



COPENHAGEN BUSINESS SCHOOL
HANDELSHØJSKOLEN

Kandidatafhandling

Cand.Merc.Mat.

MÅLING OG REGULERING AF SYSTEMISK RISIKO OG BANKERS SYSTEMISKE VIGTIGHED

MEASURING AND REGULATING SYSTEMIC RISK
AND BANKS' SYSTEMIC IMPORTANCE

Forfatter:

Nikolai Laurberg Nordentoft

Vejleder:

Hans Keiding
Økonomisk Institut, KU

Afleveret den 15. maj 2015

Antal normalsider: 80

Copenhagen Business School 2015

Resumé

The purpose of this thesis is to gain insight on the phenomenon of systemic risk that has been adopted in the wake of the global financial crisis. Systemic risk implies that not only may the real economy suffer losses from the failure of a single institution. A failure of a single institution or impairment of parts of the financial system may even cause a disruption to financial services in an extent that losses suffered by the real economy are much more serious than in the first case, due to the financial system itself.

At first, we show that although it has often been assumed that the size of an institution defines its systemically importance, there are indeed cases in which smaller institutions are more systemically important. As size is not the sole determinant of systemic importance, we look to the literature for ways to model and measure systemic risk, and to develop a measure of a single institution's systemic importance in order to identify a systemically important financial institution - a SIFI. We do this in a developing manner by firstly presenting an initial measure of cascade effects in an indirectly connected system and then lastly by introducing network theory in order to also model direct exposures that arise through the interbank market. Along with the introduction of networks, we present the shapley value. The shapley value decomposes total systemic risk into each bank's marginal contribution to systemic risk. We use this measure as an approximation of a bank's systemic importance.

We analyze the drivers of both systemic risk and bank's systemic importance. For systemic risk, we find that systemic risk is mainly driven by the soundness of institutions, but that dependency structures play a crucial role. These include asset correlation, architecture of the interbank market and capital requirements, but also the number, concentration and heterogeneity of banks. For a bank's systemic importance, we find that size is indeed a main driver, but that asset correlation and composition are also important factors, along with activity and position in the interbank market, although the positional effects are ambiguous.

We compare these findings with the recently implemented Danish SIFI framework, as the purpose of the framework is to identify SIFIs and manage systemic risk within the Danish financial system. We find that the Danish SIFI framework is very simplistic in the identification of SIFIs, as it does not fully capture effects of interaction and interconnectedness, hence interdependence of institutions, which is the very core of systemic risk.

The overall conclusion is that the SIFI-framework is a step in the right direction, but that it needs to be further developed. Although the factors discussed in this thesis are far from trivial to implement, it is factors that should be taken into considerations, when doing so.

Indhold

Indhold	1
1 Indledning	3
I Systemisk risiko og systemisk vigtige finansielle institutioner	6
2 Hvad er systemisk risiko?	6
3 For stor eller for systemisk til at falde?	7
4 SIFT'er og moral hazard	13
4.1 Model for minimering af moral hazard	13
4.1.1 Modellen	14
4.1.2 Konkurs uden mulighed for bailout	14
4.1.3 Konkurs med mulighed for bailout	16
4.1.4 Moral hazard-eliminerende forsikringspræmie	17
II Metoder til måling af systemisk risiko	19
5 Model for kvantificering af bankstabilitet	19
5.1 Multivariat tæthed for bankstabilitet	20
5.2 Mål for bankstabilitet	22
5.2.1 System-wide systemisk risiko	22
5.2.2 Afhængighed mellem specifikke banker	24
5.2.3 Systemisk risiko givet en specifik banks distress.	26
6 Forfinelse af PAO-målet	28
6.1 Definition af mål	28
6.1.1 Ekstremværditeori	29
6.2 Empirisk sammenligning af SII, VI og PAO	30
6.3 Finere måling og bredere modellering	33
7 Allokering af systemisk risikobidrag	34
8 Netværksmodel med eksponeringer i interbankmarked	38
8.1 Introduktion til modellen	38
8.2 Interbankmarkedet	40

8.3	Bankers optimeringsproblem i modellen	41
8.4	Clearing i interbankmarkedet	43
8.5	Matching og netværksestimation	44
8.6	Prisfastsættelse af ikke-likvide Aktiver	46
8.7	Opgørelse af tab	48
9	Funding og likviditetshoarding	49
III	Analyse	51
10	Determinanter for system-wide systemisk risiko	51
10.1	Fallitsandsynligheder	51
10.2	Afhængighedsstruktur	53
11	Determinanter for systemisk vigtighed	62
12	Kapitalkrav	67
IV	Regulering i Danmark	70
13	De danske bankpakker	70
13.1	Sammenligning med vores opnåede indsigter	71
14	SIFT'er i Danmark	73
14.1	Identifikation	73
14.2	Særlige krav til SIFT'er	74
14.3	Sammenligning med vores opnåede indsigter	75
V	Konklusion	77
	Appendices	80
	Litteratur	93

1 Indledning

At drive bankaktivitet går tusinder af år tilbage i historien; tilbage til de gamle egyptere og grækere og til middelalderens italienske købmænd. Formidlingen og fordelingen af værdier i form af at tage indlån fra agenter med overskydende værdier (likviditet) og på samme tid give udlån til agenter med midlertidigt behov for likviditet er på ingen måde en ny ting. Udfordringen i at matche indlån og udlån, at sikre tilbagebetaling af udstedte lån og at sikre en vis grad af solvens og likviditet til alle tider, er heller ikke ny. Det er ej heller konsekvensen af ikke at være i stand til at opfylde disse krav. Men der er sket store ændringer. Komplexiteten og omfanget i de aktiver, som formidles er steget markant, ligesom størrelsen på de agenter, som formidler aktiverne er vokset fra lokale købmænd til verdensomspændende giganter.

Dette skifte blev særligt klart, da Continental Illinois National Bank (CINB) i 1984 realiserede enorme tab på blandt andet lån til udlandet. CNIB var den syvende største bank i USA og største långiver til industrien. Det blev besluttet i kongressen, at banken simpelthen var *Too Big to Fail*. Det medførte, at Federal Deposit Insurance Corporation efterfølgende overskred deres mandat og reddede alle kreditorer og sikrede bankens overlevelse. Beslutningen om, at banken var Too Big to Fail blev retfærdiggjort med dominometaforen, hvor en væltet dominobrik falder ned i andre dominobrikker, som igen vælter flere brikker. Med dette malende billede blev redningsaktionen i CINB starten på en periode, hvor Too Big to Fail-paradigmet dominerede, og hvor bailout blev svaret på svære problemer i store finansielle institutioner. Imidlertid viste det sig, at denne politik indebærer en bivirkning i form af moral hazard. Det skyldes, at en implicit statsgaranti til kreditorer i store Too Big to Fail institutioner giver finansielle institutioner incitament til at opnå en størrelse og en markedsposition, som ville anses som Too Big to Fail, samt at denne garanti giver incitament til kreditorer og investorer til at placere midler i disse finansielle institutioner. På samme tid giver den sikring, som bailout-politikken implicit tildeler store banker, ydermere incitament til større risikoappetit hos bankerne.

Denne periode blev pludseligt afbrudt i september 2008, da amerikanske myndigheder efter at have bailet Bear Sterns ud i marts '08 og Fannie Mae og Freddie Mac i juni samme år, annoncerede, at der ikke ville blive givet likviditet til at hjælpe den nødstedte investment bank Lehman Brothers. Da Lehman indgav konkursbegæring, forværredes stemningen i de finansielle markeder drastisk, og tabene spredte sig som bekendt til hele det finansielle system, og myndigheder i store dele af den vestlige verden så sig nødsaget til at baile en lang række finansielle institutioner ud af hvad, der var på vej mod den største krise nogensinde.

Det vi så dengang, var materialiseringen af systemisk risiko. Systemisk risiko er gennem de seneste år forsøgt defineret på med flere forskellige ordlyde. Finansial Stability Board (FSB) definerede i samarbejde med International Monetary Fund (IMF) og Bank for International Settlements (BIS) [13]¹ systemisk risiko som ”*A risk of disruption to financial services that is (i) caused by an impairment of all or parts of the financial system and (ii) has the potential to have serious negative consequences for the real economy.*” - [13]:(p. 2) da de i 2009 udsendte en rapport til G20-finansministrene som vejledning i systemisk risiko. Gennem afhandlingen vil jeg følge denne definition af systemisk risiko.

Systemisk risiko udgøres af en løbende opbygning, særligt i gode tider, af usete og underprisede risici som følge af samspillet mellem finansielle institutioners adfærd samlet set. Et chok til økonomien, til enkelte markeder eller til enkelte finansielle institutioner, kan forårsage en pludselig udløsning af disse skjulte og gennem tiden aggregerede risici, som vil materialiseres i det finansielle system. Hvis en sådan materialisering skaber finansiell instabilitet i en grad, så det finansielle system helt fryser til eller forhindrer effektiv formidling af kapital og finansielle services, vil den systemiske begivenhed forplante sig i økonomien i form af markant lavere vækst og øget usikkerhed.

Fordi konsekvenserne potentielt er så omfattende, er det en samfundsøkonomisk vigtig opgave at forsøge at undgå store og pludselige systemiske begivenheder. Derfor har der i kølvandet på finanskrisens start fulgt en massiv bølge af reguleringsreformer med undvigelse af en gentagelse for øje. Helt at undgå systemiske begivenheder er dog ønsketænkning, men at være beredt er et skridt i den retning. Overordnet er beredskabet todelt: Dels forsøger man med makroprudentiel regulatorisk politik at sikre, at finansielle institutioner bedre kan absorbere og modstå det stress, som følger en systemisk begivenhed. Ved at øge absorberingsgraden mindskes sandsynligheden for, at finansiell smitte spreder tab og usikkerhed mellem finansielle institutioner. Dels forsøger man at foregribe begivenhedernes gang ved at prøve at måle det aktuelle systemiske risikoniveau samt at bygge modeller til at forudsige og måle konsekvenserne af bl.a. enkelte finansielle institutioners frafald.

Som et led i de mange reguleringsreformer identificerede Finansial Stability Board en række banker som Systemically Important Financial Institutions (SIFI'er). Dette blev gjort i en erkendelse af, at der i forbindelse med særligt systemisk vigtige banker kan opstå ekstraordinære problemer, som stiller økonomien sårbar over for disse banker. Til at løse disse problemer er den normale brede regulering såsom Basel-akkorderne ikke tilstrækkeligt, hvorfor man har

¹Notationen [13] referer til litteraturlisten. Første gang der refereres til en kilde angives denne notation. Eventuelle fremtidige referencer til kilden gøres ved kort navn, dvs. Person eller Person et al., eller [13].

fundet det nødvendigt at stille særligt strenge krav til SIFI'er i forsøget på at sikre økonomien mod en SIFIs frafald

Med afsæt i dette, vil denne afhandling undersøge muligheder for kvantificering og allokering af systemisk risiko med formål at monitorere, regulere og administrere systemisk risiko.

Afhandlingen er overordnet opdelt i fem dele: I Del I vil jeg indledningsvist redegøre for hvad systemisk risiko er og hvilke konsekvenser systemisk risiko kan have. Dernæst vil jeg sætte spørgsmålstejn ved sammenhængen mellem Too Big To Fail og systemisk risiko. Yderligere vil jeg diskutere Moral Hazard som konsekvens af netop at udpege en række finansielle institutioner som SIFI'er.

I Del II, vil jeg dernæst undersøge et udvalg af metoder til måling af dels system-wide risk og dels til måling af den systemiske risiko, der kan forbindes med en enkelt finansiell institution. Dette gøres gennem en evolutionær forfinelse, hvor aspekter løbende inddrages. Navnlige inddrages netværksmodeller som en metode til måling for at inkludere effekter af direkte forbindelser mellem banker.

I forlængelse af metoder og mål udledt i Del II, vil jeg i Del III analysere og diskutere determinanter for systemisk risiko i forhold til overordnet system-wide systemisk risiko samt for den enkelte banks systemiske vigtighed approksimeret ved dens bidrag til systemisk risiko.

I Del IV vil jeg vurdere mine overvejelser og resultater i forhold til det danske framework for SIFI'er. Det vil jeg for at undersøge, om dette er konsistent med indsigter opnået gennem Del I, Del II og Del III, og for at vurdere, om der i de danske SIFI-regler er elementer, der kunne være konstrueret mere hensigtsmæssigt. Endeligt konkluderer Del V.

Del I

Systemisk risiko og systemisk vigtige finansielle institutioner

2 Hvad er systemisk risiko?

Traditionelt set har risiko i en finansiell kontekst været ensbetydende med den risiko, som enkelte markedsaktører påtager sig som følge af deres handlinger i søgen efter afkast. Risiko er i traditionel forstand noget idiosynkratisk, der kan justeres gennem eksempelvis hedging og diversificering. Systemisk risiko kan i modsætning hertil ses som en aggregeret risiko, som er bundet i det finansielle system, og som ikke kan diversificeres eller udlignes. Systemisk risiko opbygges og opstår som et produkt af markedsaktørers aggregerede adfærd og interaktion i det finansielle system. Opbygningen kan ske ubemærket og kan så at sige ligge at ulme i systemet, indtil en såkaldt systemisk begivenhed udløser en krise, hvormed systemisk risiko materialiseres og finansiell stabilitet udfordres. En systemisk begivenhed kan eksempelvis tage form af en konkurs i en finansiell institution, som spiller en vigtig rolle i det finansielle system, fordi den i særlig grad er forbundet med dele af systemet eller udfører aktiviteter, som ikke kan substitueres fra den ene dag til den anden.

Efterfølgende en systemisk begivenhed kan finansiell instabilitet spredes og forstærkes ad flere forskellige kanaler. Én kanal er en indirekte smitte, som opstår ved, at banker forbindes med hinanden ved at have eksponeringer til ensartede aktiver. Disse forbindelser kan forskyde simultane kriser og understøtte spillover-effekter. Det kan ske gennem *brandsalg*. Et brandsalg kan være effekten af drastiske prisændringer, som tvinger en markedsaktør til at sælge ud af aktiver til en ekseptionel lav pris for at opretholde en kapitalreserve. Den umiddelbare konsekvens af dette salg er en yderligere reduktion i aktivpriser, hvilket igen kan tvinge andre aktører til at sælge aktiver under deres forventede værdi. En anden kanal kan illustreres ved dominoeffekten: En konkurs i et institut udløser tab til instituttets direkte modparter. Hvis tab til en modpart er stort nok, kan det medføre, at denne ligeledes ikke er i stand til at opretholde dennes forpligtelser, hvormed tab propagerer gennem systemet.

Så længe systemiske risici opbygges, og der er en positiv sandsynlighed for en materialisering, vil systemisk risiko udgøre en risiko for finansiell stabilitet. Finansiell stabilitet sikrer en efficient formidling af penge og finansiering af al økonomisk aktivitet, og det er derfor af høj prioritet at administrere systemisk risiko. Finansielle institutioner og i særdeleshed banker bidra-

ger til opbygningen af systemisk risiko. De kan spille en central rolle i en systemisk begivenhed og er forankret i de kanaler, smitten propageres ad.

Derfor er det med udgangspunkt i de mest systemisk vigtige finansielle institutioner - SIFI'er² - at systemisk risiko forsøges administreret. I flere lande - heriblandt Danmark som vi skal se i afsnit 14 - har man i de seneste år opbygget et SIFI-framework, som har til formål at regulere systemisk risiko.

3 For stor eller for systemisk til at falde?

Traditionelt har en vurdering af konsekvenserne af en institutions frafald, og hvorvidt disse er *for* store for finansiel stabilitet, taget udgangspunkt i institutionens størrelse. I forbindelse med finanskrisens start i 2007 skete der lidt af et paradigmeskift, da termen *systemisk risiko* introduceredes, hvormed ikke kun institutioners størrelse udfordrer finansiel stabilitet, men også det finansielle system selv.

Som argument for at størrelsen på en bank ikke er den eneste karakteristika, der skal tages hensyn til, når myndigheder skal træffe en beslutning om at redde en bank eller finansiel institution, skal vi se en simpel model af Zhou (2010) [28]. Modellen er baseret på teorien om ensartede aktiver og viser, at store banker under visse omstændigheder kan være mindre systemisk vigtige end mindre banker. Det betyder, at også andre karakteristika kan have betydning for en banks systemiskhed.

I modellen findes et system af tre banker, som vælger deres portefølje (X_1, X_2, X_3) . Bankerne er initialt tildelt kapital til at foretage investeringer således, at Bank 1 råder over to enheder af kapital, mens Bank 2 og 3 råder over en enhed kapital hver især. Således er Bank 1 en stor bank, mens Bank 2 og Bank 3 er små banker.

Bankerne kan allokere deres kapital til tre uafhængige risikofyldte investeringer, nemlig projekterne (Y_1, Y_2, Y_3) . Tabene på disse investeringer er fordelt således, at der er tunge haler, det vil sige, at der er en positiv sandsynlighed for særligt store tab. Ydermere kræver projekterne henholdsvis 2, 1 og 1 enheder kapital. For at disse kapitalkrav mødes af alle tre projekter, skal markedet dermed cleares. Det bliver det eksempelvis, hvis bankerne har følgende porteføljer:

²SIFI er forkortelse for det engelske Systemically Important Financial Institution.

$$\begin{aligned}
X_1 &= (2 - 2\gamma)Y_1 + \gamma Y_2 + \gamma Y_3 \\
X_2 &= \gamma Y_1 + (1 - \gamma - \mu)Y_2 + \mu Y_3 \\
X_3 &= \gamma Y_1 + \mu Y_2 + (1 - \gamma - \mu)Y_3
\end{aligned} \tag{3.1}$$

, hvor $\gamma > 0$, $\mu < 1$ og $\gamma + \mu < 1$.

Parameterene γ og μ kontrollerer ensartetheden i de tre bankers porteføljevalg. Parameteren γ styrer ensartetheden af den store banks porteføljevalg i forhold til de mindre bankers porteføljevalg.

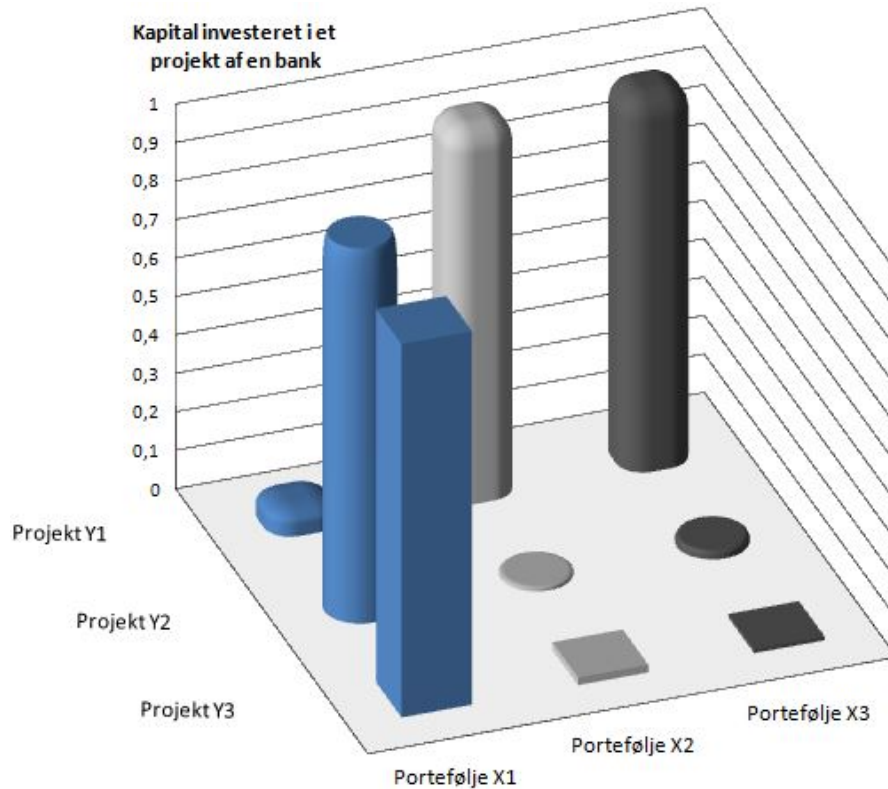
Når γ er tæt på 1, er den store banks investeringsstrategi forskellig fra de små bankers strategi. I dette tilfælde investerer den store bank op mod 1 enhed kapital i projekterne Y_2 og Y_3 og kun lidt i projekt Y_1 . Modsat investerer de små banker begge to op mod 1 enhed kapital, hele deres kapital, i projekt Y_1 , mens der kun allokeres lidt til de to resterende projekter, og de to banker har dermed et meget ens porteføljevalg. Når γ er tæt på 0, investerer den store bank omvendt op mod begge dens 2 enheder kapital i projekt Y_1 og det resterende kapital fordeles ligeligt til de to andre projekter. Samtidig investerer de to små banker næsten ikke i projekt Y_1 , men fordeler deres kapital i projekt Y_2 og Y_3 . Når $\gamma = 0.5$ investerer den store bank i alle tre projekter i proportionel overensstemmelse med projekternes kapitalkrav.

Graden af forskellighed i de to små bankers aktivitet i projekterne Y_2 og Y_3 og dermed graden af forskelligheden i de to bankers, omend noget begrænsede, aktivsider styres af parameteren μ , som kan tage værdier mellem 0 og $(1 - \gamma)$. En værdi i midten af intervallet er ensbetydende med ens aktivsider og værdier tæt på 0 eller tæt på $(1 - \gamma)$ svarer omvendt til maksimal diversitet i allokeringen mellem projekterne Y_2 og Y_3 .

Med de basale mekanismer præsenteret kan vi analysere tre tilfælde ved at variere γ og μ for herigennem at finde bevis for, at systemisk vigtighed ikke nødvendigvis er afhængig af størrelse.³

Tilfælde 1: I tilfælde 1 sætter vi $\gamma = 0.97$ og $\mu = 0.02$. Figur 3.1 illustrerer det resulterende porteføljevalg. På den nærmeste akse er bankernes porteføljer (X_1, X_2, X_3) som i grafen er markeret ved farver. På den anden akse ses de tre projekter (Y_1, Y_2, Y_3) , som i grafen er markeret gennem søjlens form. På den vertikale akse måles den pågældende investering i et projekt af en bank.

³Vi antager her implicit, at kapital til risikofyldte investeringer kan være en proxy for bankstørrelse.



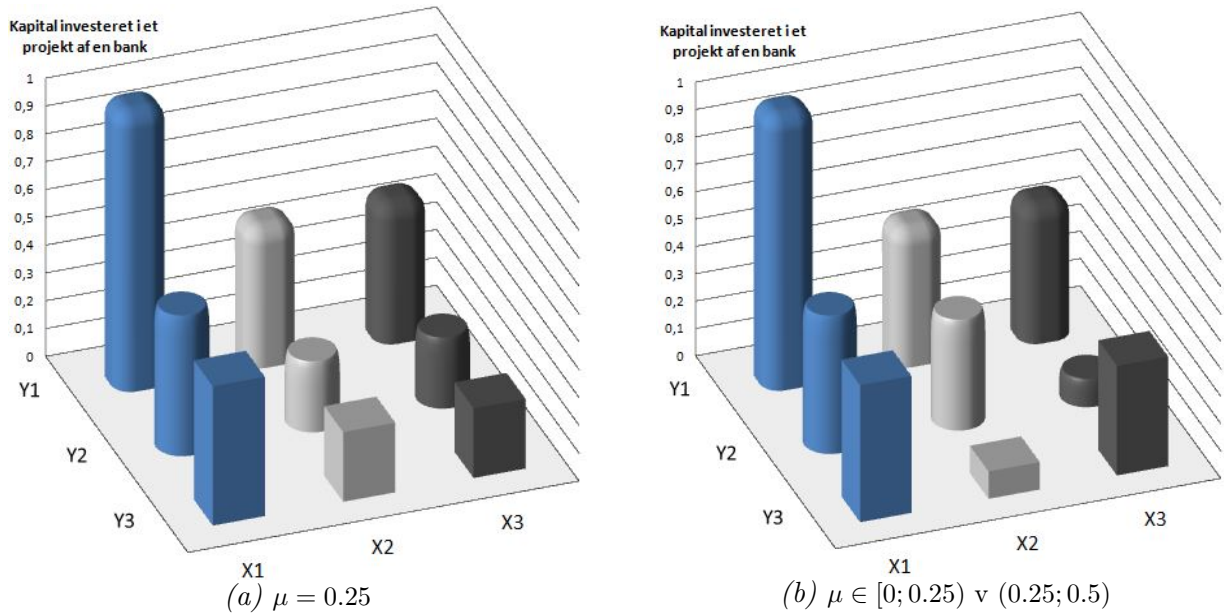
Figur 3.1: Tilfælde 1: Porteføljevalg ved $\gamma = 0.97$ og $\mu = 0.02$. Kilde: *Egen illustration.*

Fra figur 3.1 kan vi se, at den store bank, Bank 1, investerer mere eller mindre al kapital i de to mindre projekter, Y_2 og Y_3 , mens de to små banker investerer deres kapital i projekt Y_1 . Aktivsiden for Bank 1 er dermed markant anderledes end aktivsiden for de to mindre banker. Samtidig er begge de to små banker stærkt eksponerede overfor projekt Y_1 og er dermed tæt forbundne gennem deres aktivsider. En realisering af projekt Y_1 med særligt stort tab, jvf. tunge haler i tabsfordelingen, vil med en vis sandsynlighed være akkompagneret med finansielle problemer i begge de to små banker med en mulig efterfølgende krise. Det er her vigtigt at lægge mærke til, at de to små bankers fælles eksponering skaber en forbindelse mellem de to, i form af sandsynligheden for at de på samme tid vil opleve finansielle problemer. Modsat vil et stort tab i projekt Y_2 henholdsvis Y_3 kun bringe den store bank i finansielle problemer og endda med mindre sandsynlighed grundet diversificering. Dermed er de to små banker mere systemisk vigtige end den store bank, hvilket er i konflikt med Too Big To Fail.⁴

Tilfælde 2: I figur 3.2 ser vi to tilfælde, hvor $\gamma = 0.5$. I begge tilfælde investerer Bank 1 proportionelt i de tre projekter i forhold til projekternes kapitalkrav, og Bank 1 er dermed involveret i alle tre projekter, hvorved der opstår en forbindelse mellem den store banks aktivside og de små bankers aktivsider. Forskellen fra 3.2a til 3.2b er værdien af parameteren μ .

⁴I forhold til *antallet* af simultane kriser.

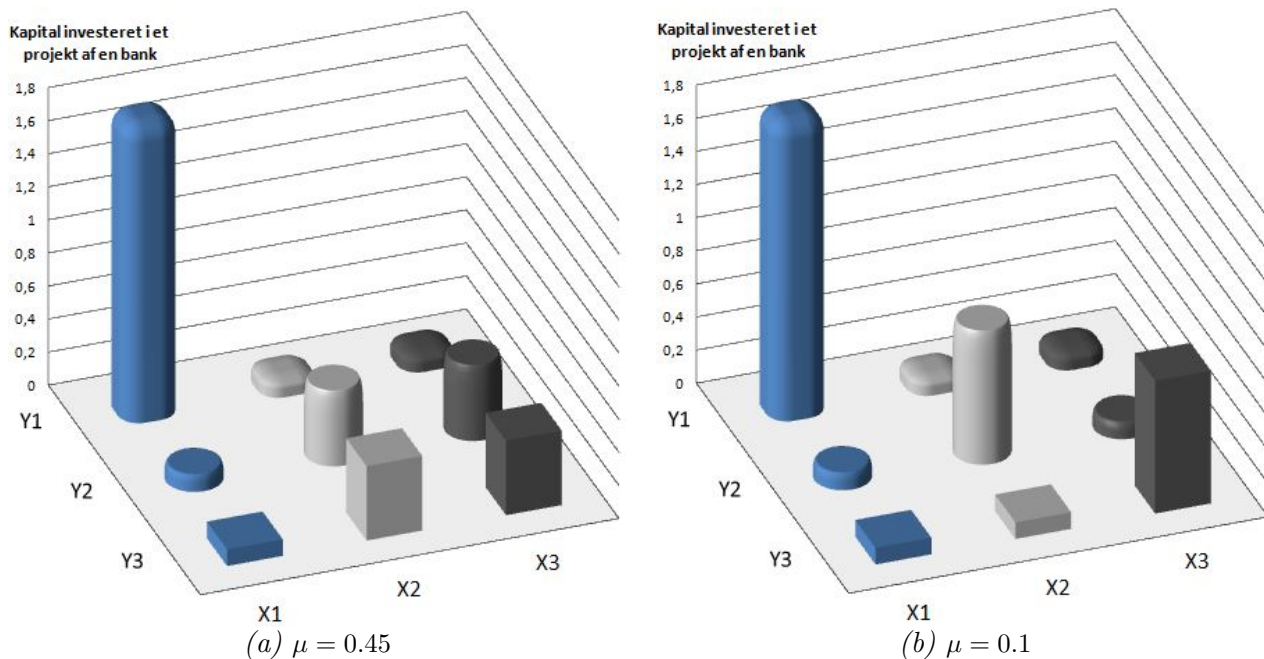
I tilfælde 3.2a er de små bankers investeringsstrategi komplet ensartet. Lad os fortolke dette som *herding behaviour*, hvor investorer inspireres af hinandens investeringer, og i et forsøg på at undgå at gå glip af et godt afkast, kopierer en investering. I dette tilfælde er alle tre aktører involveret i alle tre projekter proportionelt til projekternes kapitalkrav. Et stort tab på ethvert af de tre projekter vil medføre finansielle problemer i alle tre banker, som kan udløse kriser, og de tre banker er derfor præcis lige systemisk vigtige.



Figur 3.2: Tilfælde 2: Porteføljevalg ved $\gamma = 0.5$ og to scenarier for μ . Kilde: Egen illustration.

I tilfælde 3.2b viser de små banker ikke tegn på herding eller diversificering, idet de allokerer kapital forskelligt til Projekt Y₂ og Y₃. Et tab på Projekt Y₁ vil fortsat medføre finansielle problemer i alle tre banker. Omvendt vil tab i henholdsvis Y₂ eller Y₃ i dette tilfælde kun medføre finansielle problemer i henholdsvis Bank 1 og Bank 2, henholdsvis Bank 1 og Bank 3, hvorfor Bank 1 er mest systemisk forbundet og systemisk vigtig. Ved fravær af herding mellem mindre banker er den store bank altså mest systemisk vigtig, men i kraft af mindre bankers herding behaviour kan mindre banker være lige så systemisk vigtige som den store bank.

Tilfælde 3: Når γ er tæt på 0, fokuserer Bank 1 på det kapitalkrævende projekt og allokerer det resterende til projekterne Y₁ og Y₂. Det betyder, at projekt Y₁ er mættet. Derfor investerer de små banker mestendels i de to mindre projekter. Figur 3.3a eksemplificerer maksimal ensartethed hos de små banker, mens de i figur 3.3b allokerer mestendels af deres kapital til forskellige projekter. Ved høj grad af ensartethed er de små banker mere systemisk vigtige end den store bank. Vælger de mindre banker imidlertid at afstå fra at diversificere investe-

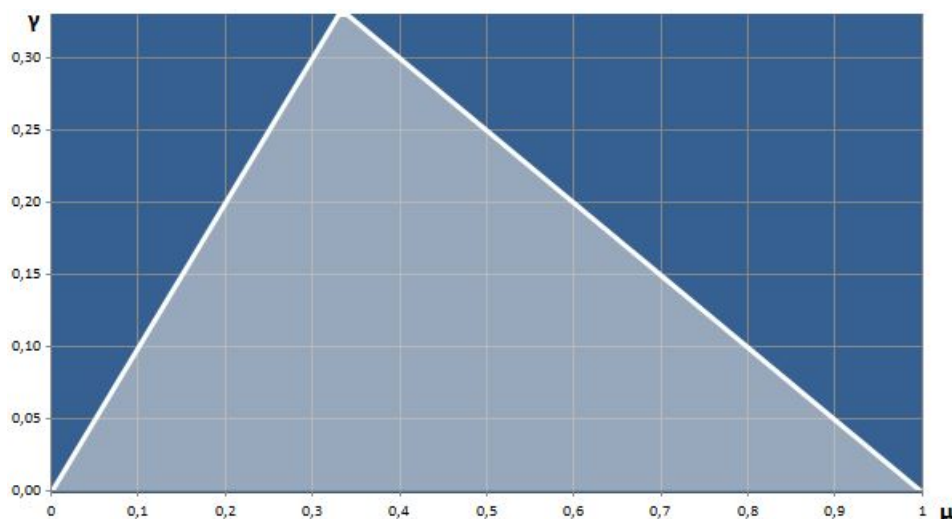


Figur 3.3: Tilfælde 3: Porteføljevalg ved $\gamma = 0.1$ og varierende μ . Kilde: Egen illustration.

ringerne og tage store positioner i enkelte projekter som i tilfælde 3.3b, resulterer det i, at den store bank - grundet dennes mindre positioner i projekterne Y_2 og Y_3 og de små bankers pludselige forskelligartethed - nu, uden at ændre sin egen investeringsstrategi, pludselig er den mest systemisk vigtige bank i vores model.

Figur 3.4 viser, hvordan Bank 1's risikoprofil kan ændres som konsekvens af de mindre bankers valg af investeringsstrategi. Kombinationer af $\gamma < \frac{1}{3}$ og μ resulterer således i, at den store bank eller de små banker er mest systemisk vigtig. Området med blå indikerer sæt af γ og μ , som resulterer i, at den store bank er mest systemisk vigtig, mens det transparente område indikerer sæt af de to parametre, hvor de små banker er mest systemiske. Den hvide linie repræsenterer grænsen, hvori en lille bank er ligeså systemisk som en større bank.

Den store bank vælger initialt γ for at allokere kapital og vælge bankens position og herunder dens systemiskhed. Jo lavere banken vælger γ (indenfor $\gamma \in [0; \frac{1}{3}]$), des lavere er bankens grad af systemisk vigtighed. Men graden af systemisk vigtighed for den store bank er altså ikke kun op til banken selv, idet den også er afhængig af, hvordan de små banker vælger μ . Vælger de et meget lavt eller meget højt μ for at koncentrere sig om ét projekt - hvilket i følge grundlæggende finansiel teori er ækvivalent med at udvise større risikovillighed, idet de ikke diversificerer deres aktiviteter - da ender den større bank op som den mest systemisk vigtige bank.



Figur 3.4: Sæt af γ og μ og den resulterende rangering af systemisk vigtighed. Med en tilpas ekstrem værdi af μ kan Bank 1 være den mest systemisk vigtige bank, til trods for det lave valg af γ Kilde: *Egen illustration*.

Modellen konkluderer dermed, at det ikke udelukkende er størrelsen af en bank, der definerer en banks systemiske vigtighed alene. Modellen viser, at også eksponering til ensartede aktiver har betydning. Ensartetheden kan ses som herding, men også diversificering af investeringer. Her er det tre enkelte projekter, men tænker vi modellen i en mere realistisk kontekst, kan vi generalisere disse til at være forskellige områder af bankaktiviteter. At den enkelte banks diversificering øger systemiskhed er ganske paradoksalt og rejser et trade-off mellem individuel risiko og systemisk risiko. Diversificering er traditionelt et værktøj til at begrænse risici. Men forsøget på at bortdiversificere en banks individuelle risiko gennem en lavere eksponering til den enkelte aktivitet kræver en involvering i flere aktiviteter. Dette vil dog øge bankens forbindelse til andre banker gennem ensartede aktivsider. Det er disse fælles eksponeringer, som forbinder bankerne og gør forbundne banker sårbare overfor de samme ændringer i økonomien eller chok i de finansielle markeder. Dette øger den systemiske risiko, og dette er en karakteristika, som ikke nødvendigvis kan ses ud fra størrelsesindikatorer.

Det må dog påpeges, at denne model i et vist omfang lider under at være for ensidig i dens antagelse om, at ensartethed i aktivsider er ækvivalent med systemisk vigtighed, og man bør modellere et banksystem på mere avanceret vis, før man kan drage reelle konklusioner. Hovedpointen i modellen er dog alt andet lige, at det ikke nødvendigvis gælder, at en bank er Too Big To Fail. Heraf følger det, at vi behøver andre metoder til at identificere, hvilke finansielle institutioner, der er for vigtige, til at myndighederne kan lade dem gå konkurs. Vi skal derfor i Del II undersøge en række metoder og modeller, der har til formål at måle systemisk risiko.

4 SIFI'er og moral hazard

Før vi avancerer til at måle systemisk risiko, er der først en række forhold, som er vigtige at få belyst. Et af dem er et behaviouristisk perspektiv på signalværdien i at udnævne en række finansielle institutioner til at være af særlig vigtig karakter for det finansielle systems virken. Et sådan signal vil give anledning til *moral hazard*. Moral hazard relaterer sig oprindeligt til forsikringsbranchen og betegner en situation, hvor den forsikrede, som følge af forsikringen, handler mere dristigt eller direkte svingagtigt end i tilfældet uden forsikringen. Moral hazard i det finansielle system betyder ækvivalent, at institutioner medregner garantier og muligheden for en bailout i deres risikoprofil, under hvilken de optimerer nytten. Da en garanti begrænser nedadrettede risici, vil øget risici medføre øget forventet afkast, hvorfor institutionerne vil ændre deres risikoadfærd opad. Vi har dermed en politik, som har til formål, at øge finansiell stabilitet, giver incitament til en højere risikoappetit, hvilket efterfølgende har en negativ effekt på finansiell stabilitet. Kort sagt er moral hazard den langsigtede negative effekt eller omkostning af en garantistillelse, bailout eller anden form for intervention.

Denne mekanisme lyder på mange måder som en del af historien om SIFI'er. En SIFI er ganske vist ikke garanteret en forsikring i form af et bailout, da SIFI-sikringen består af strengere krav, som har til formål at eliminere behovet for en bailout. Men fordi en SIFIs videre kontinuitet er af så høj betydning for finansiell stabilitet og dermed vækst i landet, er samfundet afhængig af velfungerende SIFI'er. Når SIFI'er medregner samfundets afhængighed af SIFI'erne i deres risikoprofil, sker det, at samfundet kommer i klemme mellem samfundets behov for en effektiv finansiell sektor og en samfundsfinansiering af en mere risikabel adfærd hos bankerne. Det sker, fordi afhængigheden skaber en forventning om, at det vil være en nødvendighed at give hjælp, hvis behovet for hjælp skulle opstå, trods SIFI-sikringen. Denne forventning giver anledning til moral hazard, hvilket i sig selv øger sandsynligheden for scenariet som følge af ændret risikoadfærd. Det er derfor af stor interesse at forsøge at mindske moral hazard.

4.1 Model for minimering af moral hazard

I dette afsnit, skal vi derfor se på en model af Acharya, Santos og Yourulmazer (2010) [1], som udleder en struktur i forsikringspræmier, som tager hensyn til systemiske risici og minimerer moral hazard. Forsikringen er i form af en indskydergarantifond, som sikrer indskyderes tilgodehavender og dæmmer op for *bank runs*. Dette er meget sammenlignelig med Single Resolution Fund (SRF), som er en del af det højaktuelle europæiske samarbejde om en Single Resolution Mechanism (SRM) [29].

SRM træder i kraft i 2016, hvorefter alle deltagende banker over en årrække betaler præmier, således, at SRF i 2024 og fremover besidder 0,8% af deltagende bankers dækkede indskud. Modellens hovedresultater sammenlignes efterfølgende med de danske bankpakker, som siden 2008 har forsøgt at løse tilnærmelsesvist samme opgave som SRF.

4.1.1 Modellen

Modellen er forholdsvis simpel. To banker, A og B, opererer i tre perioder, $t=0,1,2$. Hver bank fundes i hver periode af indskydere med én enhed kapital, og bankerne kan vælge at investere periodens indskud ved at udstede lån til én af to sektorer. Det antages, at en sektor i den efterfølgende periode med sandsynlighed α_t kan tilbagebetale alle lån, i hvilket tilfælde investeringen giver et positivt afkast R . Dog er der en sandsynlighed $1 - \alpha_t$ for, at ingen firmaer i sektoren kan tilbagebetale lånene, i hvilket tilfælde al tilbagebetaling udebliver. De to sektors performance er uafhængige af hinanden, men kan variere over sektor og over tid. Hvis det skulle ske, at et lån til en sektor ikke performer, går den/de involverede bank(er) konkurs.

4.1.2 Konkurs uden mulighed for bailout

Lad os først udelukke muligheden for, at myndighederne kan bail'e en bank ud. I tilfælde af en konkurs kan to scenarier da udspille sig:

- 1) Hvis der er en succesrig bank, kan denne vælge at købe den konkursramte banks aktiver, efter indskudsgarantien har dækket den konkursramte banks indskyderes tab og derved modtage to enheder kapital til investering i den kommende periode.
- 2) Hvis begge banker går konkurs oven på dårligt performende lån, melder der sig en gruppe udefrakommende investorer. Disse investorer har kapital nok til at købe de to bankers likvide aktiver, efter indskudsgarantien har erstattet indskydernes tab. Dog er der en vis aktivspecifitet, som gør, at disse investorer ikke er i stand til at opnå samme afkast, R på vellykkede investeringer, som bankerne kunne, hvorfor forventet afkast under deres administration kun er $\alpha_t(R - \Delta)$. Det faktum, at det forventede afkast mindskes for disse investorer, medfører at den pris de er villige til at betale for aktiverne, er under markedsprisen for disse aktiver, og det følger heraf at der sker et dødvægtstab. Det er grundet specifitet og det relaterede dødvægtstab, at det er en succesrig bank - og ikke udefrakommende investorer - der vil overtage en nødstedt bank, givet at der er en succesrig bank.

Efter hver bank har valgt en sektor at udstede lån til i $t=0$ og disses performance signaleres i $t=1$, er der dermed fire mulige udfald:

SS: Bank A og B realiserer begge et højt afkast og kan uden problemer operere videre i næste periode.

FF: Bank A og B realiserer begge tab på deres investeringer, og de regulerende myndigheder sælger bankernes aktiver til udefrakommende investorer. Den højeste pris, de er villige til at give, er deres forventede payoff, $p_{low} = \alpha_1(R - \Delta - 1)$.

FS/SF: En af de to banker realiserer tab, mens den anden realiserer et højt afkast, R . De regulerende myndigheder ser helst et salg af den nødstedte banks aktiver til den overlevende bank. Værdien af aktiverne for den overlevende bank er egentlig $p^{high} = \alpha_1(R - 1)$, men da banken er bevidst om at myndighedernes alternativ er at sælge med nedslag til investorerne, kan den anskaffe aktiverne til $p^* \in (p_{low}, p_{high})$.

Sandsynlighederne for disse fire udfald afhænger af de to bankers valg af sektor og i særdeleshed korrelationen af de to bankers valg. Bankerne kan vælge at investere i den samme sektor, hvorved de er fuldt korreleret, $\rho = 1$ eller i forskellige sektorer, hvilket medfører uafhængige afkast, $\rho = 0$. De betingede sandsynligheder for de fire udfald givet ρ ses i figur 4.1.

		Same Industry		Different Industries	
		Bank B		Bank B	
		High (R)	Low (0)	High (R)	Low (0)
Bank A	High (R)	α_t	0	α_t^2	$\alpha_t(1 - \alpha_t)$
	Low (0)	0	$1 - \alpha_t$	$\alpha_t(1 - \alpha_t)$	$(1 - \alpha_t)^2$

Figur 4.1: Betingede sandsynligheder for afkast på udlån. Kilde: Acharya, Santos & Yourulmazer (2010).

Ligesom i modellen i afsnit 3 finder vi her, at korrelationen i investeringsemner er af betydning. Det skyldes, at den forventede udgift til myndighederne - eller til SRF - er højere, når bankerne investerer korreleret. Det ses ved at myndighederne med sandsynlighed $(1 - \alpha_t)$ har en omkostning $(1 - p_{low})$ som følge af, at begge banker går konkurs og må sælges til investorer. Investerer bankerne modsat i forskellige sektorer, mindskes sandsynligheden godt nok for SS-scenariet, men samtidig mindskes sandsynligheden for det kostelige FF-scenarie til $(1 - \alpha_t)^2$, idet en del af sandsynlighedsmassen, $2\alpha_t(1 - \alpha_t)$, vil rykkes mod FS/SF-scenarier, hvori bankerne kan overtage hinandens aktiver.

FF-scenariet kan fortolkes som en systemisk krise, og heri er der en lavere recovery. I modellen er det fordi, der må sælges med dødvægtstab, men det kan også tænkes som konsekvenserne af et brandsalg, hvor aktiverne mister værdi. Resultatet herfra er, at den præmie, der betales til SRF eller en lignende ordning, ikke blot skal tage højde for den enkeltes risiko, men også for risikoen for den enkeltes involvering i systemiske begivenheder, hvilket øges blandt andet ved korrelerede aktivsider.

Et andet resultat følger, hvis vi ændrer de to banker fra at være homogene til at være én stor bank og én lille bank. I det tilfælde opstår der en asymmetri i SF/FS-scenarier, idet værdien af den store banks aktiver vil være for stor for den lille bank til at købe i en situation, hvor den store bank nødstedes og den lille forventes at overtage. Dermed er myndigheden nødsaget til at sælge til udefrakommende investorer med specificitetstab. Derfor bør præmien ligeledes skelne mellem store og små banker, således at store banker opkræves en højere præmie, der reflekterer dødvægtstab.

4.1.3 Konkurs med mulighed for bailout

Lad os nu udvide modellen, således det er muligt for den regulerende myndighed at baile de to banker ud i tilfælde af en systemisk begivenhed ved at stille likviditet til rådighed for bankerne, som alternativ til at sælge bankens aktiver til udefrakommende investorer. Samfundets omkostning, ved at myndighederne vælger at stille likviditet til rådighed til at baile en bank ud, antages at følge en simpel funktion $c(x) = ax$, således omkostningen er stigende i antallet af banker. Denne omkostning skal sammenlignes med samfundets forventede omkostning i forbindelse med et dødvægtstab ved at sælge bankens likviderede aktiver til udefrakommende investorer, $\alpha_1\Delta$.

Således vil de to banker blive bailet ud, hvis $2\alpha_1\Delta > c(2)$. Hvis en bank bailes ud, er dens forventede profit i den efterfølgende periode igen $p_{high} = \alpha_1(R - 1)$, hvorimod ingen profit selvsagt vil opstå, hvis den likvideres og sælges.

Det ses, at samfundet dog vil lide et tab under begge alternativer. Dette tab skyldes en dækning, som bankerne ikke har betalt præmie for, hvorfor der stadig vil være incitament til moral hazard. Løsningen er at udforme en præmie, q , som på samme tid indpriser alle associerede omkostninger og som er incitamentsforligende, således bankerne tilskyndes til at vælge ukorrelerede investeringer. For internaliseringen af omkostninger må præmien for banker, der vælger korreleret investeringer, $q_{\rho=1}$, således reflekterer den forventede omkostning af tabet i værdien af aktivernes værdi, som skal erstattes, samt omkostningen ved bailout eller dødvægtstab, hvilket giver at $q_{\rho=1} = (1 - \alpha_0)[(1 - p_{low}) + \min\{c(x); \alpha_1\Delta\}]$. Dette elimine-

rer dog ikke moral hazard fuldstændig som følge af den forventede værdi af en bailout og den efterfølgende mulige profit.

4.1.4 Moral hazard-eliminerende forsikringspræmie

For at eliminere moral hazard fuldstændigt tager vi udgangspunkt i en banks initiale forventede profit af de følgende to perioder, som funktion af den valgte korrelation. Dermed kan vi opnå de to præmier $q_{\rho=1}^*$ og $q_{\rho=0}^*$ som skal gælde for banker, der vælger at investere korreleret hhv. ukorreleret, for helt at fjerne moral hazard.

Vi har, at en bank søger at maksimere forventet profit over de to perioder

$$E(\pi_1(\rho)) + E(\pi_2(\rho))$$

For $\rho = 1$ følger det af figur 4.1 at

$$E(\pi_2(1)) = \alpha_0 E(\pi_2^{SS}) + (1 - \alpha_0) E(\pi_2^{FF}) - q_{\rho=1}^* \quad (4.1)$$

For $\rho = 0$ følger det at

$$E(\pi_2(0)) = \alpha_0^2 E(\pi_2^{SS}) + \alpha_0(1 - \alpha_0) E(\pi_2^{SF}) + (1 - \alpha_0)^2 E(\pi_2^{FF}) - q_{\rho=0}^* \quad (4.2)$$

$E(\pi_2^{SF})$ er ækvivalent med summen af $E(\pi_2^{SS})$ og rabatten $(p_{high} - p^*)$, som opnåes på den nødstedte banks aktiver som følge af positionen som en overlevende bank, der ikke lider under specificitet. Derfor kan vi skrive ligning 4.2 som

$$E(\pi_2(0)) = \alpha_0 E(\pi_2^{SS}) + \alpha_0(1 - \alpha_0)(p_{high} - p^*) + (1 - \alpha_0)^2 E(\pi_2^{FF}) - q_{\rho=0}^* \quad (4.3)$$

Herfra kan det forventede merafkast ved at investere korreleret fremfor ukorreleret skrives som

$$E(\pi_2(1)) - E(\pi_2(0)) = \alpha_0(1 - \alpha_0)[E(\pi_2^{FF}) - (p_{high} - p^*)] - q_{\rho=1}^* + q_{\rho=0}^* \quad (4.4)$$

Da der eksisterer moral hazard motiver for $E(\pi_2(1)) - E(\pi_2(0)) > 0$, skal det gælde at

$$q_{\rho=1}^* \geq q_{\rho=0}^* + \alpha_0(1 - \alpha_0)[E(\pi_2^{FF}) - (p_{high} - p^*)] \quad (4.5)$$

Resultat: Fra ligning 4.5 ses det, at for at begrænse eller helt eliminere moral hazard, skal det søges:

1. at minimere en banks forventede værdi af en bailout
2. at gøre det mere profitabelt at overtage nødstedte konkurrenters aktiver
3. at øge skellet mellem præmier for at investere henholdsvis korreleret og ukorreleret.

For at efterkomme disse resultater kan man først og fremmest ty til justeringer af penalty-raten. Denne er merforrentning af den likviditet, som en institution stilles i rådighed i forbindelse med en bailout. Hvis den efterfølgende omkostning af en bailout stiger, vil værdien af en bailout følgelig falde. For det andet kan det opnåes gennem en klar tilkendegivelse fra myndigheder, om at der på ingen måde ydes støtte til insolvente institutioner, men udelukkende til solvente, dog illikvide institutioner. Herved sænkes den forventede værdi af en bailout gennem sandsynligheden for en bailout. Yderligere skal afviklinger af insolvente institutioner modsat løses af markedet med et eventuelt subsidie til den overtagende part.

Særligt det første resultat er vigtigt for os. Ved at udpege udvalgte banker til banker, hvis frafald samfundet ikke kan bære, er det oplagt at stille spørgsmålstejn ved, om den forventede værdi af en bailout minimeres.

Vi vil senere i Del IV sammenligne ovenstående resultater med den danske interventionspolitik under finanskrisen og med den nylige SIFI-lovgivning. Før vi kommer så langt, vil vi dog først gennem Del II og Del III gøre os klogere på modellering og måling af systemisk risiko og systemisk vigtighed.

Del II

Metoder til måling af systemisk risiko

Evnen til på kvalificeret vis at kvantificere og måle systemisk risiko er vigtig for at kunne administrere og begrænse systemisk risiko, og derved sikre finansiel stabilitet og en stabil vækst i samfundsøkonomien. I denne Del vil vi derfor udlede en metode til at måle systemisk risiko og enkelte bankers bidrag hertil. Gennem forskellige perspektiver i litteraturen vil metoden forfines og udvides for at fange flere vigtige elementer i systemisk risikomåling. I afsnit 5 og 6 belyser vi først modellering og måling af systemisk risiko vha. modeller baseret på markedsdata, og senere i afsnit 8 og 9 komplementerer vi med netværksmodeller, som har en lidt anderledes tilgang, idet de er simulationsbaseret på baggrund af regnskabsdata. Fælles for modellerne er, at de opfatter det finansielle system eller netværk som en portefølje af banker.

5 Model for kvantificering af bankstabilitet

Som nogle af de første konstruerer Segoviano og Goodhart (2009) [23] en metode til at estimere en række kvantitative mål for bankstabilitet og systemisk risiko. De udleder en metode til at estimere målene på en måde, der tager højde for bankernes indbyrdes afhængighed, som opstår som konsekvens af forbundethed i det finansielle system. Denne forbundethed kan tilskrives eksempelvis ensartede aktiver, som vi så det i afsnit 3, eller mere direkte forbindelser, som vi vil undersøge senere. Forbundetheden optræder ikke eksplicit, men systemets afhængighedsstruktur udledes matematisk på baggrund af en særlig multivariat tæthed for systemet, som konstrueres ud fra bankernes individuelle fallitsandsynligheder. Frameworket giver mulighed for at måle og analysere bankstabilitet i tre forskellige perspektiver, nemlig

1. System-wide systemisk risiko
 - Dette indeholder information om, i hvilket omfang et banksystem som helhed er skrøbeligt og præget af systemisk risiko. System-wide systemisk risiko er den samlede mængde systemisk risiko i hele systemet.
2. Afhængighed mellem specifikke banker
 - Dette kan fortælle os om, hvordan den bivariate forbindelse mellem to banker er karakteriseret.
3. Systemisk risiko givet en specifik banks distress
 - Dette indeholder vigtig viden om den negative effekt på systemisk risiko, som den enkelte banks distress forvolder.

Før vi specificerer de konkrete mål, vil vi først fokusere på modelleringen af banksystemets multivariate tæthed. Det er denne som ligger til grund for estimationen af målene for bankstabilitet og systemisk risiko, og vi vil herigennem belyse og diskutere forudsætningen for at lykkes med at kunne estimere mål for systemisk risiko på kvalificeret vis.

5.1 Multivariat tæthed for bankstabilitet

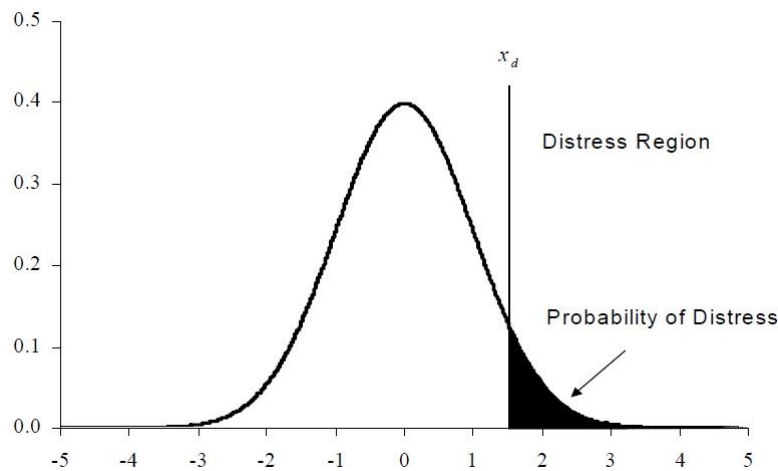
Når vi skal modellere indbyrdes afhængighed mellem bankerne, er der en række ting at tage hensyn til. En succesfuld modellering kræver, at vi indser, at indbyrdes afhængighed betyder, at en banks fallit eller distress har betydning for en eller flere andre bankers fallit eller distress. Således er bankernes fallitsandsynligheder afhængige af hinandens. Indbyrdes afhængighed mellem bankers distress- eller fallitsandsynligheder er ækvivalent med indbyrdes afhængighed mellem halesandsynligheder. Under normale omstændigheder ville en simpel korrelationsmodel kunne benyttes til at modellere sammenhængen mellem tilstande i et system af banker. Men korrelation er imidlertid et mål for den gennemsnitlige lineære sammenhæng mellem to variable. Det vil sige, at korrelationkoefficienten tildeles stor vægt fra fordelingerne centrum og mindre og mindre vægt, som vi nærmer os fordelings haler. Idet vi ene og alene interesserer os for halebegivenheder, ses det tydeligt, at korrelationsmodeller ikke er et oplagt valg.

Som et alternativ til en simpel korrelationsmodel kan man benytte en copula. En copula er et matematisk værktøj, som sammenkobler flere risici. Metoden er baseret på Sklars Theorem, som siger, at enhver multivariat kumulativ fordelingsfunktion

$H(x_1, \dots, x_d) = P[X_1 \leq x_1, \dots, X_d \leq x_d]$, for hvilken marginalfordelinger er givet ved $F_i(x) = P[X_i \leq x]$ kan omskrives til $H(x_1, \dots, x_d) = C(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d))$, hvor $C(\cdot)$ er en copula. Med andre ord siger Sklars Theorem, at enhver multivariat fordeling kan dekomponeres til to sæt af information; information om de marginale fordelinger og information om afhængighedsstrukturen mellem variablene. Fra disse to sæt af information kan foretages en rensning, som isolerer afhængighedsstrukturen mellem variablene.

Det første vi, behøver for at få indsigt i systemets afhængighedsstruktur, er bankernes marginale fordelinger. For hver bank estimeres en tabsfordeling over bankens aktiver på baggrund af markedssdata om banken, såsom aktiekurser eller CDS-spænd.⁵ Som det ses i figur 5.1 defineres i tabsfordelingens øvre hale en distressregion, som afgrænses af en tærskelværdi, x_d . En realisering i dette område defineres som et tab, så stort, at banken efterfølgende vil befinde

⁵Segoviano et al. benytter CDS-spænd hertil. Det angives ikke eksplicit, hvordan en banks CDS-spænd inkorporeres i dens distresssandsynlighed, men jeg antager, at et højt CDS-spænd medfører større sandsynlighedsmasse i distressregionen, idet et højere CDS-spænd er udtryk for, at sælgere af CDS'en kræver en højere præmie for at dække køberens risiko forbundet med referencen, hvorpå CDS'en er skrevet.



Figur 5.1: Eksempel på en distresssandsynlighed. Tærskelværdien x_d afgrænser distressregionen i højre hale af tabsfordelingen. Kilde: Segoviano et al. (2009).

sig i en distressstilstand. Distress betegner, at en bank vil opleve finansielle problemer og dermed have overordentligt svært ved at imødekomme forpligtelser overfor kreditorer. Distress er dermed en marginalt mildere grad af default, og defineres som en stærkt forhøjet risiko for en efterfølgende default og afspejler bankens generelle tilstand og risikobillede, for eksempel likviditetsrisiko og kreditrisiko.

For at kunne benytte en copula til at udtrække information omkring afhængighedsstrukturer, skal de individuelle tabsfordelinger sammensættes til en multivariat tæthed for banksystemets stabilitet. Segoviano et al.'s løsning hertil er at udføre kombineringen gennem en estimation vha. en metode kaldet Consistent Information Multivariat Density Optimization (CIMDO). Når dette er gjort, kan en copula udtrække afhængighedsstrukturerne. Dog er der store forskelligheder i copulaer. En gaussisk copula antager eksempelvis en multivariat normal fordeling, hvilket ikke gælder i vores tilfælde, da det ville resultere i kraftig undervurdering af halesandsynligheder, hvilket oplagt er problematisk. Segoviano et al. isolerer afhængighedsstrukturer med en CIMDO-copula, som benytter parametre fra kombineringen af de marginale fordelinger. En detaljeret gennemgang af CIMDO-metoden til tæthedsestimtion og estimation af copula forefindes i appendiks side 81 - her forklares CIMDO-metoden i hovedtræk.

Ved CIMDO-metoden udledes den multivariate tæthed for bankstabilitet, p , ved at opdatere en forudgående tæthed, q , med information om de marginale fordelinger gennem en række betingelser. Betingelserne sikrer, at den multivariate tætheds marginale fordelinger er så konsistente med de marginale fordelinger baseret på de empiriske CDS-spænd, og at tætheden p samtidig er den tæthed, som minder mest om den forudgående multivariate tæthed q . En række lagrangemultiplikatore garanterer, at disse betingelser overholdes bedst muligt i

den opdaterende tæthedsestimation og disse benyttes endvidere i estimationen af den endelige tæthed, p . Når den multivariate tæthed er estimeret, benyttes CIMDO-copulaen på den multivariate tæthed til at dekomponere information om de marginale tabsfordelinger og afhængighedsstrukturen. CIMDO-copulaen er en funktion af lagrangemultiplikatorerne fra opdateringen af den multivariate tæthed. Fordi copulaen er en funktion af disse, ændres copulaen, hver gang lagrangemultiplikatorerne ændres. Disse ændres, hver gang tætheden opdateres. Dermed opdateres afhængighedsstrukturen imellem bankerne i systemet, hver gang tabsfordelingen opdateres, hvilket kan ske, hver gang et nyt CDS-spænd kendes. Dermed er både tæthed og afhængighedsstruktur tidsvariante. I estimationen af systemets multivariate tæthed gøres ingen antagelser om fordelingen af x og y , hvorfor tætheden er ikke-normal og ikke undervurderer halebegivenheder. Segoviano et al. viser endda, at CIMDO-copulaen er mest robust i halen, hvormed særligt afhængighedsstrukturer i distresssituationer, som er det mest interessante for os, er godt estimeret ved CIMDO-metoden.

5.2 Mål for bankstabilitet

Vi har nu gennemgået modelleringen af banksystemets ikke-normale multivariate tæthed og set hvordan afhængighedsstrukturen kan findes gennem CIMDO-metoden. Med dette på plads, kan vi nu bevæge os videre og specificere de fire konkrete mål for bankstabilitet, som er baseret på systemets afhængighedsstruktur.

5.2.1 System-wide systemisk risiko

Vi skal her se to forskellige mål som har til formål at kvantificere system-wide systemisk risiko, som er den generelle tilstand i banksystemet. De to mål er dermed et udtryk for den systemiske risiko eller den distresssandsynlighed som ikke er knyttet direkte til en specifik bank, men som er fæstnet i systemet.

Joint Probability of Distress

Det første mål af de to er The Joint Probability of Distress (J.PoD), som er sandsynligheden for, at alle banker i systemet vil være i distress på samme tid. J.PoD er defineret som $P(X_1^X \cap X_2^X \cap \dots \cap X_N^X)$, hvor X_i^X repræsenterer Bank i værende i distress. Det er altså på baggrund af hver enkelte banks individuelle fallitsandsynlighed og sammenhængen mellem disse (som udledes vha. CIMDO-copulen), at J.PoD kvantificerer den totale systemiske risiko.

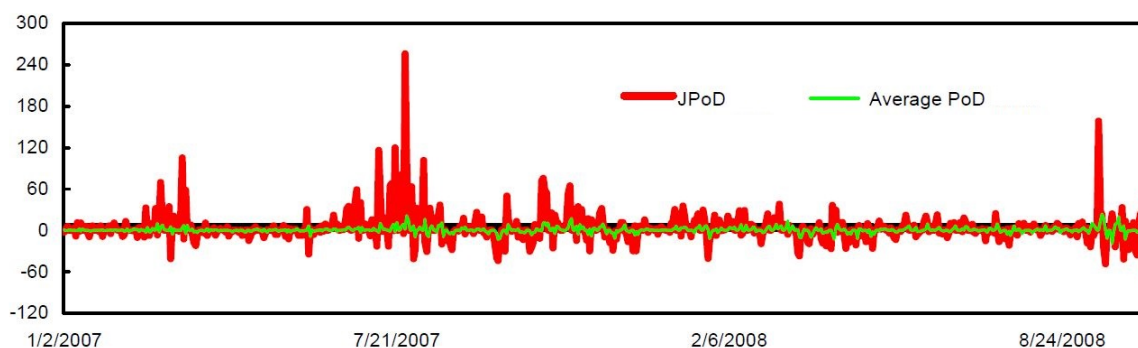
J.PoD kan estimeres fra den multivariate tæthed ved

$$J.PoD = \int_{x_d^{X_1}}^{\infty} \int_{x_d^{X_2}}^{\infty} \dots \int_{x_d^{X_N}}^{\infty} \hat{p}(X_1, X_2, \dots, X_N) dX_1 dX_2 \dots dX_N \quad (5.1)$$

Ligning 5.1 integrerer N gange over al sandsynlighedsmasse, som befinder sig i de marginale fordelingers distressregioner. Den multivariate tæthed integreres altså først mht. X_1^X . Dette integrale integreres derefter mht. X_2^X , og så fremdeles integreres N gange.

J.PoD er selvsagt en forsvindende lav sandsynlighed, og i sig selv er sandsynligheden for dette ekstreme udfald så lavt, at det kan tænkes irrelevant at kvantificere denne.

Imidlertid kan J.PoD benyttes til at kvantificere udviklingen i en tidsserie af J.PoD, for derefter at kunne evaluere niveauet - nuværende eller i retrospekt - af systemisk risiko. Ovenpå de sidste 7-8 års uroligheder i de finansielle markeder, har det vist sig vældig nyttigt at være i stand til netop det.



Figur 5.2: Procentuelle ændring i hhv. J.PoD og gennemsnitlig idiosynkratisk distresssandsynlighed. Det er helt tydeligt, at der til tider ikke er linearitet mellem de to. *Kilde: Segoviano et al. (2009).*

Figur 5.2 viser den procentvise ændring i J.PoD og den procentvise ændring i den gennemsnitlige idiosynkratiske distresssandsynlighed. Det ses, at den daglige ændring i procent er markant større for J.PoD end for den gennemsnitlige idiosynkratiske distresssandsynlighed. Det dokumenterer, at i perioder med finansielle problemer kan systemisk risiko øges kraftigere end lineært i forhold til idiosynkratiske risici. Denne observationen beviser, at distressafhængigheden øges, idet vi ved, at der i J.PoD er indlejret information om dels marginale fordelinger og dels afhængighedsstrukturen. Idet de marginale fordelinger kun kan forklare udsvinget i gennemsnitlig idiosynkratiske distresssandsynligheder, er det ændringer i afhængighedsstrukturen, der forskylder den store forskel mellem de to serier. Det viser os, at afhængighedsstrukturen spiller en betydelig rolle for systemisk risiko, og fra figur 5.2 er der ej heller tvivl om, at distressafhængigheden eller systemisk risiko er varierende med tiden.

Banking Stability Index

Et andet mål for banksystemets generelle tilstand er The Banking Stability Index (BSI). BSI tager som et eksogent chok til systemet en default af en tilfældig bank i banksystemet og udtrykker det forventede antal banker, som efterfølgende vil være i en distress tilstand givet det

eksogene chok. Matematisk kan det udtrykkes som

$$BSI = \frac{\sum_{i=1}^N P(X_i \geq x_d^{X_i})}{1 - \prod_{i=1}^N P(X_i < x_d^{X_i})}$$

BSI er altså summen af distresssandsynligheder over 1 minus sandsynligheden for N simultane distressbegivenheder. Sandsynligheden for N simultane distressbegivenheder er ækvivalent med J.PoD, og BSI er derfor i tæt relation med J.PoD men blot mere intuitivt. På samme måde som J.PoD kan BSI benyttes som en tidsserie for at evaluere den systemiske risiko. Svagheden ved BSI er, at BSI ikke giver information om *hvilke* banker, der formodes at bringes i en distresstilstand efterfølgende et chok.

Som vi skal se i senere afsnit, kan system-wide systemisk risiko også måles ved at benytte Expected Shortfall eller Value-at-Risk mål ifbm. simulationsmetoder. Metoderne antages at være velkendte, og vil derfor ikke blive redegjort for.

5.2.2 Afhængighed mellem specifikke banker

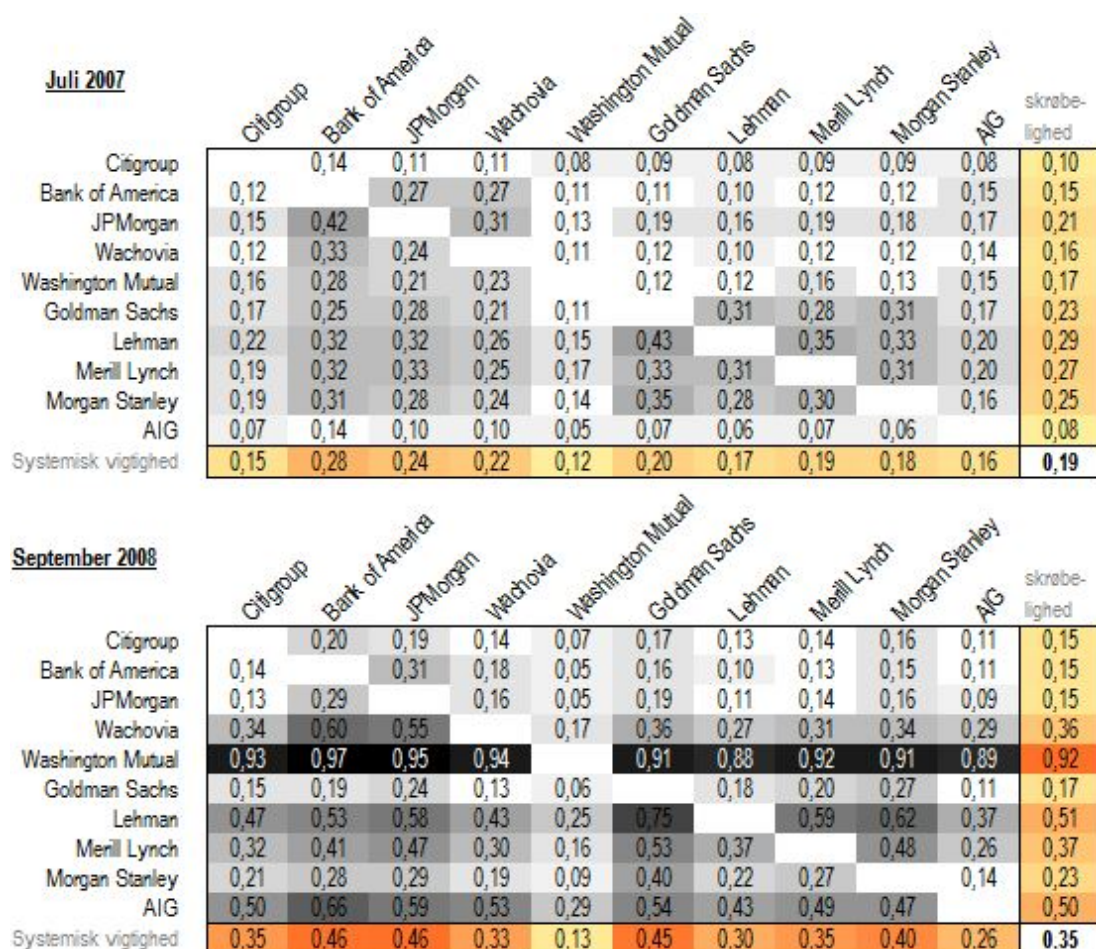
Vi så ovenfor, hvordan system-wide systemisk risiko kan måles. Ved at zoome ind på distress mellem specifikke banker kan vi undersøge, hvordan et institut afhænger af et eller flere andre. En mere præcis specificering af hvor i systemet distress kan opstå eller amplificeres, kan være et vigtigt redskab i forbindelse med overvågning af systemisk risiko.

På baggrund af systemets afhængighedsstruktur konstrueres en distressafhængighedsmatrix. Denne består af parvise betingede distresssandsynligheder for samtlige banker i et banksystem. Elementerne i matricen er givet ved

$$DD_{i,j} = \frac{P(X_i \geq x_d^{X_i}, X_j \geq x_d^{X_j})}{P(X_j \geq x_d^{X_j})}$$

Disse angiver sandsynligheden for, at bank i vil komme til at være i distresstilstand givet at bank j bliver det. Omvendt angiver elementerne $DD_{j,i}$ sandsynligheden for, at bank j vil komme til at være i distresstilstand, givet at bank i bliver det. Elementerne kan evalueres parvist for at bidrage med viden om to bankers afhængighed af hinanden, og derigennem hjælpe med at identificere særligt risikable forbindelser mellem enkelte banker, hvori distress i en bank med høj sandsynlighed efterfølges af distress i en anden bank.

Figur 5.3 viser en modificeret udgave af Segoviano et al.'s empiriske applikation af distressafhængighedsmatricer.⁶ Jeg har defineret farvekoder i overensstemmelse med 0,05-intervaller af distressafhængighed, således at en mørkere nuance ved et element er ækvivalent med en højere distressafhængighed. Heatmappet fra 2008 er markant mørkere end heatmap'et fra 2007 og er ikke mørkest de samme steder. Dermed ses det tydeligt, at afhængighedsstrukturen er tidsvariant.



Figur 5.3: Heatmap som kan benyttes til nemt at identificere bilateral distressafhængighed. Jo mørke et felt er, des kraftigere er afhængigheden af den ene bank på den anden. *Kilde: Egen illustration baseret på Segoviano et al. (2009).*

Ved at transformere distressafhængighedsmatricen til et heatmap, er det nemt at identificere mulige systemisk vigtige og skrøbelige banker. Høje elementer vertikalt eller et højt rækkengennemsnit indikerer, at banken er *systemisk vigtig*, idet en situation hvor den pågældende bank kommer i en distresstilstand i flere tilfælde kan øge sandsynligheden for, at en af bankens modparter ligeledes vil komme til at være i en distresstilstand.

⁶Jeg har ændret diagonalen fra 1 til at være tom, da Segoviano et al. medtager 1-taller fra diagonalen i gennemsnittet, hvorved række- og søjlegennemsnit bliver misvisende høje. Desuden har jeg defineret intervaller for distressafhængighed og dertilhørende farver og tilføjet dette til Segoviano et al.'s arbejde.

Høje elementer horisontalt eller et højt søjlegennemsnit indikerer modsat, at en bank kan være *skrøbelig*.

Heatmap'et fra juli 2007 identificerer særligt Bank of America, JP Morgan og Wachovia som værende systemisk vigtige, idet distress indenfor disse institutioner vil kunne sprede sig med betydelig sandsynlighed til de fleste banker i systemet.

Lehman Brothers og Merrill Lynch ses at være de mest skrøbelige banker, sammen med Goldman Sachs og Morgan Stanley, som også er relativt let modtagelige overfor modparters distress. Det mest giftige link i systemet er Lehman Brothers afhængighed af Goldman Sachs.

I september 2008 er situationen tydeligt spidset til. Washington Mutual er ekstremt skrøbelig, da den har en sandsynlighed på 92 % for at komme i distress, hvis en tilfældig modpart gør det. Washington Mutual blev da også overtaget af United States Office of Thrift Supervision og solgt til JP Morgan Chase samme måned. Desuden ses det, at Lehman Brothers og forsikringsgiganten AIG, som henholdsvis gik konkurs og blev baillet ud kort efter, også er meget skrøbelige. Bank of America og JP Morgan er fortsat de mest systemisk vigtige, men ændringer i afhængighedsstrukturer gør, at Goldman Sachs og Morgan Stanley har mere end fordoblet deres sandsynlighed for, at en distress hos dem vil sprede sig.

Gennemsnittet af distressafhængigheder er steget fra 0,19 til 0,35, hvilket ligeledes er et udtryk for, at distressafhængighed stiger under krisetider og understøtter, ligesom J.PoD og BSI, at systemisk risiko stiger hurtigere end summen af idiosynkratiske risici. Det skal dog bemærkes, at række- og søjlegennemsnit ikke kan benyttes sådan, at eksempelvis distress i Citigroup i Juli 2007 betyder, at 15% af det finansielle system går i distress ej heller, at der er 15% sandsynlighed for, at en anden institution går i distress. Distressafhængighedsmatricen kan således bruges til at se mange bilaterale afhængigheder simultant, og gennemsnittet af disse er udelukkende en indikerende værdi for den gennemsnitlige bilaterale afhængighed.

For at kunne specificere en specifik banks distress effekt på hele systemet, må vi se på et fjerde mål, PAO-målet.

5.2.3 Systemisk risiko givet en specifik banks distress.

PAO er en forkortelse af Probability that At least One bank becomes distressed. PAO-målet udtrykker sandsynligheden for, at mindst én bank vil være i en distresstilstand givet, at en specifik bank kommer i en distresstilstand. Denne kategori af mål indeholder den højeste informationsværdi og er det mest brugbare værktøj for regulerende myndigheder, idet de ikke blot beskriver systemets generelle tilstand eller sammenhængen med én bank, men knytter

sig til én specifik banks indflydelse på systemet som et hele. PAO kan derfor være et brugbart værktøj i forsøget på at opnå indikationer om en banks systemiske vigtighed i et banknetværk.

PAO_i er foreningsmængden af banksystemets $N-1$ distresssandsynligheder betinget på bank i 's distress. I et fiktivt banksystem med $N = 4$, $N \in A, B, C, D$ er PAO givet ved

$$\begin{aligned} PAO_A &= P(B | A) + P(C | A) + P(D | A) \\ &\quad - [P(B \cap C | A) + P(C \cap D | A) + P(B \cap D | A)] \\ &\quad + P(B \cap C \cap D | A) \end{aligned} \tag{5.2}$$

At PAO udtrykker sandsynligheden for, at mindst en bank vil komme i en distresstilstand, gør det dog uklart, om der reelt er tale om et mål for systemisk vigtighed. Det gør det, fordi en høj PAO ikke nødvendigvis er ensbetydende med, at der er tale om en bredere smitteeffekt og ikke kvantificerer graden af distress. Tag for eksempel en bank, Bank A, som er uden reel betydning for hele banksystemet undtaget én bank, Bank D. Bank D er ligeledes ikke af nogen særlig betydning for de resterende banker i systemet. I tilfælde af at Bank A og Bank D's relation er af en sådan karakter, at Bank A's fravær af distress er altafgørende for Bank D's videre virke, vil Bank A have en meget høj PAO. Det er på trods af, at smitteeffekten fra Bank A's distress til resten af systemet er yderst begrænset, idet kun Bank B bliver berørt. Den samme pointe ses også fra Ligning 5.2 som betegner PAO; størrelsen af hver enkel attribut spiller ikke en rolle for PAO, men kun den samlede foreningsmængde. PAO kommer særligt til kort ved, ikke at kunne fortælle os noget om graden af distress, men blot udtrykke sandsynligheden for en eller anden form for distress.

Segoviano et al.'s arbejde var på mange måder banebrydende. Der er dog plads til forbedring, og det gælder særligt for PAO-målet, som er af en type, som ideelt vil kunne bidrage med vigtig viden om specifikke bankers bidrag til systemisk risiko. Vi skal derfor i det næste se på en forfinelse af PAO-målet.

6 Forfinelse af PAO-målet

I afsnit 5 udledte vi en måde at modellere stabilitet og afhængighed i et banksystem og vi så 3 kategorier af mål for bankstabilitet. Vi konkluderede, at den sidste kategori, som kvantificerer distress i systemet, givet en specifik banks distress, er den kategori af mål, som indeholder mest information, og som er mest nyttig som et værktøj til præventiv overvågning. Vi vil derfor igennem resten af Del II stræbe efter at opnå det bedste mål til at opnå viden om mængden af systemisk risiko, som kan allokere til den enkelte bank.⁷ Målet havde dog en række ulemper. Disse vil vi i det følgende forsøge at overkomme ved at definere to nye mål, som er fremsat i Zhou og sammenligne disse med PAO.

6.1 Definition af mål

I et banksystem med d banker angiver indikatorne $(X_1, \dots, X_d)$ bankernes distress situation. Disse indikatorer kan baseres på udviklingen i eksempelvis egenkapital, Total Assets eller som i afsnit 5, CDS-spænd.⁸ Distress i en bank i defineres som værende, hvis X_i er højere end en tærskelværdi defineret vha. Value-at-Risk.

$$P(X_i > VaR_i(p)) = p$$

$VaR(p)$ er den værdi, for hvilken realisationer højere end denne forventes at forekomme i $p\%$ fremtidige realisationer. Således er tærskelværdien for X_i sat sådan, at bank i er i distress med sandsynligheden p .

Med denne definition af distress kan PAO-målet redefineres som

$$PAO_i(p) \equiv P(\exists j \neq i : X_j > VaR_j(p) | X_i > VaR_i(p)) \quad (6.1)$$

PAO definerer altså stadig sandsynligheden for, at der eksisterer (mindst) en bank, Bank j , forskellig fra Bank i , således at Bank j er i distress, givet at Bank i er i distress, men er nu blot omformuleret.

Videre kan vi vende PAO målet om, så at sige, for derigennem at opnå et Vulnerability Index-mål (VI). VI udtrykker dermed sandsynligheden for, at Bank i krakker givet, at der eksisterer (mindst) en anden bank, Bank j , som er krakket. En høj VI antyder dermed, at en bank

⁷Vi vil senere se, at det ikke nødvendigvis skal være betinget af den pågældende banks distress eller default, men alene bankens tilstedeværelse i systemet, som kan allokere.

⁸Indikatorer er baseret på den negative udvikling, således et stort tab er en halebegivenhed i højre hale. Derfor er der tale om VaR og ikke $-VaR$.

er særlig modtagelig overfor negative smitteeffekter fra andre banker. VI er givet ved

$$VI_i(p) \equiv P(X_i > VaR_i(p) | \exists j \neq i : X_j > VaR_j(p)) \quad (6.2)$$

og giver altså den information, som vi gerne ville kunne læse ud fra rækkegennemsnittet i distressafhængighedsmatricen fra figur 5.3.

Udover at PAO ikke specificerer omfanget af den eventuelle ekstra bankkrise, som følger Bank i 's krise, er et andet kritikpunkt, at PAO-målet er for koncentreret over den øvre del af intervallet $[0;1]$. Således bliver sammenligning mellem PAO_i og PAO_j samt PAO_t og PAO_{t+1} besværliggjort, og muligvis kan en udvikling skjules i et i forvejen højt niveau.

For at undgå dette defineres Systemic Impact Index (SII), som

$$SII_i(p) \equiv E\left(\sum_{j=1}^d 1_{X_j > VaR_j(p)} | X_i > VaR_i(p)\right) \quad (6.3)$$

SII er altså en simpel tællerfunktion, som tæller det forventede antal af banker, som vil befinde sig i distress givet Bank i 's krak. Det skal bemærkes, at sumationen sker fra $j = 1$ til d , og altså ikke har en $j \neq i$ betingelse. Resultatet af SII indeholder dermed Bank i selv, og der skal derfor subtraheres 1 fra SII for at få antallet af andre banker, der vil krakke som følge af bank i 's krak. Ved at måle konsekvensen af en banks krak, som *antallet* af efterfølgende krak i stedet for at måle den som sandsynligheden for et eller flere efterfølgende krak, kvantificeres omfanget af konsekvenserne af et bankkrak. Dermed overkommer SII den største mangel ved PAO.

SII minder på flere måder om BSI, idet der er tale om en kvantificering af antallet af efterfølgende krak. Forskellen er dog signifikant, idet SII knytter sig til en specifik bank, hvorimod BSI er konsekvensen af en tilfældig banks krak og dermed nærmere er et gennemsnit af SII.

6.1.1 Ekstremværditeori

Når vi her estimerer SII, VI og PAO gøres dette under ekstremværditeori. Ekstremværditeori er en måde at omgå manglen på ekstreme observationer - for vi har simpelthen ikke nok ekstreme observationer empirisk til rådighed til at modellere præcist, hvad der sker i ekstreme situationer såsom større bankkriser. Ekstremværditeori tager observationer i den høje ende af et domæne, og gennem ekstrapolation deraf skabes observationer i den ekstreme del af et domæne. Derved kan man gennem tilgængelige data skabe data, som kun sjældent forekommer grundet den ekstreme natur af disse.

Under denne metode defineres det, at ratioen mellem den simultane fordeling af distress, $P(X_1 > VaR_1(x_{1p}) \text{ or } \dots \text{ or } X_d > VaR_d(x_{dp}))$ og den marginale sandsynlighed for distress, p , går mod en funktion, $L(x_1 \dots x_d)$, for $p \rightarrow 0$.

Funktionen L beskriver afhængighedsstrukturen mellem $(1_{X_1}, \dots, 1_{X_d})$ og er en funktion af $(x_1, \dots, x_d)$, som er de variable, som indikatorfunktionerne er baseret på, ie. CDS-spænd, tab på egenkapital eller tab på Total Assets. $F(x_1, \dots, x_d)$ er således fordelingsfunktionen for indikatorfunktionen $(X_1, \dots, X_d)$. Gennem x_{ip} bestemmer funktionen L , hvor høj tærskelværdien for indikatorfunktionen 1_{X_i} er.

For $L(1, \dots, 1)$ beskriver L -funktionen kun halen af den copula som indeholder information om afhængighedsstrukturen i den simultane fordeling. L indeholder altså kun information om afhængighedsstrukturen i det absolut øvre domæne af copulaen, dvs. information om ekstreme halebegivenheder. Dette er modsat CIMDO-metoden, som indeholder information om afhængighedsstrukturen i hele domænet - i både krise tider og i normale tider. Ved kun at indeholde information fra øvre domæne, influeres afhængighedsstrukturen ikke af normale tider, og afhængighedsstrukturen beskriver derfor kun (og gælder kun for) ekstreme værdier, hvilket er ækvivalent med ekstraordinære bankkriser. Vist var CIMDO-metoden mest robust i øvre domæne, som vi bemærkede, men CIMDO-metodens afhængighedsstruktur forstyrres altså af at være estimeret på hele domænet, og afhængighedsstruktur estimeret under EVT er derfor mere retvisende for ekstreme halebegivenheder.

I dette multivariate EVT-setting karakteriserer de tre mål, SII, VI og PAO altså afhængighedsstrukturer mellem ekstreme halebegivenheder.⁹

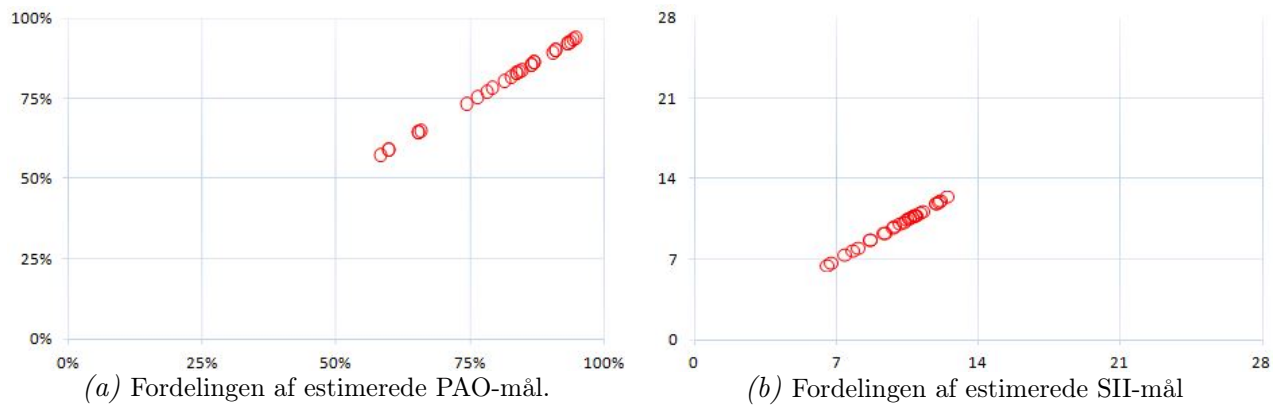
6.2 Empirisk sammenligning af SII, VI og PAO

Med en beskrivelse af baggrunden for udvidelsen af PAO-målet og en belysning af det teoretiske framework, kan vi nu sammenligne empiriske resultater for de tre mål.

På baggrund af daglige aktieafkast for 28 amerikanske banker i perioden 1987-2009 estimeres de tre mål under ekstremværditeori. Afkastene viser tydelige tegn på tunge haler og banker varierer meget i størrelse. Banksystemet, som blot er et udsnit af et egentligt banksystem, viser altså realistiske træk både i sammensætningen af systemet og udviklingen i det. I appendiks figur 1 ses en tabel med de estimerede værdier for de tre mål for de 28 banker over hele perioden.

⁹Zhou viser, at ved en lav p -værdi gælder det at $PAO_i(p) \approx PAO_i$, $VI_i(p) \approx VI_i$ og $SII_i(p) \approx SII_i$, men vil ikke gå yderligere i detaljer. I den empiriske del er alle mål estimeret under EVT med $p \approx 0$.

Disse værdier for PAO og SII er illustreret i figur 6.1a og 6.1b. Heraf ses det, at PAO ikke er mere koncentreret end SII i forhold til udfaldsrummet. SII ligger i intervallet $[6.53 ; 12.44]$ og dækker 22% af udfaldsrummet, mens PAO ligger i intervallet $[59.44\% ; 94.44\%]$ og dækker 35% af udfaldsrummet.



Figur 6.1: Fordelingen af de to mål i deres udfaldsrum. PAO er presset op mod målets øvre grænse.
Kilde: Egen illustration baseret på værdier fra Zhou (2010) - se appendiks figur 1.

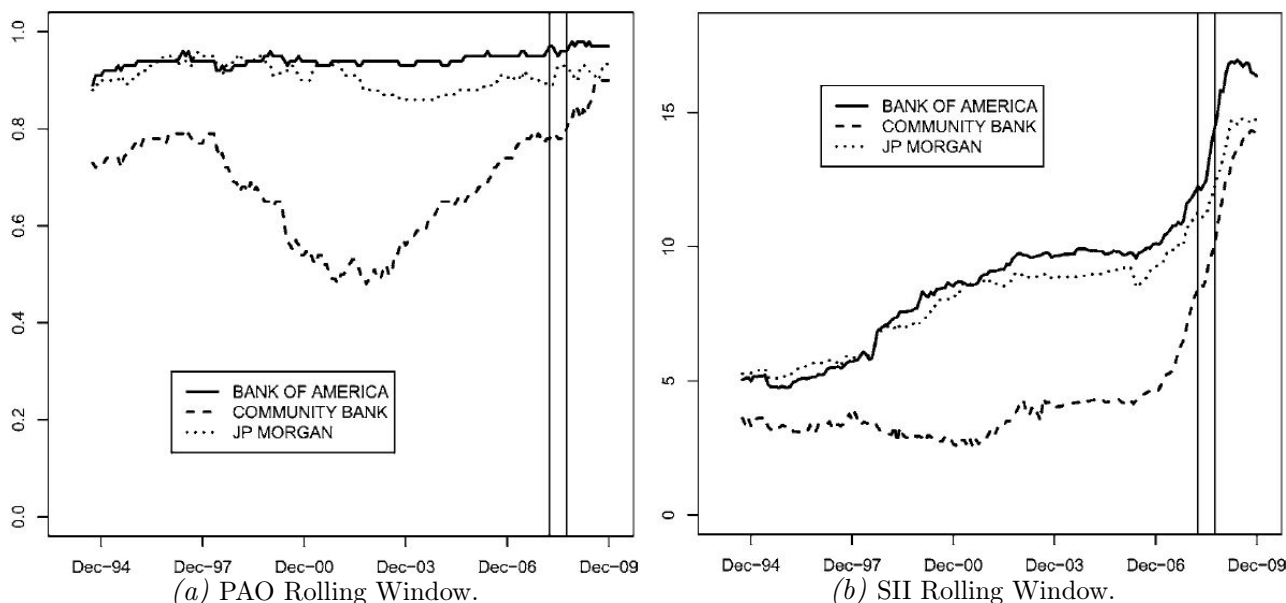
Det ses imidlertid, at mens SII ligger i nedre halvdel af domænet, ligger PAO i øvre halvdel af domænet og er endda koncentreret i øvre ende. For 12 af de 28 banker er PAO over 85% og for hele 8 banker er PAO over 90%. At PAO på den måde ligger i den meget høje ende af domænet, kan være en stor ulempe, idet et så højt initialt niveau kan virke som en tærskel for fremtidig udvikling.

I figur 6.2 tydeliggøres problemet med PAO. Her ses det, at PAO for Bank of America og JP Morgan ligger på et meget højt niveau helt fra 1994. Mens SII for Bank of America stiger fra 5 i 1994 til ca. 17 efter Bear Sterns bailout og Lehman Brothers konkurs, så rammer PAO gentagne gange den øvre grænse, som den nærmest allerede var på initialt. Denne manglende mulighed for at udvikle sig opad, er et stort problem ved PAO-målet.

Ser vi på rangeringen af bankerne under de tre mål, ses det at PAO og VI rangerer bankerne ens med hinanden og forskelligt fra SII. At PAO og VI rangerer ens, er ikke en overraskelse, idet det stammer fra den reversale natur af VI.

I bunden (mindst systemisk) rangerer PAO, VI og SII de samme tre banker, skønt rækkefølgen af disse er forskellig fra PAO/VI til SII. I toppen (mest systemisk) giver PAO og SII imidlertid to temmelig forskellige identifikationer af systemisk vigtige banker.

PAO tildeler de største værdier til Bank of America, Marshall & Ilsley og KeyCorp, alle med værdier - gennemsnitlige over 23 år(!) - tæt på 100% (henholdsvis 94.44%, 93.89% og 93.33%). SII har kun én af de tre blandt de højeste, nemlig KeyCorp, som scorer aller højst med en SII på 12.44. Det betyder, at hvis KeyCorp begærer konkurs, vil det forventes, at mellem 11



Figur 6.2: Udviklingen i de to mål. PAO ligger tæt på målets øvre grænse. Kilde: Zhou (2010).

og 12 andre banker eller over 40% af banksystemet vil være nødsaget til at følge i KeyCorps fodspor og ligeledes begære konkurs. Efterfulgt af KeyCorp findes Suntrust Banks og Comerica. Særligt interessant er det, at Bank of America rangerer langt ude af top 3 som den kun tiende mest systemisk vigtige bank.

I lyset af ovenstående sammenligning af SII og PAO, kan vi konkludere, at SII-målet forbedrer PAO-målet. Med SII overkommer vi ulemperne ved PAO; SII giver information om *omfanget* af en efterfølgende systemisk effekt på systemet, og samtidig er SII konstrueret sådan, at målet ikke ligger på et konstant højt niveau i kort distance fra en øvre grænse, som PAO, men i høj grad kan variere og kun er begrænset af en økonomisk intuitiv grænse.¹⁰

Den reversale sammenhæng mellem VI og PAO betyder, at de to mål isoleret set indeholder samme grad af information. Kombinerer man imidlertid SII med henholdsvis PAO og henholdsvis VI, da har VI højere informationsværdi end PAO har med SII. Det skyldes, at kombinationen af de to indeholder vigtig information, som kan bidrage med viden til at identificere banker, som på samme tid er skrøbelige og forventes at have en høj systemisk effekt. Hvis der i et banksystem eksisterer en bank med disse karakteristika, er det tegn på, at regulerende myndigheder skal træde i karakter, og prioritere at forebygge et frafald af banken.

¹⁰Nemlig at alle N banker i systemet drives i distress.

6.3 Finere måling og bredere modellering

Med SII overkommer vi de største uhensigtsmæssigheder ved PAO-målet, men modellen der ligger til grund for SII-målet har dog også en uhensigtsmæssighed, som vi noterede os tidligere i afsnit 3 på side 12, som vi ikke kan ignorere. Vi gør nemlig en streng antagelse i modellen, som begrænser detaljeringsgraden i modelleringen af virkeligheden, idet den teoretiske model kun er baseret på korrelationen i bankers aktiver. Denne ensartethed i systemets bankers aktivsider skaber muligheden for, at flere af systemets banker vil kunne komme til simultant at opleve distress eller fuldkommen krise efter et chok til disse aktivsider. I modellens definition af systemisk risiko er der altså særligt fokus på den trussel det er, at flere banker kan krakke på samme tid. Denne definition tager udgangspunkt i en artikel af Acharya og Yorulmazer (2006) [2], som omhandler en *Too-Many-To-Fail*-effekt. Kort ridset op viser Acharya et. al i denne artikel, at bankerne har et incitament til at strømline deres porteføljer af bankaktiviteter, for derved at opnå ensartede aktivsider i en sådan grad, at den individuelle bank forhøjer sin sandsynlighed for at blive bailed ud, hvis den skulle komme i distress. Sidste logiske slutning følger af, at regulerende myndigheder kun vil overveje at baile banker ud, hvis en større del af banksystemet er i distress, sådan som vi også så det i afsnit 4.1.

Som følge af modellens definition på systemisk risiko og hensyn til *Too-Many-To-Fail*-teorien, bliver identificeringen af en systemisk vigtig finansiel institution derved i høj grad til et spørgsmål om, hvorvidt mange andre banker falder *samtidig* med at den pågældende bank krakker, og ikke nær så meget et spørgsmål om, hvorvidt andre banker falder efterfølgende den pågældende bank krakker, *som følge* (tildels, i hvertfald) af denne pågældende banks krak. Dermed bliver systemisk vigtighed et spørgsmål om sammenfald og ikke et spørgsmål om kausalitet. Ganske vist vil konsekvensen af simultane tab på tværs af systemets banker afgjort være en stor negativ effekt på banksystemets stabilitet og på samfundsøkonomien. Men ved helt at tage kausalitet ud af regnestykket, mistes der en vigtig del af historien. Den forfinede kvantificering af omfanget af en banks distress på banksystemet er et skridt i den rigtige retning, men må ikke ske på bekostning af en smallere modellering. Derimod skal vi forsøge at inkludere flere elementer i modelleringen af bankernes inter-afhængighed.

Segoviano et al. skriver i indledningen til deres model, at den økonomiske intuition bag modellen er baseret på en ligevægtsmodel, som indikerer, at finansiel instabilitet kan opstå gennem systemiske chok eller smitteeffekter efter et idiosynkratisk chok (eller en kombination af de to). Fortsat skriver de, at bankernes distressafhængighed er ment som en sum af afhængighed, som opstår gennem indirekte og direkte links. Som vi har set i Afsnit 5 er det dog begrænset til den økonomiske intuition bag modellen og fortolkningen af distressafhængighed. For i denne model er der ét input, CDS-spænd, og herfra bruges CIMDO-metoden til at mo-

dellere ét output, distressafhængigheden, som benyttes til at kvantificere systemisk risiko. Der er ikke et tydeligt skel mellem den indirekte kanal(ensartet aktivsider) og den direkte kanal (interbankmarkedseksponeringer) i modellen. Et eksplicit skel mellem disse to kanaler for finansiel instabilitet vil hjælpe os til at inddrage kausalitet og tilføje en ekstra dimension til problemstillingen.

I afsnit 8 og 9 skal vi derfor undersøge, hvordan nyere forskning arbejder med en eksplicit inddragelse af den direkte kanal og opdelingen af de to i modelleringen af systemisk risiko i et banksystem. Først vil vi i afsnit 7 dog redegøre for en metode, hvormed vi kan allokere en banks bidrag til systemisk risiko.

7 Allokering af systemisk risikobidrag

Vi har set, hvordan SII-målet forfinede PAO-målet ved at udvide informationen i målet fra at være en sandsynlighedskvotient for en binær funktion, for hvorvidt der vil være en form for kaskadeeffekt i forbindelse med en finansiel institutions krak til at være en kvantificering af en forventet størrelse af en sådan kaskadeeffekt. Men kunne man forestille sig, at der er en effekt alene i tilstedeværelsen af en specifik finansiel institution - en effekt som ikke er betinget af at den specifikke bank krakker. I forsøget på at undgå systemiske begivenheder, er det vigtigt at vide, om der er udsigt til frisk vind, storm eller orkan, hvis en given bank kommer i problemer. På længere sigt, er det dog ligeså vigtigt omend ikke mere vigtigt, at kunne kortlægge, om der er - og i så fald hvilke banker - som skaber forudsætningerne for pludselige vindstød.

Vi vil i dette afsnit undersøge muligheden for at kvantificere den del af den systemiske risiko, som ikke skyldes en banks frafald, men som skyldes bankens generelle tilstedeværelse i det finansielle system, for derigennem at kunne allokere massen af systemisk risiko til systemets banker. Dette mål udgår en banks bidrag til systemisk risiko, og vil senere være vores primære approksimation af systemisk vigtighed.

Lloyd Shapley udviklede i 1953 en metode indenfor spilteori, som vi kan benytte til at kortlægge netop dette. Udgangspunktet for metoden er det problem, som opstår når en koalition af spillere kollektivt skaber en samlet værdi, og koalitionens medlemmer skal beslutte, hvordan værdien skal fordeles mellem disse. Metoden dekomponerer den genererede værdi over alle mulige koalitioner og allokerer gennemsnittet til koalitionens medlemmer i overensstemmelse med hver enkeltes bidrag til koitionen. Den værdi, som et medlem af koitionen modtager på baggrund af dekomponeringen, er således medlemmets bidrag til koitionen skabte værdi. Denne kaldes for medlemmets shapleyværdi.

Ved at opfatte koalitionen af spillere som et system af finansielle institutioner, og ved at opfatte koalitionen skabte værdi som den totale systemiske risiko eller system-wide systemisk risiko i det finansielle system, kan vi ved hjælp af Shapleys metode dekomponere et mål for system-wide systemisk risiko, og afgøre præcis hvor stor en andel af den totale systemiske risiko hver finansielle institutions bidrag udgør. Dette gør bl.a. Tarashev, Borio & Tsatsaronis (2010) [25] og Drehmann & Tarashev (2011) [9] og afsnittet er inspireret af deres arbejde.

En fordel ved shapleymetoden er netop fleksibiliteten i målet for system-wide systemisk risiko. Et mål for total systemisk risiko kan være ethvert mål, som 1) tager det finansielle system som en portefølje af finansielle institutioner, og 2) som kan udmøntes i ét tal, som dækker alle systemets banker, og 3) som kan anvendes på både hele eller dele af det finansielle system. Denne fleksibilitet betyder, at simple risikomodeller, som VaR og ES, kan benyttes som systemisk risikomål, ligesom et gyldigt mål kan være andelen af systemets aktiver, der forventes tabt. Det indbefatter imidlertid også modellerne, som vi har set i afsnit 5 og 6. Fra afsnit 5 vil det være oplagt at benytte J.PoD som risikomål, omend også BSI vil kunne benyttes. Fra afsnit 6 vil jeg foreslå at summere SII over alle N banker og benytte gennemsnittet af denne sum som mål for total systemisk risiko.

Shapleyværdien besidder en række egenskaber. En er fairness-egenskaben, som betyder, at den marginale risiko, som tilføres et system som konsekvens af den samtidige tilstedeværelse af to banker, deles ligeligt mellem de to banker. Andre fordelagtige egenskaber, som følger implicit af definitionen er, at bankernes shapleyværdier præcis summerer til den totale systemiske risiko (additivitet); at den kombinatoriske ordning af to subsystemer med de samme banker ikke har betydning for bankernes shapleyværdi (symmetri); at to banker med samme marginale bidrag til systemisk risiko tildeles samme shapleyværdier (kontinuitet); samt at en risikofri bank og et tomt subsystem har en shapleyværdi på 0.

Udledningen af shapleyværdien sker over alle kombinationer af ordninger af systemets banker. I et system med n banker, findes $n!$ forskellige kombinatoriske ordninger af systemet. Lad os opfatte disse kombinatoriske ordninger som strenge af banker. I udledningen af shapleyværdien for bank i udelukker vi for hver af de $n!$ ordninger alle banker, som i strengen forekommer efter den i 'ende bank. Hermed udgør alle banker, som forekom i strengen før bank i - og bank i selv - et subsystem.

At gøre dette resulterer i $n!$ subsystemer af forskellig størrelse. Af disse $n!$ er en betragtelig mængde dog fuldstændige duplikater af andre subsystemer, mens andre er symmetriske duplikater. Eksempelvis vil alle kombinationer, som startede med bank i , nu forekomme som fuldstændige duplikater af subsystemet kun bestående af bank i . Samtidig vil andre subsystemer

være duplikater grundet symmetri-egenskaben, som jf. ovenfor siger, at rækkefølgen af banker i en subsystemsstreng er uden betydning.

Det følger implicit, at sandsynligheden for at realisere et givet unikt subsystem afhænger af sandsynligheden for de underliggende ordninger, hvorfor en duplikatorordning øger sandsynligheden for det associerede unikke system. Det totale antal af symmetrisk unikke subsystemer er givet ved $\sum_{n_s=1}^n \frac{(n-1)!}{(n-n_s)!(n_s-1)!}$, hvor n_s er antallet af banker i et givent subsystem.

Lad os desuden benytte følgende notation: I et system af n banker findes $\mathbb{C}$ symmetrisk unikke subsystemer, som indeholder en bank i . Når vi i det følgende skriver om subsystemer antages det implicit kun at omfatte delmængden af subsystemer, hvori bank i indgår. Hvis andet menes, angives det eksplicit. Mens antallet af banker i et givent subsystem betegnes ved n_s , betegnes antallet af unikke subsystemer bestående af n_s banker ved $c(n_s)$. Lader vi endvidere $\mathbb{S}$ angive et bestemt subsystem, da angiver $v(\mathbb{S})$ den mængde systemisk risiko, som genereres i subsystemet $\mathbb{S}$, mens $v(\mathbb{S} - \{i\})$ angiver den systemiske risiko, der genereres i systemet $v(\mathbb{S})$, når bank i er ekskluderet fra $v(\mathbb{S})$. Funktionen $v(\cdot)$ er en karakteristisk funktion, som afbilleder $\mathbb{S}$ over på et risikomål.

Da er shapleyværdien for en bank i givet ved

$$SV_i = \frac{1}{n} \sum_{n_s=1}^n \left[\frac{1}{c(n_s)} \sum_{\mathbb{S}=1}^{c(n_s)} \left(v(\mathbb{S}) - v(\mathbb{S} - \{i\}) \right) \right] \quad (7.1)$$

Lader vi $P_{\mathbb{S}}$ betegne sandsynligheden for at realisere et system $\mathbb{S}$ og definerer denne sandsynlighed som $P_{\mathbb{S}} = \frac{(n_s-n)! \cdot (n-n_s)!}{n!}$, ser vi, at for $n_s = 1$ og $n_s = n$ er $P_{\mathbb{S}} = 1/n$. For n_s i midten af intervallet $[1; n]$ er $P_{\mathbb{S}}$ omvendt minimeret. Dette skyldes, at antallet af unikke subsystemer omvendt er højest i midten af intervallet $[1; n]$, mens det er oplagt, at $c(n_s) = 1$ for $n_s = 1$ og $n_s = n$. Alt i alt er sandsynligheden for antallet af banker i et system uniformt fordelt over n_s .

Dermed ses det, at den del af ligning 7.1 som er udenfor klammerne, blot er et gennemsnit. Det samme gælder for summationen indenfor klammen. Shapleyværdien er altså det gennemsnitlige systemiske risikobidrag en bank gør, over alle mulige subsystemer banken kan indgå i.

Med $P_{\mathbb{S}}$ defineret ovenfor, kan vi følge Bluhm & Krahnen (2014) [6] og ganske intuitivt omskrive ligning 7.1 til ligning 7.2.

$$SV_i = \sum_{\mathbb{S}=1}^{\mathbb{C}} P_{\mathbb{S}} \left(v(\mathbb{S}) - v(\mathbb{S} - \{i\}) \right) \quad (7.2)$$

Ovenfor spørger jeg, om der kan være en effekt alene i tilstedeværelsen af en specifik finansiel institution. En sådan effekt må alt andet lige opstå ved, at der er en relation mellem bankerne. En relation som gør, at systemiske tab i forbindelse med en bank ikke kun afhænger af den pågældende bank, men også af hvilke andre banker der er i det pågældende banksystem. Det er derfor nødvendigt at indse, at det ikke er tilstrækkeligt, at opgøre systemiske tab og systemisk risiko for det fulde finansielle system, og derpå dekomponere dette på et subsystem. At det ikke er tilstrækkeligt skyldes, at halebegivenheder og afhængighedsstrukturer i haleregionen er forskellige afhængigt af, hvilket system der er i fokus.

For at være i stand til at fange effekten af en banks tilstedeværelse i det finansielle system, er det derfor nødvendigt, at den karakteristiske funktion $v(\cdot)$ afbilder risici i overensstemmelse med halebegivenheder i det enkelte subsystem.

I kontekst med vores model i afsnit 5 vil det kunne opnåes ved at estimere den multivariate tæthed og tilhørende CIMDO-afhængighedsstruktur for alle $\mathbb{S}$ samt alle $\mathbb{S} - \{i\}$. Ved at benytte disse informationer om system-specifikke risici for de pågældende subsystemer, kan en banks bidrag til systemisk risiko ved blot at indgå i banksystemet kvantificeres ved at kombinere den systemiske risiko, som banken genererer i alle subsystemer.

Man kan diskutere, om det i forbindelse med udregningen af shapleyværdien er hensigtsmæssigt, at fordelingen af n_s er uniform. Sandsynligheden for et mono- eller duopolistisk banksystem er i realiteten markant lavere end de mere fulde banksystemer, hvor $n_s \rightarrow n$. Man kunne derfor vægte de kombinatoriske ordninger, således at ordninger som fører til større subsystemer tillægges mere betydning.

Da den uniforme natur er ens for alle banker, samt at shapleyværdierne ellers i høj grad vil afhænge af estimeringen af sådanne sandsynlighedsvægte, er det dog min vurdering, at den ligevægtede tilgang giver et retvisende resultat. Ligevægtningen har desuden en forstørrende effekt, som giver fokus til idiosynkratiske risici og bankens rolle i bilaterale forhold.

Jeg mener derfor, at shapleyværdien som defineret i ligning 7.2 kan være en god metode til at estimere systemisk risikobidrag, og vi skal se det anvendt i afsnit 8. Som sidebemærkning kan det nævnes, at Caceres, Lipinsky & Segoviano (2014)[7] i en IMF landerapport for Schweiz, benytter en kombination af afsnit 5's BSMD-framework og derudfra estimerede shapleyværdier til at vurdere systemisk risiko og finansiel stabilitet i landets finansielle sektor. Dette støtter op om shapleymetodens anvendelighed i praksis.

8 Netværksmodel med eksponeringer i interbankmarked

Indtil nu har vi lidt groft sagt opfattet systemisk risiko som konsekvensen af et system af frit flydende finansielle institutioner. Et system, hvor disse finansielle institutioner flyder rundt løseligt forsamlet, afhængige af hinanden gennem korrelerede eller ensartede aktiver, men uden en direkte relation. Vi vil i dette afsnit strukturere systemet, ved at forbinde disse frit flydende finansielle institutioner direkte i et netværk. De finansielle institutioner forbindes i et netværk gennem direkte eksponeringer mellem to institutioner, og disse øger markant bankers afhængighed af hinanden. Udvidelsen til et netværk sker ikke på bekostning af teorien om ensartethed og korrelation, som vi ved spiller en betydelig rolle. Snarere uddybes denne effekt, mens vi tilføjer endnu et stylized fact i modelleringen; nemlig at lån udstedt og optaget imellem finansielle institutioner har skabt en fysisk forbindelse mellem banker, gennem hvilken tab overføres og forstærker andre mindre direkte effekter, hvormed systemisk risiko forhøjes.

Dette gør vi ved at følge et udvalgt bidrag til de seneste års hurtigt voksende samling af litteratur, som inddrager dette aspekt ved at benytte netværksteori til at modellere interbankmarkedet. I dette afsnit vil jeg fremhæve en model af Aldasoro, Gatti og Faia(2014)[3] og gennemgå mekanismerne i modellen. Senere vil vi drage på resultater fra denne model, men vi vil også drage på resultater fra andre modeller fra litteraturen. Heraf vil nogle have tydelige ligheder med modellen i dette afsnit, mens andre vil have mekanismer, der beskriver andre aspekter og teorier for det, vi observerer i virkeligheden. Nærværende model indeholder mekanismer, som beskriver nogle af de empirisk veldokumenterede effekter fra finanskrisens begyndelse, og som virker i et mindre simplificeret setup, end tilfældet er i størstedelen af litteraturen. Samtidig benytter modellen et simpelt, men alligevel informationsrigt, mål for systemwide systemisk risiko. Desuden allokeres systemisk risiko til systemets finansielle institutioner efter shapleymetoden, hvilket giver os mulighed for senere at analysere bankspecifikke drivere for systemisk risiko.

8.1 Introduktion til modellen

Aldasoro et al. opstiller en model, hvor et banknetværk af N optimerende, risikoaverse banker optimerer deres porteføljer under bibetingelse af regulative betingelser, og hvor en banks adfærd kan have betydning for systemets stabilitet. I modellen kan bankerne vælge mellem at investere i ikke-likvide og likvide aktiver. Ikke-likvide aktiver består af eksempelvis finansielle instrumenter, der handles i markedet, eller udlån til private og erhverv. Likvide aktiver består af lån i interbankmarkedet. Enhver bank kan på ethvert tidspunkt have både udlån til og lån fra enhver anden bank i interbankmarkedet.

De to former for aktiver udgør hver deres kanal for risikooverførsel. Risiko overføres dels af den indirekte kanal, som skyldes negative eksternaliteter grundet brandsalg af ikke-likvide aktiver og overføres dels af en direkte kanal, som skyldes misligholdte forpligtelser i interbankmarkedet.

Negative eksternaliteter gennem brandsalg opstår som en konsekvens af, at bankernes balancer opgøres med marked-to-market metoden. I tilfælde af et chok til et ikke-likvidt aktiv, falder værdien af bankens aktiver, og banken må sælge ud af aktivet for at opfylde en række regulative krav. Da bankerne ikke antages at være pristagere, men prissættere, grundet store transaktioner, falder prisen på ikke-likvide aktiver, når den nødstedte bank sælger ud. Det medfører, at andre banker i systemet, som investerer i de samme aktiver, kan mærke det på balancen, og visse banker kan derfor ligeledes være nødsaget til at sælge ud af ikke-likvide aktiver for at leve op til solvenskrav.

Risikooverførsel af den direkte kanal sker i det tilfælde, at salg af ikke-likvide aktiver ikke er tilstrækkeligt til at opfylde de regulative krav. I så fald kan en bank defaulte på sine interbankforpligtelser mod udlånende banker. Enhver eksponering i interbankmarkedet er derfor en mulig smittekilde og kanal for risikooverførsel for banker med udlån.

Den resterende del af nærværende afsnit følger timingen i modellen og er således:

1. Hver bank vælger sin optimale portefølje under bibetingelser
2. Interbankmarkedet cleares ved at den optimale interbankrente fastsættes.
3. Ud fra optimale eksponeringer i interbankmarkedet matches modparter, hvorved banknetværk estimeres.
4. Et chok til ikke-likvide aktiver trigger et brandsalg, og ligevægtsprisen i markedet for ikke-likvide aktiver fastsættes.
5. Tab fra direkte eksponeringer og prismet i ikke-likvide aktiver opgøres og systemisk risiko mv. opgøres.

Før vi går i detaljer med de fem sektioner, vil vi dog først redegøre for, hvordan interbankmarkedet fungerer, samt hvad der karakteriserer det.

8.2 Interbankmarkedet

Som det følger af navnet er interbankmarkedet et marked, hvori bankerne låner penge af og til hinanden.¹¹ Behovet for at handle i interbankmarkedet opstår som følge af, at banker skal leve op til likviditetskrav, som dikterer, at banker til alle tider skal holde en bestemt mængde yderst likvide aktiver. Det skal de for at være i stand til at imødekomme pludselige og kraftige stigninger i indskyderes efterspørgsel af likvide midler, som det kan ske eksempelvis i forbindelse med bank runs. Ved at være i stand til at forsikre indskydere om, at enhver bank kan imødekomme sine forpligtelser til indskydere, undgås det at skabe finansiel instabilitet. Hvis en bank ikke er i stand til at leve op til likviditetskravet, kan banken, typisk over en kortere periode, låne likvide midler af banker, som i denne periode forudser at have et overskud i likviditetsreserven i forhold til likviditetskravet. Periodens længde varierer, omend størstedelen er meget kortvarige lån med løbetid på under en måned. Et lån anses omvendt for at være langvarigt, når løbetiden er mellem en måned og et år.

Prisen for at låne likviditet er givet ved interbankrenten, som i Danmark kaldes CIBOR-renten.¹² Denne fixes dagligt af CIBOR-stillende banker, og repræsenterer den rentesats, hvortil disse banker er villige til at udlåne udækket til en primebank over en given periode. I fald der lånes til en bank, som ikke anses som en primebank, tillægges en risikopræmie, som reflekterer den forudsatte kreditrisiko for modparten i lånets periode. En vigtig karakteristika ved transaktionerne i interbankmarkedet er nemlig, at lånene er udækkede - der stilles altså ingen garanti af låner til udlåner. Der er derfor en betydelig kredit- og likviditetsrisiko forbundet ved långivning i interbankmarkedet. Kreditrisiko tenderer til at materialises i lån af længere varighed, hvorfor renten er stigende i lånets varighed.

Et velfungerende interbankmarked muliggør altså, at bankerne kan låne nemt og hurtigt til at udglatte midlertidige behov for likviditet på en dag-til-dag basis. Derved er banken ikke på samme måde underlagt at operere under betingelse af at matche løbetiden på private og retailkunders indlån og udlån. Dette minimerer bankens fundingrisici og øger bankens fleksibilitet og følgelig effektivitet. Dette kommer dog på bekostning af, at bankerne forbindes direkte, hvormed der skabes en kanal for forstærkende tabs- og risikooverførsel. Hvis lånende banker er nødsaget til at defaulte på udækkede forpligtelser i interbankmarkedet, vil tab videreføres direkte til forbundne banker. I tider med problemer i de finansielle markeder er der således sandsynlighed for, at finansielle problemer videreføres og forstærkes gennem interbankmarkedet.

¹¹Afsnittet er skrevet baseret på Aldasoro et al., BIS (1983)[4], Gabrieli, Salakhova & Vuilleme (2014) [14], Finansrådets hjemmeside [30] og Wikipedia [31].

¹²CIBOR står for Copenhagen Interbank Offered Rate. LIBOR og Euribor er tilsvarende London hhv. Euro Interbank Offered Rate.

8.3 Bankers optimeringsproblem i modellen

Lad os nu igen vende fokus mod de fem delafsnit i nærværende model, ved at starte med at definere en banks optimeringsproblem, hvilket vil have indflydelse på, hvordan banker agerer.

Bankerne vælger den optimale sammensætning af aktiver og passiver for at maksimere en monotont stigende nytte af profit fra deres operationer. En banks aktivside består af positioner i kontanter, c_i , ikke-likvide aktiver, n_i , og likvide aktiver, l_i , i form af udlån til andre banker gennem interbankmarkedet. Prisen på ikke-likvide aktiver, p , reflekterer aktivernes markedsværdi. Til at modsvare disse består passivside af indskud fra kunder, d_i , egenkapital, e_i og korte lån, b_i , fra andre banker gennem interbankmarkedet.

I overensstemmelse med basal regnskabsteori, har vi dermed at

$$c_i + n_i p + l_i = d_i + b_i + e_i \quad (8.1)$$

, hvor $l_i \equiv \sum_{j \neq i}^N l_{i,j}$ og $b_i \equiv \sum_{j \neq i}^N b_{i,j}$.

Når bankerne vælger deres optimale kapitalstruktur, skal det dog gøres under hensyn til at bankerne skal leve op til likviditetskrav (LCR) og kapitaldækningskrav (CRD IV) fra de regulerende myndigheder. Således skal følgende uligheder være overholdt:

$$c_i \geq \alpha d_i \quad (8.2)$$

$$er_i = \frac{c_i + n_i p + l_i - d_i - b_i}{\omega_n n_i p + \omega_l l_i} = \frac{e_i}{\omega^T A_i} \geq \gamma + \tau \quad (8.3)$$

Her er α koefficienten for likviditetskravet, det vil sige den andel af indskud som banken til enhver tid skal holde som reserve i yderst likvide aktiver, hvilke vi her kalder kontanter, men som altså også indbefatter eksempelvis meget sikre - og derfor likvide - statsobligationer.

Egenkapitalratioen, er_i er ratioen mellem egenkapital og risikovægtede aktiver, hvor A_i og ω er to vektorer indeholdende henholdsvis aktivfordelingen, $A_i = (c_i, n_i, l_i)$, og risikovægte, $\omega_i = (\omega_c, \omega_n, \omega_l)$, hvor det er oplagt at $\omega_c = 0$.

Egenkapitalratioen skal som minimum holdes over en sats γ , og det antages, at banker stræber efter at overopfylde denne med τ for at signalere til markedet, at banken er robust og for at være i stand til at modstå mindre chok uden at skulle ændre kapitalstrukturen for at leve op til en egenkapitalratio over γ .

Bankens samlede forventede profit kan gives ved

$$E[\pi_{Total}] = E[\text{Profit fra ikke-likvide investeringer} + \text{Profit fra udlån} - \text{Omkostning fra lån}]$$

Den forventede profit fra investeringer i ikke-likvide aktiver afgøres af det afkast, som den pågældende bank opnår fra sin portefølje af ikke-likvide aktiver, hvor lang positionen er og af den generelle prisudvikling. Det antages, at forholdet er $\frac{n_i r_i^n}{p}$, således at et fald i priser alt andet lige leder til en stigning i profit fra de ikke-likvide investeringer, hvis afkastet på porteføljen er positivt. Hvis afkastet på porteføljen er negativt, vil et prisfald omvendt forhøje tabet.¹³

Profitten fra udlån i interbankmarkedet er givet ved udlånsrenten i markedet, men også modpartens kreditrisiko over lånets løbetid. Hvis det skal gælde, at den forventede profit for bank i ved at udlåne et beløb, l , udækket til bank j mod en rente på r^l præcis er $l_{ij} r^l$, må den långivende bank kræve en risikopræmie $r_j^p = \frac{PD_j}{1-PD_j} r^l$ udover rentesatsen for at gøre op for risikoen for at bank j defaultter. Da er profitten fra udlån nemlig

$$E(\pi_i^l) = (1 - PD_j)(r^l + \frac{PD_j}{1-PD_j} r^l) l_{ij} = l_i r^l.$$

Når bank i optager lån i interbankmarkedet, vil denne opkræves en risikopræmie på samme vilkår, som i tilfældet, hvor bank i opkræver risikopræmien. Omkostningen fra at låne i interbankmarkedet er dermed givet ved $r_i^b b_i$, for hvilket det gælder at $r_i^b > r^l$. Denne ulighed gælder, fordi risikopræmien alene betales af de lånende banker, som *ikke* defaultter, og det vil derfor altid gælde, at hvis der er kreditrisiko tilstede, vil der være et bid-ask spænd mellem renten på udlån og lån, som gør at $r_i^b > r^l$.

Samler vi de tre dele af profitfunktionen, får vi altså at

$$E[\pi_{Total}] = E[\frac{n_i r_i^n}{p} + l_i r^l - b_i r_i^b]$$

Hver bank søger at maksimere nytten heraf. Bankernes nyttefunktion er af formen $U(\pi) = \frac{1}{1-\theta} E[\pi]^{1-\theta}$. Nyttefunktionen er dermed kontinuerligt stigende, men marginalt aftagende, således der herigennem afspejles en grad af risikoaversion.

¹³Dette er i overensstemmelse med obligationsteori, hvori et prisfald leder til højere yield.

En banks maksimeringsproblem kan dermed opsummeres til

$$\begin{aligned}
MAX & : U \left[E \left[\frac{n_i r_i^n}{p} + l_i r^l - b_i r_i^b \right] \right] \\
UBB & : c_i + n_i p + l_i = d_i + b_i + e_i \\
& : c_i \geq \alpha d_i \\
& : \frac{c_i + n_i p + l_i - d_i - b_i}{\omega_n n_i p + \omega_l l_i} \geq \gamma + \tau \\
& : c_i, n_i, l_i, b_i \geq 0
\end{aligned} \tag{8.4}$$

8.4 Clearing i interbankmarkedet

I første fase, hvor hver bank vælger sin optimale portefølje (c_i, n_i, l_i, b_i) , vælges l_i og b_i på baggrund af den gældende pris for likviditet - renten r^l . Men givet denne pris kan der være mismatch i den aggregerede efterspørgsel af indlån $\sum_{i=1}^N b_i = B$ og det aggregerede udbud af udlån $\sum_{i=1}^N l_i = L$. Derfor skal der fastsættes en rente, r^{l*} , som skaber ligevægt, således bankers ønsker om at låne kan mødes af banker, der ønsker at udlåne og dermed klare interbankmarkedet.

Clearing opnåes gennem en iterativ proces: Hvis det aggregerede udbud i første omgang ($k = 0$) er mindre end den aggregerede efterspørgsel ($B_0 > L_0$), skyldes det, at r_0^l er for lav og renten derfor må stige til $r_1^l > r_0^l$. I første iteration vil renten stige til gennemsnittet af r_0^l og en øvre grænse, $\bar{r}$, således $r_1^l = \frac{\bar{r} + r_0^l}{2} > r_0^l$. Omvendt, hvis $B_0 < L_0$ må renten falde til $r_1^l = \frac{r_0^l + \underline{r}}{2} < r_0^l$.

Når r_1^l er fastsat, indhentes bankers optimale valg af ind- og udlån, således vi har B_1 og L_1 . Hvis efterspørgsel, B_1 , fortsat overstiger udbud, L_1 , fortsættes rentestigningen nu med $r_1^l > r_0^l$ som nedre grænse, dvs $r_2^l = \frac{\bar{r} + r_1^l}{2} > r_1^l$. Hvis rentestigningen omvendt medførte, at udbud nu overstiger efterspørgsel fastsættes den nye rente istedet som $r_2^l = \frac{r_1^l + \underline{r}}{2}$, hvor $r_1^l > r_2^l > r_0^l$.

Iterationen kører indtil r_k^l opfylder, at $B_k - L_k < |\epsilon|$ og der eksisterer to vektorer $\mathbf{b} = [b_1, b_2 \dots b_N]$ og $\mathbf{l} = [l_1, l_2 \dots l_N]$, hvor $\mathbf{b} \cdot \mathbf{I} = B^*$ og $\mathbf{l} \cdot \mathbf{I} = L^*$, som indeholder hver af de N bankers optimale interbankpositioner givet ligevægtsrenten, r^{l*} , som clearer interbankmarkedet. Det er disse vektorer, der beskriver forbundetheden mellem banker, og som benyttes til gennem netværksteori at estimere et netværk.

8.5 Matching og netværksestimation

Ved at estimere en række forskellige interbanknetværk og benytte disse estimationer i simulationer af systemiske begivenheder, kan vi analysere varierende netværksskarakteristikas betydning for systemisk risiko. Derved vil vi opnå mere kvalificeret indsigt i, hvilken rolle forbundethed i interbanknetværk spiller, samt hvilken finansiel arkitektur, der er mest hensigtsmæssig for finansiel stabilitet.

Estimationen af netværk kan gøres teoretisk på baggrund af de enkelte bankers likviditetsbehov, som vi lod betegnes af vektorerne $\mathbf{b}$ og $\mathbf{l}$ eller empirisk på baggrund af oplysninger i årsregnskab. Disse indeholder imidlertid kun information om volumen af interbankaktivitet og ikke om fordelingen af udlån og lån i interbanknetværket. Derfor er selve matchingen af parter i interbanknetværket af afgørende betydning for netværkets karakteristika. For at imødekomme dette benytter Aldasoro et al. tre forskellige matchingalgoritmer, som resulterer i forskellige netværk, sådan at vi kan analysere effekterne af forskellige netværksskarakteristika på systemisk risiko. De tre algoritmer er:

1. Maximum Entropy: Fordelingen af indlån fra og udlån til alle mulige modparter estimeres sådan, at fordelingen er så uniform som muligt. Maximum Entropy antager, at alle banker søger at risikodele så vidt muligt.

Algoritmen giver det tætteste, mest forbundne netværk.

2. Closest Matching: En algoritme, hvor to banker matches, hvis differencen mellem den enes efterspørgsel og den andens udbud af likviditet udgør den mindste værdi blandt alle mulige sæt af forbindelser mellem to banker. Der matches iterativt indtil alle banker har fået opfyldt deres optimale interbankpositioner givet r^{l*} .

Algoritmen resulterer i det mindst tætte og mindst forbundne netværk.

3. Random Matching: En matchingalgoritme, hvor to banker i og j udvælges tilfældigt og bank i låner $\lambda \min\{l_i, b_j\}$ af bank j .

Ved at justere parameteren λ kan enhver grad af forbundethed i netværket opnåes - dog begrænset op ad til af Maximum Entropy og ned ad til begrænset af Closest Matching.

Gabrielli, Salakhova & Vuilleme (2014)[14] estimerer ligeledes interbanknetværk. Deres model, som vi ser lidt nærmere på i afsnit 9 er imidlertid empirisk funderet på baggrund af faktisk data fra TARGET2¹⁴. På basis af disse data konstruerer de en matrix, som består af elementer $\pi_{i,j} \in [0; 1]$ hvor $\sum_j \pi_{i,j} = 1$ og $\pi_{i,i} = 0$. Elementerne betegner andelen af bank i 's udlån i interbanknetværket, som ifølge TARGET2 er lånt til bank j .

¹⁴TARGET2 er et fælleseuropæiske betalingssystem til afvikling af store tidskritiske betalinger i euro. Systemet benyttes af banker og afviklingssystemer i EU-landene til at foretage betalinger til hinanden.

Disse sandsynligheder benyttes til at estimere 100 forskellige netværk pr. år. Estimationen sker ved sekventielt at afvise eller acceptere om to tilfældige banker (i, j) skal forbindes gennem et lån til bank j med en værdi $\tilde{L}_{i,j} = uL_i$, hvor $u \in U[0; 1]$ og L_i værende bank i 's totale udlån. Dette gentages indtil $(L_i - \sum_j \tilde{L}_{i,j}) < \epsilon$ for alle i . Sandsynligheden for at en forbindelse (i, j) vil accepteres og realiseres i netværket afhænger positivt af det faktiske låneforhold mellem (i, j) og netværkenes specifikke opbygning vil derfor være tættere på virkeligheden end hvis estimeret gennem generelle matchingalgoritmer som ovenfor.

De netværk som opnåes gennem estimation vil have forskellige karakteristika. Både netværket i det hele taget, men også karakteristika for de enkelte banker (i netværksteori benævnes de som noder). Disse karakteristika kan beskrives ved centralitetsmål. Centralitetsmål er i sig selv nodespecifikke, men nodernes gennemsnitlige centralitetsmål kan benyttes til at beskrive netværket som helhed, hvilket vi vil benytte. Generelt kan et netværk beskrives ved dets tæthed, som er andelen af mulige forbindelser mellem banker, der benyttes til ind- eller udlån. Tætheden er en aggregeret ækvivalent til degree-like centralitet. Degree-like centralitet beskriver, hvor mange andre noder i netværket en node er forbundet til.¹⁵

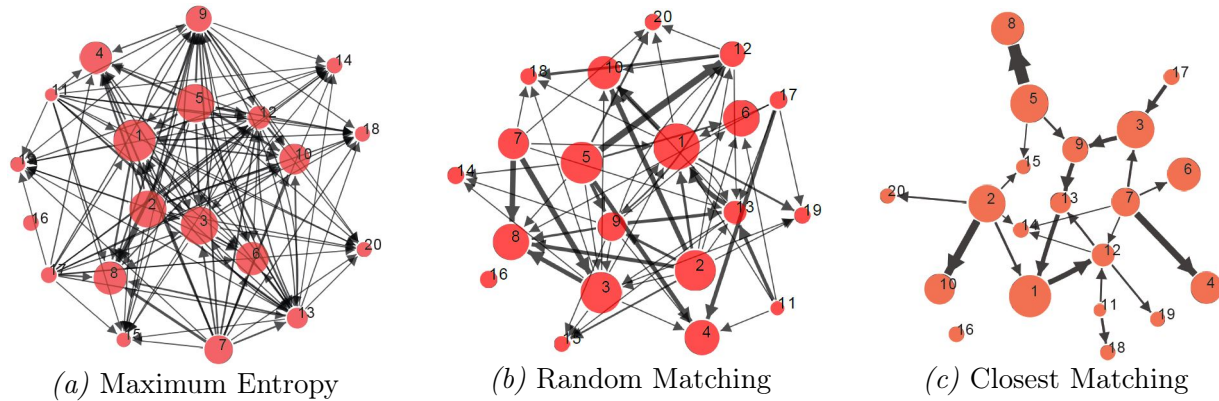
Et andet centralitetsmål er closeness-like centralitet, som beskriver den gennemsnitlige afstand mellem en node og de noder, den er forbundet til i netværket. Således siger closeness-like centralitet noget om hvor tæt forbundet noden er på resten af netværket, og er et udtryk for sandsynligheden, som en bank har for at videregive distress til en forbundet bank.

Betweenness-like centralitet er tæt relateret til closeness-like centralitet, men beskriver, i hvilket omfang transaktioner i interbankmarkedet går gennem en bank, idet betweenness måles som andelen af de korteste veje mellem alle par af banker i netværket, som går via den pågældende bank. Distress i en bank, som har høj betweenness-like centralitet, kan skade stabiliteten i interbankmarkedet, idet fordelingen af likviditet da forstyrres.

Et fjerde netværksmål er forholdet mellem netværkets maksimale degree over netværkets medandegree. Det bidrager med information om netværkets skævhed. En høj skævhed er ækvivalent med en kerne-periferistruktur, hvori et begrænset antal banker udgør interbankmarkedets kerne, hvorfra de formidler likviditet til mange banker, som kun er forbundet med få eller ingen andre banker end kernebankerne.

¹⁵I vores interbankmodel, hvor en bank kan være forbundet gennem udlån eller indlån, skelnes mellem ind- og ud-degree, som beskriver henholdsvis antallet af banker i systemet, som den pågældende bank tager lån fra og henholdsvis giver lån til.

Figur 8.1 viser tre netværk, som Aldasoro et al. estimerer ud fra de tre forskellige algoritmer. Her ses det tydeligt, hvordan de tre netværk varierer i tæthed, closeness og betweenness.



Figur 8.1: Netværkestimering under de tre algoritmer giver meget forskellig finansielle arkitekturer. For større udgaver af netværksskorte, se appendiks figur 3. *Kilde: Aldasoro et al. (2014).*

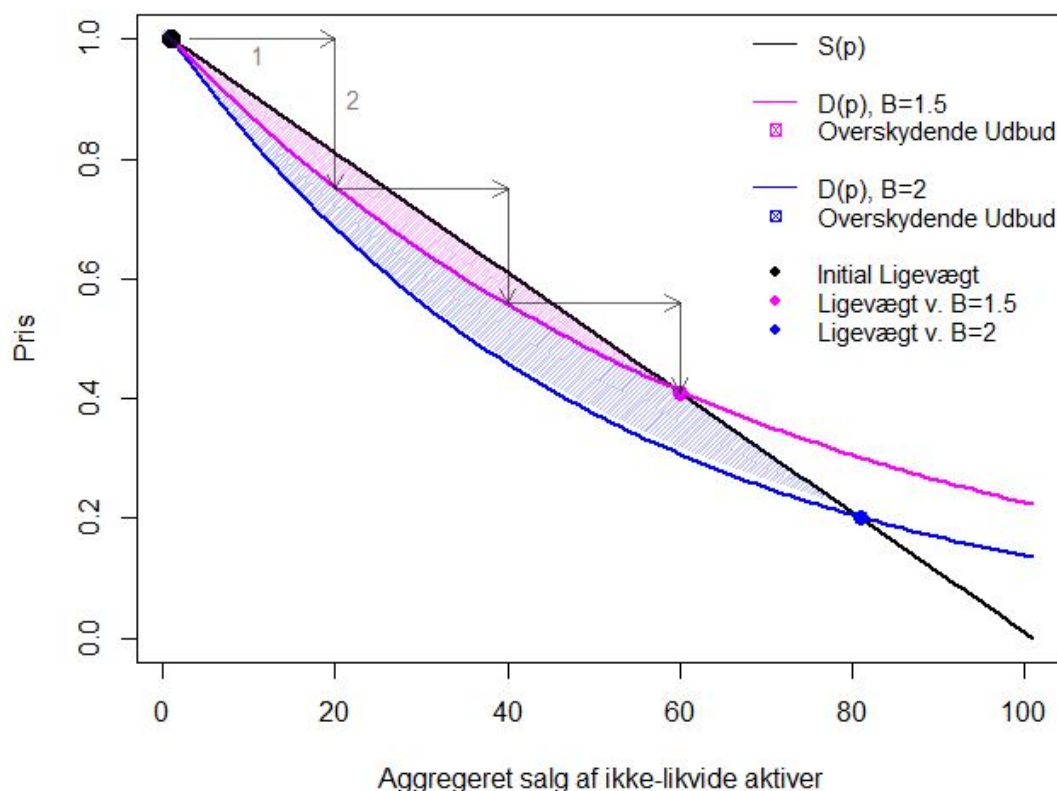
Vi skal senere analysere, hvorvidt et netværks finansielle arkitektur og de enkelte bankers positioner i netværket målt ved centralitetsmål har betydning for systemisk risiko i netværket, for potentialet for finansiell smitte og for enkelte bankers bidrag til systemisk risiko.

8.6 Prisfastsættelse af ikke-likvide Aktiver

I modsætning til aktivprisen i interbankmarkedet, er der i markedet for ikke-likvide aktiver ikke som sådan en enkelt pris. Markedet består af en bred vifte af forskellige aktiver, men som en forsimpning, kan vi forestille os prisen på ikke-likvide aktiver, som en indekssfaktor for den egentlige pris. Den initiale indekssfaktor - herefter pris - er derfor $p_n = 1$ og denne udgør den initiale ligevægt, som markeret i figur 8.2.

Denne pris er gældende indtil, der på et tidspunkt forekommer et chok i markedet så stort, at det vil tvinge en eller flere banker til at sælge ud af ikke-likvide aktiver. En bank vil være tvunget til at sælge ud, hvis ligning 8.3 ikke er opfyldt, som beskrevet i afsnit 8.1. Et stort salg, som hastigt skal gennemføres, øger udbuddet af ikke-likvide aktiver, som i figuren er markeret med pil 1, og sænker derved p_n , som markeret med pil 2 i figuren.

Årsagen til at et chok i markedet, kan fremtvinge et salg af ikke-likvide midler, er regnskabsmetoden marked-to-market, som kræver, at aktivernes værdi fastsættes og justeres baseret på deres markedsværdi fremfor deres historiske kostpris eller forventede cashflow. Dermed kan ændringer i markedsudsigte ændre aktivernes værdi, hvorved kapitalratioen mindskes.



Figur 8.2: Illustration af processen for prisfastsættelse af ikke-likvide aktiver. Her vist for $\beta = 1,5$ og $\beta = 2$. Den eksponentielle inverse efterspørgselsfunktion sikrer en ligevægt efter et brandsalg.

Kilde: Egen fortolkning og illustration baseret på Aldasoro et al.(2014) og Bluhm & Krahnert(2014).

Fra ligning 8.3 kan hver bank afgøre, hvad bankens optimale position i ikke-likvide aktiver er. Denne er oplagt aftagende i p , da et øget udbud presser prisen nedad. Bankens ønskede ændring i ikke-likvide aktiver defineres som $\Delta n_i(p) = n_i - n_i^*(p)$, hvor $\Delta n_i(p) > 0$ er ækvivalent med et udbud og omvendt. På et aggregeret niveau giver det os en funktion for det totale udbud, $S(p) = \sum \Delta n_i(p)$. Denne er illustreret som 45-grader linjen i figur 8.2, omend en lineær afhængighed er en forsimpelende antagelse.

Efter det første salg sænker prisen, øges udbudet videre. Det sker idet $n_i^*(p)$ falder jf ligning 8.3, hvorved $\Delta n_i(p)$ stiger og $S(p)$ stiger. Intuitivt sker det altså, fordi det første chok og efterfølgende udbud og prisfald sænker værdien af andre bankers ikke-likvide aktiver. Dette kan medføre, at flere banker må likvidere ikke-likvide aktiver for at leve op til egenkapitalratioen i ligning 8.3. Som illustreret med pilene kan dette sætte gang i endnu et prisfald, hvorfra en nedadgående prisspiral starter. Et brandsalg er i gang!

Et vigtigt aspekt ved et brandsalg, er hvordan den nedadgående prisspiral stoppes. På et bestemt tidspunkt vil prisen have faldet nok til, at markedet igen vil komme i ligevægt, og et yderligere prisfald vil skabe overskydende efterspørgsel, hvorved prisen vil begynde at stige.

Dette imiteres ved en invers efterspørgselsfunktion af formen $p = e^{-\beta S}$, hvor $\beta > 1$ er en sensitivitetskonstant, som styrer hvor kraftigt et fald, der opleves i priserne efterfølgende et salg, samt hvor længe et brandsalg varer ved før en ny ligevægt opnåes. Grafisk sker det gennem det skraverede udbud-efterspørgselsspænd. Det er dette spænd, der afgør størrelsen på prislefaldet. Fordi efterspørgsel er lavere end udbud, falder markedsprisen på ikke-likvide aktiver til en mellemliggende pris, som er mindre end før udbuddet steg, hvilket forringer værdien af kapitalen i egenkapitalratioen. Jo større værdi β tager, des bredere er spændet og des kraftigere og mere langvarige er prislefaldene. Først når $S = \mathbb{D}$, opnås der en ligevægtspris $p_n^* < 1$, hvortil brandsalget stopper.

8.7 Opgørelse af tab

Når brandsalget i modellen stopper, opgøres alle tab, som er blevet tålt gennem den indirekte og den direkte kanal som konsekvens af et chok og den efterfølgende proces. Ved at opgøre en banks tab kan det afgøres, hvorvidt banken er i default. En bank opfattes som defaultet, hvis banken efterfølgende enten ikke har været i stand til at opretholde alle forpligtelser i interbankmarkedet, og/eller hvis banken ikke kan leve op til de regulatoriske krav, som myndighederne stiller.

System-wide systemisk risiko kan nu defineres som *andelen af systemets totale aktiver, der tilhører banker i default*. Dette mål for systemisk risiko er helt intuitivt og på linje med mit forslag på side 35 om at bruge et aggregeret SII som et mål for systemisk risiko. Andelen af systemets totale aktiver, der tilhører banker i default er ganske enkelt et aggregeret SII, som er vægtet i forhold til total asset. Dette mål indeholder ligeså meget eller mere information om graden af en bankkrise end et simpelt aggregeret SII indeholder.

Det er denne andel, som dekomponeres til shapleyværdier og allokeres til hver enkelte bank som deres bidrag til systemisk risiko. Omfanget af en finansiell institutions systemiske risikobidrag kan opfattes som en approksimation af institutionens systemiske vigtighed, idet bidraget til system-wide systemisk risiko indikerer de kapitaltab som den pågældende institution direkte og indirekte forvolder det finansielle system. Vi vil derfor sidestille en finansiell institution med en høj shapleyværdi med en finansiell institution som er vigtig for finansiell stabilitet og for samfundsøkonomien - nemlig en SIFI. Ækvivalent vil vi benytte shapleyværdien som en kvantificering af graden af systemisk vigtighed.

9 Funding og likviditetshoarding

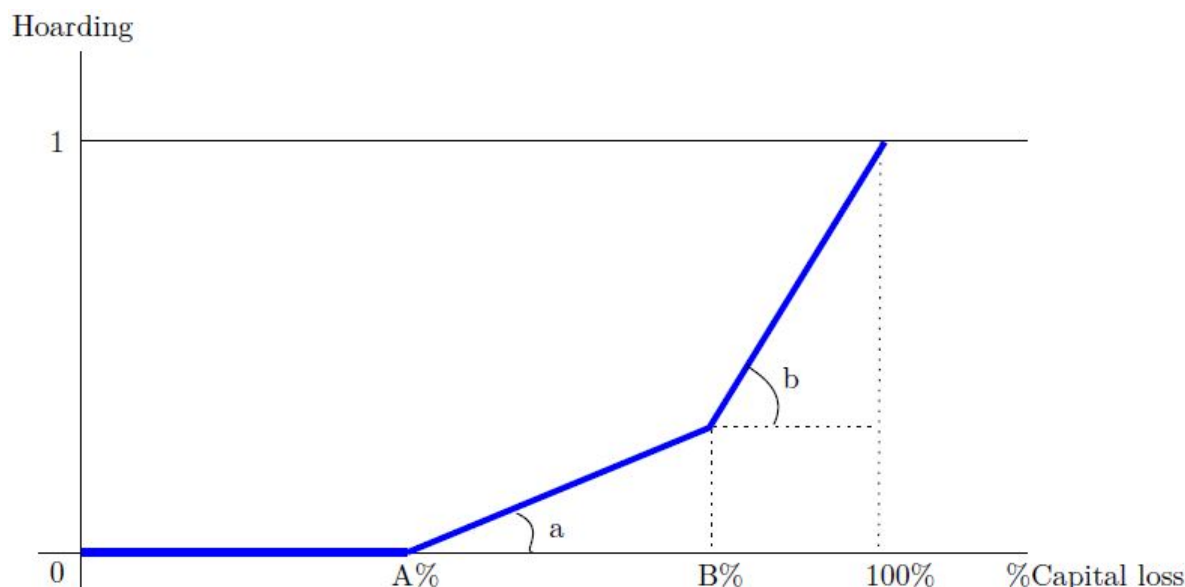
Modellen i afsnit 8 beskriver særligt aspekter ved ensartede aktiver og interbankmarkedets rolle i spredningen af finansiel smitte. Et aspekt, som modellen ikke eksplicit tager hensyn til, er fastfrysningen af pengemarkedet. En essentiel del af forværringen af situationen efter Lehman Brothers krak i efteråret 2008 var, at risikoaversion frøs pengemarkederne til, ligesom det var den forringede mulighed for kortsigtet funding, der var kilde til kraftige nervøse trækninger over det meste af Europa i sidste halvår af 2011. Derfor vil vi i det følgende kort præsentere en del af en model af Gabrieli et al..

Vi redegjorde i afsnit 8.5 for modellens metode for matching af parter i interbanknetværket, som, grundet fundamentet i TARGET2-data, resulterer i realistiske netværk. Det essentielle i modellen er dog særligt opdelingen af lån i løbetider, hvilket medfører, at der opereres med to separate netværk. Således er det muligt at definere en solvenssmittekanal og en likviditetssmittekanal udgjort af interbanklån med lange, henholdsvis korte løbetider.

Likviditetsnetværket består af interbankforbindelser, som pga. den korte løbetid kan ophøre meget pludseligt, hvilket gør det muligt for banker at hoarde likviditet når risikoaversion stiger, sådan som det skete i 2008 og 2011. Solvenssmittekanalen udgør i modsætning hertil en stabil funding, som ikke kan stoppes før refinansiering. Stabil funding er altså ikke følsom overfor pludselige chok, og en udlånende bank vil ikke opleve tab her, medmindre modparten er insolvent ved udløb.

Det er kapitaltab efter markedschok og defaults i det lange pengemarked, der kan øge usikkerhed og risikoaversion i markedet og stresse det korte pengemarked. Derved begynder banker at tvivle på modparter og deres egen mulighed for funding, hvorfor de agerer forsigt og hoarder likviditet, hvilket fører til, at likviditet bliver knap. Ydermere er det banker med den mest risikable risikoprofil, der vil opleve et stop i refinansiering, hvilket indirekte øger solvenssmitten.

Figur 9.1 viser en bank i 's hoarding adfærd som en stykvis lineær funktion af det procentuelle kapitaltab, som bank i har akkumuleret. Således er der en tolerancegrænse, $A\%$, under hvilken bank i endnu ikke føler sig nødsaget til at skifte adfærd. Fra $A\%$ tab på bankens kapital hoarder banken i mindre omfang og hoarder mere og mere som tab akkumuleres. Hvis bankens kapitaltab når $B\%$, intensiveres hoarding, indtil banken må defaulte på sine forpligtelser.



Figur 9.1: Adfærd for likviditetshoarding. En bank hoarder likviditet progressivt som funktion af akkumuleret kapitaltab. Kilde: Gabrieli et al. (2014).

Timing i modellen er således, sådan at et chok på tværs af markedet samt en eksogen default af én bank initialiserer en sekventiel proces af solvenssmitte og dernæst likviditetshoarding og -smitte samt eventuelle efterfølgende bølger af solvenssmitte som følge af likviditets-effekter.

Systemets tab som følge af markedschok og én bestemt banks default opgøres for hvert af årene 2008-2012 over 500 simulerede chok¹⁶, over 100 estimationer af netværk, over hver af systemets 73 banker. Systemets tab måles dels som andelen af systemets aktiver der mistes, og dels som antallet af banker, der efterfølgende vil defaulte. Tabene kan desuden udtrykkes som gennemsnittet, det 95. percentil eller det maksimale tab over de 500 scenarier for at af-dække halebegivenheder i forskellig grad.

Tabet opgøres endeligt dels som følge af en specifik banks eksogene default, og dels som summen af disse 73 resultater. Ved at opgøre tab på denne måde, kan tabsopgørelsen sidestilles med SII samt målet for systemisk risiko i afsnit 8.

Derved har vi nu mål for mængden af systemisk risiko, som kan allokeres til den enkelte bank både betinget af bankens tilstedeværelse og betinget af den specifikke banks default.

¹⁶De 500 chok er ens for alle årene. De er baseret på de 5% kraftigste chok i aktiemarkedet i årene 2008-2012.

Del III

Analyse

Vi vil i Del III analysere, hvilke faktorer der har betydning for systemisk risiko. Analysen vil være baseret delvist på modeller og metoder, som vi har beskæftiget os med gennem afhandlingen. En stor del af analysen vil dog yderligere baseres på resultater fra anden og lignende litteratur. Disse er udvalgt, sådan at bagvedliggende modeller, mål og generel metode og forståelsesramme er tæt beslægtet med litteratur og modeller, som vi har beskæftiget os med gennem afhandlingen. Analysen vil være tredelt. I afsnit 10 fokuserer vi udelukkende på systemisk risiko som en aggregeret mængde på tværs af systemet som helhed, og vi vil fokusere på faktorer som gælder overordnet for systemet. Dermed vil vi så vidt muligt ikke kommentere på den enkelte banks karakteristika, men analysere disse i afsnit 11, hvor vi fokuserer på den enkelte banks systemiske vigtighed. Endelig vil vi i afsnit 12 kort analysere virkningen af kapitalratioen og krav hertil. Der vil selvsagt kunne være et sammenfald af nogle elementer og effekter. Visse elementer vil derfor gå igen, omend det vil være overfladisk i ét afsnit og grundigt i et andet.

10 Determinanter for system-wide systemisk risiko

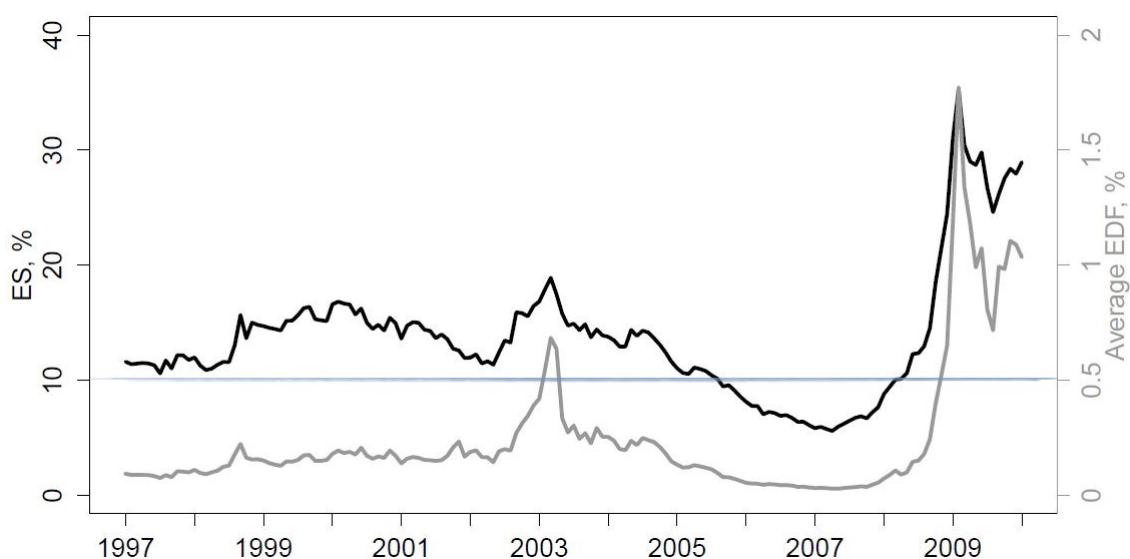
Overordnet ved vi fra eksempelvis afsnit 5.1, at den samlede mængde af systemisk risiko er en funktion af systemets bankers fallitsandsynligheder og systemets bankers afhængighedsstrukturer. Derfor forekommer det naturligt at analysere hver af de to komponenter og de elementer, der indgår deri. Vi ved desuden fra afsnit 4, at moral hazard øger systemisk risiko og er en trussel for finansiell stabilitet. Jeg vil dog afgrænse analysen her til at omfatte fallitsandsynlighed og afhængighedsstrukturer.

10.1 Fallitsandsynligheder

Lad os først fokusere på fallitsandsynligheder for systemets banker og understrege, at dette er den absolut vigtigste determinant for systemisk risiko. Vi har ikke fokuseret meget på fallitsandsynligheder, men mestendels beskæftiget os med at undersøge afhængighedsaspektet. Dette er imidlertid ikke proportionelt med de to komponenters betydning. Det er snarere en konsekvens af fallitsandsynlighedernes åbenlyse betydning. Det er oplagt, at hvis der i et system af interagerende banker er en høj gennemsnitlig fallitsandsynlighed, betyder det, at systemet er mindre modstandsdygtigt overfor initiale chok, såvel som udbredelsen af chok, hvilket alt andet lige vil ske efterfølgende, men som varierer i styrke betinget af afhængighedsstrukturer.

Puzanova & Düllmann (2012)[21] viser en sammenhæng mellem systemisk risiko og gennemsnitlig aktiv-andel-vægtet fallitsandsynlighed i perioden 1997-2010 i et portfolio-approach system med 66 af verdens største banker. Puzanova et al. definerer systemisk risiko som Expected Shortfall af systemets totale passiver. Sammenhængen ses i figur 10.1 og er slående. De to serier korrelerer næsten perfekt, idet de har $\rho = 0.92$. Der er altså ingen tvivl om, at gennemsnitlige fallitsandsynligheder for bankerne i systemet er en vigtig determinant for systemisk risiko.

I figur 10.1 ses det endvidere, at der for gennemsnitlige fallitsandsynligheder under 0.5% (højre akse) er en lineær sammenhæng mellem en stigning i PD og den resulterende stigning i ES. Denne sammenhæng svækkes imidlertid for højere gennemsnitlige fallitsandsynligheder, hvor en stor stigning i PD ikke på samme måde øger ES. Det ses særligt omkring 2003 og 2008-09.



Figur 10.1: Sammenhæng mellem Expected Shortfall i procent af systemets passiver (sort serie, venstre akse) og systemets gennemsnitlige fallitsandsynlighed (grå serie, højre akse) *Kilde: Puzanova et al. (2012).*

Den lineære sammenhæng for lave PD'er er i overensstemmelse med den sammenhæng, som vi fandt i figur 5.2, hvor vi så, at mindre stigninger i gennemsnitlig PD har en lineær effekt på systemisk risiko (J.PoD). Vi så dog imidlertid også, at der kan være en kraftigere effekt på systemisk risiko ved større stigninger i gennemsnitlig PD. Det er i modsætning til, hvad vi ser i 2003 og 2008 i figur 10.1. Forskellen, tror jeg, skal findes i definitionen på systemisk risiko, idet det kan have betydning, om vi ser på ændringer i sandsynligheden for Maximum Loss sådan som J.PoD kvantificerer systemisk risiko, eller om vi ser på ændringer i Expected Shortfall, som det forventede tab ved en usandsynlig, systemisk begivenhed. Punktsandsyn-

ligheden for Maximum Loss er simpelthen langt mere volatil end værdien for Expected Shortfall. Om effekten af PD på systemisk risiko er konkav, som figur 10.1 viser eller konveks som figur 5.2 argumenterer for, er ydermere - og i sidste ende - mest et spørgsmål om, hvor kraftigt systemet er forbundet. Alt andet lige kan vi konkludere, at systemets gennemsnitlige idiosynkratiske fallitsandsynligheder er en meget signifikant og meget kraftig determinant for systemisk risiko.

Lad os se en af de mest anerkendte formuleringer for PD fra strukturelle finansielle modeller. Her er fallitsandsynligheden givet ved $PD_t = N(-\frac{\log(\frac{V_0}{D})+(\mu-\frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}})$. Heraf ses det, at særligt leddet $\log(\frac{V_0}{D})$ er af stor betydning for PD. Dette led fanger en virksomheds gearing. Gearing er dermed inkorporeret i en banks fallitsandsynlighed. Af samme grund var visse bankers gearingsgrad i fokus tidligt i finanskrisen, og også derfor har vi over de seneste år set en kraftig reduktion i gearingsgraden i den finansielle sektor.

Før der, som konsekvens af finanskrisen, opstod konsensus blandt regulerende myndigheder om behovet for en makroprudentiel tilgang til finansiell stabilitet og regulering, var finansiell regulering hovedsageligt orienteret imod mikroprudentiel regulering. Mikroprudentiel regulering fokuserer særligt på at sikre soliditet i den enkelte bank. Regulering fokuserede dermed kun på den ene af de to komponenter, fallitsandsynligheder. Med implementeringen af makroprudentiel regulering fokuseres der nu også på den anden komponent, afhængighedsstruktur, som vi nu vil analysere.

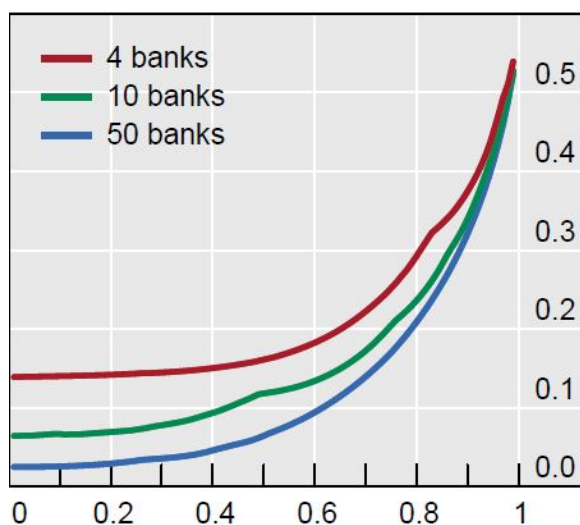
10.2 Afhængighedsstruktur

Den anden komponent er afhængighedsstrukturen i systemet. Denne består af en lang række elementer, som vi har fokuseret på og beskrevet gennem Del II. De to hovedelementer er ensartede aktiver og direkte eksponeringer i interbankmarkedet, som hver især består af flere elementer.

Overordnet kan man sige at muligheden for udbredelsen af chok afhænger af systemets grad af homogenitet/heterogenitet i forskellige henseender. Ser vi på det første hovedelement, ensartede aktiver, kan vi allerede ved navnet udlede, at dette er et spørgsmål om homogenitet. Det er bankernes homogenitet, der indirekte forbinder bankerne og gør dem sårbare overfor hinanden. Som vi så i afsnit 3 i tilfælde 3 og ligeledes i afsnit 8.6, gør disse ensartetheder desuden, at en banks risikoprofil kan ændres eksogent, som konsekvens af andre agents adfærd.

Tarashev et al. viser, at i et fuldstændig homogent system, vil systemisk risiko stige, når bankers eksponeringer til ensartede aktiver stiger. Det er utvetydigt sandt, ligemeget hvordan systemets karakteristika er. Af samme årsag vil vi i nærværende afsnit berøre ensartethed overfladisk, og først i afsnit 11 gå mere i dybden med dette element. Som det ses i figur 10.2, er niveauet og konveksiteten af systemisk risiko dog afhængig af, om der er få, store banker eller mange små. Det skyldes diversificering i systemet, da idiosynkratiske fallitsandsynligheders betydning stiger, som antallet af banker i systemet falder. Den vigtigste indsigt, vi kan tage med fra figuren er, at som bankernes eksponering til ensartede aktiver stiger, mindskes differencen mellem systemisk risiko i systemerne afhængig af, om systemerne består af 4, 10 eller 50 homogene banker.

Det vil sige, at jo flere banker, der er i et system, des højere marginal betydning får eksponeringen til ensartethed, når denne bliver forholdsvist høj. Det er en vigtig indsigt, at i et komplekst og mangefacetteret finansielt system øges systemisk risiko pludselig meget hurtigt, hvis agenter udviser herding behaviour. Det var blandt andet det, vi så i forbindelse med aktiver med relation til ejendomme.



Figur 10.2: Systemisk risiko som funktion af korrelation i aktiver i homogene banksystemer. Banksystemerne varierer i koncentration. Første akse er aktivkorrelationen, mens anden akse er systemisk risiko.
Kilde: Tarashev et al. (2010).

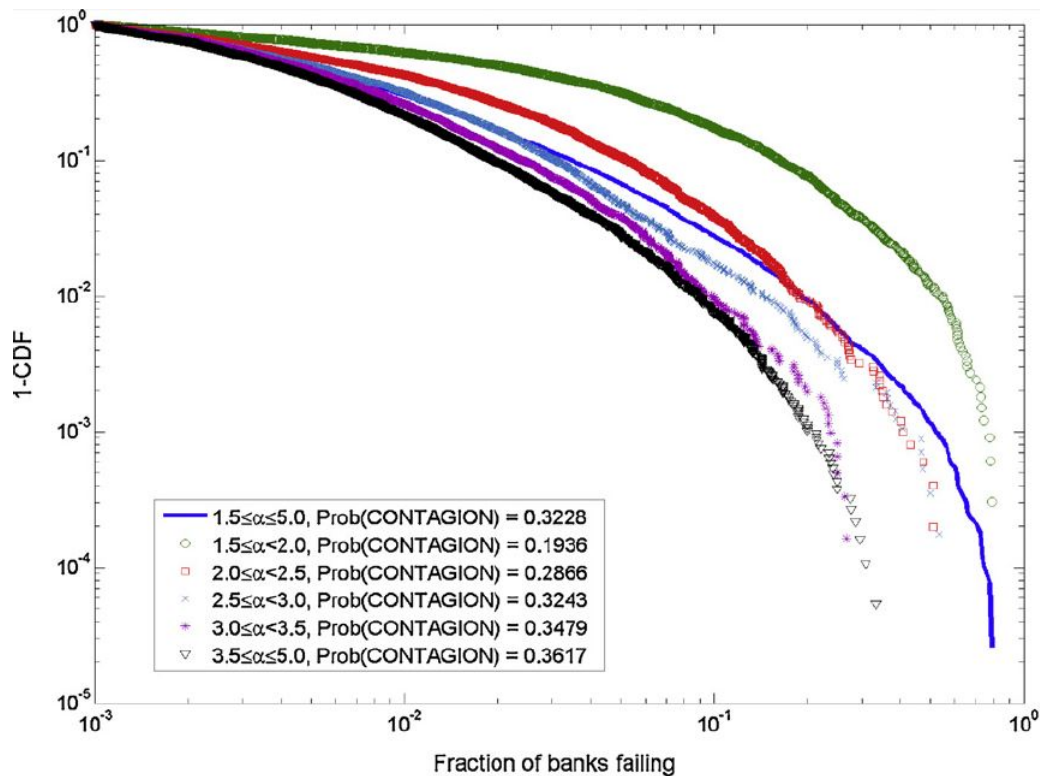
Niveauforskellene i systemisk risiko, som ses i figur 10.2 ved lavere værdier for korrelation, rejser yderligere et spørgsmål om koncentrationen i et system. Hvor mange banker bør der være i et system, og hvor mange banker bør en vis andel af systemet udgøres af? Til at forsøge at svare på dette, kan vi betragte tabel 10.3, som viser en opgørelse af marginalt systemisk risikobidrag for et system, hvori den ene halvdel af systemets aktiver ejes af fire identiske store banker, og den anden halvdel ejes af 62 identiske små banker. Tabellen viser, at den halvdel, som udgøres af fire store banker bidrager med langt mere systemisk risiko end den mindre koncentrerede del af systemet og peger i retning af, at en høj koncentration kan være u hensigtsmæssigt.

ρ_1, ρ_2	Number of banks	$p = 1\% \quad p = 0.5\% \quad p = 0.1\%$		
		Expected shortfall		
42%, 42%	$n_1 = 62$	18.23	12.46	4.84
	$n_2 = 4$	32.69	26.42	14.78
	$n = 66$	50.92	38.89	19.61

Figur 10.3: Systemisk risikobidrag fra to grupper af banker. Hver gruppe udgør halvdelen af systemets aktiver. Korrelation og fallitsandsynligheder er ens for alle 66 banker. Systemisk risikobidrag er udregnet ved ES for tre forskellige værdier af fallitsandsynligheder. Store banker bidrager med overnormalt meget systemisk risiko. *Kilde: Puzanova et al. (2012).*

Også Krause & Gisante (2012)[17] kaster lys på spørgsmålet om, hvorvidt et heterogent banksystem sikrer eller skader finansiell stabilitet. Deres modelsetup minder om modellen i afsnit 8, omend der ikke tages højde for brandsalg. Modellen fokuserer dermed på smitte gennem interbankmarkedet. Krause et al. simulerer 120.000 forskellige netværk bestående af N banker med $N \in [13; 1000]$ af en individuel størrelse givet af totale aktiver, $TA \in [100; 100.000.000.000]$, hvis interbank-engagement antages at være proportionalt med deres størrelse. Fordelingen af de N bankers størrelse følger en potens funktion, $y = b \cdot x^\alpha$, sådan at eksponenten $\alpha \in [1.5; 5]$ afgør graden af heterogenitet i banksystemet. Det betyder, at $\alpha = 1.5$ resulterer i en meget tung hale ækvivalent med et meget heterogent banksystem, mens $\alpha = 5$ genererer et forholdsvis homogent system.

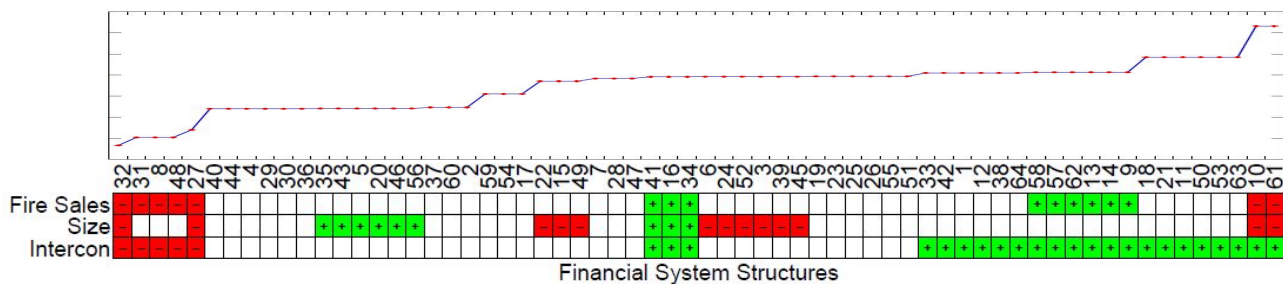
Figur 10.4 viser de dekumulerede fordelingsfunktioner af Krause et al.'s simuleringer for fem forskellige intervaller af α . Repræsentative illustrationer af netværk med disse α -værdier findes i appendiks figur 3. Fra figur 10.4 ses det, at meget heterogene systemer (fordelinger med en lav α -værdi) konsekvent resulterer i en højere andel af systemets banker, som vil falde, end for forholdsvis homogene systemer (høje værdier af α). I et forholdsvis homogent system vil en bankkrise i 99. percentil således betyde, at 8-9 procent af systemets banker krakker, mens det tal for de mest heterogene banksystemer er 50%. Fra figurens boks ser vi dog samtidig, at der i de mest heterogene systemer er en langt mindre sandsynlighed for at en banks default overhovedet vil spredes i systemet, end det er tilfældet i mere homogene systemer. Deraf kan vi udlede, at der er et trade-off mellem kriseresiliens og -omfang. Homogenitet i et banksystem gør systemet skrøbeligt for at smitte opstår initialt. Omvendt gør homogeniteten, at overførte tab er relativt begrænsede i volumen og derfor hurtigere vil absorberes, hvorfor smitten nemmere stoppes og ikke resulterer i en ligeså omfattende bankkrise, som tilfældet er for heterogene systemer, når først smitte opstår. På grund af dette trade-off er der ikke umiddelbart et oplagt bedste valg, men det skal understreges, at med øget heterogenitet er konsekvenserne meget alvorlige, når en krise bryder ud.



Figur 10.4: Grafen viser fordelingen af andele af systemets banker der falder, hvis smitte opstår. Fordelingen er afhængig af systemets heterogenitet givet ved eksponenten α . Boksen viser sandsynlighed for smitte afhængig af systemets heterogenitet. Kilde: Krause et al. (2012).

Ser vi igen på de tre elementer *størrelse*, *ensartethed* og *interbankengagement*, kan vi indledningsvist drage på resultater fra Bluhm & Krahnen (2014)[6]. De bruger i deres artikel den samme underlæggende model som Aldasoro et al. Bluhm et al. benytter dog ikke matching-algoritmer til at estimere netværk, men laver en mere stiliseret metode med 64 varierende netværk bestående af tre banker med varierende karakteristika. På trods af, at metoden er mere stiliseret, og resultater derfra derfor i højere omfang er afhængige af antagelser, kan en analyse af systemisk risiko i disse netværk bidrage med viden om betydningen af elementer i afhængighedsstruktur for systemisk risiko. Øvre del af figur 10.5 viser et netværks systemiske risikoniveau, mens nedre del, som vi fokuserer på, beskriver om et netværks indikator for ensartethed, størrelse og forbundethed er særligt lav, normal eller særligt højt. Ensartethed beskrives ved standardafvigelsen i de tre bankers beholdning af ikke-likvide aktiver. Det er således ikke et direkte mål for ensartethed sådan som ρ , men beskriver potentialet for et brandsalg. Størrelse beskrives ved standardafvigelsen i de tre bankers totale aktiver. Ensartethed og størrelse er altså beskrevet ved graden af heterogenitet i systemet. Aktivitet i interbankmarkedet beskrives ved den nominelle værdi af lån mellem de tre banker.

Figur 10.5 indikerer, at det ikke giver anledning til højere systemisk risiko, at der er stor heterogenitet i bankernes størrelse, idet ingen af de 32 systemer med højeste systemisk risiko er



Figur 10.5: Sammenhæng mellem systemisk risiko og netværkskarakteristika. Øvre halvdel viser værdien for systemisk risiko i de 64 netværk sorteret fra laveste til højeste. Panelet i nedre halvdel indeholder information om systemets karakteristika, og angiver om en karakteristikum er særlig lav (+ / rød), normal() eller særlig høj (- / grøn). Dette afgøres ud fra om systemets værdi for det pågældende element ligger én standardafvigelse *under* den gennemsnitlige værdi over alle 64 systemer, *inden for* en standardafvigelse eller en standardafvigelse *over* den gennemsnitlige værdi. Andenaksen er i intervallet 0.86-1. Hvert tick repræsenterer dermed en stigning på 0.02. Kilde: *Bluhm et al. (2014)*.

særligt heterogene med hensyn til størrelse. Modsat er otte af disse faktisk særligt homogene, mens seks af systemerne med forholdsvis lav systemisk risiko er kendetegnet ved at være særligt heterogene. Dermed peger det i retning af, at en heterogen banksektor, når det kommer til størrelse, er en god ting for finansiell stabilitet.

Med hensyn til ensartethed i ikke-likvide aktiver er resultatet lidt mere blandet. De fem mindst risikofyldte systemer har et særligt lavt potentiale for brandsalg, men det har også de to mest risikofyldte. Dog har en række af de andre 25% mest risikofyldte systemer en høj heterogenitet i bankers ikke-likvide aktiver, hvorfor der er en tendens til, at systemer, hvori nogle banker i særlig grad skaber potentiale for brandsalg, har en højere systemisk risiko.

Potentialet for brandsalg afgøres desuden af følsomheden overfor brandsalg - denne blev i afsnit 8.6 afdelt af faktoren β . Bluhm et al. viser at effekten af denne på systemisk risiko er udeblivende for tilpas lave værdier for prislefølsomhed, men at når først β er i et niveau, hvor brandsalg vil ske, skal der kun ske meget små ændringer i prislefølsomheden før systemisk risiko øges markant som følge af det øgede skel mellem udbud og efterspørgsel. Som nævnt vil vi berøre aspekter ved ikke-likvide aktiver i flere detaljer i afsnit 11.

Det mest udtalte resultat fra figur 10.5 er uden tvivl, hvilken rolle interbankmarkedet spiller. Vi ser, at samtlige af de 20 netværk med højeste værdier af systemisk risiko er betegnet af at have særlig høj aktivitet i interbankmarkedet, og interbankmarkedet har altså en signifikant betydning for systemisk risiko ifølge Bluhm et al.. Det skal dog bemærkes, at niveauet for systemisk risiko er ekstremt højt, hvilket skyldes antagelser om meget høje initiale chok. Dette er sandsynligvis gjort for at understrege smitteeffekterne, men sker dog på bekostning af resultaternes troværdighed - også begrundet ved det noget stiliserede netværkssetup.

For at undersøge om interbankmarkedet virkelig er af så stor betydning for systemisk risiko, kan vi vende os mod Drehmann & Tarashev (2011)[9]. De simulerer fravær og eksistens af et interbankmarked ved at erstatte en nulmatrice (intet interbanknetværk) med et interbanknetværk estimeret ved Maximum Entropy-metoden. Eksistensen af et interbankmarked resulterer i en 30% stigning i systemisk risiko (målt ved ES) fra 3,2 til 4,3.

En sammenligning af eksistens og fravær er dog noget grovkornet. Vi bør derfor hellere diskutere interbankmarkedets opbygning. Maximum Entropy er det tættest mulige netværk, og er næppe helt realistisk og belyser ikke effekten af graden af tæthed.

Allen & Gale (2000) skriver¹⁷, at i et netværk, som har en cirkelstruktur, vil alle banker i netværket krakke som respons på et krak. De viser, at ved at øge tætheden mindskes risikoen for at ét krak vil medføre flere krak. Det sker fordi højere tæthed fungerer som risikodeling og diversificering, som gør enkelte forbindelser mindre volumiøse. De slutter heraf, at når antallet af forbindelser går mod $(N - 1)!$ vil summen af individuelle risici og systemisk risiko være minimeret. Effekten af højere tæthed er dog næppe monoton aftagende, sådan som de fandt. For hvor et chok ved højere tæthed sjældnere vil være af en volume som gør, at den pågældende forbindelse alene forskylder et krak hos modparten, vil der i stedet udbredes eksponentielt flere chok. Er et chok kraftigt nok, vil det dermed sendes gennem større dele af netværket og have en forstærkende effekt. Der er således igen et trade-off mellem diversificering af individuelle risici og amplificering af systemisk risiko.

Drehmann et al. erstatter ligeledes nulmatricen med en matrix med en netværksstruktur svarende til Closest Matching. Dette giver anledning til en stigning i ES til 4,37, hvilket betyder, at en arkitektur betegnet af volumiøse links og lav tæthed medfører en højere systemisk risiko.¹⁸ Dette resultat er i overensstemmelse med resultater fra Aldasoro et al., som beretter, at det er netværket estimeret ved Closest Matching, som udviser den højeste systemiske risiko.¹⁹ De viser dog, at netværk under Maximum Entropy resulterer i næstmest systemisk risiko, mens Random Match-algoritmen resulterer i det laveste gennemsnitlige systemiske risikoniveau, hvorfor der ikke er et fuldstændigt lineært forhold mellem tæthed og systemisk risiko. Flertydigheden skyldes de modsatrettede effekter om risikodeling som argumenteret ovenfor. Til dels. Det skyldes nemlig også, at tæthed ikke beskriver netværkets topologi til fulde.

Gabrieli et al. noterer sig, at forskellene i systemisk risiko gennem årene 2008-2012 kan for-

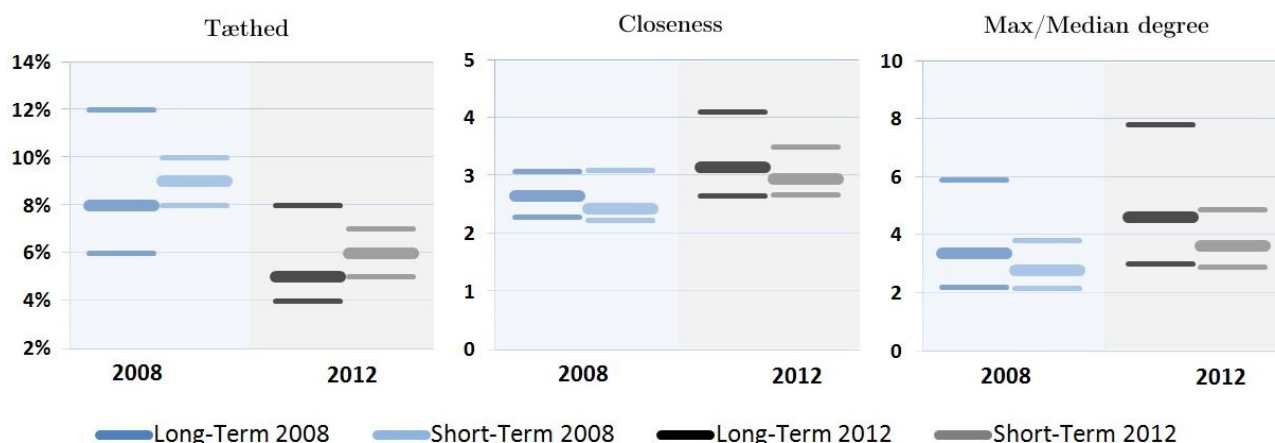
¹⁷Ifølge Aldasoro et al. (2014) p.5.

¹⁸Drehmann et al. beretter ikke hvorvidt 4,37 er signifikant højere end 4,3, hvilket kunne gøres med en t-test, hvis man har de underliggende resultater. Jeg antager, at det ville have været anført, hvis det ikke havde været en signifikant forskel.

¹⁹Estimeret gennemsnit over 1000 chok- og netværkssimulationer.

klares med tre faktorer. De to første faktorer er kapitaldækning og likviditetbeholdning, som vi vil berøre i afsnit 12²⁰. Den tredje faktor er ændringer i netværkskarakteristika - heriblandt tæthed - men også andre netværksmål.

Før vi ser på ændringen i et udvalg af mål fra 2008 til 2012, lad os da kort redegøre for systemisk risiko i de to år for at kunne holde de to op mod hinanden. Disse kan ses illustreret og forklaret mere detaljeret i appendiks figur 2. Systemisk risiko var markant højere i 2008 end i 2012. Det laveste kapitaltab, der er simuleret for 2008, er således højere end mediankapitaltabet i 2012, mens knap 30% af simulationerne for 2008 fører til kapitaltab i et omfang, som kun ses tilsvarende i 2% af simulationerne i 2012. Derudover er antallet af netværk, hvor likviditetshoarding spillede en betydelig rolle, langt større i 2008 end i 2012 og samtidig bærer effekten af likviditetshoarding i mange tilfælde en markant større andel af det samlede kapitaltab i 2008 end i 2012.



Figur 10.6: Der sker ganske store ændringer fra år 2008 til år 2012 i tæthed, closeness og kerne-periferistruktur for det kort- og langfristede interbankmarked. *Kilde: Egen illustration baseret på tal fra Gabrieli et al. (2014).*

Figur 10.6 viser minimum-, median- og maksimumværdi for de tre centralitetsmål som er signifikante: Netværkets tæthed, netværkets closeness og målet for netværkets grad af kerne-periferistruktur. Figuren viser værdier for målene for henholdsvis 2008 og 2012 over de samme 100 netværkestimationer som figur 2 er baseret på. Målene er vist for både long-term og short-term netværkene, og det ses at der eksisterer arkitektoniske forskelle fra det ene netværk til det andet, og at de ændres over tid. Jeg mener derfor, at det er en vigtig differentiering fra andre modeller, at Gabrieli et al. laver denne opdeling af solvens- og likviditetskkanalerne, samt synliggørelsen af variation over tid, og at dette kan hjælpe med at belyse sammenhængen mellem systemisk risiko og netværksstruktur.

²⁰Genkald fra afsnit 9 at systemisk risiko udledes som tab efter solvens- og likviditetssmitte.

Der sker en stor reduktion i tætheden af de to interbankmarkeder fra 2008 til 2012. Således gælder det for både long- og short-term netværk, at medianværdien i 2012 er lavere end minimumværdien fra 2008. Særligt opsigtsvækkende er det, at likviditetssmitten var enormt høj i 2008 i forhold til 2012, og at tætheden i short-term netværket er ændret i et omfang, så det netværk med højeste tæthed i 2012 har en lavere tæthed end det mindst tætte netværk i 2008.

Ændringen i closeness er omvendt - her er det en markant stigning. Således bliver der i gennemsnit længere mellem en bank og resten af systemet, hvilket altså betyder, at smitte alt andet lige har sværere ved at brede sig ud i hele systemet og generelt vil være mindre tilbøjelig til at ramme store dele af systemet.

Forholdet mellem netværkets højeste degree og netværkets median degree beskriver graden af kerne-periferistruktur i netværket og fanger tilnærmelsesvist de samme aspekter som α -værdien i Krause et al. jf. appendiks figur 3. Max/Median degree er steget, hvilket betyder at begge netværk har udviklet sig mod at være mere skævt og koncentreret i en kerne-periferistruktur i takt med at systemisk risiko er mindsket over årene.

Effekten af dette er tvetydig. På den ene side, når formidlingen af likviditet i højere grad skifter mod en centralisering hos en række kernebanker, vil closeness kunne falde og give ophav til mulig smitte i stort omfang under specifikke omstændigheder. En fuldkommen perfekt kerne-periferi struktur vil eksempelvis have closeness lig 2, hvis $N-1$ banker er forbundet til én bank. Tætheden i dette netværk vil ligeledes være meget lav.²¹

På den anden side vil en mere afbalanceret kerne-periferistruktur kunne nedbringe tæthed og samtidig øge closeness ved at tilgangen af interbankforpligtelser kun kan nå en bank i periferien ved at skulle igennem en af flere kernebanker og mellemliggende forgreningsbanker.

For at forstå den tvetydige effekt af netværkets struktur bedre kan vi følge et andet resultat fra Krause et al.. De estimerer en logit-regression for sandsynligheden for at smitte vil opstå (*resiliens*) og en OLS-regression for andelen af banker, der vil krakke, *hvis* smitte begynder at spredes (*omfang*). De komplette resultater er vist i appendiks figur 4. Regressionerne er baseret på seks faktorer, som er sammensat af en række variable, hvilke er udvalgt gennem principal komponent analyse. De underliggende variable for faktorerne er vist i figur 5 i appendiks, ligesom de mest relevante variable er defineret kort.

²¹Se eksempelvis netværk for $1.5 \leq \alpha < 2$ i figur 3 som har meget lav closeness modsat netværk for $3.5 \leq \alpha \leq 5$.

Resiliensregressionen viser, at den vigtigste faktor er størrelsen af banken, som krakker initialt. Dernæst er den anden vigtigste faktor *topologi*, og tredje vigtigste faktor er *tiering*. Topologi-faktoren består af syv variable og beskriver graden af forbundethed i interbankmarkedet, herunder degree-centralitet, clustering og et mål, der beskriver om noder med høj degree er forbundet med andre noder med høj degree. Tiering-faktoren består af tre variable: Antal banker, $\log(\text{betweenness})$ og $\log(\text{shortest path})$. Tiering beskriver således strukturen i forhold til skævhed eller kerne-periferistruktur.

Regressionen viser, at jo mere et netværk er forbundet og mindre tiered, jo mere resilient er netværket mod smitte. Det skyldes, at initiale tab i et forbundet netværk absorberes mere smertefrit, og at de i et mindre tiered netværk spredes bredere og derfor ikke akkumuleres i en eventuel kerne, hvorfra større chok propageres ud til mindre banker.

Regressionen for omfang udpeger også de to faktorer, tiering og topologi, som vigtige - endda de to vigtigste. Det interessante er imidlertid, at de to faktorer nu virker med *omvendt* fortegn - et mere tiered og mindre forbundet netværk, mindsker en krises omfang. Begrundelsen herfor er, at store kernebanker er relativt højt forbundet. De kan i stort omfang absorbere tab fra hinanden, som i et mindre tiered netværk ikke ville kunne absorberes af mindre banker. Tab fra perifere banker kan ligeledes absorberes af kernebanker, hvor andre perifere banker med mindre sandsynlighed kan absorbere disse. Den omvendte effekt af forbundethed på omfang skyldes akkumuleringen af tab fra mange modparter. Når først videreførte tab overstiger absorberingskapaciteten, vil tab spredes langt nemmere i et højt forbundet netværk end i et mindre forbundet netværk.

Generelt er der tvetydige resultater i litteraturen i spørgsmålet om, hvorvidt finansiel arkitektur har en direkte effekt på systemisk risiko. Flere kilder peger dog mod netværkets struktur og karakteristika som en vigtig del af forklaringen på systemisk risiko og som et muligt objekt for arbejdet med at sikre et resilient system og mindske system-wide systemisk risiko. Der er flere resultater, der tyder på, at tæthed ikke er et tilstrækkeligt mål til at beskrive finansiel arkitektur, hvorfor problematikken om systemisk risiko er mere kompliceret end forsimplede Too Big To Fail og Too Interconnected To Fail paradigmer. Tvetydigheden i litteraturen skyldes muligvis, at finansiel arkitektur kan have modsatrettede effekter på systemisk risiko. Et skævt eller heterogent system kan i høj grad modstå den initiale udbredelse af finansiel smitte og materialiseringen af systemisk risiko. Omvendt vil en sådan struktur, når strukturens fordelagtige absorberingsgrad overskrides, medføre mere ekstreme kapitaltab, større finansiel instabilitet og større konsekvenser for samfundsøkonomien.

11 Determinanter for systemisk vigtighed

I afsnit 10 har vi nu analyseret, hvilke faktorer og elementer, der driver system-wide systemisk risiko. Gennem Del II og i særdeleshed afsnit 7 har vi redegjort for, hvordan vi teoretisk og praktisk kan kvantificere den enkelte finansielle institutions bidrag til systemisk risiko. Ved at antage at en institutions systemiske risikobidrag kan approksimere institutionens systemiske vigtighed, vil vi opnå indsigt og viden om forhold, der er særligt vigtige i problemstillingen om SIFI'er.²² I dette afsnit vil vi analysere effekterne af den enkelte institutions karakteristika på institutionens systemiske risikobidrag målt ved shapleyværdien eller lignende simulationsmetoder. Vi vil analysere de faktorer, som gennem de foregående afsnit har vist sig at have en mulig betydning for en finansiell institutions systemiske vigtighed. Disse faktorer er institutionens størrelse, institutionens eksponeringer til fælles aktiver og følgelig involvering i brandsalg samt institutionens aktivitet og placering i interbankmarkedet.

Problematikken omkring regulering af det finansielle system som en enhed og opmærksomheden på vidtrækkende konsekvenser af enkelte bankers konkurs har traditionelt fokuseret på størrelse, og først inden for nyere tid er andre faktorer for alvor blevet inkluderet i betragtningen af systemisk risiko. Således var budskabet i afsnit 3, at størrelse ikke nødvendigvis kan approksimere systemisk vigtighed.

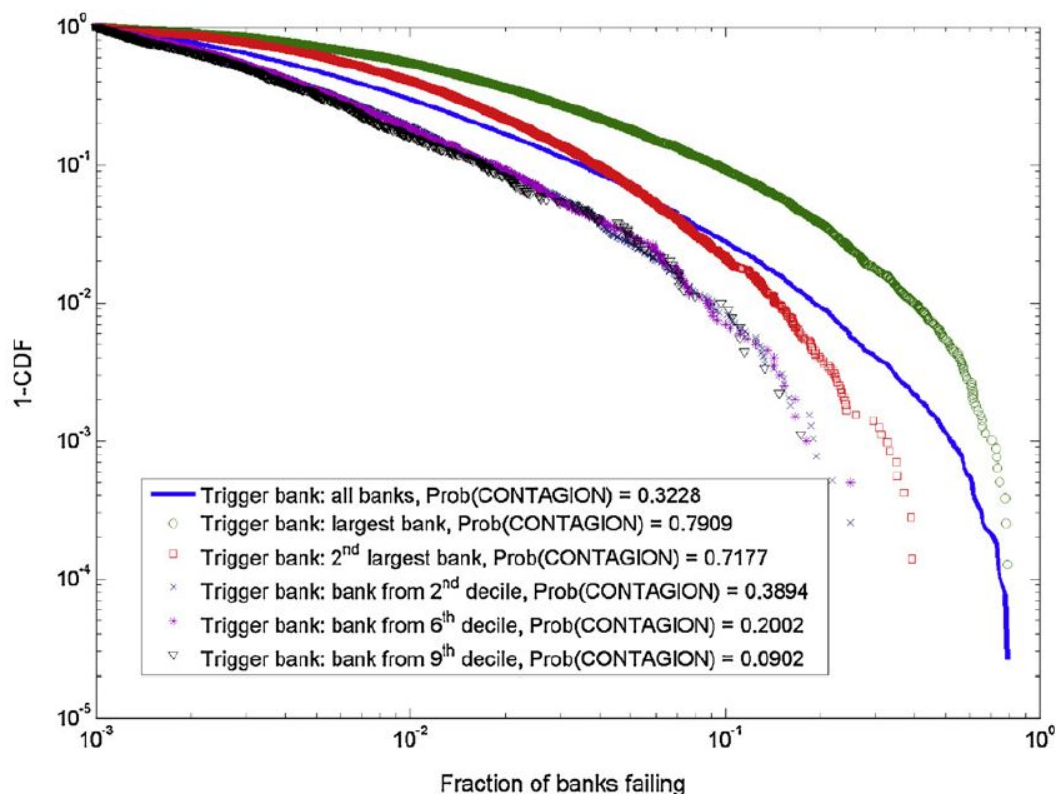
Zhou analyserer i sin artikel, hvorledes der er en empirisk sammenhæng mellem størrelse og *SII*. Analysen viser, at hverken gennemsnitlig størrelse over perioden 1987-2009 eller størrelse i et enkeltstående år i perioden har en Pearson korrelation med *SII* signifikant forskellig fra 0. Heller ikke kombinationen af størrelse i hvert af periodens år har en signifikant Pearson korrelation med *SII* i hvert af periodens år. Zhou finder dog to signifikante sammenhænge mellem størrelse og *SII*. Én er Spearman korrelation, som alene udtrykker korrelation mellem ordningen af størrelse og ordningen af *SII* over hele perioden. Den anden signifikante sammenhæng findes ved at foretage Pearsons t-test på perioden 1994-'99. Accept af testen i denne periode og forkastelse af testen i perioden 2000-'09 giver empirisk bevis for, at der var en afgørende sammenhæng tidligere. Imidlertid betyder det også, at der ikke har været samme tendens i 10 år derpå, og at størrelse ikke til fulde forklarer systemisk vigtighed. Det er dermed ikke sagt, at størrelse er uden forklaringsgrad. Det er blot sagt, at det er vigtigt at analysere andre faktorer.

Puzanova et al. analyserer ligeledes forholdet mellem størrelse og systemisk vigtighed. Hvor Zhou alene undersøger i et tværsnit, undersøger Puzanova et al. både forholdet i et tværsnit

²²Se side 48 for antagelse om approksimation mellem systemisk risikobidrag og systemisk vigtighed.

samt i en tidsserie. I tværsnitsanalysen finder Puzanova et al. en overbevisende Spearman korrelation mellem de 86 bankers relative størrelse og relative systemiske risikobidrag for hver måned i perioden 1997-2010 med en median forklaringsgrad på 90% (mellem 79% og 94%). Det skal dog bemærkes, at Puzanova et al. ikke - som efterlyst ovenfor - medtager andre forklarende elementer i tværsnitsanalysen. Der hvor Puzanova et al. bidrager til forståelsen, er i tidsserieanalysens skærende kontrast til den overvældende korrelation i tværsnitsanalysen. I spørgsmålet om, hvorvidt *udviklingen* i en banks systemiske vigtighed korrelerer med udviklingen i bankens størrelse, er svaret nemlig mindre oplagt. For hver femte bank er Spearman's korrelation insignifikant, mens der kun for fem af de 86 banker kan siges at være et lineært forhold mellem udviklingen i størrelse og udviklingen i systemisk vigtighed. Tværtimod er systemisk vigtighed i et tidsperspektiv primært afhængig af udviklingen i bankens fallitsandsynlighed. At der lader til at være en stor forskel i sammenhængen af systemisk risiko og størrelse, afhængigt af om det ses i tværsnit eller tidsserie, kan have betydning for identificering og overvågning af SIFI'er.

SIFI-tiltagene handler i høj grad om at forhindre et frafald, som potentielt kan lamme store dele af det finansielle system. Krause et al. laver en analyse, som er meget relevant for dette. Ved eksogent at lade banker af forskellige størrelser krakke initialt over 10.000 netværk, kan betydningen af den initialt-krakkende banks størrelse afdækkes. Figur 11.1 illustrerer simulationsresultaterne for netværkenes største og andenstørste bank, samt for mindre banker i 2., 6. og 9. decil. Herfra ses det, at størrelsen på den første bank, der defaultter, spiller en afgørende rolle for en krise. Ligesom figur 10.4 er der i figur 11.1 information om både kriseresiliens og -omfang for hver gruppe. Læg mærke til den store forskel i kriseomfang for en default i den største bank (grønne serie) til anden største bank (røde serie) og igen til de relativt ens udfald for banker i 2., 6. og 9. decil. Det samme gælder ikke for resiliens, hvor en default i en af de to største banker har en meget høj (79%, hhv. 72%) sandsynlighed for at spredes. Forskellen på netværkets største, andenstørste og 2. decil giver anledning til at formode, at systemisk vigtighed øges mere end proportionelt med størrelse. Ganske oplagt giver det altså rigtig god mening at forsøge at forhindre et frafald af de allerstørste banker. Men vi må ikke glemme at lægge mærke til, at banker i både 6. og 9. decil sagtens kan udløse en bankkrise. 1 ud af 100 gange en bank i 9. decil frafalder, vil det have et omfang på 10% af systemets banker, mens mindst én anden bank vil frafalde 1 ud af 10 gange. Dette understreger, at størrelse er af stor betydning, men ikke kan stå for sig selv, hvorfor vi må inkludere flere aspekter end størrelse for at analysere systemisk vigtighed.



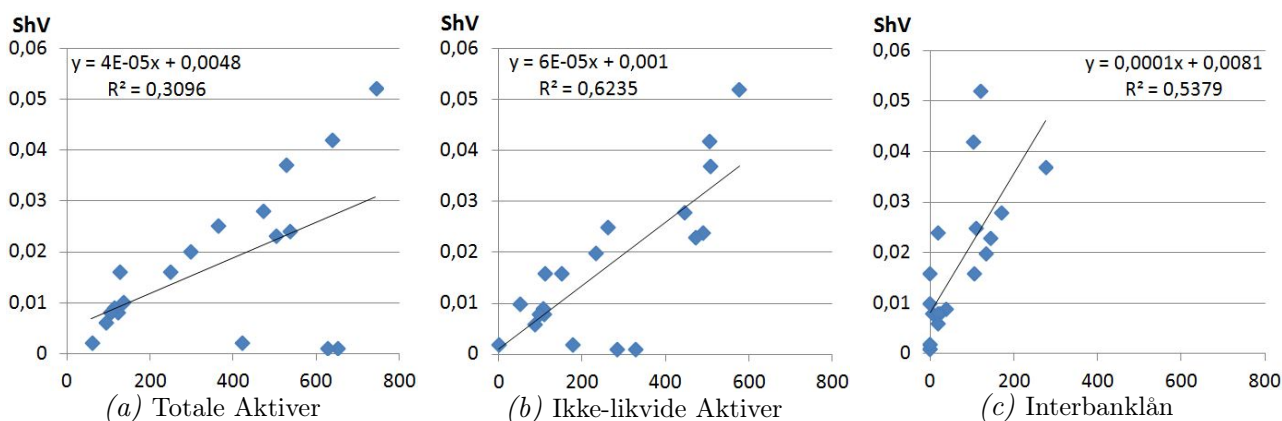
Figur 11.1: Graf og boks viser henholdsvis kriseomfang og -resiliens afhængig af størrelsen på den initialt faldende bank. Konsekvenserne er som forventet store for største bank. Men samtidig er konsekvenser af mindre bankers frafald ikke negligerbare. *Kilde: Krause et al. (2012).*

Aldasoro et al. rapporterer plots og tabeller, som viser shapleyværdierne allokeret til modellens banker og deres optimale værdier for en række balancetal. Figur 11.2 viser shapleyværdiers sammenhæng mellem et udvalg af disse. I figur 11.2a ses sammenhængen mellem totale aktiver (størrelse) og systemisk vigtighed. Sammenhængen ligger generelt på en fin voksende linje for de fleste banker. Dog er der tre banker, som skiller sig væsentligt ud fra mængden. Her er det ikke mindre banker, som er relativt systemiske, men modsat relativt store banker, som ikke er systemisk vigtige.²³ Dette understøtter pointen om, at størrelse kan være en proxy for bankers systemiske vigtighed, men at der er tilfælde, som ligger både under og over trenden, som kræver, at andre aspekter inddrages. Figur 11.2b viser sammenhæng mellem bankers position i ikke-likvide aktiver og shapleyværdi. Aldasoro et al. finder, at de banker, som yder det største systemiske risikobidrag og dermed er mest systemisk vigtige, er de banker som investerer i ikke-likvide aktiver, og at jo mere involveret heri en bank er, des mere øges systemiske vigtighed. Grunden til at investeringer i ikke-likvide aktiver øger systemisk vigtighed, skal findes i effekten af brandsalg. Jo højere andel af en banks aktiver, der udgøres af ikke-likvide aktiver, des mere følsom er banken på chok i ak-

²³Uden disse tre outliers, som alle er banker, der ikke låner i interbankmarkedet, forklarer totale aktiver 90% af variationen i shapleyværdier, hvorom fittet har en forklaringsgrad på knap 31%, når disse forholdsvist store banker inkluderes.

tivpriser, og følgelig må en bank sælge forholdsvist mere i et brandsalg for at realisere tab og sikre kapital for at overholde reguleringskrav. En bank som har en stor andel af ikke-likvide aktiver vil ifbm. et brandsalg endvidere have større effekt på udhulningen af aktivpriserne, hvormed andre banker som følge deraf vil opleve større tab på deres ikke-likvide aktiver.

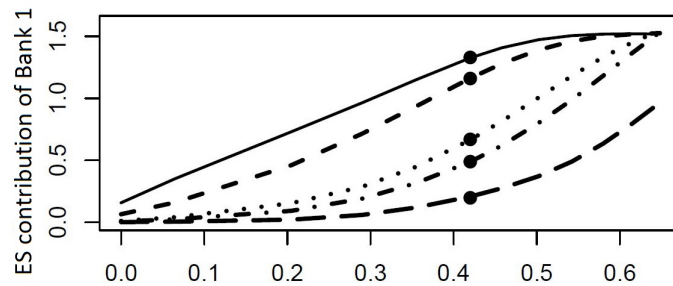
Der er en oplagt sammenhæng mellem størrelse og ikke-likvide aktiver, idet totale aktiver udgøres af kontanter, ikke-likvide aktiver og udlån i interbankmarkedet jf. 8.3, hvorfor det kan mistænkes, at det blot er effekten af størrelse, der driver sammenhængen. Det skal dog bemærkes, at regressionen med ikke-likvide aktiver har en større forklaringsgrad og koefficient end regressionen med totale aktiver, hvorfor effekten ikke kan skyldes multikollinearitet, omend der ikke er renset for dette.



Figur 11.2: Sammenhæng mellem shapleyværdi og udvalgte balanceposter. *Kilde: Egen illustration baseret på data fra Aldasoro et al. (2014).*

Effekten af et brandsalg og dermed effekten af en banks position i ikke-likvide aktiver på systemisk vigtighed afhænger som nævnt tidligere af følsomhedskoefficienten, β som i vid udstrækning dannes ud fra korrelationen i bankernes eksponering til ensartede aktiver. Puza-nova et al. belyser effekten af ændringer i denne på en banks systemiske vigtighed. Det gøres under stiliserede forhold i et banksystem, hvori 66 banker alle har en given fallitsandsynlig og alle med undtagelse af én bank, Bank 1, har en aktivkorrelation på $\sqrt{0.42}$. Dermed bidrager de til ethvert niveau for fallitsandsynlighed med lige dele systemisk risiko. Ved at lade Bank 1's aktivkorrelation variere og betragte forskellige grader af fallitsandsynligheder ses det i figur 11.3, hvordan ensartede aktiver har effekt på en banks systemiske vigtighed.

Systemisk vigtighed er som forventet stigende i aktivkorrelation, men det ses, at systemets soliditet - den uniforme fallitsandsynlighed - har en meget afgørende betydning for, om den enkelte banks systemiske vigtighed er (strengt) konveks eller (strengt) konkav. Det betyder desuden, at i kriseperioder, hvor systemets soliditet falder, forstærker selv en relativt lav aktivkorrelation bankens systemiske vigtighed.



Figur 11.3: Effekten af korrelation ved forskellige grader af systemsoliditet. Kilde: *Puzanova et al. (2012)*.

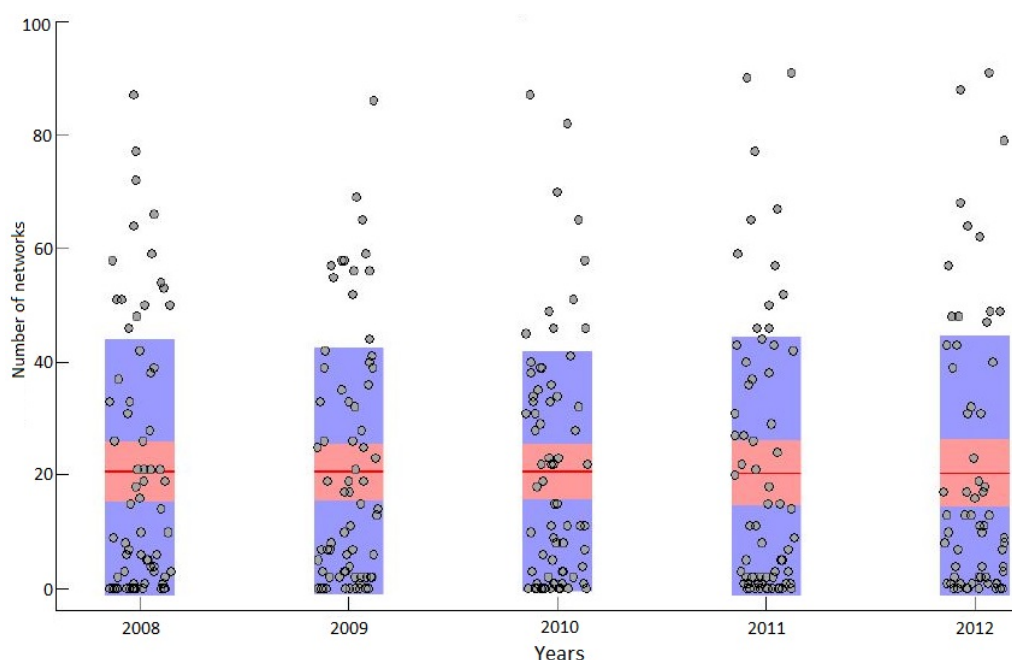
Figur 11.2c viser sammenhængen mellem shapleyværdi og låntagning i interbankmarkedet. Helt som forventet øger en banks låntagning i interbankmarkedet bankens systemiske vigtighed. Forklaringen på dette er forholdsvis lige til, nemlig at jo mere en bank låner i interbankmarkedet, des større tab vil banken forvolde på systemet i tilfælde af, at banken efter et chok ikke kan imødekomme dens forpligtelser over for långivende banker. Det er dog både låntagere og långivere, som øger deres systemiske vigtighed ved et låneforhold. Teoretisk skyldes det shapleyværdiens fairness-egenskab. Også intuitivt giver det mening, at både låntager og långiver øger deres systemiske vigtighed; For mens det er låntager, der umiddelbart forårsager et tab ved at defaulte på en interbankforpligtelse, er det långiver, som kan forskyldes, at tabet propageres videre ud i systemet, hvis denne ikke kan opretholde solvens eller likviditet nok efter et lidt tab. Det understøttes af, at Gabrieli et al. i en regression for en banks systemiskhed finder en positiv koefficient for interbankseksponering til en særligt gældsæt modpart.

Gabrieli et al. analyserer videre en banks position i interbankmarkedet. De finder, at særligt en banks closeness er en vigtig determinant for systemisk vigtighed. Jo kortere afstanden i netværket er til alle andre modparter, des højere en andel af banker vil frafalde, eller ækvivalent højere en andel af samlet systemkapital vil tabes, efter et chok fra den pågældende bank. Omvendt finder Aldasoro et al. ikke belæg for, at closeness har en sammenhæng med systemisk risiko baseret på en rangering af shapleyværdi og rangering af closeness. De finder til gengæld en sammenhæng mellem betweenness og shapleyværdi, som er robust over de tre netværksalgoritmer. De finder også en mere varierende sammenhæng med in-degree, som dog er udtalt under netværket estimeret ved Random Matching-algoritmen. De omtalte resultater kan ses illustreret i appendiks' figur 6. Ingen af disse sammenhænge er dog af afgørende forklaring i sig selv.

Generelt er resultater, der forsøger at definere et enkelt netværksmåls effekt på systemisk risiko, både tvetydige og modsigende og ikke af høj statistisk eller økonomisk signifikans. Dog er det værd at bemærke, at det var faktorer, som samlede netværksvariable - heraf mange mål

knyttet til den individuelle bank - som Krause et al. jf p. 61 fandt værende af stor betydning for kriseresiliens og -omfang.

I mangel på anden håndfast, utvetydig og endegyldig dokumentation for netværkstrukturers betydning for en banks systemiske vigtighed vil jeg referere til figur 11.4. Denne viser antallet af netværk ud af 100 netværksestimationer, hvori simuleringer resulterer i, at en bank identificeres som systemisk. Hvis en banks placering i interbankmarkedet og interbankmarkedets generelle struktur ikke har betydning for en banks systemiskhed, ville man forvente, at simuleringerne ville resultere i, at enhver bank enten altid er systemisk eller aldrig er systemisk.



Figur 11.4: For hver bank ses for hvert år antallet af netværkssimuleringer, hvori en banks initiale frafald resulterer i systemtab over den 85. percentil i fordelingen af systemtab. *Kilde: Gabrieli et al. (2014).*

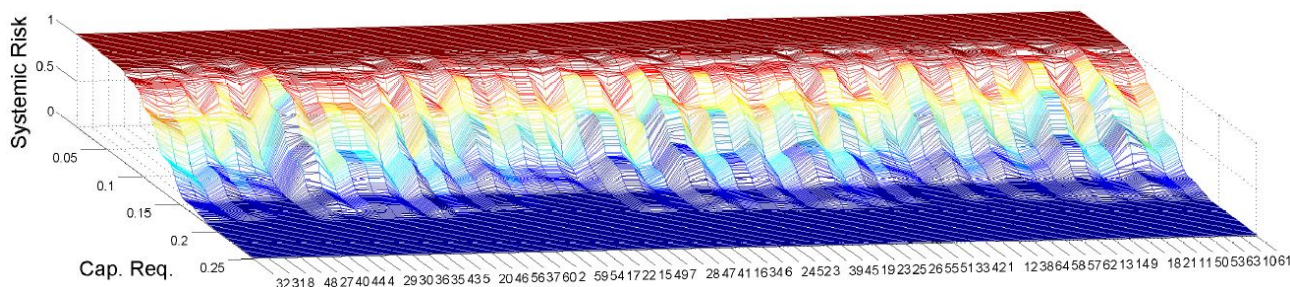
Fordelingen i figur 11.4 stemmer ikke overens hermed, idet der er forholdsvis mange tilfælde af banker, som er systemiske i 20-60 netværk. Dette insinuerer, at bankens position i interbankmarkedet har en reel betydning for en banks systemiske vigtighed.

12 Kapitalkrav

Helt fundamentalt er egenkapitalen ejernes værdi af en virksomhed. Egenkapitalen er residualen mellem virksomhedens aktiver og kreditorers tilgodehavende, og en virksomhed er regnskabsmæssigt konkurs, når aktiverne ikke kan dække kreditorers krav, hvormed egenkapitalen er nul. For at undgå at kreditorer og større indskydere mister deres tilgodehavender, er finansielle virksomheder underlagt regulering, som kræver, at en kapitalratio altid overholdes, såle-

des egenkapitalen ikke rammer nul. Den vigtigste egenskab for kapitalen, der medregnes i kapitalratioen, er, at den virker som en tabsabsorberende pude.

Gennem de tre Basel-akkorder har kapitalratioen været defineret forskelligt. Under Basel I blev det indført, at 8% af en banks aktiver skulle holdes i reserver. Med Basel II blev der endvidere indført risikovægte for forskellige aktivklasser, sådan at reservens størrelse var i overensstemmelse med risikoen forbundet med aktiverne. Med introduktionen af Basel III øgedes krav til kvaliteten af den kapital, som medtages i kapitalratioen. Således skal kapitalen udgøres af 6%-point kernekapital (Tier1) mod tidligere 4%-point, og heraf 4,5%-point egentlig kernekapital, som er fuldt ud absorberende, mod tidligere 2%-point. Udover kapitalratioen på 8% af risikovægtede aktiver indføres med CRD4 en kapitalbevaringsbuffer, som øger den egentlige kapitalratio til 10,5%. Disse ekstra 2,5%-point skal desuden bestå af egentlig kernekapital. Endvidere indføres en modcyklisk kapitalbuffer gradvist mod 2,5% i 2019. Denne skal ikke altid være opfyldt, men kan aktiveres i perioder med overnormal udlånsvækst. I tillæg hertil skal banker leve op til et individuelt tillæg i solvensbehov, som dækker andre risici end de førmtalte kapitalkrav (et såkaldt søjle-II krav). For de største danske banker udgør det ca. 2%-point²⁴. Dermed vil det minimale kapitalkrav med et fuldt indfaset modcyklisk kapitalkrav og søjle-II krav være i omegnen af 14-15%.²⁵



Figur 12.1: Systemisk risiko i 64 banksystemer som funktion af kapitalkrav. Kilde: *Bluhm et al. (2014)*.

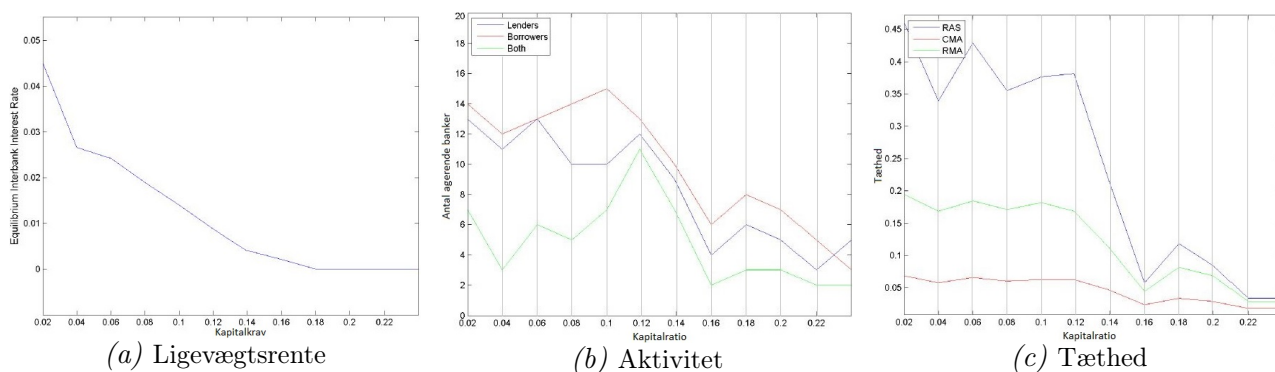
Gabrieli et al. finder som tidligere nævnt, at den vigtigste variabel for en banks skrøbelighed og systemiske vigtighed er bankens egen kapitalratio. Bluhm et al. viser, som det ses i figur 12.1, at ændringer i kravet til den minimale kapitalratio har en stor effekt på systemisk risiko og som følge af additivitets-egenskaben dermed også på bankers systemiske vigtighed. Systemisk risiko er på sit højeste for kapitalratioer under ca. 7-8%, hvorfra en forøgelse i kapitalratioen mindsker systemisk risiko i alle netværk - nogle stejlere end andre. Ved ca. 15% er systemisk risiko helt væk i nogle netværk, mens den i de resterende flader ud i et meget lavt niveau.

²⁴Fremgår af SIFI-aftalen s. 1.

²⁵Baseret på SIFI-rapporten (2013) [27] og SIFI-aftalen (2013) [10].

Aldasoro et al. rapporterer et lignende resultat, nemlig at forøgelser i kapitalkravet nedbringer systemisk risiko mærkbart ved kapitalkrav op til 14%, hvorefter effekten flader ud. Resultatet er vist i appendiks figur 7. Mekanismerne bag disse resultater er som følger:

Ved at øge kapitalratioen fremtvinges en lavere gearing. Det ses fra ligning 8.3, at kapitalratioen kan øges ved at nedbringe gæld i form af indskud eller interbanklån eller ved at øge egenkapital. Da indskud er bankens levebrød, vil det være oplagt at nedbringe gæld i interbankmarkedet. Konsekvensen ved det er lavere efterspørgsel heri, som presser renterne ned (se figur 12.2a) og derved sænker profitabiliteten ved interbankudlån. Som det ses i figur 12.2b øger rentefaldet først interbankaktivitet med hensyn til antallet af engagerede banker over domænet 8-12%. Dette falder dog drastisk igen over kapitalratioer mellem 12-16%. Tæthed ses i figur 12.2c. Denne ændres ikke markant ved kapitalkrav under 12%, men aftager for højere værdier for alle matchingalgoritmer.



Figur 12.2: Effekten på interbankmarkedet af en forøgelse i minimumskrav til kapitalratio. Se appendiks' figur 8, 9 og 10 for større eksemplarer af de tre figurer. *Kilde: Aldasoro et al. (2014)*

Regulering gennem kapitalratio sænker altså systemisk risiko ved at muligheder og omfang for tabs-og risikooverførsel gennem interbankmarkedet mindskes. Den formindskende effekt på interbankmarkedet er et effektivitetstab, idet bankernes fleksibilitet i deres funding jf. afsnit 8.2 begrænses. Reguleringen er således et trade-off mellem stabilitet og effektivitet. Aldasoro et al. viser imidlertid, at effektivitetstab ved regulering gennem kapitalkrav er mindre end effektivitetstab ved regulering gennem likviditetskrav. Det skyldes, at regulering gennem likviditetskrav virker gennem en begrænsning i ikke-likvide aktiver ækvivalent med en begrænsning af formidling af kapital til aktiviteter i samfundet. Aldasoro et al. finder, at regulering af kapitalratioen har en meget begrænset effekt på positioner i ikke-likvide aktiver, hvorfor effektivitetstab er mindre for regulering gennem kapitalkrav. Det betyder dog samtidig, at smitteeffekter som konsekvens af brandsalg og ensartede aktiver, er uændret ved brug af kapitalkrav, og at der må tages andre værktøjer i brug her.

Del IV

Regulering i Danmark

I 2008 skyldede den finansielle krise for alvor ind over Danmark. For at beskytte økonomien, søgte man at sikre finansiell stabilitet gennem en række bankpakker og regulative tiltag. Vi vil her redegøre for disse og sammenligne reguleringen i Danmark med de indsigter, vi har gjort os gennem afhandlingen.

13 De danske bankpakker

I oktober 2008 vedtog Folketinget den første bankpakke, i en række af seks, populært kendt som Bankpakken.²⁶ Bankpakken oprettedes den statslige afviklingsenhed Finansiell Stabilitet A/S. Finansiell Stabilitet skulle overtage kontrollen med nødlidte pengeinstitutter og afvikle aktiver og passiver uden at foranledige markedsuro. Hovedindholdet i Bankpakken var dog en sikkerhedsstillelse, som sikrede alle simple kreditorer deres tilgodehavender i danske pengeinstitutter for at dæmme op for bank runs og en fastfrysning af likviditet.

okt 2008 -sep 2010	Bankpakken
Staten stiller fuld sikkerhed for alle tilgodehavender i danske pengeinstitutter, som overstiger et aggregeret tab på 35 mia. kr. Finansiell Stabilitet A/S oprettes.	
feb 2009 -okt 2010	Kreditpakken
Kreditinstitutter får mulighed for at søge og modtage statslig kapitalindskud. Penge- og kreditinstitutter kan søge om 3-årig individuelle statsgarantier for specifikke udstedelser, for at skabe mere likviditet.	
okt 2010 -sep 2011	Exitpakken
Efter Bank- og Kreditpakkens ophør skal Exitpakken opretholde driftsmæssig stabilitet ifbm afvikling af nødlidte institutter. Introduktion af medgiftsordning gennem udvidelse af Exitpakken i juni 2011.	
sep 2011	Konsolideringspakken
Udvidelse af medgiftsordning skal skabe større incitament til at overtage dele af eller hele nødlidende institutter. Mulighed for udstedelse af nye statgarantier ved fusioner og overtagelser, samt for forlængelse af eksisterende individuelle	
mar 2012	Udviklingspakken
Etabliering af Eksport Kredit Fonden, VækstFonden og Landbrugets FinansieringsBank til formål at skabe finansieringsmuligheder for små og mellemstore virksomheder.	

Figur 13.1: Oversigt over bankpakkernes hovedindhold. *Kilde: Egen illustration baseret på omtalte kilder.*

Udlægningen i medierne af denne statslige intervention fremstillede interventionen som en gratis forsikring fra skatteydere til glubske banker, hvor al risiko og tab dækkedes af staten

²⁶ Afsnittet er baseret på Retsinformation [32], Finansrådet [38] og Finansiell Stabilitet [33],[34],[35],[36] og [37].

- dermed en intervention, som i høj grad danner moral hazard jf. afsnit 4. Imidlertid var virkeligheden ikke nær så kulørt, som medierne gengav den. Lov om finansiel stabilitet garanterede, at staten ville dække alle tab for alle indskydere og på interbanklån, som oversteg aggregerede tab over samlet set 35 mia. kroner. I praksis skete det, ved at nødlidte banker blev overtaget af Finansiell Stabilitet, som overtog bankens forpligtelser og sikrede, at bankens vitale funktioner kunne opretholdes. Således blev alle indskydere og kreditorer, hvis tilgodehavender ikke kunne opnås gennem frasalg af aktiver, alligevel dækket med tabsabsorbering af Finansiell Stabilitet. De første 35 mia. kroner, som Finansiell Stabilitet ville kunne have i omkostninger for at dække tab, bestod af midler fra Det Private Beredskab - først 10 mia. i kaution, dernæst 15 mia. gennem forsikringspræmier, som var fordelt efter Garantifonden for Indskydere og Investorers forholdstal på medlemmer af Det Private Beredskab, som er en sammenslutning af danske banker, samt yderligere 10 mia. i ekstra kaution. Kun hvis dette ikke var tilstrækkeligt til at finansiere Finansiell Stabilitets aktiviteter, ville statens garanti tage effekt.

Da loven ophørte to år senere, blev den samlede udgift for Finansiell Stabilitets tabsdækning opgjort til 12 mia. kr. Således tog statsgarantien aldrig effekt, hvorfor det ikke var skatteydere, men bankerne i Det Private Beredskab, som betalte interventionen, som sikrede finansiel stabilitet.

At Bankpakken ikke blev opfattet som et gratis subsidie til banksektoren, ses også på udviklingen i danske bankaktier i dagene efter offentliggørelsen af loven. Nielsen (2012)[20] viser med høj statistisk signifikans, at effekten af Bankpakken over perioden 6.- 10. oktober 2008 på danske bankaktier, var et summet abnormafkast på -4,3%. Dermed nedjusterede markedet efter offentliggørelsen af lovens præcise indhold sin vurdering af værdien af Bankpakken for bankerne. Markedet mente ikke, at bankerne fik mere end de betalte for.

Med Exitpakken og Konsolideringspakken blev det introduceret, at Garantifonden og Finansiell Stabilitet kunne give en medgift til et sundt pengeinstitut, som indvilger i at overtage et nødlidt pengeinstitut. Medgiften kunne dog maksimalt have samme værdi, som Finansiell Stabilitet ville have af omkostninger i forbindelse med afvikling af banken. En anden mulighed var, at de mest levedygtige aktiver fra en nødstedt bank overtages af en sund bank, mens Finansiell Stabilitet afvikler de ikke-levedygtige aktiver med en medgift fra Garantifonden.

13.1 Sammenligning med vores opnåede indsigter

Bankpakken opfyldte afsnit 4's resultat 1) *at minimere forventet værdi af en bailout*, idet al værdi reelt var indpriset i de 35 mia. Staten bar stadig risiko, men taget tabstærsklen og det realiserede tab samt markedets daværende skrøbelighed i betragtning må det siges, at ha-

ve været en yderst udpræget halerisiko. Dette scenarie ville sandsynligvis være et scenarie, hvor den danske banksektor næppe havde været lige så let genoprettelig og dermed betydet et langvarigt tab i produktion. Det kan dog diskuteres, om det netop var effekten af interventionen, der gjorde, at tabet var forholdsvist begrænset i forhold til tærsklen. Uden statsgarantien og en forenet sektor kan man forestille sig, at kreditorer netop ville have lavet et run på bankerne, og markederne dermed kunne fryse til med langt større tab til følge. Med andre ord var *betalingen* på 12 mia. kr. én ting, og *effekten* af garantien en helt anden. Derfor er det muligt, at der alt andet lige har været et indirekte subsidie, hvoraf bankerne har nydt godt af at besidde en vital opgave for samfundet.

I kraft af Exitpakken og Konsolideringspakken opfyldte interventionspolitikken ligeledes resultat 2) *at gøre det mere profitabelt at overtage nødstedte konkurrenters aktiver*. Umiddelbart er det kun i tilfældet med direkte medgift, at der er et direkte subsidie til overtagende banker. Dog er der i det andet tilfælde et indirekte subsidie, som skyldes de sunde bankers forhandlingsposition overfor Finansiell Stabilitet. Bankerne ved, at Finansiell Stabilitet ønsker at afvikle disse aktiver snarest og særligt, at de ønsker, at eksisterende banker overtager aktiverne for at undgå dødvægtstab, hvorved aktiverne kan anskaffes til attraktive priser. Medgiftsordningen var fornuftig med henblik på at undgå moral hazard, men den højere koncentration, som konsolideringspakken tilskyndede, kan have været skadelig for systemisk risiko. Antallet af banker faldt i den efterfølgende periode drastisk grundet fusioner.²⁷ Vi fandt i afsnit 10 et resultat fra Puzanova et al., som viste, at øget koncentration leder til øget systemisk risiko samt et resultat fra Krause et al., som viste, at omfanget af en krise øges ved en mere heterogen sektor. Dermed kan konsolideringspakken muligvis have stimuleret negative effekter.

Præmien betales af Det Private Beredskab, hvis medlemmer bidrager efter forholdstal jf. ovenfor. Disse forholdstal er fortrolige, men dog formoder jeg, at også resultat 3) *at øge skellet mellem præmier for at investere henholdsvis korreleret og ukorreleret* er delvist opfyldt. Som minimum ihvertfald et skel efter institutioners størrelse jf. p.16 da eksistensen af forholdstal taler imod en uniform fordeling.

På baggrund heraf må det konkluderes, at bankpakkerne ikke i særlig grad dannede grundlag for moral hazard, men faktisk opfyldte resultaterne fra afsnit 4.1.4 i deres forsøg på at gen-danne finansiell stabilitet og begrænse systemisk risiko. Skønt netop det var hensigten med bankpakkerne at begrænse systemisk risiko, fremgår der i bankpakkerne imidlertid ikke noget sted noget, der direkte fokuserede på systemisk risiko og skelnede mellem bankers systemisk-

²⁷Se appendiks figur 11.

hed. Det blev først introduceret ved den sjette bankpakke - nemlig SIFI-aftalen, som vi nu vil fokusere på.

14 SIFI'er i Danmark

For at understøtte finansiell stabilitet og mindske risikoen for fremtidige finansielle kriser i Danmark nedsatte den danske erhvervs- og vækstminister primo 2012 et SIFI-udvalg til at rådgive om identificering, krav og krisehåndtering af systemisk vigtige banker i Danmark. Udvalget afleverede SIFI-rapporten i marts 2013, hvis indhold - med mindre ændringer - blev gjort til politisk aftale i oktober samme år og senere vedtaget ved lov.

I afsnit 14.1 og 14.2 redegøres for tiltagene, og i afsnit 14.3 sammenligner vi disse tiltag med indsigter gjort gennem afhandlingen.²⁸

14.1 Identifikation

I Danmark identificerer Finanstilsynet en bank som SIFI, hvis blot ét af tre kriterier er opfyldt af en bank. De tre kriterier består af to størrelseskriterier, og et kriterium for substituerbarhed. De to størrelseskriterier relaterer sig til dels et instituts balance - et mål for hvor stort et institut er totalt set - og dels til indlån - en indikator for omfanget af skadesvirkninger på samfundsøkonomien gennem tab til indskydere. Kriteriet for substituerbarhed er baseret på institutternes udlån.

Et institut opfylder disse kriterier for identifikation som SIFI, hvis:

- Instituttets balance overstiger en værdi svarende til 6,5% af BNP
- Instituttets indlån udgør mere end 5% af sektorens samlede indlån
- Instituttets udlån udgør mere end 5% af sektorens samlede udlån.

Identifikation sker årligt, og en bank skal identificeres som systemisk i to på hinanden følgende år for at udpeges som SIFI, mens en eksisterende SIFI skal identificeres som ikke-systemisk i tre på hinanden følgende år, for at blive frataget titlen.

Identifikation på baggrund af disse tre kriterier kan imidlertid tilsidesættes. Ved en kvalitativ vurdering kan banker, der ikke identificeres som systemisk vigtige, således alligevel udpeges som SIFI, mens banker, der identificeres som systemisk vigtige baseret på de tre kriterier, kan undlades at blive udpeget som SIFI.²⁹

²⁸Afsnit 14.1 og 14.2 er baseret på SIFI-aftalen og SIFI-rapporten.

²⁹Det fremgår af udvalgets rapport. Det fremgår ikke eksplicit af SIFI-aftalen af 10. oktober 2013, hvorvidt dette bevarede i loven.

14.2 Særlige krav til SIFI'er

En bank, der identificeres som en SIFI, underlægges en række særligt strenge krav for at imødekomme og dæmme op for dens særlige betydning for sektoren og for samfundsøkonomien. Eksempelvis medfører en positiv identifikation, at banken bliver underlagt et mere frekvent og grundigt tilsyn af Finanstilsynet, strengere krav til selskabsledelse, udarbejdelse af afviklingsplaner, begrænsninger på udbetaling af bonus, udbytte og rentebetalinger samt tidligere afvikling (10,125% fremfor 8%). Desuden stilles skærpede krav til likviditet; mens Liquidity Coverage Ratio-kravet (LCR) er under gradvis indfasning mod 2018 for alle banker som følge af CRD4, skal SIFI'er fuldt ud opfylde dette allerede nu.³⁰

Endelig er den vigtigste konsekvens, at SIFI'er pålægges strengere kapitalkrav, idet der tillægges et såkaldt SIFI-kapitalkrav til de eksisterende kapitalkrav. Den ekstra SIFI-kapital skal opfyldes med egentlig kernekapital og er fastsat progressivt og relativt høj for at fjerne bankers incitament til at vokse sig større.

	Systemiskhed (Kategori)	SIFI-kapitalkrav	Institut	Systemiskhed (Institut)
Kategori 1	<5	1,0%	DLR Kredit Sydbank	1,9 3,2
Kategori 2	[5-15[	1,5%	Jyske Bank	5,4
Kategori 3	[15-25[	2,0%	Nordea Bank Danmark Nycredit Realkredit	16,9 19,7
Kategori 4	[25-35[	2,5%		
Kategori 5	≥35	3,0%	Danske Bank	37,4

Figur 14.1: Kategorier for systemiskhed baseret på gennemsnit af indikatorer for balance, indlån og udlån afgør den enkelte banks SIFI-kapitalkrav. *Kilde: Egen illustration baseret på Finanstilsynet(2014).*

Kapitalkravene er progressive, idet der differentieres mellem SIFI'er på baggrund af disses systemiske vigtighed. Systemisk vigtighed udregnes som et simpelt gennemsnit over de tre indikatorer - balance, indlån og udlån - som nævnt ovenfor. Dog erstattes balanceindikatoren af balance som procent af *sektorens* balance fremfor procent af BNP. Det mindste SIFI-kapitalkrav er fastsat til 1%, mens det maksimale er fastsat til 3% (dog med mulig forhøjelse hvis en bank får en systemiskhed over 40%). I figur 14.1 ses den aktuelle oversigt over Finanstilsynets udpegning af SIFI'er og deres systemiskhed som rapporteret i Finanstilsynet(2014)[11]. Heraf fremgår det, hvilke banker der er udpeget samt deres systemiskhed baseret på de tre indikatorer og det ekstra SIFI-kapitalkrav, som de følgelig skal opfylde.

³⁰LCR-kravet skal sikre, at et institut altid har en beholdning af likvide aktiver, der er tilstrækkelig til at dække pengestrømme i et 30-dages stress-scenario, hvor kort funding er svært tilgængeligt.

14.3 Sammenligning med vores opnåede indsigter

Sammenligner vi de vigtigste elementer i SIFI-lovgivningen som redegjort ovenfor med de overvejelser, metoder og resultater, som vi har gjort os og beskæftiget os med igennem afhandlingen, er særligt én ting slående: enkeltheden. Identifikation og systemiskhed er baseret på tre simple og lettilgængelige mål.

Et instituts udlånsandel er en indikator for systemisk vigtighed, fordi en krakket banks udlån er svære for andre banker at overtage. Det skyldes, at en udvidelse af en banks udlånsportefølje kræver en udvidelse af kapital for at opretholde regulative kapitalkrav. Den lavere substituerbarhed kan medføre en nedgang i sektorens udlån, hvilket begrænser finansieringen af økonomisk vækst. En høj udlånsandel er derfor et potentielt effektivitetstab. Indlånsindikatoren består af indlån fra husholdninger og virksomheder, men også indlån fra andre banker. En SIFI med et højt indlån kan således påføre umiddelbare tab til samfundsøkonomien gennem særligt tab til små og mellemstore virksomheder, men kan også overføre smitte til kreditorer i interbankmarkedet, hvorved smitteeffekter kan opstå. Indikatoren er dog domineret af det umiddelbare tab til samfundet, fremfor interbankrelationer. Indikatorerne for indlån har vi ikke gennem afhandlingen identificeret som afgørende. Indikatoren for udlån er sammenfaldende med ikke-likvide aktiver som vi i afsnit 8 så kan have betydning. Balance er den mest oplagte og traditionelle indikator for systemisk vigtighed, da denne approksimerer instituttets størrelse, kompleksitet og potentielle vanskeligheder. Udvalget anbefalede et identifikationskriterium på 10% af BNP som led i *"...en tilgang, hvor grænserne for identifikation som SIFI på de forskellige indikatorer sættes relativt lavt. Dette skal igen ses i lyset af et forsigtighedsprincip."*[27]:(p.43). At grænsen i loven endvidere er nedjusteret til 6,5% vidner om særligt fokus på størrelse i identifikationen. Med udpegningen af SIFI'er pr. 2014 identificeres samtlige udpegede institutter da også som SIFI alene baseret på balanceindikatoren.³¹

Alle kilder, vi har lagt til grund for analysen, bekræfter da også, at størrelse er en vigtig proxy for systemisk vigtighed. Eksempelvis finder både Zhou og Puzanova et al. en Spearman korrelation mellem størrelse og systemiskhed - det samme gør sig gældende for Finanstilsynets udpegning, hvor rangeringen i systemiskhed følger rangeringen i balance. Krause et al. fandt at størrelsen på den første faldende bank er af afgørende betydning, og vi bemærkede at systemisk vigtighed øges mere end proportionelt. Dette imødekommer SIFI-lovgivningen ved den progressive udformning af SIFI-kapital, som samtidig med at den polstrer større banker fyldigere, kan have en dæmpende effekt på bankernes størrelse.

³¹Se appendiks figur 12.

På trods af betydningen af størrelse har et vigtigt budskab i samtlige kilder i hovedtræk dog været, at andre faktorer spiller ind, og at identifikation baseret udelukkende på størrelse kan lede til både over- og underidentifikation. Grundlæggende er disse andre faktorer, der kan tilknyttes den individuelle bank, et udtryk for bankens forbundethed. Af de tre kriterier og faktorer følger det implicit, at SIFI-pakken ikke tillægger effekt til disse andre faktorer. Vi har ellers set, at faktorer vedrørende aktivkorrelation og bankers aktivitet og position i interbankmarkedet kan have en betydelig effekt på systemisk risiko og systemisk vigtighed. Helt elementært skyldes denne forskel mellem SIFI-lovgivningen og vores indsigter, at smitte og tab, som ikke er umiddelbare, ikke tillægges betydning i SIFI-lovgivningen på samme måde som de bliver det i litteraturen. Vi har i nogen grad fokuseret på smitteeffekter og vores mål er i vid udstrækning baseret på kaskadeeffekter. I SIFI-lovgivningen nævnes ikke farer for disse effekter. Her forstås faren ved systemisk risiko alene som den øjeblikkelige konsekvens for husholdninger, virksomheder og samfundsøkonomien generelt.

Det primære værktøj til regulering af SIFler er forhøjede kapitalkrav. Vi har i afsnit 12 set resultater fra bl.a. Bluhm et al. og Aldasoro et al. som entydigt viser, at systemisk risiko mindskes ved at hæve kapitalkrav til op mod 15%. Aldasoro et al. viste endvidere, at regulering gennem kapitalkrav er en effektiv metode til regulering med et begrænset trade-off mellem stabilitet og effektivitet. Netværksmodellerne har endelig illustreret kapitalkravets tabsabsorberende effekt i forbindelse med direkte forbindelser. En højere kapitalratio formindsker således sandsynlighed for et initialt krak og krak som konsekvens af smitteeffekter på bekostning af et umiddelbart effektivitetstab.

En kort kommentar skal desuden knyttes til SIFI-frameworkets effekt på moral hazard. Trods introduktionen af et regelsæt og guidelines for afvikling, er forventningen om hjælp til en SIFI ikke forsvundet. En tydelig signalering af regulerende myndigheders forventede adfærd, er dog en vigtig del af opgaven at sænke forventet værdi af bailout, hvorfor SIFI-frameworket generelt er positivt ifht. moral hazard-problemet.

Del V

Konklusion

Systemisk risiko opbygges og bindes i det finansielle system som et produkt af finansielle institutioners interaktion og indbyrdes afhængighed, og en materialisering heraf kan have betydelig konsekvenser for samfundsøkonomien. Fænomenet er ganske nyt og betyder i modsætning til Too Big To Fail, at finansiell stabilitet ikke kun trues af enkelte store institutioners krak. Således ser vi i afsnit 3, at mindre banker under visse forhold kan være mere systemisk vigtige end store banker, samt at en banks risikoprofil kan afhænge af andre bankers adfærd som følge af forbundethed gennem korrelation i aktiver.

Fordi andre faktorer end størrelse kan have betydning for systemisk vigtighed, undersøger vi i Del II forskellige metoder for måling af systemisk risiko og systemisk vigtighed. I afsnit 5 gør vi os overvejelser omkring indbyrdes afhængighed, og vi præsenterer et udvalg af mål for system-wide systemisk risiko og et simpelt mål for systemisk risiko, som beskriver kaskadeeffekt ifbm. en specifik banks frafald. Dette forfines i afsnit 6. I afsnit 7 præsenteres shapleyværdien, hvormed systemisk risiko kan dekomponeres og til hver af systemets banker allokere det gennemsnitlige bidrag til systemisk risiko, som en bank gør over alle mulige subsystemer. Det systemiske risikobidrag approksimerer dermed en banks systemiske vigtighed. I afsnit 8 introducerer vi netværksteori. Med denne kan det finansielle system modelleres i et netværk, hvor banker er direkte forbundet gennem interbanklån, hvorigennem tab kan spredes. Hermed er banker forbundet både indirekte og direkte. I afsnit 9 udvides netværket til at skelne mellem korte og lange lån, hvormed effekter af en likviditetsfælde medtages.

I Del III analyseres determinanter for system-wide systemisk risiko (afsnit 10) og systemisk vigtighed (afsnit 11) med udgangspunkt i foregående modeller og resultater fra lignende modeller. Vi finder, at system-wide systemisk risiko ikke alene afhænger af bankers fallitsandsynligheder, men også i høj grad af systemets afhængighedsstruktur. Denne udgøres af bl.a. aktivkorrelation, antallet af banker, koncentrationen i systemet, bankernes homogenitet samt strukturen i interbankmarkedet. I afsnit 11 finder vi, at størrelse er en god proxy for systemisk vigtighed, men at andre faktorer unægteligt også har indflydelse - herunder aktivkorrelation, aktivitet i interbankmarkedet samt placering i interbankmarkedet. I afsnit 12 finder vi belæg for kapitalratioens formindskende effekt på systemisk risiko, som dog lader til at flade ud ved kapitalkrav højere end 15%.

I Del IV redegøres for den danske interventionspolitik og regulering gennem finanskrisen, og

i afsnit 13 holdes bankpakkernes hovedindhold op imod resultater fra afsnit 4, som udstikker retningslinjer for at begrænse moral hazard. Vi finder, at bankpakkerne generelt fulgte disse resultater. I afsnit 14 redegøres endeligt for det danske SIFI-framework. I en sammenligning med vores indsigt gennem afhandlingen, finder vi, at trods SIFI-frameworket generelt er velbegrundet, er der flere aspekter, der kan forbedres. Dette gælder blandt andet en eksplícit inddragelse af forbundethed (direkte og indirekte) samt en hensyntagen til smitteeffekter frem for blot umiddelbare tab til økonomien.

I dag er SIFI-frameworks efterhånden blevet udviklet og implementeret på nationalt plan i flere lande og er klar til snarlig implementering på globalt plan. Disse markerer en milepæl i den finansielle historie. Givet vores indsigt gennem afhandlingen er vi i stand til at bedømme disse første skridt i foranstaltningen mod systemisk risiko og systemisk vigtige banker. I de nyetablerede nationale SIFI-frameworks er der ved identifikation og kvantificering af systemisk vigtighed i høj grad fokus på det umiddelbare tab, som følger et frafald af en systemisk vigtig bank. Et sådan frafald og det umiddelbare tab, som skyldes eksempelvis tab til indskydere, kompleks afvikling og nedgang i udlån, kan da også have *"...(ii) the potential to have serious negative consequences for the real economy"* sådan som anden del af FSB, IMF og BIS' definitionen på systemisk risiko lyder jf. [13]. Men der mangler et aspekt i SIFI-frameworkets opfattelse af systemisk risiko og måske et af de mest afgørende af fænomenets aspekter. Definitionen starter nemlig med *"A risk of disruption to financial services that is (i) caused by an impairment of all or parts of the financial system..."*[13]:(p.2). Det følger heraf, at et framework rettet mod systemisk risiko bør indbefatte effekter af interaktion i det finansielle system og indbyrdes afhængighed.

Den eksisterende SIFI-regulering er ikke lykkedes med at inkludere disse effekter, og spørgsmålet er, om udeladelsen af dette og fokuset på det umiddelbare tab adskiller SIFI-frameworket fra blot at være en regulering af store banker. Vi har eksempelvis set, at balanceindikatoren havde været tilstrækkelig i en dansk kontekst, idet den leverer samme identifikation som de tre indikatorer. Efterlader dette os blot med en slags Too Big To Fail 2.0?

Det gør det til dels. Dette skyldes i vid udstrækning, at ligeså intuitivt som fænomenet 'systemisk risiko' og 'SIFI' umiddelbart er, ligeså komplekst og ikke-trivielt bliver det i forsøget på at specificere fænomenet og gøre det operationelt. Et forsøg herpå er i høj grad afhængigt af fortolkning, teori, modellering og det finansielle miljø. Der er nu rettet massiv opmærksomhed mod fænomenet, men vi mangler grundlæggende en afklaring for, hvad det reelt indebærer at sikre det finansielle system mod sig selv, før en sikring kan implementeres på en vellykket måde. I afhandlingen har vi undersøgt og afdækket en række aspekter, som man skal arbejde henimod at inkludere i en kommende og løbende videreudvikling af rammerne for regulering af SIF'er og sikring af finansiell stabilitet.

Som vi har set gennem afhandlingen er mulighederne for forbedringer flere. Den mest påtrængende forbedring relaterer sig til approksimationen af direkte og indirekte forbundethed ved bankernes størrelse. Netværksmodeller og topologien heri har bidraget med en dybere forståelse for betydningen af de direkte forbindelser, som kan knytte bankerne tæt sammen og fungere som en kanal for amplificering af finansiel instabilitet. Vi fandt ikke fuldkommen entydige resultater for sammenhængen mellem en banks position i interbankmarkedet og dens systemiske vigtighed, men fandt belæg for at aktivitet heri generelt øger systemisk vigtighed. SIFI-udvalget skriver i sin argumentation, at en approksimation mellem størrelse og aktivitet i interbankmarkedet kan retfærdiggøres, omend der ikke foreligger håndfast dokumentation herfor. På trods af dette mener jeg på baggrund af afhandlingen, at SIFI-framework med fordel kan udvides til eksplicit at indrage bankernes direkte forbindelser. På samme måde mener jeg endvidere, at et mål for aktivkorrelation bør inddrages i den videre udvikling.

Indtil man opnår en bedre forståelse for fænomenet og er kommet en lang vej i arbejdet med at operationalisere elementer som eksempelvis aktivkorrelation, forbundethed i interbankmarkedet og kausalitet som et generelt led i en mere sofistikeret regulering af systemisk risiko og -vigtighed, mener jeg dog alt andet lige, at det er acceptabelt at være tilbageholdende med drastiske tiltag, sådan som man har været det i udformningen af det nyetablerede og forholdsvis primitive SIFI-framework, da drastiske tiltag kan have uforudsete konsekvenser.

Det regulatoriske værktøj, der primært benyttes til at nedbringe den systemiske risiko ifbm. SIFI'er, er forhøjede kapitalkrav. Vi har set, at højere kapitalkrav virker, men at der alt andet lige er en grænse for deres effektivitet. Medregnes alle de forskellige kapitalkrav, som bankerne inden længe skal leve op til, skal de største have en minimal kapitalratio på 18,5%, hvortil en overdækning som regel tillægges. Den stigende mængde af kapitalkrav er samme medicin mod forskellige symptomer, idet kapitalkravene udgør proxyer for en nødvendig regulering, som man ikke har værktøjerne til at gennemføre. Faren ved en overbelastning af kapitalkrav er, at man kan presse bankerne til på en uhensigtsmæssig måde at forsøge at opfylde de høje kapitalkrav på en omkostningseffektiv måde. Konsekvensen af dette kan være formindsket gennemsigtighed og øget kompleksitet og risici.

Overordnet er SIFI-frameworkene et skridt i den rigtige retning. Dog er det spæde første skridt, som skal udvikles. I denne videre udvikling bør man inkludere aspekter og effekter afdekket i afhandlingen for på den bedst mulige måde fremadrettet at sikre finansiel stabilitet og mindske de negative konsekvenser, som den finansielle sektor kan have på samfundsøkonomien.

APPENDIX

CIMDO-metoden

Dette er en mere detaljeret gennemgang af CIMDO-metoden og CIMDO-copulaen, som benyttes i afsnit 5 til at estimere den multivariate tæthed for bankstabilitet samt at udtrække afhængighedsstrukturen herfra.

Ved CIMDO-metoden udledes den endelige multivariate tæthed for bankstabilitet, p , ved at opdatere en forudgående tæthed, q , med information gennem en række betingelser. Tætheden q er initialt en parametriseret tæthed, som er modelleret til at passe til vores distressmodel, men som ikke passer særligt godt med de marginale fordelinger, der er optaget gennem CDS-spændene. Når q opdateres med ny information om CDS-spændene for at nå frem til p , gøres dette under en række særlige betingelser. Disse sikrer, at p er den tæthed, som minder mest om q , og som samtidig er konsistent med de empiriske idiosynkratiske distresssandsynligheder

Matematisk er det givet ved at minimere funktionen

$$\begin{aligned} L[p, q] = & \left[\iint p(x, y) \ln p(x, y) dx dy - \iint p(x, y) \ln q(x, y) dx dy \right] \\ & + \left[\lambda_1 \left[\iint p(x, y) \chi_{[x_d^x, \infty)} dx dy - PoD_t^x \right] + \lambda_2 \left[\iint p(x, y) \chi_{[x_d^y, \infty)} dx dy - PoD_t^y \right] \right] \quad (.1) \\ & + \left[\mu \left[\iint p(x, y) dx dy - 1 \right] \right] \end{aligned}$$

, som naturligt kan deles op i tre dele.

Ligning .1 er forsimplet til at gælde for tilfældet med et system af to banker. Bank X og Bank Y har henholdsvis afkast x og y . $p(x, y)$ er den endelige multivariate tæthed for banksystemet med de to banker X og Y, og $q(x, y)$ er den forudgående tæthed for banksystemet. Det ses dermed, at den *første* del af ligning .1 minimerer forskellen mellem den endelige tæthed og den forudgående tæthed.

$\chi_{[x_d^x, \infty)}$ og $\chi_{[x_d^y, \infty)}$ er indikatorfunktioner, som indikerer, om et realiseret afkast er indenfor intervallet $[x_d^x, \infty)$ og dermed er i Bank X eller Y's distressregion. PoD_t^i er Bank i 's distresssandsynlighed til tid t som estimeret fra informationen i CDS-spænd. Dermed minimerer den *anden* del af ligning .1 forskellen mellem de marginale fordelinger i den endelige tæthed og de empiriske distresssandsynligheder, som er optaget gennem CDS-spænd fra markedet. λ_1 og λ_2 lader vi stå i det uvisse lidt endnu.

Den *tredje* og sidste del af ligning .1 er en *probability additivity constraint*, som sikrer, at det

fulde integrale af tætheden er 1, og at den endelige tæthed dermed er en valid tæthed.

Endelig, er λ_1 og λ_2 og μ lagrangemultiplikatore. Lagrangemultiplikatorerne³² bruges som en måde at garantere, at betingelserne overholdes. Fra de værdier, som lagrangemultiplikatorerne tager fra ligning .1, estimeres løsningen til den endelige tæthed ved³³

$$\widehat{p(x, y)} = q(x, y) \exp(-[1 + \widehat{\mu} + (\widehat{\lambda}_1 \chi_{[x_d^x, \infty)}) + (\widehat{\lambda}_2 \chi_{[x_d^y, \infty)})])$$

Således opnås en multivariat tæthed for bankstabilitet, som ikke antager normalitet. Læg mærke til at ikke blot antages der ikke normalitet, men faktisk gøres der ingen antagelser overhovedet omkring fordelingen af x og y . Problemet med indbyrdes afhængighed mellem halesandsynligheder er dermed overkommet, givet det løses gennem et korrekt valg af copula. Tætheden er også tidsvarierende, idet den opdateres hver gang ny information bliver tilgængeligt i markedet. Det gælder altså, at $q_t(x, y) = p_{t-1}(x, y)$ for $t > 0$. Hver gang tætheden opdateres, bliver den det under betingelse af, at alle marginale fordelinger skal være magen til de empiriske, og derfra udføres en udglattende optimering af den forudgående tæthed for at tilpasse den forudgående tæthed til den nye information, hvorved den endelige multivariate tæthed, p , opnås.

CIMDO-copulaen

Med en robust multivariat tæthed er der kun tilbage at benytte CIMDO-copulaen til at dekomponere de to sæt af information: *i) marginale fordelinger* og *ii) afhængighedsstruktur*.

CIMDO-copulaen er en ikke-lineær funktion af lagrangemultiplikatorerne fra ligning .1 af formen

$$C(F_x(x), F_y(y)) = \frac{q(x, y)e^{-(1+\widehat{\mu})}}{\int q(x, y)e^{-(\widehat{\lambda}_2 \chi_{[x_d^y, \infty)})} dy \int q(x, y)e^{-(\widehat{\lambda}_1 \chi_{[x_d^x, \infty)})} dx} \quad (.2)$$

Fordi copulaen er en funktion af disse, ændres copulaen, hver gang lagrangemultiplikatorerne ændres. lagrangemultiplikatorerne ændres, hver gang tætheden opdateres, som følge af en opdatering af de marginale distresssandsynligheder. Dermed opdateres afhængighedsstrukturen imellem systemets banker, hver gang at marginale fordelinger opdateres. Dermed er både tæthed og afhængighedsstruktur tidsvariante.

Det kan endda vises, at det særligt er i halerne, at CIMDO-copulaen er robust. Dermed er særligt afhængighedsstrukturer i distresssituationer, som er det mest interessante for os, godt estimeret ved CIMDO-modellen.

³²I tilfælde af et banksystem med N banker vil der være $N+1$ lagrangemultiplikatore, hvoraf N af dem er λ -lagranger til de N differencer mellem distressregionener og PoDs

³³Også her er antallet af λ -lagranger lig N

Figur 1: Estimerede mål for systemisk vigtighed.

Oversigten viser Zhous full sample estimering af de tre mål: SII, PAO og VI.

SII er det forventede antal frafald givet en specifik banks frafald.

PAO er sandsynligheden for, at mindst en anden bank i systemet vil frafalde, givet at en specifik bank frafalder.

VI er sandsynligheden for, at en specifik bank frafalder, givet at mindst en af systemets banker frafalder.

Kilde: Zhou (2010).

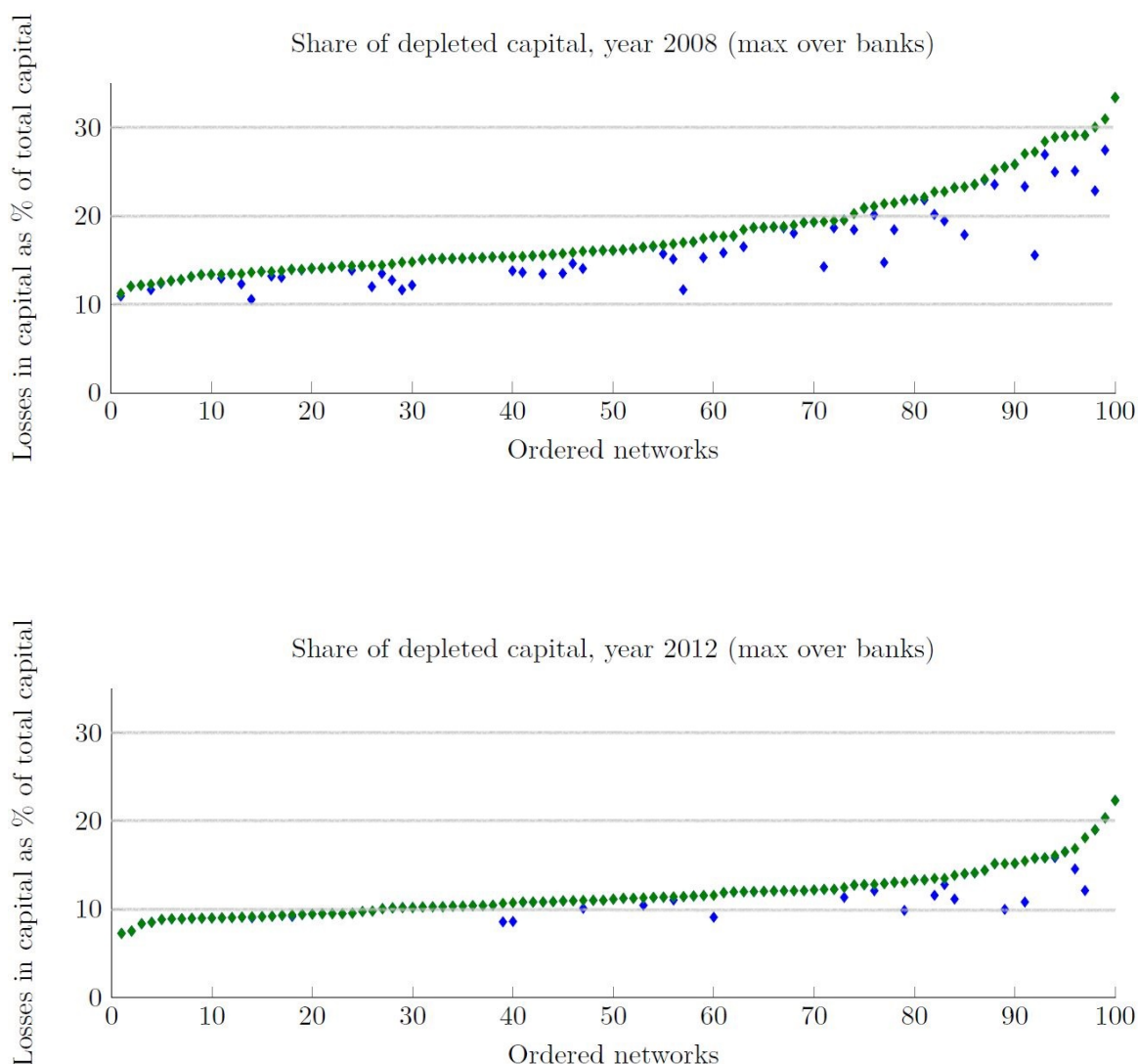
Banks	SII	PAO	VI
BancorpSouth	6.72	59.44%	6.73%
Bank of America	10.84	94.44%	10.28%
Bank of Hawaii	10.44	84.44%	9.30%
BB&T	10.88	86.11%	9.46%
Central Pacific	8.68	65.00%	7.31%
Citigroup	10.59	90.56%	9.90%
City National	9.30	76.11%	8.46%
Community Bank	6.53	59.44%	6.73%
Comerica	12.02	92.78%	10.12%
Cullen/Frost Bankers	8.05	73.89%	8.23%
First Horizon National	10.84	83.33%	9.19%
FNB	7.41	57.78%	6.55%
JP Morgan	9.76	86.67%	9.52%
KeyCorp	12.44	93.33%	10.18%
M&T Bank	11.10	86.67%	9.52%
Marshall & Ilsley	11.92	93.89%	10.23%
Old National Bancorp	9.36	77.78%	8.63%
PNC	10.73	86.11%	9.46%
Regions Financial	11.91	90.56%	9.90%
Sterling	8.69	65.56%	7.37%
Suntrust Banks	12.11	92.78%	10.12%
Synovus Financial	10.11	83.89%	9.24%
TCF Financial	10.57	81.11%	8.96%
US Bancorp	10.32	78.89%	8.74%
Valley National Bancorp	7.82	65.00%	7.31%
Webster Financial	9.87	82.22%	9.07%
Wells Fargo	11.25	90.00%	9.85%
Wilmington Trust	10.91	83.33%	9.19%

Figur 2: Systemisk risiko i 2008 og 2012.

Graferne viser fordelingen af det maksimale tab i hvert af de 100 netværk for henholdsvis år 2008 og 2012. Det ses tydeligt, at systemisk risiko var markant højere i 2008 end i 2012. Eksempelvis ser vi, at over 50% af netværkene i 2012 udmyntes i et kapitaltab lavere end det laveste kapitaltab blandt alle 100 netværk i 2008. Ligeledes fører knap 30% af netværkene i 2008 til kapitaltab over 20% af total kapital, mens det kun er tilfældet i to tilfælde i 2012.

Samtidig viser figuren effekten af likviditetssmitte som følge af likviditetshoarding og fastfrysning af det korte pengemarked, idet blå markører er kapitaltab før likviditetseffekter, mens grønne markører er kapitaltab efter likviditetseffekter. Således vil blå markører optræde i tilfælde af en effekt af likviditetshoarding. Antallet af netværk, hvor likviditetshoarding spillede en betydelig rolle, er langt større i 2008 end i 2012, og samtidig bærer effekten af likviditetshoarding i mange tilfælde en markant større andel af det samlede kapitaltab i 2008 end i 2012.

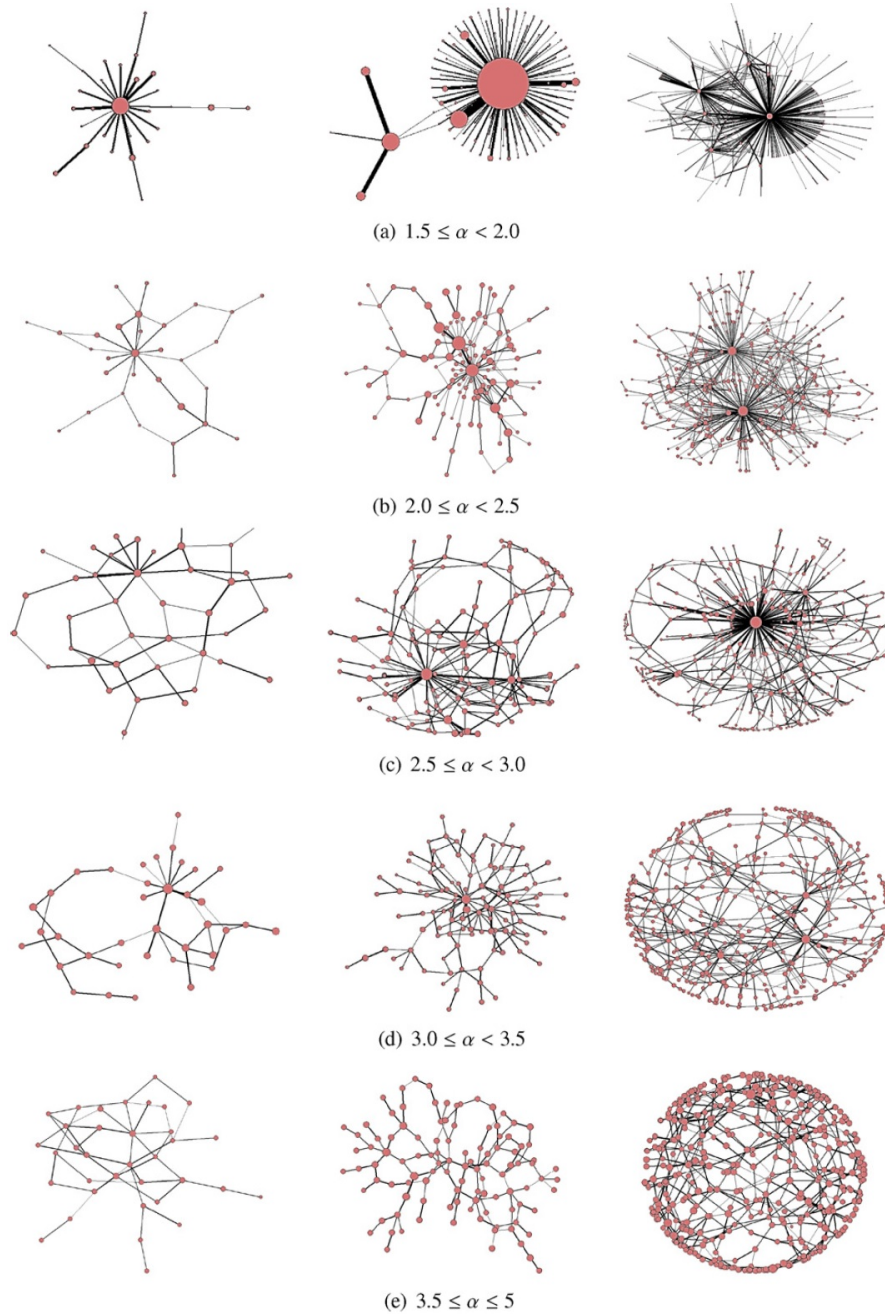
Kilde: Gabrieli et al. (2014).



Figur 3: Netværksestimationer med forskellige værdier for α og N .

Netværk i øverste række er estimeret med lav α , svarende til høj grad af heterogenitet. Som vi bevæger os nedad, øges α . Netværk i søjlen længst mod venstre er alle repræsentative for et mindre bank-system ($13 \leq N \leq 50$), midterste netværk for et banksystem af mellem størrelse ($50 < N \leq 200$), og netværk til højre er repræsentative for store banksystemer bestående af ($200 < N \leq 1000$) banker.

Kilde: Krause et al. (2012).



Figur 4: Logit - og OLS regression.

Viser hvilke faktorer der er statistisk signifikante i regression for henholdsvis sandsynligheden for, at smitte vil opstå og henholdsvis andelen af systemets banker, der krakker, hvis smitte opstår. Af figuren fremgår også faktorernes koefficienter.

Kilde: Krause et al. (2012).

Table 4

Logit and OLS regressions for the existence and extent of systemic risk.

	Prob(CONTAGION)		FRACTION FAILING	
	Estimates	Sensitivity	Estimates	Sensitivity
CONSTANT	-1.0055*** (-129.11)	0.7035 [#]	0.0173*** (81.49)	0.0076 [#]
TOPOLOGY	-0.1392*** (-28.79)	0.0665	0.0047*** (40.44)	0.0110
TIERING	0.0393*** (8.77)	0.0169	-0.0056*** (-54.94)	0.0116
BALANCE SHEET	-0.0810*** (-13.49)	0.0157	-0.0006*** (-4.07)	0.0006
LOAN STRUCTURE	-0.0036 (-0.65)	0.0005	0.0133*** (90.67)	0.0096
RECOVERY	-0.0121* (-1.71)	0.0044	-0.0001 (-0.62)	0.0002
TRIGGER	-1.2180*** (-146.23)	0.4209	-0.0052*** (-27.36)	0.0091
Sample size	119,988		38,280	
R ²			0.16	

This table shows the estimates of a logit regression on the probability of a banking system exhibiting contagion (Prob(CONTAGION)) and an OLS regression on the fraction of banks failing in those cases we observe contagion (FRACTION FAILING). We show the estimates of these regressions, with numbers in parentheses denoting the *t*-values, as well as a sensitivity measure. This measure uses the difference between the 25% and 75% quantile of the factor value (the number associated with CONSTANT and exhibiting a [#] is the value of the median for each factor for comparison).

Estimates with ***, **, * denote statistical significance of the estimate at the 1%, 5%, and 10% level, respectively.

Figur 5: Principalkomponentsanalyse.

Viser hvilke variable, der indgår i de seks faktorer.

Kilde: Krause et al. (2012).

Rotated factor loadings from a principal components analysis.

	TOPOLOGY	TIERING	BALANCE SHEET	LOAN STRUCTURE	RECOVERY	TRIGGER
log(SIZE)	0.2718	-0.0021	0.1736	0.0904	0.0113	0.0000
CORRELATION	-0.2987	0.0140	-0.0658	-0.1302	0.0026	0.0000
DISTRIBUTION	-0.4755	-0.0731	-0.0284	0.2246	0.0028	0.0000
NUMBER BANKS	-0.1122	0.4952	0.0979	0.0679	0.0363	0.0000
RECOVERY	0.0018	-0.0051	0.0018	-0.0091	-0.9975	0.0000
log(HERF BANKS)	0.4467	-0.1519	0.0376	-0.1162	-0.0074	0.0000
EQUITY	0.0543	-0.0144	0.4966	-0.2010	0.0340	0.0000
RESERVES	0.0930	-0.0263	-0.4377	-0.2425	0.0301	0.0000
LOANS TAKEN	-0.0604	0.0196	0.4851	0.2107	-0.0139	0.0000
LOANS GIVEN	-0.1363	0.0338	-0.4757	0.2503	-0.0031	0.0000
NUMBER TAKEN	0.3090	0.1123	-0.0464	0.1651	-0.0061	0.0000
NUMBER GIVEN	0.3104	0.1114	-0.0493	0.1645	-0.0070	0.0000
CLUSTERING	0.3757	-0.1007	-0.1877	0.0332	0.0167	0.0000
HERF TAKEN	0.0049	0.0057	0.0795	0.3936	-0.0055	0.0000
HERF GIVEN	0.0907	0.0149	-0.0607	0.3802	0.0065	0.0000
DEGREE NEIGHBOR	0.0121	0.0120	-0.0110	0.4427	0.0033	0.0000
log(BETWEENNESS)	0.1273	0.6005	-0.0260	-0.0407	-0.0072	0.0000
log(SHORTEST PATH)	0.0001	0.5662	-0.0575	-0.0812	-0.0257	0.0000
log(EV CENTRALITY)	0.0853	-0.0828	0.0089	0.3753	0.0042	0.0000
TRIGGER	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Eigenvalue	8.5511	2.5423	2.1001	1.3265	1.0008	1.0000
Factor mean	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Factor standard deviation	2.2925	1.5836	1.6363	1.9504	1.0009	1.0000
Factor skewness	1.6430	-0.7036	3.3043	4.9452	0.0080	-0.0009
Factor kurtosis	5.5509	3.5858	23.1426	34.9859	1.8001	1.7832
Minimal factor value	-2.8963	-7.9874	-7.7025	-5.6100	-1.9239	-1.5932
25% quantile of factor	-1.5825	-0.9279	-0.7269	-0.7328	-0.8747	-0.8690
Factor median	-0.7433	0.1948	-0.3547	-0.4071	-0.0003	0.0000
75% quantile of factor	0.7533	1.1404	0.2056	-0.0155	0.8660	0.8690
Maximal factor value	12.4992	3.5801	18.2751	22.3342	1.8884	1.5932

This table shows the rotated factor loadings from conducting a principal components analysis using the varimax-criterion as described in the main text. The numbers in bold are those factor loadings that are highest for each of the variables considered. The heading of the columns provide the name given to each factor resulting from the analysis of those highest factor loadings.

Faktoren *Topologi* består af 7 variable:

- log(Size)
- Correlation: Måler i hvilket omfang at noder, som har høj degree, er forbundet med andre noder, som har høj degree.
- Distribution: Angiver potensfunktionens eksponent, α , og dermed graden af homogenitet i systemet med hensyn til bankstørrelse og det proportionale interbank-engagement.
- log(Herf Banks): Et normaliseret Herfindahl indeks for systemets banker. Indekset måler volumen i interbankmarkedet.
- Number Taken: Ækvivalent med in-degree.
- Number Given: Ækvivalent med out-degree.
- Clustering: Graden hvorefter en bank er placeret i en lukket forgrening i netværket.

Faktoren *Tiering* består af 3 variable:

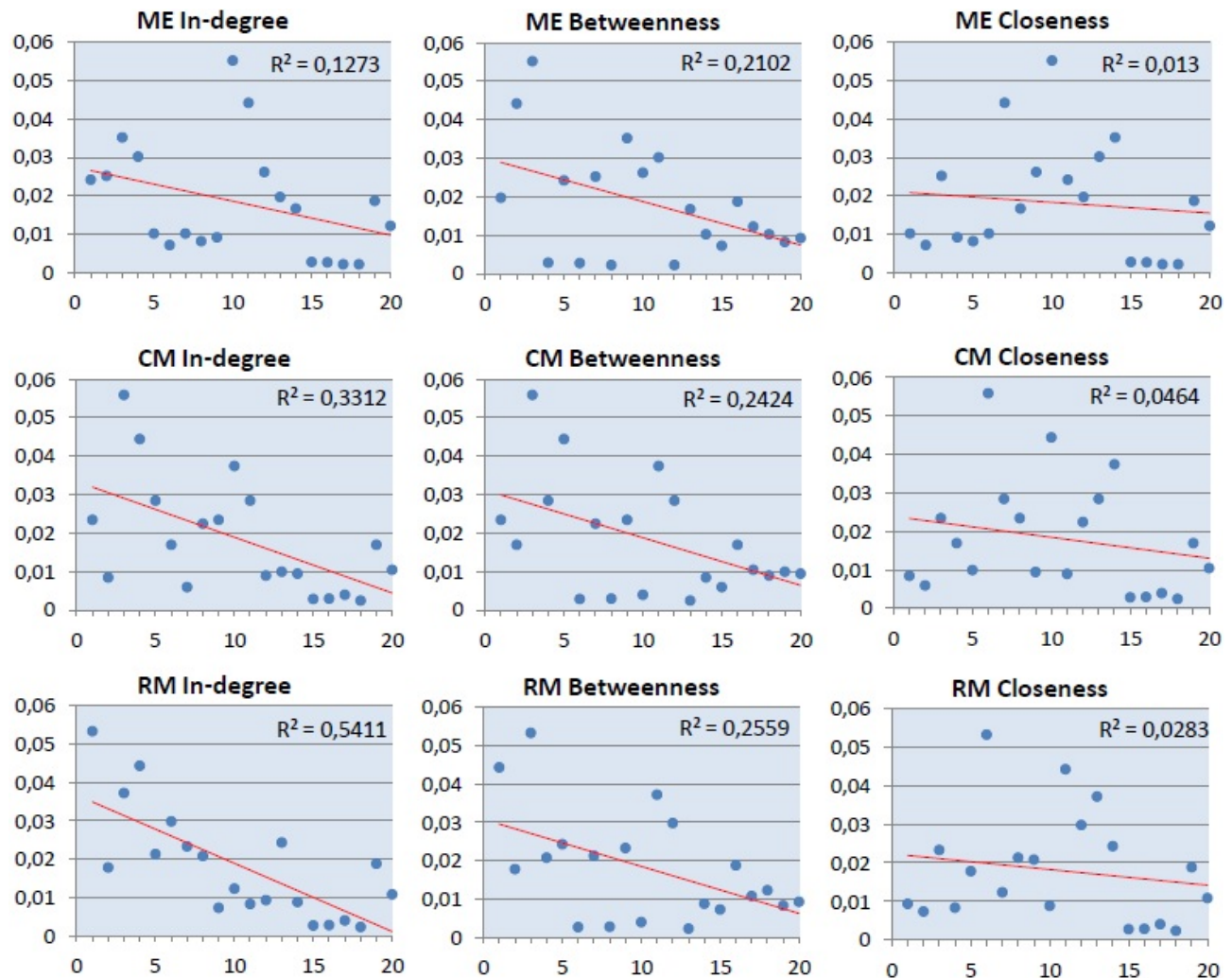
- Number of Banks
- log(betweenness)
- log(shortest Path): Ækvivalent med log(closeness).

Figur 6: Sammenhæng mellem centralitet og shapleyværdi.

Figuren viser en regression af rangordningen af centralitetsmålene in-degree, betweenness og closeness mod shapleyværdier. Både shapleyværdier og centralitetsmål varierer over de tre matchingalgoritmer: Maximum Entropy, Closest Matching og Random Matching.

Generelt er der tegn på en positiv effekt på en banks shapleyværdi ved at have høj in-degree og betweenness. Der er ingen sammenhæng mellem shapleyværdi og closeness.

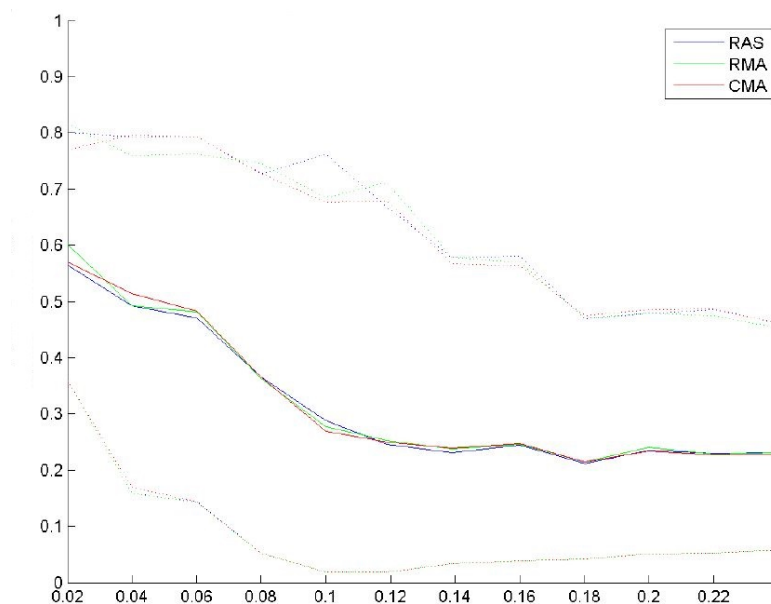
Kilde: Egen illustration baseret på data fra Aldasoro et al. (2014).



Figur 7: Systemisk risiko afhængig af minimum kapitalkrav.

Figuren viser gennemsnitlig systemisk risiko samt øvre og nedre konfidensgrænser for netværk, som er estimeret ved de tre forskellige netværksalgoritmer. RAS er ækvivalent med Maximum Entropy.

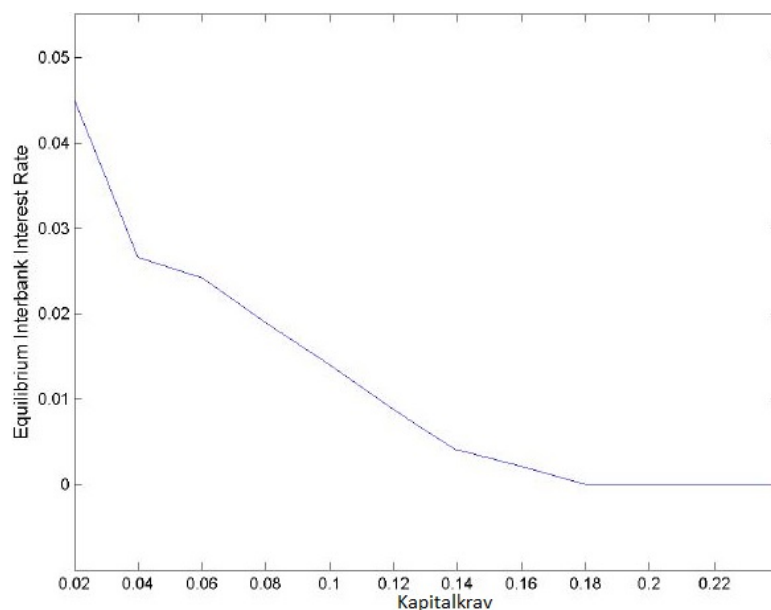
Kilde: Aldasoro et al. (2014).



Figur 8: Ligevægtsrenten i interbankmarkedet afhængig af minimum kapitalkrav.

Kapitalkrav regulerer interbankmarkedet ved at mindske efterspørgslen på interbanklån. Derved presser en højere minimumskapitalratio renten ned.

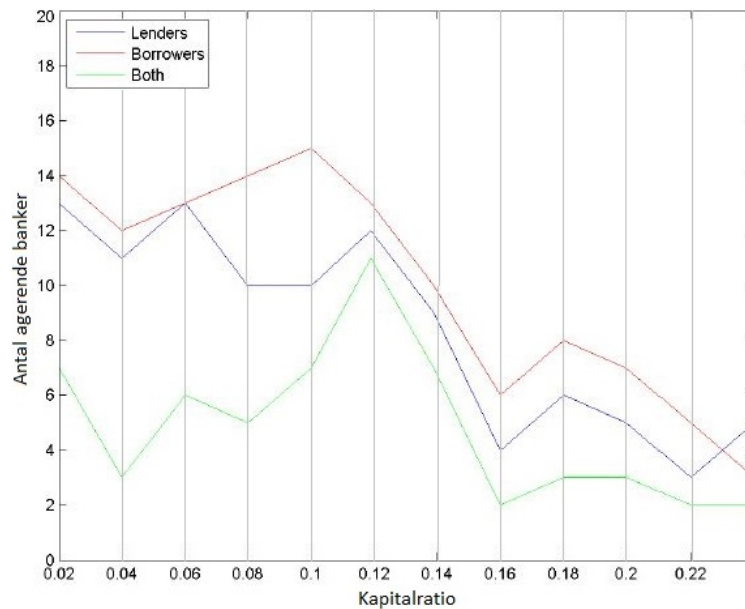
Kilde: Aldasoro et al. (2014).



Figur 9: Agerende banker i interbankmarkedet afhængig af minimum kapitalkrav.

Kapitalkrav regulerer interbankmarkedet i et omfang, så både efterspørgsel og udbud falder. Antallet af banker der agerer i interbankmarkedet falder drastisk fra 12% til 16% kapitalratio.

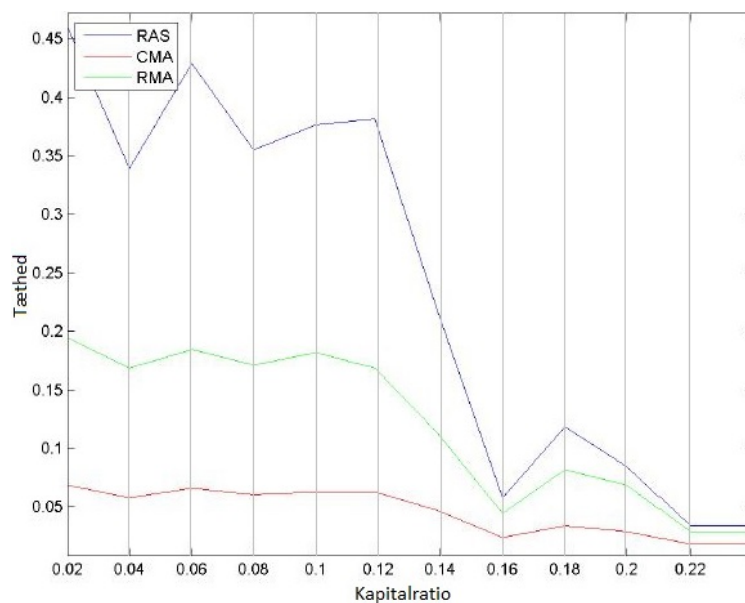
Kilde: Aldasoro et al. (2014).



Figur 10: Tæthed i interbankmarkedet afhængig af minimum kapitalkrav.

Ligesom antallet af banker, der agerer i interbankmarkedet, falder drastisk for minimumskapitalkrav fra 12% til 16%, falder også tætheden ganske markant.

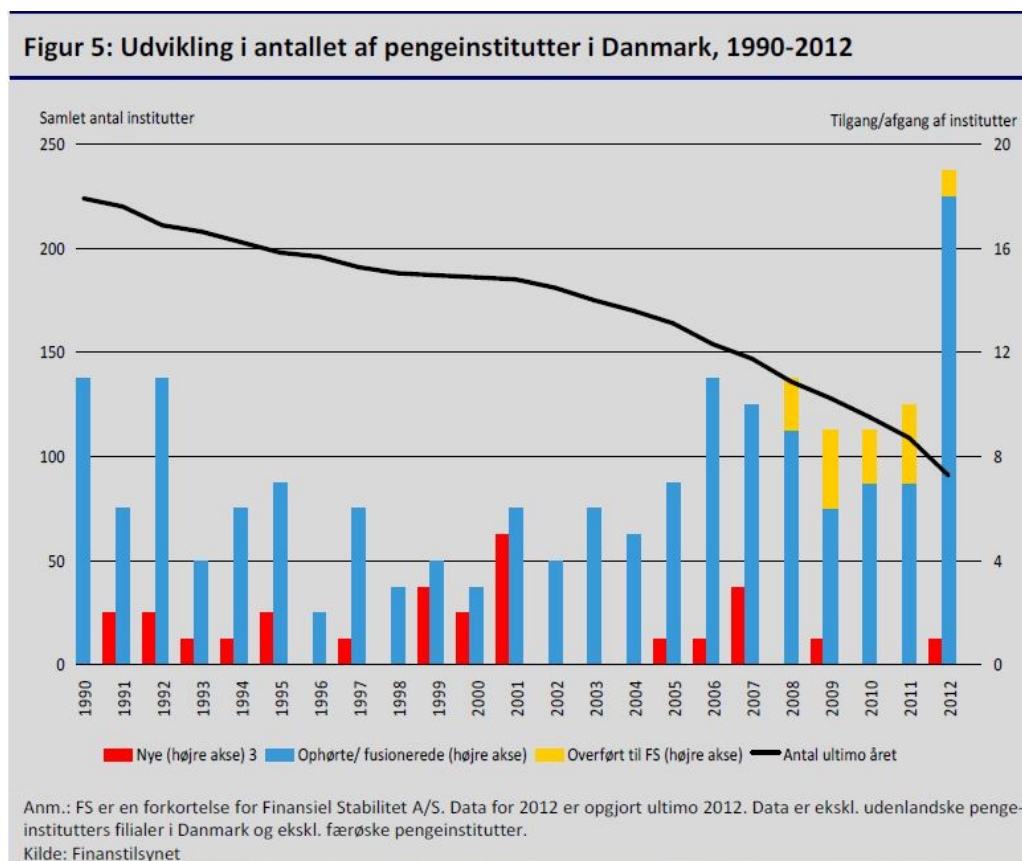
Kilde: Aldasoro et al. (2014).



Figur 11: Udvikling i antal banker i Danmark.

Antallet af banker falder særligt meget i 2012 grundet fusioner og ophør. Konsolideringspakken trådte i kraft september 2011. Over hele perioden er sektoren steget i koncentration. I samme periode er sektorens samlede balance firedoblet fra 1994 til 2013.³⁴

Kilde: SIFI-udvalgets rapport (2013).



³⁴ <http://www.finansraadet.dk/Tal--Fakta/Pages/statistik-og-tal/pengeinstitutter,-filialer-og-ansatte.aspx>

Figur 12: Værdier for indikatorer til identifikation.

Værdier sat med fed skrifttype indikerer, at instituttet udpeges som SIFI baseret på den pågældende indikator. Det ses, at samtlige institutter alene baseret på balanceindikatoren ville udpeges som SIFI. Dette havde ikke været tilfældet, hvis grænseværdien for denne indikator var fastsat til 10%, som anbefalet af SIFI-udvalget. Da ville DLR Kredit slet ikke være identificeret på baggrund af indikatorer, mens Sydbank ville være det grundet 5,4% af sektorens indlån.

Kilde: Finanstilsynet; Udpegning af systemisk vigtige finansielle institutter (SIFI), 24. juni 2014.

	Instituttets balance i pct. af BNP > 6,5 pct.		Instituttets udlån i Danmark i pct. af danske penge- og realkreditinstitutters samlede udlån i Danmark > 5,0 pct.		Instituttets indlån i Danmark i pct. af de danske pengeinstitut- ters samlede indlån i Danmark > 5,0 pct.	
	2013	2012	2013	2012	2013	2012
Danske Bank A/S	160,2	177,9	30,4	30,6	35,9	35,9
Nykredit Realkredit A/S	76,3	78,5	32,7	32,0	4,6	3,9
Nordea Bank Danmark A/S	44,8	46,6	16,0	16,1	22,0	22,7
Jyske Bank A/S	14,1	14,1	3,4	3,0	8,9	8,2
Sydbank A/S	8,0	8,4	1,8	1,9	5,4	5,1
DLR Kredit A/S	7,9	8,2	3,5	3,6	0,0	0,0

Litteratur

- [1] Acharya, V. V., Santos, J. A. C. and Yorulmazer, T. (2010 aug.), SYSTEMIC RISK AND DEPOSIT INSURANCE PREMIUMS, *FRBNY Economic Policy Review*, pp. 89-99
- [2] Acharya, V. V. and Yorulmazer, T. (2006 sep.), TOO MANY TO FAIL - AN ANALYSIS OF TIME-INCONSISTENCY IN BANK CLOSURE POLICIES, *Journal of Financial Intermediation*, 16 (2007), pp. 1-31
- [3] Aldasoro, I., Gatti, D.D. and Faia, E. (2014 jun.), BANK NETWORKS: CONTAGION, SYSTEMIC RISK AND PRUDENTIAL POLICY
- [4] Bank for International Settlements (1983 jul.), THE INTERNATIONAL INTERBANK MARKET - A DESCRIPTIVE STUDY, *BIS Economic Papers*, No. 8
- [5] Bédard, M. (2012 jan.), ARE DOMINOES A GOOD METAPHOR FOR SYSTEMIC RISK IN BANKING?, *International Journal of Business*, 17(4), pp. 352-364
- [6] Bluhm, M. and Krahnen, J.P. (2014 mar.), SYSTEMIC RISK IN AN INTERCONNECTED BANKING SYSTEM WITH ENDOGENOUS ASSET MARKETS
- [7] Caceres, C., Lipinsky, F. and Segoviano, A.M. (2014 sep.), SWITZERLAND: TECHNICAL NOTE— SYSTEMIC RISK AND CONTAGION ANALYSIS, *IMF Country Report No. 14/268*
- [8] Chernih, A., Maj, M. and Vanduffel, S. (2007 apr.), BEYOND CORRELATIONS: THE USE AND ABUSE OF COPULAS IN ECONOMIC CAPITAL CALCULATIONS, *Belgian Actuarial Bulletin*, Vol. 7, No. 1
- [9] Drehmann, M. and Tarashev, N. (2011 mar.), MEASURING THE SYSTEMIC IMPORTANCE OF INTERCONNECTED BANKS, *BIS Working Papers*, No 342
- [10] Erhvervs- og Vækstministeriet (2013 okt.), AFTALE MELLEM REGERINGEN (SOCIALDEMOKRATERNE, RADIKALE VENSTRE OG SOCIALISTISK FOLKEPARTI) OG VENSTRE, DANSK FOLKEPARTI, LIBERAL ALLIANCE OG DET KONSERVATIVE FOLKEPARTI OM REGULERING AF SYSTEMISK VIGTIGE FINANSIELLE INSTITUTTER (SIFI) SAMT KRAV TIL ALLE BANKER OG REALKREDITINSTITUTTER OM MERE OG BEDRE KAPITAL OG HØJERE LIKVIDITET
- [11] Finanstilsynet (2014 jun.), UDPEGNING AF SYSTEMISK VIGTIGE FINANSIELLE INSTITUTTER (SIFI)

- [12] Financial Stability Board (2010 okt.), REDUCING THE MORAL HAZARD POSED BY SYSTEMICALLY IMPORTANT FINANCIAL INSTITUTIONS, *FSB Recommendations and Time Lines*
- [13] FSB, IMF and BIS (2009 okt.), GUIDANCE TO ASSESS THE SYSTEMIC IMPORTANCE OF FINANCIAL INSTITUTIONS, MARKETS AND INSTRUMENTS: INITIAL CONSIDERATIONS
- [14] Gabrieli, S., Salakhova, D. and Vuillemeys, G. (2014 jan.), CROSS-BORDER INTERBANK CONTAGION IN THE EUROPEAN BANKING SECTOR
- [15] Keiding, H. (2013 mar.), ECONOMICS OF BANKING (PREL.VERSION: MARCH 13), CHAPTER 15: DEPOSIT INSURANCE
- [16] Kølving, A.U. (2014 jul.), REGULATING SYSTEMIC RISK: AN ASSESSMENT OF THE DANISH SIFI LEGISLATION, *Kandidatspeciale fra Københavns Universitet, Økonomisk Institut*
- [17] Krause, A. and Gisante, S. (2012 maj), INTERBANK LENDING AND THE SPREAD OF BANK FAILURES: A NETWORK MODEL OF SYSTEMIC RISK, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 83, pp. 583-608
- [18] Krause, A. and Gisante, S. (2013 mar.), LIQUIDITY AND SOLVENCY SHOCKS IN A NETWORK MODEL OF SYSTEMIC RISK: THE IMPACT OF MINIMUM CAPITAL AND RESERVE REQUIREMENTS, *6th Financial Risks International Forum, Paris*
- [19] Møller, M. (2013 mar.), HVAD SKAL VI GØRE MED STORE KREDITINSTITUTTER – OG HVAD ER ET STORT KREDITINSTITUT?, *Plancher fra foredrag v. Nationaløkonomisk Forenings medlemsmøde*
- [20] Nielsen, M.A. (2012), BANKPAKKER OG BANKKRAKS PÅVIRKNING FOR AKTIONERER AF DANSKE BANKAKTIER, *Kandidatafhandling fra Aarhus School of Business and Social Sciences*
- [21] Puzanova, N. and Düllmann, K. (2012 maj), SYSTEMIC RISK CONTRIBUTIONS: A CREDIT PORTFOLIO APPROACH
- [22] Rangvid, J. (2012 mar.), DEN FINANSIELLE SEKTORS UDFORDRINGER - ET DANSK OG INTERNATIONALT PERSPEKTIV, *Plancher fra Indlæg for Videncenter For Økonomi Og Finans*
- [23] Segoviano, A.M. and Goodhart, C. (2009 apr.), BANKING STABILITY MEASURES, *IMF Working Paper*

- [24] Straetmans, S. (2010 dec.), DISCUSSION OF “ARE BANKS TOO BIG TO FAIL?”, *International Journal of Central Banking*, pp. 251-258
- [25] Tarashev, N., Borio, C. and Tsatsaronis, K. (2010 maj), ATTRIBUTING SYSTEMIC RISK TO INDIVIDUAL INSTITUTIONS, *BIS Working Papers; No 308*
- [26] Tarashev, N., Borio, C. and Tsatsaronis, K. (2010 jul.), ALLOCATING SYSTEMIC RISK ACROSS INSTITUTIONS: METHODOLOGY AND POLICY APPLICATIONS, *HKIMR-BIS conference “Financial stability: Towards macroprudential approaches, Hong Kong*
- [27] Udvalget om Systemisk Vigtige Finansielle Institutter i Danmark (2013 mar.), SYSTEMISK VIGTIGE FINANSIELLE INSTITUTTER I DANMARK: IDENTIFIKATION, KRAV OG KRISEHÅNDTERING
- [28] Zhou, C. (2010 dec.), ARE BANKS TOO BIG TO FAIL? MEASURING SYSTEMIC IMPORTANCE OF FINANCIAL INSTITUTIONS, *International Journal of Central Banking*, pp. 205-250

Hjemmesider

- [29] http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-295_en.htm?locale=en
- [30] <http://www.finansraadet.dk/Tal--Fakta/Pages/satser/regler-for-fastlaeggelse-af-cibor.aspx>
- [31] http://en.wikipedia.org/wiki/Interbank_lending_market
- [32] <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=126347>
- [33] <https://www.finansielstabilitet.dk/Default.aspx?ID=150>
- [34] <https://www.finansielstabilitet.dk/Default.aspx?ID=151>
- [35] <https://www.finansielstabilitet.dk/Default.aspx?ID=152>
- [36] <https://www.finansielstabilitet.dk/Default.aspx?ID=153>
- [37] <https://www.finansielstabilitet.dk/Default.aspx?ID=154>
- [38] http://www.finansraadet.dk/Media/dokumenter/bankkunde/detprivateberedskab/det_private_beredskab_vedtaegter_oktober_2011.pdf