

mgr Łukasz Kurowski
mgr Karol Rogowicz

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Stabilność finansowa i napięcia w systemie finansowym w środowisku ujemnych stóp procentowych¹

Wprowadzenie i motywacja

W celu osiągnięcia swoich mandatowych celów 6 banków centralnych (Europejski Bank Centralny (ECB), Danmarks Nationalbank (DNB), Sveriges Riksbank (Riksbank), Narodowy Bank Szwajcarii (SNB), Magyar Nemzeti Bank (MNB) oraz Bank Japonii (BoJ)) obniżyło część swoich stóp procentowych do wartości ujemnych – choć w literaturze dominowało wówczas przekonanie, że nominalne stopy procentowe nie mogą być ujemne (Robinson, Stone 2005).

Znaczenie polityki ujemnych stóp procentowych może wynikać z jej niekonwencjonalnego charakteru oraz generowanych przez nią kosztów. Po pierwsze, mimo trudności metodologicznych polityka ujemnych stóp procentowych (*Negative interest rates policy* – NIRP) istotnie zwiększa ryzyko wycofania gotówki z sektora bankowego. Aby uniknąć ujemnej stopy zwrotu, podmioty ekonomiczne preferują bowiem oszczędności gotówkowe zamiast depozytów bankowych (Soderstrom, Westermarck 2009). Dodatkowo NIRP – podobnie jak niskie stopy procentowe – zmniejsza rentowność w sektorze bankowym poprzez erozję marży odsetkowej (Genay, Podjasek 2014; Hannoun 2015). Banki niechętnie redukują zatem koszty finansowania, szczególnie w odniesieniu do depozytów bankowych. Jednocześnie, ze względu na to, że ujemne stopy procentowe znajdują odzwierciedlenie w niskich lub ujemnych rentownościach obligacji, instytucje finansowe dokonują

¹ Tekst w wersji podstawowej został opracowany w ramach badań statutowych w Instytucie Finansów Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie (KZIF/S/17/16) i opublikowany w *Finance Research Letters* (ISSN: 1544-6123) pod tytułem *Negative interest rates as systemic risk event* (zgodnie z decyzją z dnia 11 kwietnia 2017 r.). Niniejsza wersja tekstu została rozszerzona o nowe obliczenia i analizy dla 14 krajów.

transferu kapitału w kierunku bardziej ryzykownych form inwestycji (tzw. *search for yield*). Efekt ten jest szczególnie silny w przypadku funduszy inwestycyjnych i firm ubezpieczeniowych, ponieważ instytucje te dążą do uzyskania założonych stóp zwrotu z oferowanych produktów (Dell Ariccia *et al.* 2013). Może to powodować ryzyko przeszacowania na rynku finansowym, co w konsekwencji zwiększa prawdopodobieństwo powstania baniek cenowych (Hott, Jokipii 2012).

Biorąc pod uwagę wspomniane wyżej skutki ujemnych stóp procentowych, sprawdziliśmy poziom ryzyka systemowego w gospodarce i oceniliśmy, czy NIRP istotnie wpływa na jego wzrost. Takie podejście zastosowaliśmy dla 3 krajów (Dania, Szwecja, Szwajcaria) oraz strefy euro. Dla porównania za pomocą tej samej metody badawczej oszacowaliśmy poziom ryzyka systemowego także w 14 innych krajach, w których stopy procentowe banków centralnych są dodatnie.

Niniejsze badanie może mieć następujące praktyczne zastosowanie. Po pierwsze, istnieje możliwość włączenia miary ryzyka systemowego w postaci przedstawianego indeksu do modeli przełącznikowych Markova, aby – w kategoriach ryzyka – ocenić obecny stan danej gospodarki (Hollo *et al.* 2012). Kolejne zastosowanie dotyczy modeli klasy ekonomicznej, m.in. modelu TVAR (*threshold vector autoregression*), w których niniejszy wskaźnik może posłużyć do wyznaczenia wielkości ryzyka systemowego, które jest na tyle istotne, aby wywoływać negatywne konsekwencje w gospodarce realnej. Indeks ten można więc wykorzystywać podobnie jak inne miary ryzyka finansowego w modelowaniu makroekonomicznym i wpływu szoków zewnętrznych na gospodarkę (por. Hubrich, Tetlow 2014; Hartmann *et al.* 2012). Po trzecie, wnioski z niniejszego tekstu dowodzą zasadności wydzielenia nadzoru makroostrożnościowego w celu monitorowania i eliminowania nierównowag w systemie finansowym (generowanych np. przez NIRP).

Artykuł jest podzielony na cztery części – w drugiej opisano metodę badawczą oraz dane wykorzystane do analizy, a w trzeciej wyniki empiryczne. W części ostatniej podsumowano wnioski z przeprowadzonego badania.

1. Metoda badawcza

Aby ocenić poziom napięć w systemie finansowym, zastosowaliśmy kompleksową miarę ryzyka systemowego zaproponowaną przez Hollo *et al.* (2012), nazwaną CISS (Composite Indicator of Systemic Stress). Jednakże aby podkreślić znaczenie sektora bankowego dla stabilności finansowej (np. Sohn, Park 2016), rozszerzyliśmy pierwotne podejście o informację z danych bilansowych sektora bankowego (szczegółowe dane dotyczące wykorzystanych zmiennych zamieściliśmy w aneksie). W ten sposób jednocześnie podkreśliliśmy, że istotna część ryzyka systemowego ma swoje źródło w sektorze bankowym. Bazując na dotychczasowych wynikach literatury przedmiotu, do analizy wybraliśmy również zmienne opisujące poziom ryzyka w pięciu dodatkowo wydzielonych segmentach (patrz załącznik).

Konstrukcja CISS składa się z trzech etapów. Pierwszy z nich polega na dokonaniu standaryzacji danych poprzez transformację zmiennych na podstawie miar umiejscowienia i dyspersji ich skumulowanej dystrybuanty empirycznej (*empirical cumulative distribution function* – CDF), przy uwzględnieniu rangi obserwacji:

$$z_t = F_n(x_t) := \begin{cases} \frac{r}{n} & \text{for } x_{[r]} \leq x_t \leq x_{[r+1]}, r = 1, 2, \dots, n-1 \\ 1 & \text{for } x_t \geq x_{[n]} \end{cases} \quad (1)$$

Powyższa kalkulacja została przeprowadzona dla $t = 1, 2, \dots, n$, gdzie x_t oznacza szereg czasowy zmiennej $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ z całkowitą liczbą obserwacji n . Uporządkowane (rangami) wartości zmiennej są oznaczone jako $(x_{[1]}, x_{[2]}, \dots, x_{[n]})$, gdzie $x_{[1]} \leq x_{[2]} \leq \dots \leq x_{[n]}$ z $[r]$ określającym numer rangi przypisanej do konkretnej realizacji x_t . Zatem skumulowana dystrybuanta empiryczna $F_n(x^*)$ mierzy całkowitą liczbę obserwacji x_t , których wartość nie przekracza określonej wartości x^* podzielonej przez wielkość próby. Jeżeli wartość x pojawia się więcej niż raz, to ranga dla tej obserwacji stanowi średnią przypisanych do nich rang.

Po drugie, każda ze zmiennych poddanych standaryzacji jest zagregowana na poziom sektora poprzez wyznaczenie średniej arytmetycznej.

Ostatnim etapem metody badawczej jest agregacja wartości z poziomu sektorowego na końcową wartość wskaźnika CISS. Dokonano tego analogicznie do agregacji ryzyka pojedynczych aktywów finansowych do poziomu ryzyka dla całego portfela, zgodnie z podejściem współczesnej teorii portfelowej (*modern portfolio theory*). Zatem oprócz ryzyka towarzyszącego pojedynczemu sektorowi została uwzględniona również korelacja pomiędzy nimi. Co istotne, w naszym podejściu dopuściliśmy możliwość zmiennej korelacji w czasie oszacowanej przy użyciu wykładniczo ważonej średniej ruchomej (EWMA):

$$\begin{aligned} \sigma_{ij,t} &= \lambda \sigma_{ij,t-1} + (1 - \lambda) \bar{s}_{it} \bar{s}_{jt} \\ \sigma_{j,t}^2 &= \lambda \sigma_{j,t-1}^2 + (1 - \lambda) \bar{s}_{jt}^2 \\ \rho_{ij,t} &= \sigma_{ij,t} / \sigma_{i,t} \sigma_{j,t} \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie $i = 1, \dots, 6, j = 1, \dots, 6, i \neq j$, oraz $t = 1, \dots, T$.

Zgodnie z naszym założeniem, że indeksy sektorowe stanowią zwykłą średnią arytmetyczną poszczególnych wystandaryzowanych szeregów czasowych, ich mediana powinna być w rzeczywistości zbliżona do median poszczególnych rozkładów dystrybuanty (tj. wynosić 0,5). Tak więc w powyższym równaniu stosujemy zabieg korygujący o ten czynnik – zgodnie z metodologią przedstawioną przez

Hollo *et al.* (2011) – w postaci $\bar{s}_{i,t} = s_{i,t} - 0.5$. Natomiast $\lambda \in (0,1)$ jest stałym w czasie parametrem wygładzającym na poziomie of 0,93.

Wagi poszczególnych sektorów w ostatecznej wartości CISS są z kolei determinowane przez znaczenie wpływu ryzyka danego sektora na gospodarkę realną. Innymi słowy, w konstrukcji niniejszego indeksu wagi są mierzone przez relatywne porównanie skumulowanych impulsów reakcji tempa wzrostu PKB na szok pochodzący z danego sektora. W związku z możliwymi zmianami strukturalnymi w dynamice wzrostu gospodarczego dopuściliśmy również możliwość zmian wag w czasie poprzez zastosowanie modelu VAR (*vector autoregressive*) estymowanego w ruchomym oknie próby.

Ostatecznie, zakładając, że wskaźnik CISS jest miarą ciągłą, nieposiadającą pierwiastków jednostkowych oraz ograniczoną w przedziale , obliczamy jej wartość zgodnie z poniższą formułą:

$$CISS_t = (w_t \circ s_t)C_t(w_t \circ s_t)' \quad (3)$$

gdzie:

$w_t = (w_{1,t}, \dots, w_{6,t})$ – wektor zmiennych w czasie wag określających kontrybucję sektorów do finalnej wartości *CISS*,

$s_t = (s_{1,t}, \dots, s_{6,t})$ – wektor wartości ryzyka na poziomie sektorów,

$w_t \circ s_t$ – produkt Hadamarda wektora wag oraz wartości ryzyka sektorowego w okresie t .

C_t – macierz zmiennych w czasie współczynników korelacji $\rho_{ij,t}$ pomiędzy sektorami i oraz j .

2. Wyniki analizy

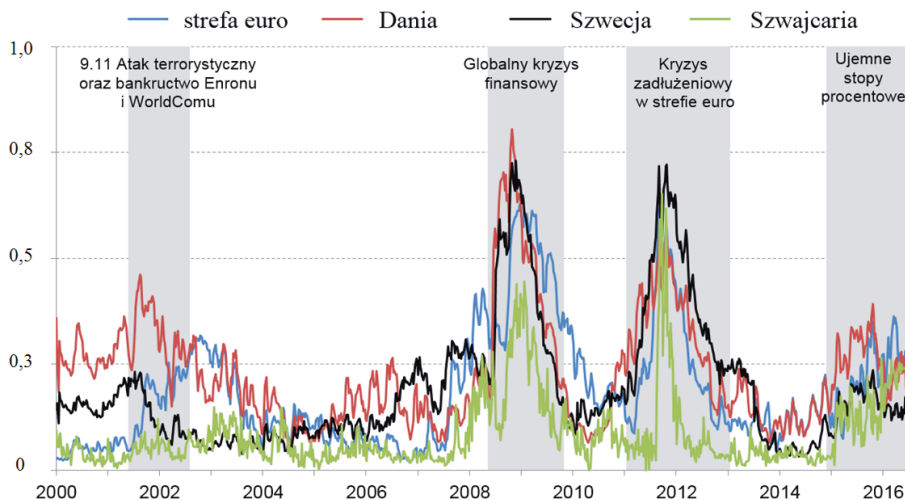
Wyniki przeprowadzonej analizy pozwalają na identyfikację 4 okresów napięć w systemie finansowym, w których poziom CISS był zauważalnie wyższy niż w okresach pozostałych (wykres 1). Wydzielone okresy przyporządkowaliśmy do 2 grup: kategorii podwyższonego ryzyka w systemie finansowym oraz kategorii wysokiego ryzyka systemowego. Co istotne, wszystkie wskazane okresy są możliwe do zidentyfikowania w każdym z analizowanych krajów.

Pierwsze istotne zaburzenie w systemie finansowym zidentyfikowane przez historycznie najwyższy poziom CISS dotyczy globalnego kryzysu finansowego (GFC – *Global Financial Crisis*). Dla większości przeanalizowanych krajów (poza Szwajcarią) wskaźnik CISS osiągnął podczas wskazanego kryzysu historycznie najwyższy poziom. Po tym okresie obserwowano dynamiczny spadek CISS do momentu drugiego istotnego zaburzenia w systemie finansowym – kryzysu zadłużeniowego w strefie euro.

Zidentyfikowaliśmy również 2 zdarzenia, w których trakcie poziom ryzyka systemowego nie był tak wysoki jak podczas GFC oraz kryzysu zadłużeniowego, ale jego poziom wskazywał na istotne prawdopodobieństwo materializacji ryzyka w systemie finansowym. Pierwszy okres to druga połowa 2001 r., kiedy zaburzenia w systemie finansowych były związane z atakiem terrorystycznym

na WTC. Gwałtowny wzrost ryzyka na rynkach finansowych spowodował wtedy istotne straty, także w sektorze ubezpieczeń i przemyśle lotniczym (Clementi 2001). Wpływ na wzrost poziomu CISS w opisywanym okresie miały również inne zdarzenia, w szczególności zawirowania wynikające z sytuacją finansową i późniejszymi upadłościami Enronu oraz WorldComu.

Wykres 1
Poziom CISS w analizowanych krajach (styczeń 2000 – czerwiec 2016)



Źródło: opracowanie własne.

Po kryzysie zadłużeniowym wykorzystany do analiz wskaźnik osiągał historycznie najniższe wartości do początku 2015 r. Od tego momentu obserwuje się stopniowy wzrost ryzyka systemowego w analizowanych krajach. W czerwcu 2016 r. CISS osiągnął poziom podobny do tego obserwowanego podczas ataku terrorystycznego z 2001 r. Uzasadnia to wydzielenie drugiego okresu o podwyższonym poziomie ryzyka systemowego. Dotychczasowe doświadczenia pokazały, że okresy, gdy wartość CISS jest podwyższona, mogą być przypisane do konkretnych zdarzeń wpływających na wzrost ryzyka systemowego. W latach 2015–2016 w analizowanych krajach występowały ujemne nominalne stopy procentowe. W tym kontekście niniejsze badania sugerują, że NIRP istotnie przyczynia się do wzrostu ryzyka systemowego.

Analizując kontrybucję poszczególnych sektorów (tabela 1), należy wskazać, że największy wpływ na zaburzenia w systemie finansowym w każdym z wybranych okresów miał sektor pośrednictwa finansowego. W przypadku występowania ujemnych stóp procentowych udział sektora obligacji w porównaniu z pozostałymi okresami podwyższonego ryzyka wzrósł, a udziały rynku kapitałowego i pieniężnego uległy zmniejszeniu (IMF 2016). Przyczyną może być oddziaływanie NIRP

m.in. na poziom premii terminowej zawartej w rentownościach obligacji, a tym samym na nachylenie całej krzywej dochodowości – przyczynia się to do wzrostu niepewności, który odzwierciedla większa zmienność na tym rynku.

Tabela 1
**Udział poszczególnych sektorów w całkowitej wartości CISS
 podczas wydzielonych okresów**

(w nawiasie wskazano średnią kontrybucję sektorów do całkowitego poziomu CISS)

Sektor	Atak terrorystyczny oraz bankructwo Enronu i WorldComu	Globalny kryzys finansowy	Kryzys zadłużeniowy w strefie euro	Ujemne stopy procentowe
Rynek obligacji	12,79%	14,13%	13,01%	16,87%
	(0,036)	(0,063)	(0,059)	(0,066)
Rynek kapitałowy	25,12%	22,41%	19,26%	19,30%
	(0,071)	(0,101)	(0,087)	(0,076)
Pośrednicy finansowi	28,41%	24,62%	31,33%	27,42%
	(0,080)	(0,111)	(0,142)	(0,108)
Rynek walutowy	10,73%	12,30%	10,84%	12,47%
	(0,030)	(0,055)	(0,049)	(0,049)
Rynek pieniężny	8,26%	10,38%	10,68%	7,94%
	(0,023)	(0,047)	(0,048)	(0,031)
Sektor bankowy	14,68%	16,16%	14,89%	15,99%
	(0,041)	(0,073)	(0,067)	(0,063)
Całkowity poziom CISS	0,282	0,449	0,453	0,394

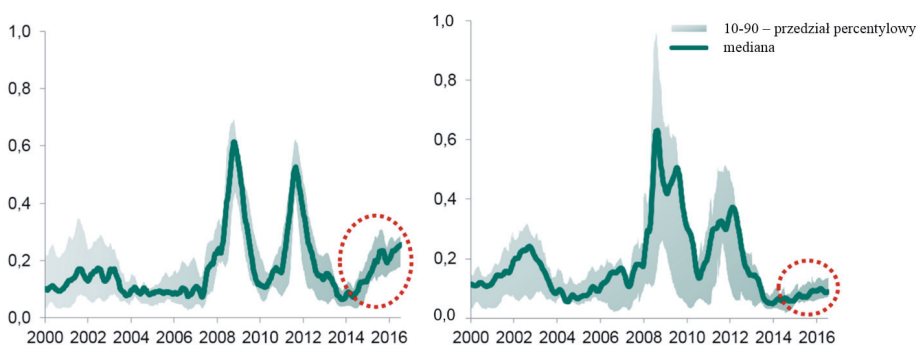
Źródło: opracowanie własne.

Żeby wzmocnić nasze wnioski odnośnie do wpływu NIRP na ryzyko systemowe, wyniki dla krajów z ujemnymi stopami procentowymi porównaliśmy z krajami, w których stopy procentowe są nadal dodatnie (PIRP – *positive interest rates policy*). W tym celu oszacowaliśmy opisane w metodzie badawczej wskaźniki również dla 14 innych krajów: USA, Wielkiej Brytanii, Kanady, Norwegii, Australii, Nowej Zelandii, Brazylii, Rosji, Indii, Chin, Polski, Czech, Węgier oraz Turcji. Wyniki przedstawione na wykresie 2 pozwalają sformułować 2 wnioski. Po pierwsze, kraje NIRP oraz PIRP są – do pewnego stopnia – pod wpływem podobnych źródeł ryzyka systemowego, w szczególności tych o charakterze międzynarodowym, jak np. GFC lub kryzys zadłużeniowy. Potwierdza to wzrost CISS w tych samych wydzielonych okresach zarówno dla PIRP, jak i NIRP. Taki wniosek może sugerować, że obie grupy krajów pod względem źródeł ryzyka systemowego są w pewnym zakresie do siebie podobne.

Znacząca heterogeniczność w zakresie CISS pomiędzy obiema grupami krajów (PIRP oraz NIRP) pojawiła się pod koniec 2014 r. Prowadzi to do kolejnego kluczowego wniosku. CISS wskazuje istotnie wyższy poziom ryzyka systemowego w krajach NIRP niż PIRP od końca 2014 r. Nie ulega zatem wątpliwości, że od tego momentu przyczyną jest nie czynnik globalny, lecz krajowy. Takim czynnikiem krajowym – jednocześnie spójnym dla całej wydzielonej grupy – są nominalne stopy procentowe o wartości poniżej zera. Okres podwyższonego ryzyka systemowego można więc zidentyfikować tylko w gospodarkach NIRP – zjawiska tego nie obserwuje się tam, gdzie stopy procentowe pozostają dodatnie.

Wykres 2

CISS dla wybranych krajów z ujemnymi (lewy panel) oraz dodatnimi (prawy panel) nominalnymi stopami procentowymi (styczeń 2000 – czerwiec 2016)



Źródło: opracowanie własne.

Ostatnim punktem naszej analizy jest sprawdzenie, czy rozszerzenie podstawowej wersji CISS o dane sektora bankowego może dostarczyć cennej informacji o poziomie ryzyka systemowego. W tym celu porównaliśmy CISS z uwzględnionym sektorem bankowym z podstawową wersją tego wskaźnika zaproponowaną przez Hollo *et al.* (2012). Narzędziem, które wybraliśmy do porównania wskazanych szeregów, jest DTW (*dynamic time warping*; Berndt, Clifford 1994; Tsinaslanidis *et al.* 2014). Wyniki tej analizy wskazują, że w całym okresie występują pewne różnice w obu analizowanych szeregach (tabela 2), chociaż nie są one silnie istotne statystycznie. Niemniej jednak główną przyczyną podobieństwa obu szeregów są okresy, w których poziom ryzyka mierzony przez te wskaźniki jest niski. Wyniki potwierdzają, że podczas 4 wydzielonych wcześniej okresów napięć w systemie finansowym istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy CISS z uwzględnionym sektorem bankowym a podstawową wersją tego wskaźnika zaproponowaną przez Hollo *et al.* (2012). Co więcej, w momencie prowadzenia polityki ujemnych stóp procentowych różnice te są historycznie największe. Potwierdza to nasze dwa wcześniejsze przypuszczenia. Po pierwsze, uwzględnienie w pomiarze ryzyka sys-

temowego danych bilansowych z sektora bankowego dostarcza cennej informacji o warunkach w sektorze finansowym. Po drugie, jest to szczególnie istotne w środowisku ujemnych stóp procentowych, gdyż wywiera silniejszy wpływ na sektor bankowy niż poprzednio wydzielone okresy napięć w systemie finansowym.

Tabela 2
Porównanie CISS z uwzględnionymi zmiennymi z sektora bankowego oraz bez ich uwzględnienia (odległość euklidesowa)

Kraj	Atak terrorystyczny oraz bankructwo Enronu i WorldComu	Globalny kryzys finansowy	Kryzys zadłużeniowy w strefie euro	NIRP	Okresy z niskim poziomem CISS	Cały okres
Strefa euro	21,72**	30,95***	29,33***	40,26***	12,77*	17,79*
Dania	32,51***	36,65***	34,59***	48,75***	17,17*	24,00**
Szwecja	20,27**	26,65**	25,38**	33,84***	12,15*	17,55*
Szwajcaria	11,22*	15,93*	15,22*	18,28**	6,46	9,37

Im mniejsza wartość statystyki, tym większe podobieństwo obu szeregów.

*,** oraz *** – istotność statystyczna, odpowiednio przy poziomie istotności 10%, 5% oraz 1%,

Źródło: opracowanie własne.

Wnioski

Celem artykułu było sprawdzenie, czy NIRP wpływa na wzrost ryzyka systemowego. Aby odpowiedzieć na to pytanie, wzięliśmy pod uwagę 4 gospodarki, w których banki centralne wprowadziły ujemne nominalne stopy procentowe. Poziom napięć w systemie finansowym obliczyliśmy za pomocą miary zaproponowanej przez Hollo *et al.* (2012) – CISS (composite indicator of systemic stress), ale rozszerzyliśmy ją o zmienne bilansowe z sektora bankowego.

Wnioski z analizy potwierdzają, że ryzyko systemowe w analizowanych krajach stopniowo rośnie od momentu wprowadzenia ujemnych nominalnych stóp procentowych. W tym samym czasie tendencja ta nie występuje w krajach, gdzie stopy procentowe nadal są dodatnie. Wyniki sugerują, że NIRP może przyczyniać się do osłabienia stabilności finansowej, jednakże siła wpływu jest na razie ograniczona i dotyczy głównie sektora obligacji. Ponieważ stabilność finansową rozpatruje się w długim terminie, należy podkreślić, że jest jeszcze zbyt wcześnie na wyciąganie wiążących wniosków o wpływie NIRP na ryzyko systemowe. Wskazaliśmy jednak istotne różnice w udziale poszczególnych sektorów w całkowitym poziomie CISS między krajami z ujemnymi i dodatnimi stopami procentowymi. Ostatecznie potwierdziliśmy również, że uzupełnienie o dane bilansowe z sektora bankowego dostarcza cennej informacji o warunkach w sektorze finansowym. Różnice pomiędzy szeregami z uwzględnionym sektorem bankowym oraz bez

niego są istotne statystycznie w czasie napięć w systemie finansowym, a szczególnie w okresie NIRP.

Nasze wnioski zawierają również użyteczną informację dla polityki gospodarczej – wskazują na konieczność koordynacji narzędzi makroostrożnościowych z polityką pieniężną w środowisku ujemnych stóp procentowych. Co więcej, zachowanie stabilności cen dzięki ujemnym stopom procentowym może przyczynić się do budowania nierównowag w systemie finansowym – kierunki oddziaływania instrumentów polityki pieniężnej oraz makroostrożnościowej nie zawsze są zatem komplementarne.

Bibliografia

- Berndt, D., Clifford, J., *Using dynamic time warping to find patterns in time series*, KDDworkshop 1994, t. 16(10).
- Clementi, D., *Maintaining financial stability in a rapidly changing world: Some threats and opportunities*, Bank of England speech 2001.
- Dell Ariccia, G., Laeven, L., Suarez, G., *Bank leverage and monetary policy's risk-taking*, International Monetary Fund 2013, WPA/13/143.
- Genay, H., Podjasek, R., *What is the impact of a low interest rate environment on bank profitability?*, Federal Reserve Bank of Chicago 2014, Chicago Fed Letter 324.
- Hannoun, H., *Ultra-low or negative interest rates: What they mean for financial stability and growth*, Speech at the Eurofi High Level Seminar, Riga 2015.
- Hartmann, P., Hubrich, K., Kremer, M., Tetlow, R., *Widespread instabilities and the macroeconomy – regime switching in the euro area*, European Central Bank and Federal Reserve Board, Mimeo 2012.
- Hollo, D., Kremer, M., Lo Duca, M., *CISS – a composite indicator of systemic stress in the financial system*, European Central Bank, Working Paper Series 2012, nr 1426.
- Hott, C., Jokipii, T., *Housing bubbles and interest rates*, Swiss National Bank Working Papers 2012-07.
- Hubrich, K., Tetlow, R., *Financial stress and economic dynamics: The transmission of crises*, European Central Bank, Working Paper Series 2014, nr 1728.
- IMF, *Fostering Stability in a Low-Growth, Low-Rate Era*, Global Financial Stability Report, International Monetary Fund, October 2016.
- Robinson, T., Stone, A., *Monetary Policy, Asset-Price Bubbles and the Zero Lower Bound*, NBER Working Paper 2005, nr 11105.
- Soderstrom, U., Westermarck, A., *Monetary policy when the interest rate is zero*, Riksbank Economic Review 2009, nr 2.
- Sohn, B., Park, H., *Early warning indicators of banking crisis and bank related stock returns*, Finance Research Letters 2016, nr 18.
- Tsinaslanidis, P., Alexandridis, A., Zapanis, A. and Livanis, E., *Dynamic time warping as a similarity measure: applications in finance*, w: *13th Annual Conference of Hellenic Finance and Accounting Association (HFAA)*, 12th–13th December, 2014, Volos, Greece.

Załącznik

Tabela A.1
Indywidualne wskaźniki napięć wykorzystane w konstrukcji wskaźnika CISS
oraz ich źródło

Segment rynku	Wskaźnik	Źródło
Sektor bankowy	<i>Luka depozytowa</i> oznacza cykliczny komponent poziomu depozytów oszacowany z wykorzystaniem filtru Hodricka–Prescotta dla danych miesięcznych, przekształcony na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF); liniowo ekstrapolowany z danych miesięcznych na częstotliwość tygodniową	ECB, DNB, SNB, Riksbank
	<i>Luka kredytowa</i> oznacza cykliczny komponent poziomu kredytów oszacowany z wykorzystaniem filtru Hodricka–Prescotta dla danych miesięcznych, przekształcony na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF); liniowo ekstrapolowany z danych miesięcznych na częstotliwość tygodniową	ECB, DNB, SNB, Riksbank
	<i>Luka gotówki w obiegu</i> oznacza cykliczny komponent poziomu banknotów i monet w obiegu oszacowany z wykorzystaniem filtru Hodricka–Prescotta dla danych miesięcznych, przekształcony na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF); liniowo ekstrapolowany z danych miesięcznych na częstotliwość tygodniową	ECB, DNB, SNB, Riksbank
Rynek pieniężny	<i>Zrealizowana zmienność 3-miesięcznej stopy procentowej rynku międzybankowego</i> obliczona jako tygodniowa średnia dziennych bezwzględnych zmian przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg
	<i>Spread pomiędzy 3-miesięczną stopą rynku międzybankowego a rentownością krótkoterminowych bonów skarbowych</i> obliczony jako tygodniowa średnia dziennych wielkości przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg
Rynek obligacji	<i>Zrealizowana zmienność indeksu rentowności 10-letnich obligacji skarbowych</i> obliczona jako tygodniowa średnia dziennych bezwzględnych zmian przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg
	<i>Spread rentowności podmiotów sektora niefinansowego o ratingu inwestycyjnym względem rentowności skarbowych</i> (koszyk papierów 5-letnich); obliczony jako tygodniowa średnia dziennych wielkości przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg
	<i>Spread 10-letniego swapu stopy procentowej (IRS)</i> obliczony jako tygodniowa średnia dziennych wielkości przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg

Segment rynku	Wskaźnik	Źródło
Rynek akcji	<i>Zrealizowana zmienność indeksu cen akcji podmiotów niefinansowych</i> obliczona jako tygodniowa średnia dziennych bezwzględnych zmian przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF); dla tych krajów, w których Bloomberg nie dostarcza indeksu podmiotów niefinansowych, wielkość ta odnosi się do obliczonego indeksu 50 największych spółek ważonego rynkową kapitalizacją	Bloomberg
	<i>CMAX cen akcji podmiotów niefinansowych</i> ; skumulowana strata obliczona zgodnie ze wzorem pod tabelą w oknie 2-letnim ($T = 104$), przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg
	<i>Korelacja rynku akcji i obligacji</i> bazująca na hipotezie przepływu kapitału pomiędzy tymi rynkami; obliczona jako tygodniowa średnia różnicy pomiędzy 4-letnim i 1-miesięcznym współczynnikiem korelacji liniowej pomiędzy dziennymi zmianami indeksu cen akcji oraz indeksu cen 10-letnich obligacji skarbowych; współczynnik przyjmuje wartość zero dla ujemnych różnic; przekształcony na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF)	Bloomberg
Rynek walutowy	<i>Zrealizowana zmienność krajowej waluty względem USD, EUR oraz GBP</i> , obliczona jako tygodniowa średnia dziennych absolutnych zmian przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF); dla gospodarek, których kurs jest sztywny, wykorzystano zmienność cyklicznego komponentu – oszacowanego z wykorzystaniem filtru Hodricka–Prescotta – rezerw walutowych banku centralnego	Bloomberg
	<i>CMAX dla krajowej waluty względem USD, EUR oraz GBP</i> ; skumulowana strata obliczona zgodnie ze wzorem pod tabelą w oknie 2-letnim ($T = 104$), przekształcona na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (CDF); dla gospodarek, których kurs jest sztywny, wykorzystano CMAX dla rezerw walutowych banku centralnego	Bloomberg
Pośrednictwo finansowe	<i>Zrealizowana zmienność idiosynkratycznego składnika stóp zwrotu akcji podmiotów sektora finansowego (FC) ponad stopę zwrotu z portfela rynkowego</i> ; składnik idiosynkratyczny obliczony jako reszta z regresji liniowej dziennych stóp zwrotu akcji FC nad portfel rynkowy w oknie 2-letnim	Bloomberg
	<i>Spread rentowności obligacji podmiotów sektora finansowego o ratingu inwestycyjnym względem rentowności obligacji skarbowych (o tenorze 10-letnim)</i>	Bloomberg

Segment rynku	Wskaźnik	Źródło
	<i>C</i> MAX oraz wskaźnik ceny do to wartości księgowej (<i>P</i> / <i>BV</i>) dla akcji podmiotów finansowych; oba wskaźniki (<i>C</i> MAX oraz <i>BV</i> / <i>P</i>) w pierwszej kolejności przekształcone na podstawie rozkładu empirycznej dystrybuanty (<i>CDF</i>), a następnie przemnożone przez siebie; finalny wskaźnik obliczony jako pierwiastek jednostkowy z powyższego wyniku	Bloomberg

Uwaga: Dane dla strefy euro szacowane na poziomie krajowych zmiennych oraz zagregowane do indeksu wg średniej ważonej PKB danego kraju. Próba krajów obejmowała: Francję, Hiszpanię, Holandię, Niemcy oraz Włochy. Wskaźnik *C*MAX obliczony zgodnie z poniższym wzorem, gdzie P_t oznacza średnią cenę zamknięcia na rynku akcji w tygodniu t , natomiast $T = 104$ dla tygodniowej częstotliwości danych.

Źródło: opracowanie własne.

$$C\text{MAX}_t = \left(1 - \frac{P_t}{\max\{P \in (P_{t-j} | j = 0, 1, \dots, T)\}} \right)$$

Słowa kluczowe: ujemne stopy procentowe, ryzyko systemowe, polityka pieniężna, stabilność finansowa

Financial stability and financial imbalances in the negative interest rate environment

Summary

The aim of the paper is to analyze new sources of systemic risk in the negative interest rates environment. The study reviews possible consequences of negative interest rates policy (NIRP) for financial stability. This paper tries to fulfill above goal by implementing an overall market stress indicator for the four economies with negative interest rates – Eurozone, Denmark, Sweden and Switzerland and other 14 countries with positive rates. In order to achieve this, we choose six segments of the market on which negative interest rates policy (NIRP) may have a significant impact. According to our results, problem of the NIRP has been so far limited and concern mostly bond market. Our research indicates macroprudential policy should be more active in NIRP than in positive interest rate environment and demand coordination with monetary policy.

Keywords: negative interest rates, systemic risk, monetary policy, macroprudential policy