanovení stresové hodnoty jednotlivých rizikových parametrů. Modely VaR a CVaR stanovují hodnoty rizikových parametrů pomocí kvantilové funkce, ve které jsou hodnoty parametrů seřazeny dle jejich výše a ne dle časového období. Tím pádem dochází k výběrům maximálních hodnot rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD* při stanovené úrovni spolehlivosti alfa. Jinými slovy, dochází k výběru maximálních hodnot daných parametrů nezávisle na tom, během které krize byly dosaženy. I proto můžeme u modelů VaR a CVaR očekávat v současném pokrizovém období extrémních hodnot kapitálu pro účely stres testů na úrovni všech rizikových parametrů (*PD*, *EAD*, *LGD*).

Pro stanovení hodnot jednotlivých rizikových parametrů pro účely stres testů využijeme metodu historické simulace VaR. Volba modelu vychází z nerovnoměrných rozdělení hodnot rizikových parametrů, a tudíž lze neparametrickou metodu historických simulací považovat za nejvhodnější. Způsob kalkulace jednotlivých rizikových parametrů lze zapsat dle Li a kol. (2012) následujícím způsobem:

⁹⁵ Za předpokladu dostatečně dlouhé časové řady.

$$VaR_{\alpha}^{t+1} = \text{percentile}[(rp_{t+1-\tau})_{\tau=1}^m, (100 \times \alpha)\%], \quad (53)$$

kde VaR_{α}^{t+1} je hodnota VaR na zvolené hodnotě pravděpodobnosti α a

$(rp_{t+1-\tau})_{\tau=1}^m$ je časová řada rizikových parametrů (PD , EAD , LGD),

$$CVaR^{t+1} = E[rp | rp > VaR_{\alpha}^{t+1}], \quad (54)$$

kde $CVaR^{t+1}$ je hodnota CVaR na zvolené hodnotě pravděpodobnosti α a

rp je hodnota rizikového parametru.

Výsledné hodnoty rizikových parametrů již nebudou vstupovat do regulační rovnice (24), která pracuje rovněž na principu VaR, čímž by byl proveden dvojitý VaR model vedoucí k dosažení ještě extrémnějších hodnot. Výpočet kapitálu pro účely stres testů na úrovni všech rizikových parametrů bude počítán dle rovnice (55).

$$\text{Kapitál}_t^{ST} = PD_{t \rightarrow t+12}^{VaR(\alpha)} \times EAD_{t \rightarrow t+12}^{VaR(\alpha)} \times LGD_{t \rightarrow t+36}^{VaR(\alpha)}, \quad (55)$$

kde $RWA_t^{VaR(\alpha)}$ jsou rizikově vážená aktiva vypočítaná modelem VaR,

$PD_{t \rightarrow t+12}^{VaR(\alpha)}$ je parametr PD vypočítaný modelem VaR,

$EAD_{t \rightarrow t+12}^{VaR(\alpha)}$ je parametr EAD vypočítaný modelem VaR a

$LGD_{t \rightarrow t+36}^{VaR(\alpha)}$ je parametr LGD vypočítaný modelem VaR.

V případě výpočtu kapitálu na úrovni rizikového parametru PD , budou parametry EAD a LGD substituovány stejným způsobem jako tomu bylo u předešlých modelů.

$$EAD_{t \rightarrow t+12}^{VaR(\alpha)} = EAD_{2017Q3 \rightarrow 2018Q3}^e \quad (56)$$

$$LGD_{t \rightarrow t+36}^{VaR(\alpha)} = LGD_{2017Q3 \rightarrow 2020Q3}^e \quad (57)$$

U modelu CVaR bude na obou úrovních využit stejný způsob výpočtu kapitálu pro účely stres testů jako v případě VaR. Výpočet celkové hodnoty kapitálu bude ve všech výše popsaných variantách proveden na úrovních pravděpodobnosti 90 %, 95 % a 99 %.

3.3.3. Vzájemné porovnání výsledných hodnot kapitálu

Výsledné porovnání jednotlivých přístupů bylo provedeno ve dvou úrovních. První úroveň představuje stresové simulace pouze rizikového parametru PD , ve druhé úrovni byla provedena stresová simulace u všech rizikových parametrů (PD , EAD , LGD). Pro konstrukce stres testů bylo na úrovni rizikového parametru PD využito modelu absolutních hodnot, modelu relativních změn, VaR, CVaR (90 %, 95 % a 99 % pro oba modely) a modelu VEC. Na úrovni všech rizikových parametrů jsme provedli srovnání mezi výše zmíněnými modely, kromě modelu VEC, který se

povedlo zkonstruovat pouze na úrovni rizikového parametru PD . Pro srovnání jednotlivých přístupů bude pro obě úrovně platit, že v případě modelu VaR (resp. CVaR) bude brána poslední hodnota kapitálu. U ostatních modelů bude v případě stresování na úrovni PD brána maximální hodnota kapitálu⁹⁶. Při stresování všech rizikových parametrů, bude v souladu s Basilejským doporučením (BIS, 2017) brána hodnota v období nulového růstu HDP, kterému se nejvíce blíží období 2011Q1 – 2011Q3 (ČSÚ, 2018). Pro lepší přehlednost jsou porovnávané hodnoty u jednotlivých přístupů zvýrazněny na Obr. 29 a Obr. 30 tečkou.

Pro účely porovnání bude bazickou hodnotu pro všechny modely na obou úrovních představovat hodnota kapitálu k období 201709⁹⁷, tj. k období pro které byly stres testy konstruovány. Hodnota kapitálu pro účely stres testů ($Kapitál_t^{ST}$) je počítána dle rovnic prezentovaných u charakteristiky jednotlivých modelů.

Na úrovni rizikového parametru PD byla do grafu (Obr. 29) zanesena i osa zobrazující hodnotu kapitálu vypočítanou pro současné⁹⁸ portfolio s využitím historických odhadů rizikových parametrů (osa *odhad*). Hodnota kapitálu na základě odhadu představuje v bodě 201709 bazickou hodnotu pro vzájemné porovnání jednotlivých přístupů. Odhady parametrů EAD a LGD v bodě 201709 rovněž představují hodnoty, které slouží k substituci daných parametrů pro výpočet kapitálu na úrovni rizikového parametru PD . Z daného důvodu je model VEC přímo napojen na osu odhadů a rozdíl v hodnotě kapitálu v bodě 201709 je výsledkem rozdílu stresované a odhadované hodnoty rizikového parametru PD . Pro simulaci hodnoty PD u modelu VEC byly využity hodnoty HDP v nejkritičtějších fázích během finanční krize. Modelem VEC bylo dosaženo spolu s modelem absolutních hodnot nejvyšší hodnoty kapitálu na úrovni rizikového parametru PD , přičemž v obou případech došlo k navýšení kapitálu o 7 %. Modelem relativních změn bylo nejvyšší hodnoty kapitálu naměřeno v průběhu dluhové krize, z čehož vyplývá, že během dluhové krize došlo k relativně vyššímu růstu PD , než během krize finanční. Hodnotu kapitálu modelem relativních změn můžeme považovat v porovnání s modelem VEC a modelem absolutních hodnot za nízkou, neboť překračovala bazickou hodnotu pouze o 3,3 %. Výrazně nedostatečných výsledků bylo dosaženo modely VaR a CVaR na všech úrovních spolehlivosti. Úroveň kapitálu pod úrovní současné hodnoty kapitálu u modelů VaR a CVaR byla zapříčiněna především nevyužitím regulační rovnice, která se vyznačuje vysokou citlivostí na parametr PD , nýbrž prostého součinu jednotlivých rizikových parametrů dle rovnice (55).

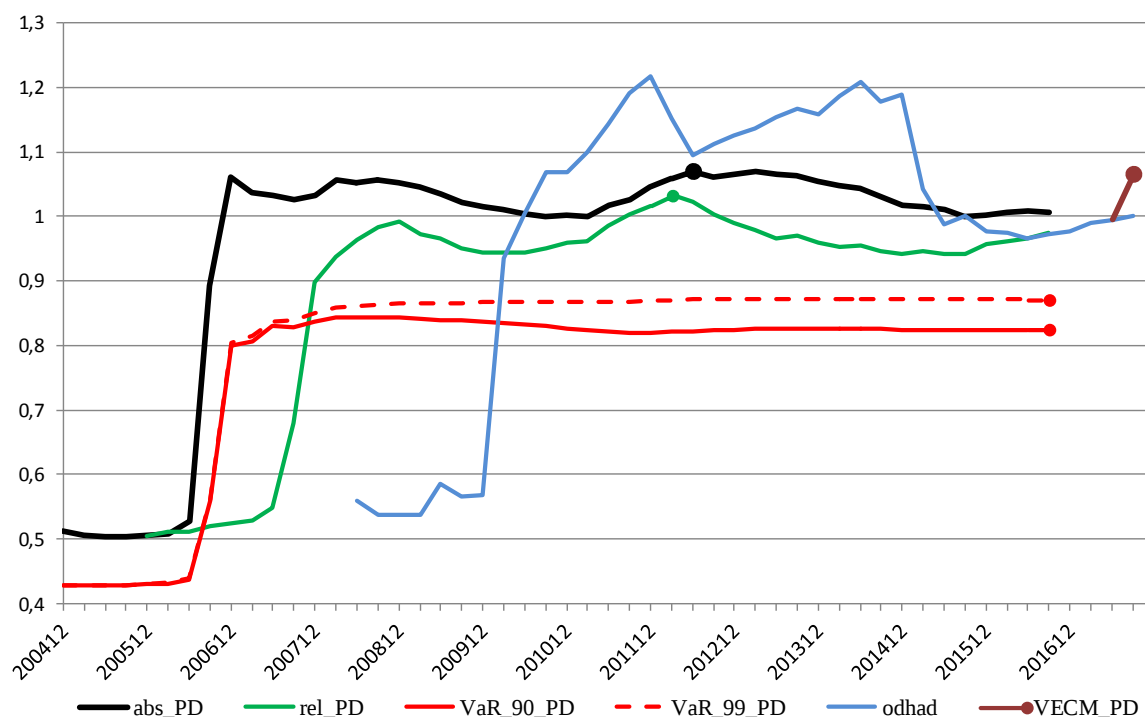
⁹⁶ Dosažena během nejkritičtějšího období finanční nebo dluhové krize.

⁹⁷ K_{201709} představuje celkovou hodnotu minimálního kapitálového požadavku k 2017Q3.

⁹⁸ Za současné portfolio je pro účely dodatku ke 3. kapitole považováno portfolio k 2017Q3.

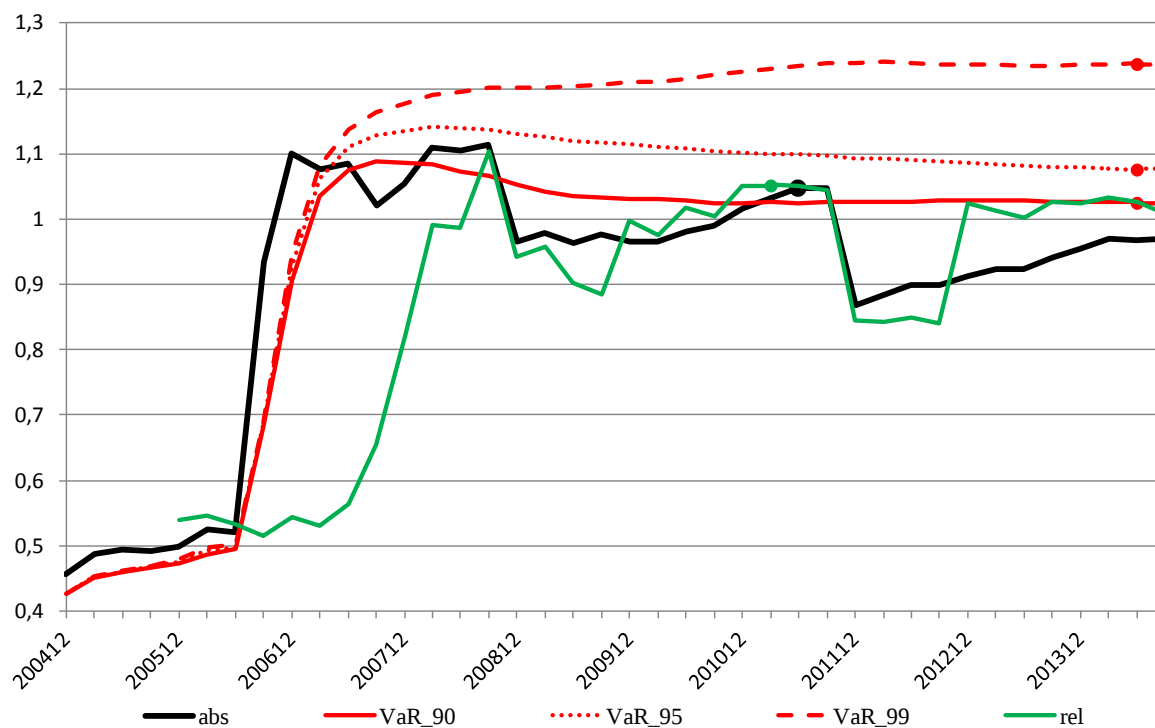
Hodnoty kapitálu modelem CVaR byly oproti klasickému VaR modelu vyšší v průměru pouze o 1 % a z důvodu lepší přehlednosti, stejně jako model VaR 95 %, byly z Obr. 29 vypuštěny.

Obr. 29: Vzájemné porovnání přístupů na úrovni rizikového parametru PD



Zdroj: interní data, vlastní zpracování.

Obr. 30: Vzájemné porovnání přístupů na úrovni všech rizikových parametrů



Zdroj: interní data, vlastní zpracování.

V případě stresování všech rizikových parametrů (Obr. 30) je výsledná hodnota kapitálu dána hodnotou kapitálu za podmínek mírné recese. Mírnou recesi lze dle Basilejského doporučení aproximovat dvěma po sobě jdoucími obdobími nulového růstu, čemuž se nejvíc blíží období 2011Q1 – 2011Q3. V daném období byly modely absolutních hodnot a relativních změn dosaženo pouze mírně vyšších hodnot kapitálu než hodnoty kapitálu k 201709, která představuje bazickou hodnotu. Hodnota kapitálu u modelu absolutních hodnot dosahovala 1,04 násobku bazické hodnoty kapitálu, u modelu relativních změn hodnoty 1,05. Modely VaR a CVaR bylo na úrovni všech rizikových parametrů dosaženo, v závislosti na úrovni spolehlivosti, výrazného rozpětí v hodnotě celkového kapitálu. Zatímco VaR (90 %) dosahoval pouze úrovně 1,025 násobku bazické hodnoty kapitálu, v případě VaR (95 %) byla hodnota celkového kapitálu 1,07. Tato hodnota je totožná s hodnotou dosaženou modelem VEC a modelem absolutních hodnot na úrovni *PD*. Model VaR na nejvyšší testované úrovni (99 %) již vedl k enormnímu nárůstu kapitálu. Na základě významného rozdílu v porovnání s hodnotou celkového kapitálu u ostatních modelů na úrovni všech rizikových parametrů, můžeme model VaR (99 %) považovat za model katastrofický. Výrazně vysokou hodnotu kapitálu vytvořenou modelem VaR na úrovni 99 % potvrzuje i fakt, že daná hodnota je prakticky stejná jako hodnota kapitálu vypočítaná standardním přístupem (konkrétně o 23,8 % vyšší než je současný minimální kapitálový požadavek, u standardního přístupu je to o 26,3 %). Nasazením modelu VaR (99 %) finanční institucí pro účely stres testů by vedlo ke ztrátě motivace setrvat u metody interního ratingu (IRB), která je oproti standardní metodě výrazně nákladnější a mnohem náročnější.

Pro úplnost je nezbytné dodat, že v případě stresování všech rizikových parametrů modelem CVaR došlo k nárůstu kapitálu oproti modelu VaR v průměru pouze o 2 % a proto jejich výsledky, z důvodu vyšší přehlednosti, byly z Obr. 29 opět vypuštěny.

3.3.4. Shrnutí výsledků alternativních přístupů k tvorbě stres testů

Dodatek ke 3. kapitole se zabývá porovnáním alternativních přístupů k tvorbě stres testů s modelem VEC. Vzájemné porovnání bylo provedeno za účelem posouzení, zda penalizačním přístupem rizikového parametru *PD* u modelu VEC lze dostatečně kompenzovat nestresování rizikových parametrů *EAD* a *LGD*. Srovnání bylo provedeno ve dvou úrovních. V případě stresování pouze parametru *PD* byla provedena simulace *PD* během nejkritičtějšího období finanční krize. Při stresování všech rizikových parametrů byla volba simulace v souladu s Basilejským doporučením, které považuje simulaci nulového růstu za dostatečnou. Protože se

model VEC podařilo zkonstruovat pouze na úrovni parametru *PD*, je daný model součástí pouze vzájemného porovnání modelů konstruovaných na úrovni rizikového parametru *PD*.

Výsledné hodnoty byly převzaty ze studie Kováč (2018a), která prováděla všechny testy na identickém portfoliu během období 2005Q1 – 2017Q3. Mírně kratší časová řada nelze považovat za nedostatek zejména z důvodu, že tvar rovnic modelu VEC zůstal pro oba časové intervaly (2005Q1 – 2017Q) a (2005Q1 – 2018Q2⁹⁹) téměř identický. Bazickou hodnotou pro porovnání přístupů uvnitř i napříč úrovněmi je celková hodnota minimálního kapitálového požadavku v bodě 2017Q3, která byla v čase provádění vzájemného porovnání i „současná hodnota“ celkového minimálního kapitálového požadavku vypočítaná na základě odhadů jednotlivých rizikových parametrů.

Na základě dosažených výsledků a jejich vzájemného porovnání můžeme formulovat následující závěry:

- Z hlediska meziúrovňového porovnání, můžeme konstatovat, že stresováním pouze rizikového parametru *PD* modelem VEC s využitím simulace nejkritičtějšího období finanční krize lze plně aproximovat stres testy na úrovni všech rizikových parametrů za podmínek mírné recese, která je Basilejským výborem pro danou úroveň považována za postačující. **Tím pádem můžeme považovat výsledky celkové hodnoty kapitálu s využitím modelu VEC za relevantní, umožňující objektivní porovnání celkových hodnot kapitálu mezi vybranými přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD* (kapitola 3.2).**
- Nejvyšší hodnota kapitálu pro účely stres testů na úrovni rizikového parametru *PD* byla dosažena modelem VEC a modelem absolutních hodnot (+ 7 % v porovnání s bazickou hodnotou kapitálu) a tudíž oba přístupy lze považovat za vhodné při provádění stres testů na úrovni parametru *PD*. Výhodou modelu VEC je možnost různých simulací vývoje makroekonomických veličin a jeho dopadu na hodnotu kapitálu, což u modelu absolutních změn nelze. Významně nižších hodnot bylo dosaženo modelem relativních změn (+3,3 %).
- Model VaR na úrovni rizikového parametru *PD* dosahoval nižší hodnoty kapitálu v porovnání s bazickou hodnotou kapitálu. Hlavní příčinou bylo nevyužití regulační rovnice vyznačující se vysokou citlivostí na změnu parametru *PD*.
- Na úrovni všech rizikových parametrů bylo dosaženo modelem absolutních hodnot a modelem relativních změn pouze mírně vyššího kapitálu (+4 %) než je jeho bazická úroveň. Nízká úroveň hodnoty kapitálu u modelu relativním změn i v porovnání se

⁹⁹ U subportfolia *PD_o_ost* je časový interval pro konstrukci VECM 2004Q1 – 2018Q2.

stejným modelem na úrovni parametru PD byla zapříčiněna pravidelně opakujícími se odpisy a jejich dopady na hodnotu LGD , která byla u totožného modelu na úrovni PD považována za konstantu ($LGD_{2017Q3 \rightarrow 2020Q3}^e$). Obdobně nízké hodnoty kapitálu bylo dosaženo i modelem VaR na úrovni spolehlivosti 90 %.

- Model VaR (95 %) na úrovni všech rizikových parametrů dosahoval stejné hodnoty kapitálu jako model VEC a model absolutních hodnot na úrovni parametru PD .
- Model VaR (99 %) na úrovni všech rizikových parametrů lze považovat za model blíží se katastrofickému scénáři. Daný přístup vedl k enormnímu nárůstu kapitálu (+23 %), přičemž daná hodnota byla téměř identická s kapitálem vypočítaným standardním přístupem pro totožné portfolio (+ 26 %).
- Model CVaR na obou úrovních nevedl k výrazně vyšším hodnotám kapitálu v porovnání s modelem VaR. To bylo způsobeno tím, že buď homogenní skupiny vzdálené hodnoty (tzv. outliers) neobsahovaly, nebo jich bylo v průběhu pozorovacího období víc a zároveň byly nerozptýlené.

Závěr

Předložená disertační práce se zabývá problematikou výpočtu kapitálových požadavků metodou IRBA (Pokročilá metoda interního ratingu) ke kreditním rizikům v segmentu retail klientely. Způsob výpočtu kapitálových požadavků je charakterizován v publikacích Basilejského výboru značně obecně, což dává finančním institucím přiměřenou volnost při implementaci daným pravidel, jejichž výsledkem je tvorba vlastních modelů. Dané modely sice musí být před implementací schváleny regulátorem, nicméně následně slouží pouze k interním účelům a finanční instituce je nesdílejí s dalšími subjekty. Výsledkem nezveřejňování postupů, které finanční instituce využívají za účelem kvantifikace kapitálu metodou IRBA, je nejen chybějící literatura zabývající se přístupy k měření jednotlivých rizikových parametrů, ale i publikace věnující se vzájemnému porovnání jednotlivých přístupů.

Cílem disertační práce bylo zkoumání a prezentace jednotlivých kroků nezbytných ke kvantifikaci výše kapitálového požadavku s důrazem na způsob měření jednotlivých rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*. Přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD* považujeme za klíčové, protože způsob výpočtu jednotlivých rizikových parametrů nejvýznamněji ovlivňuje výslednou hodnotu nejen na úrovni celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku, ale i celkové hodnoty kapitálu, který je výsledkem stres testů.

Empirická část disertační práce je provedena na portfoliu retail klientely působící na území České republiky, tj. rezidentů a nerezidentů s trvalým nebo přechodným pobytem na území České republiky. Dané portfolio zahrnuje přibližně půl milionu úvěrů, což lze považovat za reprezentativní vzorek retail klienty České republiky. Produkty poskytované danému portfoliu klientů zahrnují osobní úvěry, spotřebitelské a revolvingové úvěry. Časová řada, na které byla empirická analýza provedena, obsahuje data za období 2003Q4 - 2018Q2.

Disertační práce prezentuje a zkoumá variantní přístupy k měření rizikových parametrů *PD*, *EAD* a *LGD*. Rizikový parametr *PD* je prezentován ve dvou variantách (*PD_p* – Pravděpodobnost selhání dle počtu úvěrů, *PD_o* – Pravděpodobnost selhání dle objemu), rizikový parametr *EAD* ve třech variantách (*EAD_{def}* – Expozice v době selhání, *EAD_{konz}* – Konzervativní přístup k *EAD*, *EAD_{CCF}* – *EAD* s využitím Credit Conversion Factor) a rovněž tři varianty jsou u rizikového parametru *LGD* (*LGD_{klas}* – Klasický přístup k měření *LGD*, *LGD_{byz}* – *LGD* s vlastní byznys segmentací, *LGD_{stat}* – *LGD* s vlastní statistickou segmentací). Kombinací uvedených variant přístupů bylo determinováno 18 různých hodnot kapitálu pro účely celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Byly zjištěny významné rozdíly v celkové hodnotě minimálního kapitálového požadavku nejen ke konci časové řady (30. 6. 2018), ale i v průměrné hodnotě kapitálu požadovaného regulátorem.

Při porovnání stavů celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku ke konci časové řady (30. 6. 2018) byl přístup generující nejvyšší hodnotu celkového minimálního kapitálového požadavku ($PD_p, EAD_{konz}, LGD_{stat}$) o 26,65 % vyšší v porovnání s přístupem generujícím nejnižší hodnotu celkového minimálního kapitálového požadavku ($PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{klas}$). Z hlediska průměrné hodnoty celkového minimálního kapitálového požadavku během sledovaného období (2003Q4 – 2018Q2) bylo nejvyššího rozdílu dosaženo mezi přístupy ($PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}$) a ($PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}$), kde druhý zmiňovaný přístup dosahoval o 26,23 % vyšší průměrnou hodnotu celkového minimálního kapitálového požadavku. Protože stavový pohled může být významně ovlivněn odhady rizikových parametrů, které jsou citlivé zejména na trend vývoje rizikových parametrů během posledních pozorování, lze považovat porovnání hodnot kapitálu na úrovni průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku za více objektivní.

Kromě porovnání celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku je v této disertační práci provedeno porovnání celkové hodnoty kapitálu, který je výsledkem stres testů. Motivací pro porovnání celkové hodnoty kapitálu je požadavek Basilejského výboru, který nařizuje finančním institucím využívajícím pro účely kapitálových požadavků metodu IRB provádět stres testy. Pomocí stres testů je determinována hodnota kapitálu, která by měla být držena finanční institucí nad úrovní minimálního kapitálového požadavku. Daný kapitál slouží jako polštář v případě zhoršení ekonomické situace projevující se růstem hodnot rizikových parametrů a tím pádem i k zvýšení minimálního kapitálového požadavku. Cílem porovnání celkové hodnoty kapitálu je ověření, zda po provedení stres testů dojde k zvýšení rozdílu v hodnotě kapitálu mezi vybranými přístupy k měření rizikových parametrů. Předpoklad navýšení rozdílu v hodnotě kapitálu mezi vybranými přístupy k měření rizikových parametrů vychází z odlišných hodnot rizikových parametrů dosažených během krizových období. Při stanovení celkové hodnoty kapitálu pomocí stres testů jsou využity i hodnoty rizikových parametrů, které byly naměřeny během krizového období. Stres testy byly provedeny u přístupů, které dosahovaly nejnižší ($PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}$) a nejvyšší ($PD_p, EAD_{konz}, LGD_{klas}$) průměrné celkové hodnoty minimálního kapitálového požadavku. Pro konstrukci stres testů, zejména z důvodu nestacionarity agregovaných rizikových parametrů a ekonomických časových řad, byl využit model VEC (Vector Error Correction), který se podařilo zkonstruovat pouze pro rizikový parametr PD . Z důvodu nestresování rizikových parametrů EAD a LGD byla u parametru PD využita simulace makroekonomické veličiny (HDP) během nejkritičtějšího období finanční krize jako kompenzace nestresování zbylých rizikových parametrů. Daným způsobem bylo dosaženo nárůstu celkové hodnoty kapitálu v porovnání s hodnotou celkového minimálního kapitálového požadavku k 30. 6. 2018 u přístupu $PD_o, EAD_{CCF}, LGD_{byz}$ o 12,95 % a u přístupu

PD_p, *EAD_{konz}*, *LGD_{klas}* o 15,27 %. Z daných výsledků je zřejmé, že rozdíl v hodnotě kapitálu k 30. 6. 2018 se po provedení stres testů zvýšil, a to z původních 17,6% na 20,02 %. Nárůst rozdílu v hodnotě kapitálu byl zapříčiněn zejména odlišnými hodnotami rizikových parametrů během krizového období, které vedly při provádění stres testů k relativně vyššímu nárůstu kapitálu u přístupu dosahujícího nejvyšší průměrné hodnoty minimálního kapitálového požadavku.

Vypovídající schopnost modelu VEC při stresování pouze parametru *PD* byla ověřena porovnáním hodnot celkového kapitálu vytvořeného modelem VEC s alternativními přístupy k tvorbě stres testů. Zatímco u modelu VEC byla využita simulace rizikového parametru *PD* během nejkritičtějšího období finanční krize, u alternativních přístupů byla využita simulace mírné recese na všechny rizikové parametry. Za mírnou recesi je považována situace dvou po sobě jdoucích období nulového růstu HDP, přičemž daná simulace je považována Basilejským výborem za postačující pro stanovení hodnoty kapitálu pro účely stres testů. Na základě provedeného porovnání modelu VEC s alternativními přístupy bylo demonstrováno, že simulace finanční krize na rizikový parametr *PD* plně kompenzuje nestresování zbylých rizikových parametrů *EAD* a *LGD*. Z provedené empirické analýzy vyplývá, že hodnotu celkového kapitálu determinovaného modelem VEC pro účely stres testů, můžeme považovat za přiměřenou a v souladu s požadavky Basilejského výboru.

Kromě porovnání jednotlivých přístupů na úrovni minimálního kapitálového požadavku a celkové hodnoty kapitálu s využitím stres testů, které lze označit za jádro disertační práce, je dalším přínosem předložené disertační práce prezentování zbylých kroků nezbytných k výpočtu celkové hodnoty kapitálového požadavku v podobě procesu segmentace a způsobu odhadů rizikových parametrů. Cílem procesu segmentace je seskupení klientů s totožnými nebo podobnými charakteristikami vedoucí ke konzistentním odhadům rizikových parametrů. K dosažení daného seskupení, jehož výsledkem je homogenní skupina, je využívána byznys segmentace a dále statistická segmentace, přičemž obě segmentace jsou nejen prezentovány v předložené práci, ale i využity při vlastní segmentaci rizikového parametru *LGD*.

Proces odhadování představuje nástroj ke krytí očekávané volatility jednotlivých rizikových parametrů během následujícího pozorovacího období. Za vhodný model k odhadování rizikových parametrů je považován takový model, jehož odhady jsou dostatečně vysoké (pro účely backtesting) a zároveň „nepřestřeleny“ (pro účely výpočtu kapitálového požadavku). Z důvodu nutnosti splnit obě podmínky, využití prezentovaných statistických modelů samostatně nevedlo k tvorbě uspokojivých odhadů, a proto je součástí disertační práce prezentace vlastního modelu, který poskytoval odhady splňující obě podmínky v přijatelných mezích.

Mimo prezentaci jednotlivých kroků k determinaci celkové hodnoty kapitálového požadavku se disertační práce rovněž zabývá i aktuálními změnami v procesu výpočtu rezerv pro úvěrové ztráty (LLP). Hodnota rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) může významně ovlivňovat hodnotu regulatorního kapitálu. Rozdíl mezi LLP a očekávanou ztrátou (EL) determinuje hodnotu Shortfallu, o kterou je následně nutné dle regulatorních pravidel upravit hodnotu regulatorního kapitálu. Představení změn souvisejících s implementací nových účetních pravidel IFRS9 a následné prezentování dopadů na hodnotu rezerv pro úvěrové ztráty (LLP) vedly u testovaného portfolia (k 30. 6. 2018) k nárůstu LLP o necelých 10 % v porovnání s LLP vytvořených dle účetních standardů IAS39. I přes nárůst rezerv pro úvěrové ztráty lze považovat jejich úroveň v porovnání s hodnotou očekávané ztráty (EL) za nízkou. Nejnížší úroveň očekávané ztráty dosažená přístupem k měření rizikových parametrů PD_o , EAD_CCF , LGD_byz byla až o 36,4 % vyšší než hodnota LLP vypočítaná dle metodiky IFRS9. Za hlavní determinanty výrazně vyšší hodnoty očekávané ztráty byla označena odlišná definice selhání pro výpočet parametru PD , přísnější kalkulace mimobilančních položek u parametru EAD včetně zahrnutí možného navýšení úvěrového rámce v průběhu pozorovacího období a zahrnutí všech typů ztrát a nákladů u úvěrů v selhání při kalkulaci LGD .

Hlavním přínosem disertační práce je prezentování jednotlivých přístupů k měření rizikových parametrů PD , EAD a LGD , které jsou finančními institucemi využívány v praxi pro výpočet kapitálových požadavků, a jsou tudíž schválené regulátorem. Kromě detailního popisu způsobu výpočtu jednotlivých přístupů, byly jednotlivé přístupy podrobené vzájemnému porovnání, během kterého byly zjištěny významné rozdíly v celkové hodnotě minimálního kapitálového požadavku a v celkové hodnotě kapitálu, který je výsledkem stres testů. Prezentované přístupy a výsledky empirických analýz lze využít při rozhodování o způsobech měření rizikových parametrů u finančních institucí implementujících metodu IRBA v segmentu retail klientely. Prezentované přístupy, zejména z důvodu chybějící literatury, mohou rovněž sloužit jako alternativní přístupy k měření rizikových parametrů PD , EAD , LGD , které by finanční instituce mohly aplikovat pro výpočet kapitálového požadavku. Výsledky empirické analýzy mohou rovněž sloužit finančním institucím implementujícím metodu interního ratingu, které disponují potřebnou pětiletou historií pro výpočet jednotlivých rizikových parametrů dosažených během nekrizového období, a tudíž nedisponují poznatky o chování jednotlivých přístupů během krizového období, kdy bylo pozorováno nejvýznamnějšího rozdílu v hodnotně rizikových parametrů.

Literatura

- [1] ALEXANDER, C., LEDERMANN, D., 2012. ROM Simulation: Applications to Stress Testing and VaR [online]. [cit. 16. 8. 2018]. Dostupné z: <https://www.icmacentre.ac.uk/files/discussion-papers/DP_2012_09.pdf>.
- [2] ALONSO, A., PENA, D., ROMO, J., 2002. Forecasting time series with sieve bootstrap. *Journal of Statistical Planning and Interference*, 100, 1-11 [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/dpena/publications/ingles/2002JSPI_alonso_romo.pdf>.
- [3] ARDIA, D., GUERROUAZ, A., REY, J., 2016. Macroeconomic stress-testing of mortgage default rate using a vector error correction model and entropy pooling. *Insurance and Risk Management* [online]. Roč. 83, č. 3-4, s. 115-133. [cit. 16. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.revueassurances.ca/en/>>. doi: 10.2139/ssrn.2806403.
- [4] ARLT, J., ARLTOVÁ, M., 2009. Ekonomické časové řady. *Praha: Professional Publishing*. ISBN 978-80-86946-85-6.
- [5] ASSOUAN, S., 2012. Stress Testing a Retail Loan Portfolio: An Error Correction Model Approach. *The Journal of Risk Model Validation* [online]. Roč. 6, č. 1, s. 3-25. [cit. 19. 06. 2018]. doi: 10.21314/jrmv.2012.082.
- [6] BAESENS, B., ROSCH, D., SCHEULE, H., 2017. Probabilities of Default (PD). *Credit Risk Analytics: Measurement Techniques, Applications, and Examples in SAS*, 137 - 178. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/318462067_Probabilities_of_Default_PD>
- [7] BAESENS, B., ROSCH, D., SCHEULE, H., 2017a. Loss Given Default (LGD) and Recovery Rates Probabilities of Default (PD). *Credit Risk Analytics: Measurement Techniques, Applications, and Examples in SAS*, [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781119449560.ch10>.
- [8] BERKOWITZ, J., 1999. A Coherent Framework for Stress-Testing. *FEDS Working Paper No. 99 - 29* [online]. [cit. 12. 01. 2019]. Dostupné z: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=181931>.
- [9] BHARATH, S., SHUMWAY, T., 2008. Forecasting Default with the Merton Distance to Default Model. *The Review of Financial Studies*, Volume 21, Issue 3, 1339-1369 [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/rfs/article-abstract/21/3/1339/1566804>>.
- [10] BIS [Bank for International Settlements], 2005. Stress testing at major financial institutions: survey results and practice [online]. [cit. 16. 8. 2018] Dostupné z: <<https://www.bis.org/publ/cgfs24.pdf>>.
- [11] BIS [Bank for International Settlements], 2006. An International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards [online]. [cit. 31. 03. 2017]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf>>.
- [12] BIS [Bank for International Settlements], 2009. Principles for sound stress testing practices and supervision [online]. [cit. 31. 03. 2017]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/publ/bcbs155.pdf>>.
- [13] BIS [Bank for International Settlements], 2010. Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/publ/bcbs189.pdf>>.

- [14] BIS [Bank for International Settlements], 2012. Stress-testing macro stress testing: does it live up to expectations? [online]. [cit. 17. 7. 2018]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/publ/work369.pdf>>.
- [15] BIS [Bank for International Settlements], 2012a. Basel III phase-in arrangements [online]. [cit. 29.10. 2018]. Dostupné z: <https://www.bis.org/bcbs/basel3/basel3_phase_in_arrangements.pdf>.
- [16] BIS [Bank for International Settlements], 2016. History of Basel Committee [online]. [cit. 04. 11. 2017]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/bcbs/history.htm>>.
- [17] BIS [Bank for International Settlements], 2017. Basel III: Finalising post-crisis reforms [online]. [cit. 31. 03. 2017]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/bcbs/publ/d424.pdf>>.
- [18] BIS [Bank for International Settlements], 2017a. High-level summary of Basel III reforms [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d424_hlsummary.pdf>.
- [19] BLAHOVÁ, N., 2018. Rizika bank a jejich regulace. *Ekopress*, ISBN 978-80-87865-47-7.
- [20] BONINI, S., CALVANO, G., 2018. Probability of Default Modeling: A Machine Learning Approach *Regression* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/322661269_Probability_of_Default_Modeling_A_Machine_Learning_Approach>.
- [21] BROWN, I., 2011. Regression Model Development for Credit Card Exposure At Default (EAD) using SAS/STAT and SAS Enterprise Miner 5.3. *Conference: SAS Global Forum 2011* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/296596808_Regression_Model_Development_for_Credit_Card_Exposure_At_Default_EAD_using_SASSTATR_and_SASR_Enterprise_Miner_53>.
- [22] BRUNEL, V., [b. r.]. Credit Value at Risk (CVaR) [online]. [cit. 28. 10. 2017]. Dostupné z: <<http://vivienbrunel.free.fr/Other/CreditVaR.pdf>>.
- [23] CORDEIRO, C., NEVES, M., 2006. The bootstrap methodology in time series forecasting. *Conference Paper Working Paper Series* [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/259487568_The_bootstrap_methodology_in_time_series_forecasting>.
- [24] ČNB, 2002. Regulační a modelový přístup k úvěrovému riziku v bance, *Česká národní banka* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/verejnost/pro_media/clanky_rozhovory/media_2002/cl_02_020321b.html>.
- [25] ČNB, 2008. Stress Testing Credit Risk: Is the Czech Republic Different from Germany, *Česká národní banka* [online]. [cit. 03. 04. 2018]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/en/research/research_publication/s/cnb_wp/download/cnbwp_2008_09.pdf>.
- [26] ČNB, 2018. The systemic risk buffer, *Česká národní banka* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/en/financial_stability/macprudential_policy/systemic_risk_buffer/index.html>.
- [27] ČNB, 2018a. List of other systemically important institutions. *Česká národní banka* [online]. [cit. 07. 02. 2017]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/en/financial_stability/macprudential_policy/list_other_systemically_important_institutions/index.html>.

- [28] ČNB, 2019. Metodický list Rozvahy bank, *Databáze časových řad ARAD*. [online]. [cit. 07. 02. 2017]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/docs/ARADY/MET_LIST/b112_cs.pdf>.
- [29] CRD IV, 2013. Directives: Directive 2013/36/EU of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0036&from=EN>>.
- [30] CRISIL, [b. r.]. Credit Risk Estimation Techniques [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/profile/Rafik_Karaman/post/how_to_calculate_credit_conversion_factorCCF_for_Exposure_of_default/attachment/59d62a3379197b80779889e5/AS%3A338012803223554%401457599940603/download/Credit_Risk_Estimation_Techniques.pdf>.
- [31] ČSÚ, 2018. Výdaje na HDP [online]. [cit. 30. 10. 2018]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/61833265/hdpcr100218_vs.xlsx/a68cb969-17c2-41f5-8be5-29903a36e8c0?version=1.0>.
- [32] ČSÚ, 2018a. Nezaměstnanost [online]. [cit. 30. 10. 2018]. Dostupné z: <<https://www.czso.cz/documents/10180/61546978/czam080318cr.xlsx/bc49b922-e1bf-42b9-afa1-0e6b7e4ed0b6?version=1.0>>.
- [33] DAR, A., ANURADHA, N., 2017. Probability Default in Black Scholes Formula: A Qualitative Study. *Journal of Business and Economic Development*, 2 (2) , 99 - 106 [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.jbed.20170202.15.pdf>>.
- [34] DAVIES, R., COOLE, T., OSIPYU, D., 2014. The Application of Time Series Modelling and Monte Carlo Simulation: Forecasting Volatile Inventory Requirements. *Applied Mathematics*, 5, 1152 - 1168 [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <https://file.scirp.org/pdf/AM_2014050513382674.pdf>.
- [35] DOMINGUEZ, J., ALFONSO, M., 2004. Applying Stress-Testing On Value at Risk (VaR) Methodologies. *Investment Management and Financial Innovations* [online]. Roč. 1, č. 4, s. 62–73. [cit. 16. 8. 2018]. Dostupné z: <https://businessperspectives.org/images/pdf/applications/publishing/templates/article/assets/1156/imfi_en_2004_04_Dominguez.pdf>.
- [36] DWYER, G., 2015. The Johansen Test for Cointegration [online]. [cit. 18. 6. 2018]. Dostupné z: <<http://www.jerrydwyer.com/pdf/Clemson/Cointegration.pdf>>.
- [37] EBA [European Banking Authority], 2018, Guidelines on PD estimation, LGD estimation and the treatment of defaulted exposures. [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://eba.europa.eu/documents/10180/2192133/Guidelines+on+PD+and+LGD+estimation+%28EBA-GL-2017-16%29_EN.pdf>.
- [38] END, J., HOEBERICHTS, M., TABBAE, M., 2006. Modelling scenario analysis and macro stress-testing [online]. *DNB Working Paper, No. 119*. [cit. 31. 03. 2017]. Dostupné z: <https://www.dnb.nl/binaries/Working%20Paper%20119_tcm46-146776.pdf>.
- [39] ESRB [European Systemic Risk Board], 2017. Financial implications of IFRS9. [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.esrb.europa.eu/pub/pdf/reports/20170717_fin_stab_imp_IFRS_9.en.pdf>.
- [40] FOGLIA, A., 2009. Stress Testing Credit Risk: A Survey of Authorities' Approach. *International Journal of Central Banking* [online]. Roč. 5, č. 3, s. 9–45. [cit. 18. 6. 2018]. Dostupné z: <<http://www.ijcb.org/journal/ijcb09q3a1.pdf>>.
- [41] FRANKE, J., HARDLE, W., HAFNER, C., 2011. Nonparametric Estimators for the Probability of Default. *Chapter from book: Statistics of financial markets, An*

- Introduction, 3rd edition.* [online]. [cit. 07. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/251116225_Nonparametric_Estimators_for_the_Probability_of_Default>.
- [42] FRUHWIRTH, M., SONGER, L., 2007. The Jarrow - Turnbull default risk model – Evidence from German market. *The European Journal of Finance, Volume 12, 2006 – Issue 2.* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13518470500145969>>.
- [43] GUERROUAZ, A., 2016. Macroeconomic stress-testing of mortgage default rate using a vector error correction model and entropy pooling [online]. *Technical note No. 16-02. Montreal Institute of Structured Finance and Derivatives.* [cit. 19. 06. 2018]. Dostupné z: <http://ifsid.ca/wp-content/uploads/2016/04/NT-16-02_Guerrouaz.pdf>.
- [44] HARTANN, T., MILLER, P., TOWS, E., 2014. Loss given default for leasing: Parametric and nonparametrics estimations. *Journal of Banking and Finance, vol 40(C), 364-375* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<https://ideas.repec.org/a/eee/jbfina/v40y2014icp364-375.html>>.
- [45] HASTIE, T., TIBSHIRANI, R., FRIEDMAN, J., 2017. The Elements of Statistical Learning, Data Mining, Inference, and Prediction (2nd Edition), *Springer Text in Statistics* [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <https://web.stanford.edu/~hastie/ElemStatLearn/printings/ESLII_print12.pdf>.
- [46] HAUSER, M., 2016. Vector error correction model, VECM, Cointegrated VAR [online]. [cit. 03. 04. 2018]. Dostupné z: <http://statmath.wu.ac.at/~hauser/LVs/FinEtricsQF/FEtrics_Ch4.pdf>.
- [47] HIBBELN, M., 2010. Risk Management in Credit Portfolios [online]. S. 8–16. [cit. 1. 9. 2018]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=f73jwdRa3t4C&oi=fnd&pg=PR3&dq=HIBBELN,+M.,+2010.+Risk+Management+in+Credit+Portfolios&ots=tE1FD5W6qx&sig=BNLleMpi02jaV7zpVDU7rC8zgcM&redir_esc=y#v=onepage&q=HIBBELN%2C%20M.%2C%202010.%20Risk%20Management%20in%20Credit%20Portfolios&f=false>
- [48] HOGGARTH, G., LOGAN, A., ZICCHINO, L., 2005. Macro Stress Tests of UK banks. *BIS Papers* [online]. Č. 22. [cit. 09. 04. 2018]. Dostupné z: <<https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap22t.pdf>>.
- [49] IZZI, L., ORICCHIO, G., VITALE, L., 2012. Loss Given Default Estimation. *Springer Professional* [online]. [cit. 29. 01. 2019]. Dostupné z: <<https://www.springerprofessional.de/loss-given-default-estimation/7233354>>.
- [50] JAMES, G., WITTEN, D., HASTIE, T., TIBSHIRANI, R., 2013. Macroeconomic An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. *Springer Text in Statistics, ISBN 978-1-4614-7138-7(eBook)* [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <<http://www-bcf.usc.edu/~gareth/ISL/ISLR%20First%20Printing.pdf>>.
- [51] JILEK, J., 2000, Finanční rizika, 1. Vyd, *Grada Publishing*, ISBN 80-7169-579-3
- [52] JIMENEZ, G., LOPEZ, A., SAURINA, J., 2009. EAD Calibration for Corporate Credit Lines. *Journal of Risk Management at Financial Institutions, 2*, 121 – 29.
- [53] JOHANSEN, S., 1988. Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*. Roč. 12, č. 2–3, s. 231–254. doi: 10.1016/0165-1889(88)90041-3.
- [54] JOHANSEN, S., 1995. Likelihood based Inference on Cointegration in the Vector Autoregressive model. *Oxford: Oxford University Press*. doi: 10.1093/0198774508.001.0001.

- [55] KAMINSKY, A., KOSTROV, A., 2014. The probability of default in Russian banking. *Eurasian Economic Review*, 4, 81 – 98 [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/319459893_The_probability_of_default_in_Russian_banking>.
- [56] KLOSE, CH., PIRCHER, M., SHARMA, S., 2004. Univariate time series forecasting. *University of Vienna, Term Paper* [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <<https://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/proguni.pdf>>.
- [57] KOVÁČ, M., 2016. Metody stanovení výše rezerv pro úvěrové ztráty. *Český finanční a účetní časopis*. Roč. 10, č. 4, s. 5–25. [cit. 04. 11. 2018]. doi: 10.18267/j.cfuc.483.
- [58] KOVÁČ, M., 2017. Přístupy ke tvorbě odhadů PD, EAD a LGD v segment retail klientely. *Recenzovaný sborník příspěvků Interdisciplinární mezinárodní vědecké konference doktorandů a odborných asistentů QUAERE 2017*, ISBN 978-80-87952-20-7. [cit. 13. 11. 2018]. Dostupné z: <http://www.vedeckekonference.cz/library/proceedings/quaere_2017.pdf>.
- [59] KOVÁČ, M., 2018. Konstrukce stres testu pro regulační účely modelem VEC. *Český finanční a účetní časopis*. Roč. 12, č. 2, s. 43–59. [cit. 1. 9. 2018]. doi: 10.18267/j.cfuc.512.
- [60] KOVÁČ, M., 2018a. Porovnání stress testů modelů pro regulační účely institucí využívajících IRBA metodu. *Český finanční a účetní časopis*. Roč. 12, č. 3, s. 41–56. [cit. 30. 10. 2018]. doi: 10.18267/j.cfuc.516.
- [61] KRAUSSL, R., LEHNERT, T., STEFANOVA, D., 2007. The European sovereign debt crisis: What have we learned? [online]. *CFS Working Paper Series, no. 567, Center for Financial Studies, Goethe University*. [cit. 1. 9. 2018]. Dostupné z: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/149623/1/87785405X.pdf>>.
- [62] LI, H., FAN, X., LI, Y., ZHOU, Y., JIN, Z., LIU, Z., 2012. Approaches to VaR [online]. *Stanford University*. [cit. 28. 10. 2017]. Dostupné z: <https://web.stanford.edu/class/msande444/2012/MS&E444_2012_Group2a.pdf>.
- [63] LINDGREN, J., 2014. The Credit Risk in a Stock Portfolio, A Method to Evaluate the Credit Risk from the Perspective of an Investor [online]. *Umea University*. [cit. 28. 10. 2017]. Dostupné z: <<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A738023&dswid=6339>>.
- [64] LIU, T., 2010. Application of Markov Chain to Analyze and Predict Time Series. *Modern Applied Science Vol.4, No. 5* [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/6040>>.
- [65] LOTERMAN, G., 2013. Predicting Loss Given Default. [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/292349626_Predicting_loss_given_default>.
- [66] LUTKEBOHMERT, E., 2009. Concentration Risk in Credit Portfolio, Springer, New York
- [67] MARTIN, L., 2013. Analysis of the IRB asset correlation coefficient with an application to a credit portfolio. *Uppsala Universitet*. [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:667747/FULLTEXT01.pdf>>.
- [68] MORAL, G., 2006. EAD Estimates for Facilities with Explicit Limits. in: Engelmann B, Rauhmeier R (Eds), *The Basel II Risk Parameters: Estimation, Validation and Stress Testing*, Springer, Berlin, 197-242.
- [69] MAGEE, L., 2013. Unit Roots, Cointegration, VARs and VECMs [online]. [cit. 18. 6. 2018]. Dostupné z: <https://socialsciences.mcmaster.ca/magee/761_762/02-Time%20series%20models%20B-notes.pdf>.

- [70] NAIMY, J., 2012. Stress Test and VaR Analysis in the Process of Risk Management. *Journal of Business & Financial Affairs* [online]. [cit. 16. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://www.omicsonline.org/open-access/stress-tests-and-var-analysis-in-the-process-of-risk-management-2167-0234.1000e114.pdf>>.
- [71] QI, M., 2009. Exposure at default of unsecured credit cards. *OOE Economics Working Paper 2009-2* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/228423877_Exposure_at_default_of_unsecured_credit_cards>.
- [72] QI, M., ZHAO, X., 2011. Comparison of modeling methods for Loss Given Default. *Journal of Banking and Finance*, 35(11), 2842-2855 [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/227418094_Comparison_of_modeling_methods_for_Loss_Given_Default>.
- [73] QU, Y., 2006. Macro Economic Factors and Probability of Default, *Master Thesis in Finance, Stockholm School of Economics* [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <<http://arc.hhs.se/download.aspx?MediumId=212>>.
- [74] SABATO, G., SCHMID, M., 2008. Estimating Conservative Loss Given Default. [online]. [cit. 07. 02. 2019]. Dostupné z: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1136762>.
- [75] SOLOVIEV, V., SAPTSIN, V., CHABANENKO, D., 2011. Markov Chains Application to the Financial-Economic Time Series Prediction. *Computer Modelling and New Technologies*, Vol. 15, No.3, p.16-20 [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Research_journals/Computer/2011/V3/15_3-2_soloviev.pdf>.
- [76] SOMMAR, P., SHAHNAZARIAN, H., 2008. Macroeconomic impact on expected default frequency. *Sveriges Riksbank Working Paper Series* [online]. Č. 219. [cit. 19. 06. 2018]. Dostupné z: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.852.1719&rep=rep1&type=pdf>>.
- [77] STEIN, R., 2008. Stress tests: Objectives, challenges and modelling choices, *Economic Review 2/2008* [online]. [cit. 9. 4. 2018]. Dostupné z: <http://archive.riksbank.se/Upload/Dokument_riksbank/Kat_publicerat/Artiklar_PV/2008/drehmann2008_2_eng_ny.pdf>.
- [78] STEIN, R., 2012. The role of stress testing in credit risk management, *Journal of Investment Management* [online]. Roč. 10, č. 4. [cit. 9. 4. 2018]. Dostupné z: <http://www.rogermstein.com/wp-content/uploads/the_role_of_stress_testing_in_risk_management.pdf>.
- [79] STOCK, J., WATSON, M., 1998. A comparison of linear and nonlinear univariate models for forecasting macroeconomic time series [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <https://scholar.harvard.edu/files/stock/files/a_comparison_of_linear_and_nonlinear_univariate_models_for_forecasting_macroeconomic_time_series.pdf>.
- [80] TONG, X., 2015. Modeling Banks' Probability of Default. *Applied Economics and Finance* [online]. [cit. 7. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/276938909_Modeling_Banks%27_Probability_of_Default>.
- [81] TAPLIN R., TO H., HEE J., 2007. Modeling Exposure at Default, Credit Conversion Factor and the Basel II Accord [online]. *Journal of Credit Risk* 3 (2), 75-84 [cit. 7. 2. 2019]. Dostupné z: <

- https://www.researchgate.net/publication/288346183_Modeling_Exposure_at_Default_Credit_Conversion_Factors_and_the_Basel_II_Accord>.
- [82] VALVONIS, V., 2008. Estimating EAD for Retail Exposures for Basel II Purposes [online]. *Journal of Credit Risk* 4 (1) [cit. 7. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/267803879_Estimating_EAD_for_Retail_Exposures_for_Basel_II_Purposes>.
 - [83] VERICK, S., ISLAM, I., 2010. The Great Recession of 2008 – 2009: Causes, Consequences and Policy Responses [online]. *IZA Discussion Paper No. 4936* [cit. 31. 3. 2017]. Dostupné z: <<http://ftp.iza.org/dp4934.pdf>>.
 - [84] WHITESIDE, J., D., 2008. A Practical Application of Monte Carlo Simulation in Forecasting. *AACE International Transactions* [online]. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <http://www.icoste.org/AACE2008%20Papers/Toronto_est04.pdf>.
 - [85] WICHERN, W., 2003. Modeling and forecasting discrete univariate time series with applications. *Information Sciences* [online]. Volume 6, p. 247 - 264. [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0020025573900418>>.
 - [86] WONG, J., CHOI, K., FONG, T., 2006. A Framework for macro stress testing the credit risk of banks in Hong Kong. *Hong Kong Monetary Authority Quarterly Bulletin* [online]. Č. 49 (December 2006). [cit. 31. 03. 2017]. Dostupné z: <http://www.hkma.gov.hk/media/eng/publication-and-research/quarterly-bulletin/qb200612/E_25_38.pdf>.
 - [87] ZHANG, Q., WU, M., 2011. Credit Risk Mitigation Based on Jarrow – Turnbull Model. *System Engineering Procedia*, Volume 2, 49-59 [online]. [cit. 31. 03. 2017]. Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211381911000968?via%3Dihub>>.