



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.



Authors' contribution/
Wkład autorów:

- A. Study design/
Zaplanowanie badań
- B. Data collection/
Zebranie danych
- C. Statistical analysis/
Analiza statystyczna
- D. Data interpretation/
Interpretacja danych
- E. Manuscript preparation/
Przygotowanie tekstu
- F. Literature search/
Opracowanie
piśmiennictwa
- G. Funds collection/
Pozyskanie funduszy

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: E22, E44, E51,
G14

Submitted:
June 2021

Accepted:
September 2021

Tables: 5
Figures: 1
References: 21

ORYGINALNY ARTYKUŁ
NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: E22, E44,
E51, G14

Zgłoszony:
czerwiec 2021

Zaakceptowany:
wrzesień 2021

Tabele: 5
Rysunki: 1
Literatura: 21

RISK OF INVESTMENT IN CRYPTOCURRENCIES

RYZIKO INWESTYCJI W KRYPTOWALUTY

Sylwester Kozak^{1(A,B,C,D,E,F,G)}, Seweryn Gajdek^{2(A,B,C,D,E,F,G)}

¹Institute of Economics and Finance, Warsaw University of Life Sciences, Poland
Instytut Ekonomii i Finansów, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Polska

²Faculty of Economics, Warsaw University of Life Sciences, Poland
Wydział Ekonomiczny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

Kozak, S., Gajdek, S. (2021). Risk of investment in cryptocurrencies / Ryzyko inwestycji w kryptowaluty. *Economic and Regional Studies*, 14(3), 294-304. <https://doi.org/10.2478/ers-2021-0021>

Abstract

Subject and purpose of work: Cryptocurrencies are a phenomenon that has been strengthening its place in the world of finance for over ten years and which is becoming a frequent investment tool. The aim of this study is to compare the level of risk measures of investments in the cryptocurrency market with investments in global capital markets in 2011-2020.

Materials and methods: The study used the quotations of the analysed instruments. The level of risk was estimated using standard deviation and semi-standard deviation of daily logarithmic rates of return.

Results: Investment in cryptocurrencies is more risky than in shares of the largest international companies. The level of risk decreases with the duration of the cryptocurrency presence on the market.

Conclusions: Achieving extraordinary rates of return generates an increased demand and volatility of cryptocurrencies' quotations. The level of risk of investing in cryptocurrencies is much higher than in the indexes of global capital exchanges.

Keywords: investment, financial markets, cryptocurrency, risk

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Kryptowaluty są zjawiskiem, które od ponad dziesięciu lat umacnia swoje miejsce w świecie finansów i staje się częstym narzędziem inwestycyjnym. Celem niniejszej pracy jest porównanie poziomu miar ryzyka inwestycji na rynku kryptowalut z inwestycjami na globalnych rynkach kapitałowych w latach 2011-2020.

Materiały i metody: W badaniu wykorzystano notowania analizowanych instrumentów. Poziom ryzyka oszacowano przy użyciu odchylenia standardowego i semi-odchylenia standardowego dziennych logarytmicznych stóp zwrotu.

Wyniki: Inwestowanie w kryptowaluty jest bardziej ryzykowne niż w akcje największych spółek międzynarodowych. Poziom ryzyka obniża się wraz z długością okresu funkcjonowania kryptowaluty na rynku.

Wnioski: Uzyskiwanie nadzwyczajnych stóp zwrotu sprzyja wzrostowi popytu, ale również zmienności notowań kryptowalut. Poziom ryzyka inwestycji w kryptowaluty jest wielokrotnie wyższy niż w indeksy globalnych giełd kapitałowych.

Słowa kluczowe: inwestycje, rynki finansowe, kryptowaluty, ryzyko

Address for correspondence / Adres korespondencyjny: dr hab. Sylwester Kozak (ORCID 0000-0001-9485-6704), Seweryn Gajdek (ORCID 0000-0001-5199-6758), Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Instytut Ekonomii i Finansów, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa, Polska; +48 22 59 342 49; e-mail: sylwester_kozak@sggw.pl; seweryn.gajdek@poczta.fm

Journal included in: ERIH PLUS; AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Whitelist; CNKI Scholar; CNPIEC – cnpLINKer; EBSCO Discovery Service; EBSCO-CEEAS; EuroPub; Google Scholar; Index Copernicus ICV 2017-2019: 100,00; J-Gate; KESLI-NDL; MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education 2015-2018: 9 points; Primo Central; QOAM; ReadCube; Semantic Scholar; Summon (ProQuest); TDNet; WanFang Data; WorldCat.

Copyright: © The Authors, 2021. **Publisher:** Pope John Paul II State School of Higher Education in Białą Podlaską.

Intoduction

Cryptocurrencies are increasingly entering the global financial system. Importantly, to a large extent they operate outside the traditional financial system. They are enabled by blockchain technology based on cryptography, which allows funds to be transferred directly between users. At the same time, it secures the correctness of these transactions with the computing power of the entire network in which a given cryptocurrency functions. The technology has been refined for over ten years. In the first stage of its existence, it allowed the launch of the first bitcoin cryptocurrency (BTC). Thanks to this technology, without the need to rely on any external institutions, the BTC network and other cryptocurrencies increasingly offer functions and services available so far in the traditional financial system. Confirmation of the significant interest in cryptocurrencies is the dynamic increase in the capitalization of this market, which at the end of 2020 exceeded 1.5 trillion U.S. dollars (<https://coinmarketcap.com/historical/20210103/> – access: 11.06.2021).

Cryptocurrencies are seen by institutional and individual investors not only as a payment tool, but also as an investment vehicle. However, this feature is not conclusively evaluated. On the one hand, some economists and journalists accuse cryptocurrency creators of creating new speculative bubbles. On the other hand, BTC is seen as a good tool for storing value. However, it is not justified to perceive cryptocurrencies only through the prism of a group of people who have lost significant amounts of capital, because the positive or negative result of the investment depends mostly on the investor's autonomous decision. When perceiving cryptocurrencies only in a one-way, one does not pay attention to many of their positive features used, among others, in trade, international transfers, but also in the development of the financial system. The fact that there is no need for a trusted third party in the cryptocurrency settlement system means that transaction fees are extremely low or non-existent and they are not dependent on the amount of money transferred and the location of the parties to the transaction. Decentralization of the system of functioning of money, departure from the hierarchical structure of the system, as well as a limited and finite supply of coins (for example in the case of BTC) may become a source of discussion on the effectiveness of the financial system and the theory of money. Dispersion of the transaction confirmation mechanism and cryptocurrency network security is the opposite of solutions used in the traditional financial system, where any problems or errors occurring in the central unit endanger the entire settlement system. On the other hand, a predetermined, invariable algorithm and limited level of cryptocurrency emission is a form of securing money against irresponsible monetary policy and the deterioration of its value. The finite issue of BTC and many other cryptocurrencies is undeniably an aspect that attracts many investors to this market. It may seem that BTC, which is becoming the most demanded

Wstęp

Kryptowaluty coraz silniej wkraczają do globalnego systemu finansowego. Co jest istotne, w znacznej części funkcjonują one poza tradycyjnym systemem finansowym. Umożliwia im to technologia blockchain oparta na kryptografii, która pozwala na transfer środków bezpośrednio między użytkownikami. Jednocześnie zabezpiecza prawidłowość tych transakcji mocą obliczeniową całej sieci w jakiej dana kryptowaluta funkcjonuje. Technologia ta jest udoskonalana od ponad dziesięciu lat. W pierwszym etapie swego istnienia pozwoliła na uruchomienie pierwszej kryptowaluty Bitcoina (BTC). Dzięki tej technologii, bez konieczności polegania na jakiegokolwiek instytucji zewnętrznej sieć BTC i innych kryptowalut w coraz większym zakresie oferują funkcje i usługi dostępne dotychczas w tradycyjnym systemie finansowym. Potwierdzeniem znacznego zainteresowania kryptowalutami jest dynamiczny wzrost kapitalizacji tego rynku, która na koniec 2020 roku przekraczała 1,5 biliona USD (<https://coinmarketcap.com/historical/20210103/> – dostęp: 11.06.2021).

Kryptowaluty postrzegane są przez instytucjonalnych i indywidualnych inwestorów nie tylko jako narzędzie płatnicze, ale również jako instrument inwestycyjny. Jednakże ta funkcja nie jest jednoznacznie oceniana. Z jednej strony część ekonomistów i publicystów oskarża twórców kryptowalut o tworzenie nowych baniek spekulacyjnych. Z drugiej zaś, w BTC upatrywane jest dobre narzędzie przechowania wartości. Jednakże nie jest uzasadnionym postrzeganie kryptowalut jedynie przez pryzmat grupy osób, które utraciły znaczne sumy kapitału, gdyż pozytywny lub negatywny wynik inwestycji uzależniony jest przede wszystkim od autonomicznej decyzji inwestora. Postrzegając kryptowaluty w jednokierunkowy sposób nie zwraca się uwagi na wiele ich pozytywnych cech wykorzystywanych m.in. w handlu, transferach międzynarodowych, ale także w rozwoju systemu finansowego. Brak konieczności istnienia zaufanej trzeciej strony w systemie rozliczeń kryptowalut sprawia, że opłaty transakcyjne są niezwykle niskie lub nie ma ich wcale, a także nie są zależne od wysokości przesyłanej kwoty oraz lokalizacji stron transakcji. Decentralizacja systemu funkcjonowania pieniądza, odejście od hierarchicznej struktury systemu, a także ograniczona i skończona podaż monet (przykładowo w przypadku BTC) może stać się przyczynkiem do dyskusji na temat efektywności działania systemu finansowego i teorii pieniądza. Rozproszenie mechanizmu potwierdzania transakcji i zabezpieczenia sieci kryptowalut jest przeciwieństwem rozwiązań stosowanych w tradycyjnym systemie finansowym, gdzie ewentualne problemy lub błędy zaistniałe w jednostce centralnej narażają stabilność całego systemu rozliczeń. Natomiast z góry określony, zapisany w niezmiennym algorytmie i ograniczony poziom emisji kryptowaluty jest niejako formą zabezpieczenia pieniądza przed nieodpowiedzialną polityką monetarną i osłabieniem jego wartości. Skończony poziom emisji BTC oraz wielu innych kryptowalut jest niezaprzeczalnie aspektem

money in the world, is a great instrument for storing value due to the constantly declining emission of new monetary units. However, taking into account the age of the cryptocurrency market, which is less than 13 years, and thus its relatively small capitalization, investors are faced with high volatility of exchange rates and expose themselves to higher risk than in the case of many other assets. Currently, there are over 11,000 cryptocurrencies listed on 405 exchanges. The daily turnover is 130 billion dollars. The market shares of the two largest cryptocurrencies, namely BTC and Ethereum (ETH), are respectively 41.4% and 19.7%, while Litecoin (LTC) is 0.63%. (<https://coinmarketcap.com/> – access: 06/09/2021).

Usability in terms of financial investments is an important aspect of the functioning of cryptocurrencies. The issue of using cryptocurrencies for investment purposes is relatively limited. The importance of undertaking an analysis of this problem is justified, inter alia, by the need to pay attention to the scale of risk associated with investing in this type of instruments compared to other investment instruments. Understanding such aspects may contribute to broadening the knowledge about the risk in investments in non-standard assets, the functioning of which is not so commonly regulated. The aim of the study is to assess the level of risk of investing in the cryptocurrency market in comparison with investing in global capital markets. The analysis covered three leading cryptocurrencies BTC, LTC and ETH and indices of four global exchanges in: London, Milan, New York and Shanghai. The risk level was estimated using two measures: standard deviation and semi-standard deviation of daily rates of return. The source of the data are quotes published by the Thomson Reuters agency.

The study posed two hypotheses that (1) the level of risk of investing in cryptocurrencies is much higher than in shares of the largest international companies and (2) the level of risk decreases along with the duration of the functioning of the cryptocurrency on the market.

The remainder of the article is structured as follows. The next chapter presents the results of the economic literature analysis on the cryptocurrency market, the following chapter the situation on the global financial markets in 2011-2020, and the following assesses and compares the risk level of investments in selected instruments. The entire study was summarized in the conclusions.

Functioning of the cryptocurrency market – literature review

Most likely, there is no uniform and generally accepted definition of cryptocurrencies. However, the growing interest of academic and regulatory circles in these instruments has not contributed to the unification of opinions and views on them.

przyciągającym do tego rynku wielu inwestorów. Może się wydawać, że BTC, który z uwagi na stale malejącą emisję nowych jednostek pieniężnych staje się najbardziej pożądanym pieniądzem na świecie, jest efektywnym instrumentem przechowania wartości. Biorąc jednak pod uwagę czas funkcjonowania rynku kryptowalut wynoszący niespełna 13 lat i co za tym idzie jego względnie niską kapitalizację inwestorzy mają do czynienia z wysoką niestabilnością kursów i narażają się na ryzyko wyższe niż w przypadku wielu innych aktywów. Obecnie funkcjonuje ponad 11 tysięcy kryptowalut notowanych na 405 giełdach. Dzienny poziom obrotów kształtuje się na poziomie 130 mld dolarów. Udziały w rynku dwóch największych kryptowalut, tj. BTC i Ethereum (ETH) wynoszą odpowiednio 41,4% i 19,7%, natomiast Litecoina (LTC) 0,63%. (<https://coinmarketcap.com/> – dostęp: 06.09.2021).

Użyteczność w zakresie inwestycji finansowych jest ważnym aspektem funkcjonowania kryptowalut. Problematyka wykorzystania kryptowalut dla celów inwestycyjnych jest stosunkowo ograniczona. Istotność podjęcia analizy tego problemu uzasadniona jest m.in. potrzebą zwrócenia uwagi na skalę ryzyka jakie związane jest z inwestowaniem w tego typu instrumenty w porównaniu z innymi instrumentami inwestycyjnymi. Poznanie takich aspektów może przyczynić się do poszerzenia wiedzy nt. ryzyka w inwestycjach w niestandardowe aktywa, których funkcjonowanie nie jest tak powszechnie uregulowane. Celem pracy jest ocena poziomu ryzyka inwestowania na ryku kryptowalut w porównaniu z inwestowaniem na globalnych rynkach kapitałowych. Analizą objęto trzy czołowe kryptowaluty BTC, LTC i ETH oraz indeksy czterech globalnych giełd w: Londynie, Mediolanie, Nowym Jorku i Szanghaju. Poziom ryzyka oszacowano przy użyciu dwóch miar: odchyleniem standardowym i semi-odchyleniem standardowym dziennych stóp zwrotu. Źródłem danych są notowania publikowane przez agencję Thomson Reuters. W badaniu postawiono dwie hipotezy wskazujące, że (1) poziom ryzyka inwestowania w kryptowaluty jest znacznie wyższy niż w akcje największych spółek międzynarodowych oraz (2) poziom ryzyka obniża się wraz z długością okresu funkcjonowania kryptowaluty na rynku.

Pozostała część artykułu ma następującą strukturę. W następnym rozdziale przedstawiono wyniki analizy literatury ekonomicznej na temat rynku kryptowalut, w kolejnym sytuację na globalnych rynkach finansowych w latach 2011-2020, a w następnym oszacowano i porównano poziom ryzyka inwestycji w wybrane instrumenty. Całość badania podsumowano we wnioskach.

Funkcjonowanie rynku kryptowalut – przegląd literatury

Najprawdopodobniej nie istnieje jednolita i powszechnie uznawana definicja kryptowalut. Coraz szersze zainteresowanie środowisk akademickich i regulacyjnych tymi instrumentami nie przyczyniło się jednak do ujednolicenia opinii i poglądów na ich

The reasons for this can be found in the significant dynamics of development of technologies serving this market. It results in a sharp increase in the number of new cryptocurrencies appearing on the market, as well as in the technological and economic diversification of their operation. A pioneering work in the process of creating cryptocurrencies was the development by David Chaum (1983) of a protocol supporting the system of anonymous payments using solution called "blind signature". Adam Back (2002) also contributed to the development of technologies used in cryptocurrencies by creating *HashCash* – a mechanism for denying access to various types of services, as well as a group called Cypherpunks proposing a solution of a distributed transaction register (Dai, 1998). In addition, Hal Finney also played an important role in this process by designing the reusable *proof-of-work* algorithm (Vigan, Casey, 2016). The turning point was the development by a person or group of people referred to as Satoshi Nakamoto (2008), the first cryptocurrency, BTC, and using it to carry out the first international transaction of sending 10,000 BTC from Florida in the United States to the United Kingdom to pay for two pieces of pizza, which the cost at that time was 25 USD (Yermack, 2013). At this stage of the market functioning, several new cryptocurrencies were created using systems modelled on BTC, including Litecoin (LTC), Namecoin (NMC), or Peercoin (PPC). Of these coins, until the end of 2020, only LTC is of significant importance on the market.

In the next stages of market development, there was the creation of cryptocurrencies that solve the privacy problem in a different way than BTC. In this case, to maintain the confidentiality of transactions, multi-level encryption was used as one of the solutions. Initially, the system functioning in this way was used in Bytecoin (BCN - developed in 2012), Dash (DASH, in 2014), and Zerocoin (ZER, in 2015). Another innovation in the functioning of cryptocurrencies was the use of ring-signatures technology, in which cryptographic keys are sent and verified as a part of a group instead of being verified individually (Martin, 2015). This system was used in the Monero cryptocurrency (XMR, since 2014). Advanced solutions using a confidential transaction, obscured transaction graph, as well as the ability to combine transactions in pools even between blocks were used in Beam (BEAM) and Grin (GRIN). However, only two of the aforementioned coins, i.e. XMR and DASH, achieved a presence on the market and at the end of 2020 had a noticeable share in it.

The tool used by a cryptocurrency market participant is conventionally referred to as a wallet and has a slightly different function than a standard wallet for holding banknotes or coins. In the cryptocurrency system, the wallet is used to store private keys, thanks to which the cryptocurrency holder can monitor and dispose of his funds. Cryptocurrency coins are registered in the blockchain and only change addresses as a result of the transaction. However, control over these funds in the network is possible only thanks to the approval

temat. Przyczyn tego można doszukiwać się w znacznej dynamice rozwoju technologii obsługujących ten rynek. Skutkuje ona gwałtownym wzrostem liczby nowych kryptowalut pojawiających się na rynku, jak również w technologicznym i ekonomicznym zróżnicowaniu ich działania. Pionierską pracą w procesie tworzenia kryptowaluty było opracowanie przez Davida Chauma (1983) protokołu obsługującego system anonimowych płatności przy użyciu tzw. ślepego podpisu (blind signature). Wkład w rozwój technologii wykorzystanych później w kryptowalutach mieli również Adam Back (2002) projektując *HashCash*, czyli mechanizm odmowy dostępu do różnego rodzaju serwisów internetowych, a także grupa zwana Cypherpunks proponując rozwiązanie rozproszonego rejestru transakcji (Dai, 1998). Ponadto ważną postacią w tym procesie był Hal Finney, który zaprojektował algorytm *proof-of-work* wielokrotnego użycia (Vigan, Casey, 2016). Przełomowym wydarzeniem było opracowanie przez osobę lub grupę osób określanych jako Satoshi Nakamoto (2008), pierwszej kryptowaluty, BTC i zrealizowanie przy jej użyciu pierwszej międzynarodowej transakcji polegającej na przesłaniu 10 000 BTC z Florydy w Stanach Zjednoczonych do Wielkiej Brytanii w celu zapłacenia za dwie sztuki pizzy, których koszt w tym czasie wynosił 25 USD (Yermack, 2013). Na tym etapie funkcjonowania rynku stworzono kilka nowych kryptowalut wykorzystujących systemy zbliżone do BTC, m.in. Litecoin (LTC), Namecoin (NMC), czy Peercoin (PPC). Spośród tych monet do końca 2020 roku istotne znaczenie na rynku posiadał tylko LTC.

W kolejnych etapach rozwoju rynku było stworzenie kryptowalut, które w odmienny sposób niż BTC rozwiązują problem prywatności. W tym wypadku dla zachowania poufności transakcji wykorzystano wielopoziomowe szyfrowanie jako jedno z rozwiązań. Początkowo tak funkcjonujący system zastosowano m.in. w Bytecoin (BCN – opracowany w 2012 r.), Dash (DASH, w 2014 r.), a także Zerocoin (ZER, w 2015 r.). Inną innowacją w funkcjonowaniu kryptowalut było zastosowanie technologii *ring-signatures*, która weryfikuje kryptograficzne klucze w systemie grupowym a nie indywidualnym (Martin, 2015). System ten zastosowano w kryptowalucie Monero (XMR, od 2014 r.). Zaawansowane rozwiązania korzystające z poufnych transakcji, zasłoniętego rejestru transakcji, a także możliwości łączenia transakcji w pule nawet między blokami wykorzystano w Beam (BEAM) i Grin (GRIN). Jednak tylko dwie spośród wymienionych monet, tj. XMR i DASH wywalczyły obecność na rynku i na koniec 2020 r. posiadały zauważalny w nim udział.

Narzędzie, którym posługuje się uczestnik rynku kryptowalut określany jest umownie jako portfel i pełni nieco inną funkcję niż standardowy portfel do przechowywania banknotów lub monet. W systemie kryptowalut portfel służy do przechowywania prywatnych kluczy, dzięki którym posiadacz kryptowalut może monitorować i dysponować swoimi środkami. Monety kryptowalut są rejestrowane w łańcuchu bloków i w wyniku transakcji zmieniają tylko adresy. Jednak kontrola nad tymi środkami w sieci jest możli-

of transactions with the keys in the wallet (Pittman, 2016). These wallets can take various forms, including paper, hardware, mobile, installed on a computer, or on-line wallets. The most secure is the paper form of the wallet, which is a printout of the address to which the funds are then sent. The card with the printed address must be kept in a safe place, as losing it means a practical loss of funds. Such a wallet should be generated by a computer disconnected from the Internet and free from malware, which makes it resistant to hacking attacks. On-line wallets are considered the most convenient, but the least secure. On the one hand, they allow access to funds from any computer, however on the other hand, they expose the wallet to hacking attacks and theft of funds (Homa, 2015). Hardware wallets are considered a good solution combining security and convenience. These are devices for storing private keys, which, when connected to a computer or mobile phone, confirm the transaction without sharing the keys (Antonopoulos, 2018).

The cryptocurrency network is a complex system involving participants who are both private individuals and entrepreneurs using cryptocurrencies for investment and business transactions, as well as network developers and so-called "miners" (Saito, 2013). Cryptocurrency developers create it and participate in its technical development, and after its introduction to the market, they usually monitor the functioning of a given market. Their identity may be known or anonymous (European Central Bank, 2015). Miners, on the other hand, are responsible for verifying transactions and issuing new coins. Participants purchase a given cryptocurrency and spend it to purchase specific goods and services. They can transfer cryptocurrency units to other participants or keep for investment purposes. The activities of the miners thus constitute the primary market and the transactions of the participants constitute the secondary market. These transactions are carried out through exchanges, on-line exchange offices or directly as a result of an agreement with other participants (Bala, Kopyściański, Srokosz, 2016).

Cryptocurrency exchanges function as platforms that enable to meet buyers and sellers and conduct exchange transactions between them. Purchase and sale prices are determined by the law of supply and demand. However, cryptocurrency exchanges are not financial institutions, as only in a few countries they are supervised by state financial supervision agencies. Participants' accounts denominated in traditional currencies and in cryptocurrencies are credited with bank transfers, credit cards, debit cards or other cryptocurrency deposits. On-line exchange offices, on the other hand, are a simplified form of exchanges. They offer the exchange of standard currencies for the required cryptocurrencies according to the principle of "buy now" without the possibility of price negotiation. The weakness of using on-line exchange offices is higher transaction costs than on the cryptocurrency exchanges, as well as lower upper limits of the amounts of individual transactions. The

wa tylko i wyłącznie dzięki zatwierdzaniu transakcji za pomocą kluczy znajdujących się w portfelu (Pittman, 2016). Portfele te mogą przybierać różne formy, m.in. papierowe, sprzętowe, mobilne, instalowane na komputerze, czy też portfele online. Za najbezpieczniejszą uznaje się formę papierową portfela, która jest wydrukiem adresu, na który następnie wysyła się środki. Kartka z wydrukowanym adresem musi być przechowywana w bezpiecznym miejscu, gdyż jej utrata oznacza praktyczną utratę środków. Taki portfel generowany jest przez komputer odłączony od Internetu i pozbawiony złośliwego oprogramowania, co czyni go odpornym na ataki hakerskie. Za najbardziej wygodne, jednak najmniej bezpieczne uznawane są portfele on-line. Z jednej strony umożliwiają one dostęp do środków z każdego komputera, z drugiej zaś eksponują portfel na ataki hakerskie i kradzież środków (Homa, 2015). Rozwiązaniem, które skutecznie łączy wygodę i bezpieczeństwo jest portfel sprzętowy. Jest to urządzenie do przechowywania kluczy kryptograficznych, które po podłączeniu do komputera lub telefonu komórkowego jest w stanie potwierdzić transakcję bez ujawniania kluczy (Antonopoulos, 2018).

Sieć kryptowalut jest złożonym systemem obejmującym uczestników będących zarówno osobami prywatnymi, jak i przedsiębiorcami wykorzystującymi kryptowaluty do inwestycji i realizacji transakcji gospodarczych, a także twórców i tzw. „górników” (Saito, 2013). Twórcy kryptowaluty projektują ją i uczestniczą w jej technicznym rozwoju, a po wprowadzeniu na rynek zazwyczaj monitorują funkcjonowanie danego rynku. Ich tożsamość może być znana lub anonimowa (European Central Bank, 2015). „Górnicy” natomiast są odpowiedzialni za weryfikację transakcji i emisję nowych monet. Uczestnicy nabywają daną kryptowalutę i wydają ją w celu zakupu określonych dóbr i usług. Mogą oni przysyłać jednostki kryptowaluty do innych uczestników lub zachować w celach inwestycyjnych. Działalność „górników” tworzy zatem rynek pierwotny, a transakcje uczestników tworzą rynek wtórny. Transakcje te są realizowane za pośrednictwem giełd, kantorów lub bezpośrednio na skutek umowy z innymi uczestnikami (Bala, Kopyściański, Srokosz, 2016).

Giełdy kryptowalutowe funkcjonują jako platformy umożliwiające spotkanie kupujących i sprzedających oraz realizację między nimi transakcji wymiany. Ceny zakupu i sprzedaży ustala prawo popytu i podaży. Giełdy nie są jednak instytucjami finansowymi, gdyż tylko w niewielu krajach są nadzorowane przez państwowe agencje nadzoru finansowego. Rachunki uczestników denominowane w walutach tradycyjnych oraz w kryptowalutach zasilane są przy użyciu przelewów bankowych, kart kredytowych, debetowych, czy też wpłat innych kryptowalut. Z kolei uproszczoną formą giełd są kantory on-line. Oferują one wymianę standardowych walut na zapotrzebowane kryptowaluty według zasady „kup teraz” bez możliwości negocjacji kursu. Słabością korzystania z kantorów są wyższe niż na giełdach koszty transakcyjne, a także niższe górne limity kwot pojedynczych transakcji. Stosowanie tych restrykcyjnych procedur

use of these procedures results from the increased risk borne by on-line exchange offices. Its source is the lack of sufficient knowledge about its customers and the inability to apply appropriate verification procedures (Grzybowski, Bentyń, 2018).

The situation on global financial markets

The situation in the world's largest economies and the decisions made by their central banks have a significant impact on the situation and the level of risk in global financial markets. These factors are both demand-side and supply-side and thus affect the valuation of financial instruments. One of the most important of them is the GDP growth. In 2011-2020, it was of a changeable nature, and its values were an outcome of the global financial crisis of 2007-2009, and then the crisis of public finances in the euro area countries of 2010-2013, a slowdown in the strong growth rate of the Chinese economy in 2015-2017, and the COVID-19 pandemic in 2020 (Table 1).

wynika z podniesionego ryzyka jakie ponoszoną kantory. Jego źródłem jest brak wystarczającej wiedzy na temat swoich klientów i brak możliwości zastosowania odpowiednich procedur weryfikacyjnych (Grzybowski, Bentyń, 2018).

Sytuacja na globalnych rynkach finansowych

Sytuacja jaka panuje w największych gospodarkach świata oraz decyzje podejmowane przez ich banki centralne w istotny sposób wpływają na sytuację i poziom ryzyka na globalnych rynkach finansowych. Czynniki te mają zarówno charakter popytowy jak i podażowy i na takiej zasadzie wpływają na wycenę instrumentów finansowych. Jednym z ważniejszych spośród nich jest dynamika PKB. W latach 2011-2020 miała ona zróżnicowany charakter, a jej wartości były pochodną światowego kryzysu finansowego lat 2007-2009, a następnie kryzysu finansów publicznych w krajach strefy euro lat 2010-2013, zachwiania się silnego tempa wzrostu gospodarki chińskiej w latach 2015-2017, a także pandemii COVID-19 w 2020 r. (Tabela 1).

Table 1. GDP growth in major world economies in 2011-2020 (%)

Tabela 1. Wzrost PKB w głównych światowych gospodarkach w latach 2011-2020 (%)

Country/Kraj	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
France/Francja	2.7	1.9	-0.2	1.1	1.3	1.6	2.1	2.8	1.9	-7.2
Germany/ Niemcy	3.5	2.2	0.2	1.9	1.8	1.5	2.1	3.1	0.8	-4.1
Great Britain/ Wielka Brytania	1.5	1.8	1.9	2.8	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	-6.5
China/Chiny	10.2	8.5	8.6	7.8	7.4	7.1	7.4	7.2	6.8	2.1
Japan/Japonia	-0.8	1.0	0.1	3.5	0.1	1.6	1.2	2.0	0.2	-4.5
USA/Stany Zjednoczone	1.8	2.0	1.7	2.0	2.9	2.0	2.1	2.7	2.2	-3.2
Euro zone/ Strefa euro	1.9	0.9	0.8	2.2	1.7	3.1	2.9	0.4	-4.1	-3.8
EU/UE	2.2	0.8	1.1	1.8	2.2	2.4	2.9	3.1	1.8	-4.8

Source: Own study based on Thomson Reuters data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Thomson Reuters.

Another important factor influencing asset prices in financial markets are the interest rates set by central banks. The effect of the easing monetary policy initiated after the global financial crisis was the reduction of interest rates to a level close to zero. As a result, interest rates on long-term government bonds have approached, and in some cases fell below zero percent, significantly reducing the attractiveness of investing in debt securities (Figure 1).

The volatility of the macroeconomic situation introduced significant volatility in the major global capital markets (Table 2). However, despite some slumps at the beginning and middle of the decade, generally in 2011-2020, stock prices continued the upward trend relatively strongly. The natural moment of collapse in all markets was 2020, marked by the outbreak and spread of the COVID-19 pandemic across the globe. In turn, the cryptocurrency quotations had a constant, and in the final part of the decade a strong upward trend. Due to the growing

Innym ważnym czynnikiem kształtującym ceny aktywów na rynkach finansowych są stopy procentowe ustalane przez banki centralne. Efektem łagodnej polityki pieniężnej zapoczątkowanej po światowym kryzysie finansowym było obniżenie stóp procentowych do poziomu zbliżonego do zera. W rezultacie oprocentowanie długoterminowych obligacji skarbowych przybliżyło się, a w niektórych przypadkach spadło poniżej zera procent, znacznie obniżając atrakcyjność inwestowania w dłużne papiery wartościowe (Rysunek 1).

Zmienność sytuacji makroekonomicznej wprowadzała znaczną zmienność na głównych globalnych rynkach kapitałowych (Tabela 2). Jednakże mimo występowania pewnych załamań na początku i w połowie dekady, generalnie w latach 2011-2020, ceny akcji charakteryzowały się stosunkowo silnym trendem wzrostowym. Naturalnym momentem załamania na wszystkich rynkach był rok 2020 naznaczony wybuchem i rozprzestrzenianiem się na całym globie

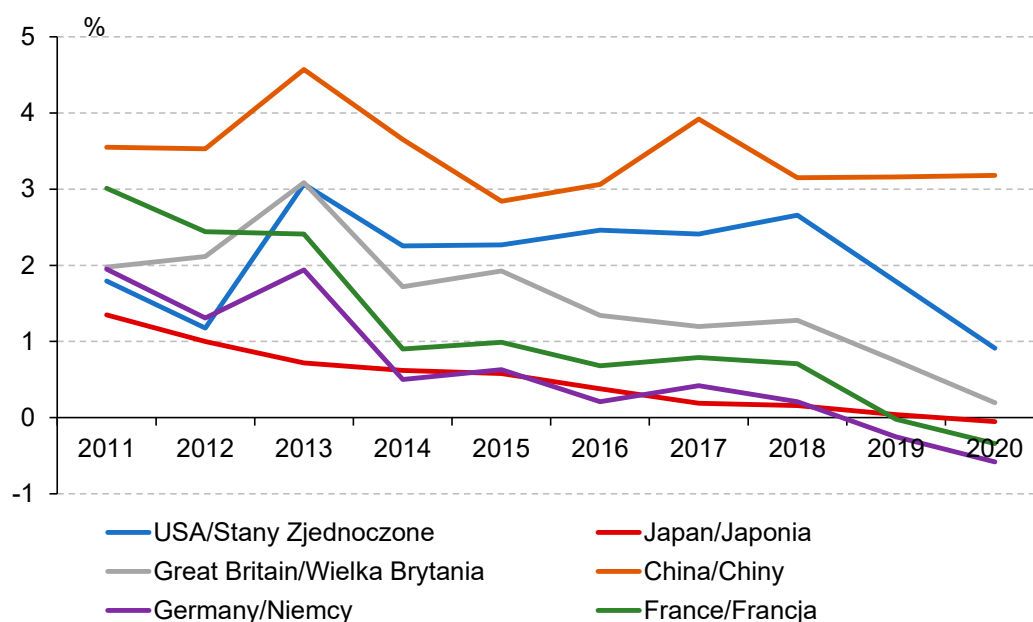


Figure 1. Interest on long-term treasury bonds in 2011-2020

Rysunek 1. Oprocentowanie długoterminowych obligacji skarbowych w latach 2011-2020

Source: Ministry of Finance of the countries presented.

Źródło: Ministerstwa Finansów prezentowanych państw.

demand for these stocks, market capitalization has significantly exceeded the level of USD 1.5 trillion in recent years.

pandemii COVID-19. Z kolei notowania kryptowalut miały stały, a w końcowej części dekady silnie wzrostowy trend. Wzrastający popyt na te walory spowodował, że w ostatnich latach kapitalizacja rynku znacznie przekroczyła poziom 1,5 biliona USD.

Table 2. Characteristics of the distribution of quotations of selected cryptocurrencies (in USD) and stock indices (in points) in 2011-2020

Tabela 2. Charakterystyka rozkładu notowań wybranych kryptowalut (w USD) oraz indeksów giełdowych (w punktach) w latach 2011-2020

Instrument/ Instrument	Average/ Średnia	Median/ Mediana	Standard deviation/ Odchylenie standardowe	Quartile 1/ Kwartył 1	Quartile 3/ Kwartył 3	Maximum/ Maksimum	Minimum/ Minimum
BTC	3 151.38	580.99	4 436.91	117.37	6 418.49	29 170.00	0.30
LTC	41.79	29.02	50.32	3.84	58.45	357.51	1.12
ERH	223.11	180.64	231.69	12.59	305.55	1 396.42	0.43
FTSE 250	19 229	17 848	5 319	15 105	24 581	30 606	10 655
Euronext 100	16 417	17 002	3 213	14 351	19 236	22 108	9 426
DJIA	876	882	157	741	1 008	1 182	530
SSEC	2 824	2 890	533	2 344	3 172	5 166	1 950

Source: Own study based on Thomson Reuters data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Thomson Reuters.

Research method and analysis of results

In the first stage of the research, daily rates of return on investments in cryptocurrencies and the stock indices selected for the study were determined. Due to the significant variability of the analysed instruments, the logarithmic rate of return r_t was calculated using the following formula:

Metoda badań i analiza wyników

W pierwszym etapie badań wyznaczono dzienne stopy zwrotu z inwestycji w kryptowaluty i wybrane do badania indeksy giełdowe. Ze względu na znacząco zmienność analizowanych instrumentów do obliczenia tych wielkości zastosowano logarytmiczną stopę zwrotu r_t wyznaczaną za pomocą następującego wzoru:

$$r_t = \ln(V_t) - \ln(V_{t-1}) = \ln\left(\frac{V_t}{V_{t-1}}\right)$$

where: \ln is the natural logarithm, V_t and V_{t-1} , respectively the value of the instrument on t and $t-1$. The distribution of average daily rates of return for individual investment instruments is presented in Table 3.

gdzie: \ln oznacza logarytm naturalny, V_t i V_{t-1} , odpowiednio wartość instrumentu w dniu t i $t-1$. Rozkład wartości średnich dziennych stóp zwrotu dla poszczególnych instrumentów inwestycyjnych zamieszczono w Tabeli 3.

Table 3. Descriptive statistics of distributions of daily rates of return on investments in selected instruments (in %)

Tabela 3. Statystyki opisowe rozkładów dziennych stóp zwrotu z inwestycji w wybrane instrumenty (w %)

Instrument/ Instrument	Average/ Średnia	Median/ Mediana	Quartile 1/ Kwartył 1	Quartile 3/ Kwartył 3	Maximum/ Maksimum	Minimum/ Minimum
BTC	0.31	0.00	-0.63	1.13	54.04	-44.33
LTC	0.14	0.00	-2.12	1.91	58.78	-60.22
ERH	0.36	0.03	-2.29	2.79	41.03	-55.07
FTSE 250	0.03	0.00	-0.13	0.29	10.76	-13.84
Euronext 100	0.02	0.00	-0.20	0.30	8.04	-9.82
DJIA	0.01	0.00	-0.22	0.34	7.86	-12.75
SSEC	0.01	0.00	-0.21	0.28	5.60	-8.87

Source: Own study based on Thomson Reuters data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Thomson Reuters.

The parameters of the distribution of daily rates of return for cryptocurrencies are, in terms of absolute value, many times greater than for stock exchange indices. The average daily rate of return is several and in the case of BTC and ERH several dozen times higher than the rates of return from stock indices, mainly the DJIA and SSEC. Similar differences occur when comparing the maximum value and the quartile 3, as well as in the absolute value, the minimum value and the quartile 1. It can be expected that such large spreads between the maximum and minimum values and between the third and the first quartile indicate significant variability and the lack of stabilization in the markets of individual cryptocurrencies. It can be presumed that these markets had not very high capitalization in the analysed period, which made them vulnerable to single larger cryptocurrency purchase or sale transactions.

For example, the price of BTC on November 18 rose from 4.38 to 7.52 USD, and on October 17 it fell from 4 to 2.56 USD. In the case of LTC, the year of 2013 was characterized by strong changes in quotations, particularly, in November and December. The LTC price rose from 3 USD on November 14 to 35.31 USD on December 1, then after eighteen days, dropped back to 13 USD. In turn, in the case of ETH, the year of 2017 was characterized by strong volatility, e.g. in March. Between March 9 and 17, the ETH price rose from 17.7 to 46.82 USD, dropping to 34.16 USD on March 18 and rising again to 44.74 USD the following day.

In the next stage, the risk level of investments in selected instruments was estimated. Taking into account the methods used in previous studies, e.g. Damianov and Elsayed (2020), Rehman (2020), Majdoub, Sassi and Bejaoui (2021), Liu (2019), Baur, Cahill, Godfrey and Liu (2019), Wyderka

Parametry rozkładu dziennych stóp zwrotu dla kryptowalut są co do wartości bezwzględnej wielokrotnie większe niż dla indeksów giełdowych. Średnia dzienna stopa zwrotu jest kilka, a w przypadku BTC i ERH kilkadziesiątkrotnie większa niż stopy zwrotu z indeksów giełdowych, głównie DJIA i SSEC. Podobne różnice występują w przypadku porównania wartości maksymalnej i kwartyła 3, a także, co do wartości bezwzględnej, wartości minimalnej i kwartyła 1. Można oczekiwać, że tak duże rozstępy między wartościami maksymalną i minimalną, jak i między trzecim a pierwszym kwartyłem świadczą o znacznej zmienności i braku stabilizacji na rynkach poszczególnych kryptowalut. Można domniemywać, że rynki te miały w analizowanym okresie niezbyt wysoką kapitalizację, co czyniło je wrażliwymi na pojedyncze większe transakcje kupna bądź sprzedaży kryptowaluty.

Między innymi cena BTC 18 listopada wzrosła z 4,38 USD do 7,52 USD, a z kolei 17 października spadła z 4 USD do 2,56 USD. W przypadku LTC silnymi zmianami notowań charakteryzował się 2013 rok, a w szczególności listopad i grudzień. Cena LTC z 3 USD w dniu 14 listopada wzrosła do 35,31 USD 1 grudnia, by po osiemnastu dniach ponownie spaść do 13 USD. Z kolei w przypadku ETH silną zmiennością charakteryzował się 2017 rok, m.in. marzec. Między 9 a 17 marca kurs ETH wzrósł z 17,7 USD do 46,82 USD, by 18 marca spaść do 34,16 USD i kolejnego dnia ponownie wzrosnąć do 44,74 USD.

W kolejnym etapie oszacowano poziom ryzyka jakim charakteryzują się inwestycje w wybrane instrumenty. Biorąc pod uwagę metody zastosowane we wcześniejszych badaniach, m.in., Damianov i Elsayed (2020), Rehman (2020), Majdoub, Sassi i Bejaoui (2021), Liu (2019), Baur, Cahill, Godfrey i Liu (2019), Wyderka i Saganowski (2018) do oceny ryzyka wy-

and Saganowski (2018), the measures of standard deviation and semi-standard deviation of daily rates of return for individual years of the analysed period. These measures were determined on the basis of the following formulas, for deviation (SD) and semi-standard deviation (SE), respectively:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n [r_{pt} - \bar{r}_p]^2}; \quad SE = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n [(r_{pt} - \bar{r}_p)^-]^2}$$

where: r_{pt} , \bar{r}_p denote, respectively, the daily rate of return on investment in the instrument p in time t and the average daily rate of return in the analyzed period, n – number of days in the analysed period. The sign “-” in the SE formula indicates that only those cases where r_{pt} is less than \bar{r}_p are taken into account for the determination of the semi-standard deviation.

Tables 4 and 5 present the values of risk measures, i.e. standard deviation (SD) and semi-standard deviation (SE) of daily rates of return in the analysed years for investments in three cryptocurrencies: BTC, LTC and ETH and four selected stock indices: DJIA, FTSE 250, Euronext 100 and SSEC.

brano miary odchylenia standardowego i semi-odchylenia standardowego dziennych stóp zwrotu dla poszczególnych lat analizowanego okresu. Miary te wyznaczono na podstawie następujących wzorów, odpowiednio dla odchylenia (SD) i semi-odchylenia standardowego (SE):

gdzie: r_{pt} , \bar{r}_p oznaczają, odpowiednio dzienną stopę zwrotu z inwestycji w instrumencie p w czasie t i średnią dzienną stopę zwrotu w analizowanym okresie, n – liczba dni w analizowanym okresie. Znak „-” w formule dla SE wskazuje, że do wyznaczenia semi-odchylenia standardowego brane są pod uwagę tylko te przypadki, gdy r_{pt} jest mniejsze od \bar{r}_p .

Tabele 4 i 5 prezentują wartości miar ryzyka, tj. odchylenia standardowego (SD) i semi-odchylenia standardowego (SE) dziennych stóp zwrotu w analizowanych latach dla inwestycji w trzy kryptowaluty: BTC, LTC i ETH oraz cztery wybrane indeksy giełdowe: DJIA, FTSE 250, Euronext 100 i SSEC.

Table 4. Values of the standard deviation of daily rates of return on investments in selected instruments in 2011-2020

Tabela 4. Wartości odchylenia standardowego dziennych stóp zwrotu z inwestycji w wybrane instrumenty w latach 2011-2020

Instrument/ Instrument	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BTC	1.27	2.41	0.99	2.29	2.31	1.04	2.46	3.07	2.07	2.15
LTC	---	---	7.18	7.23	3.89	2.03	5.99	3.36	2.21	2.31
ETH	---	---	---	---	2.88	4.20	4.50	2.91	2.16	2.54
DJIA	1.11	0.34	0.26	0.29	0.59	0.40	0.11	0.80	0.39	1.43
FTSE 250	0.25	0.14	0.09	0.09	0.10	0.21	0.04	0.09	0.09	0.88
Euronext 100	1.57	0.76	0.49	0.53	1.14	0.95	0.22	0.43	0.39	1.37
SSEC	0.82	0.72	0.80	0.72	3.71	1.32	0.18	0.94	0.79	1.05

Source: Own study based on Thomson Reuters data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Thomson Reuters.

Table 5. Values of the semi-standard deviation of daily rates of return on investments in selected instruments in 2011-2020

Tabela 5. Wartości semi-odchylenia standardowego dziennych stóp zwrotu z inwestycji w wybrane instrumenty w latach 2011-2020

Instrument/ Instrument	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BTC	4.29	2.42	4.57	2.51	2.69	1.48	2.84	3.34	2.31	2.53
LTC	---	---	5.19	6.62	4.75	2.02	4.21	4.23	3.16	3.58
ETH	---	---	---	---	3.39	4.27	3.96	4.37	3.02	3.98
DJIA	0.82	0.42	0.35	0.41	0.58	0.47	0.21	0.72	0.46	1.46
FTSE 250	0.81	0.53	0.43	0.45	0.47	0.75	0.27	0.50	0.38	1.20
Euronext 100	0.97	0.63	0.50	0.55	0.80	0.76	0.31	0.54	0.46	1.27
SSEC	0.74	0.58	0.69	0.56	1.56	0.99	0.32	0.80	0.63	0.79

Source: Own study based on Thomson Reuters data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Thomson Reuters.

The results of the risk level assessment for all analysed instruments indicate that in all years of the analysed period, investments in cryptocurrencies were characterized by a much higher risk than investments on global capital exchanges. Such a relationship between risk values was obtained using both its measures, i.e. standard deviation (SD)

Wyniki oszacowania poziomu ryzyka dla wszystkich analizowanych instrumentów wskazują, że we wszystkich latach analizowanego okresu inwestycje w kryptowaluty charakteryzowały się znacznie najwyższym ryzykiem niż w przypadku inwestycji na globalnych giełdach kapitałowych. Taka zależność między wartościami ryzyka uzyskano przy

and semi-standard deviation (SE). The values of the average risk level of investments in cryptocurrencies, especially in LTC and ETH, turned out to be many times, and in some cases several dozen times (Table 4) higher than the risk of investing on the largest global capital exchanges, what proves the first hypothesis stated in the research. Moreover, the values of the SD and SE indicators also indicate that investments in BTC are burdened with the lowest risk among all analysed cryptocurrencies. This development of the investment risk could have been influenced by the much higher BTC capitalization (approximately 70% share in the cryptocurrency market) compared to LTC (1%) and ETH (11%).

The highest values of both risk measures fall in the initial years of cryptocurrency functioning on the market, which confirms the second hypothesis stated in the research, assuming that the level of risk resulting from investments in cryptocurrencies decreases with the increase in the period of their functioning on the market. Some price movements were also observed in other periods. In the case of BTC, this period was 2017-2018. In turn, for LTC, the periods of significant price fluctuations were in 2013, 2014 and 2017, and for ETH in 2016 and 2017. The year 2020 was characterized by only a minimal increase in cryptocurrency risk and at the same time a strong increase in risk on global capital exchanges. This was due to, inter alia, from the fact that in 2020, with the exception of a slight decline in March, the quotations of BTC, LTC and ETH were characterized by stable growth. The values of stock indices of the exchanges in London, Milan and New York recorded an over 30% decline in March 2020, which was recovering in next several months. Moreover, the following months, due to the recurring waves of COVID-19 cases, were characterized by considerable variability. The Shanghai stock exchange index performance was different and relatively stable within the entire decade, but reacted significantly to the worsening slowdown in China's economic growth in 2015-2016 (Tables 1, 4 and 5).

Conclusions

Cryptocurrencies are indirectly entering the global financial system more and more, despite the assumption of their autonomy and independence of their network from any external financial institution. In their functioning, satisfying the payment needs of individuals and enterprises is of less importance comparing to fulfilling the function of an investment tool.

Investing in cryptocurrencies in many periods brings higher rates of return compared to investing in stocks on global capital exchanges. However, the risk of investing in cryptocurrencies is many times higher than the risk prevailing in global capital markets. The level of this risk is not clearly dependent on the macroeconomic situation prevailing in the world's

zastosowaniu obu jego miar, tj. odchylenia standardowego (SD) i semi-odchylenia standardowego (SE). Wartości średniego poziomu miar ryzyka inwestycji w kryptowaluty, szczególnie w LTC i ETH, okazały się wielokrotnie, a w niektórych przypadkach kilkudziesięciokrotnie (Tabela 4) wyższe niż w przypadku inwestycji w indeksy największych globalnych giełd kapitałowych, co potwierdza pierwszą hipotezę postawioną w badaniach. Ponadto, wartości wskaźników SD i SE wskazują, że inwestycje w BTC są obciążone najmniejszym ryzykiem spośród wszystkich analizowanych kryptowalut. Wpływ na takie ukształtowanie się ryzyka inwestycyjnego mogła mieć znacznie wyższa kapitalizacja BTC (około 70% udział w rynku kryptowalut) w porównaniu do LTC (1%) i ETH (11%).

Największe wartości obu miar ryzyka przypadają na początkowe lata funkcjonowania kryptowalut na rynku, co potwierdza drugą postawioną w badaniach hipotezę zakładającą, że poziom ryzyka wynikający z inwestycji w kryptowaluty obniża się wraz ze wzrostem okresu ich funkcjonowania na rynku. Pewne zmiany cen zaobserwowano również w innych okresach. W przypadku BTC okres ten przypadał na lata 2017-2018. Z kolei dla LTC okresem istotnych wzrostów, ale i spadków notowań były lata 2013, 2014 i 2017, a dla ETH lata 2016 i 2017. Rok 2020 charakteryzował się tylko minimalnym wzrostem ryzyka kryptowalut a jednocześnie silnym wzrostem ryzyka na globalnych giełdach kapitałowych. Wynikało to m.in. z faktu, że w 2020 r., z wyjątkiem nieznacznego spadku w marcu, notowania BTC, LTC i ETH charakteryzowały się stabilnym wzrostem. Wartości indeksów giełd w Londynie, Mediolanie i Nowym Jorku zanotowały ponad trzydziestoprocentowy spadek w marcu 2020 r., który odbudowywał się w ciągu kilku miesięcy. Ponadto kolejne miesiące, ze względu na powracające fale zachorowań na COVID-19 charakteryzowały się znaczną zmiennością. Notowania indeksu giełdy w Szanghaju przebiegał odmiennie i stosunkowo stabilnie w 2020 r., jednak znacznie zmienne zareagowały na pogarszającą się osłabienie tempa wzrostu gospodarczego Chin w latach 2015-2016 (Tabela 1, 4 i 5).

Podsumowanie

Kryptowaluty w sposób pośredni coraz silniej wkraczają do globalnego systemu finansowego, mimo założenia swojej autonomiczności i niezależności ich sieci od zewnętrznego gwarantującego podmiotu finansowego. W ich funkcjonowaniu mniejsze znaczenie ma zaspakajanie potrzeb płatniczych osób prywatnych i przedsiębiorstw, większe natomiast pełnienie funkcji narzędzia inwestycyjnego.

Inwestowanie w kryptowaluty przyniosło w wielu okresach wyższe stopy zwrotu w porównaniu z inwestowaniem w akcje na globalnych giełdach kapitałowych. Ryzyko inwestowania w kryptowaluty jest jednak wielokrotnie wyższe niż ryzyko panujące na globalnych rynkach kapitałowych. Poziom tego ryzyka nie jest w wyraźny sposób uzależniony od sytuacji makroekonomicznej panującej w największych

largest economies, but, inter alia, from changes in demand from entities discouraged by near-zero rates of return and looking for windfall capital gains.

The value of the market capitalization of a given cryptocurrency was conducive to lowering the level of risk. This factor could have had a decisive influence on the fact that investments in BTC, which has the highest share in the cryptocurrency market, are burdened with the lowest risk among the analysed cryptocurrencies.

The results of the research characterize the investment properties of cryptocurrencies and can be used by investors and market analysts when assessing the effectiveness of existing investment portfolios and in the case of selecting instruments for the investment portfolio allowing for risk diversification and obtaining high profitability.

gospodarkach świata, lecz, m.in. od zmian popytu ze strony podmiotów zniechęconych blisko zerowymi stopami zwrotu i poszukających nadzwyczajnych zysków kapitałowych.

Wartość kapitalizacji rynku danej kryptowaluty sprzyjała obniżeniu poziomu ryzyka. Czynnikiem ten mógł mieć decydujący wpływ na fakt, że inwestycje w BTC posiadający największy udział w rynku kryptowalut obciążone są najniższym ryzykiem wśród analizowanych kryptowalut.

Wyniki badań charakteryzują inwestycyjne właściwości kryptowalut i mogą być wykorzystane przez inwestorów i analityków rynku przy ocenie efektywności dotychczas funkcjonujących portfeli inwestycyjnych oraz w przypadku doboru instrumentów do portfela inwestycyjnego pozwalającego na dywersyfikację ryzyka i uzyskanie wysokiej dochodowości.

References / Literatura:

1. Antonopoulos, A.M. (2018). *Bitcoin dla zaawansowanych programowanie z użyciem otwartego łańcucha bloków*. Gliwice: Helion.
2. Back, A. (2002). *Hashcash – A Denial of Service Counter-Measure*. Downloaded from: <http://hashcash.org/hashcash.pdf> (access: 21.06.2021).
3. Bala, S., Kopyściański, T., Srokosz, W. (2016). *Kryptowaluty jako elektroniczne instrumenty płatnicze bez emitenta – Aspekty informatyczne, ekonomiczne i prawne*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
4. Baur, D.G., Cahill, D., Godfrey, K., Liu, Z.F. (2019). *Bitcoin time-of-day, day-of-week and month-of-year effects in returns and trading volume*. *Finance Research Letters*, 31, 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.04.023>
5. Chaum, D. (1983). *Blind Signatures for Untraceable Payments*. In: Chaum, D., Rivest, R.L., Sherman, A.T. (eds), *Advances in Cryptology* (199-203). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0602-4_18
6. CoinMarketCap, historical snapshot – 3 January 2021, <https://coinmarketcap.com/historical/20210103/> (access: 11.06.2021).
7. Dai, W. (1998). *B-money*. Downloaded from: <http://www.weidai.com/bmoney.txt> (access: 18.05.2021).
8. Damianov, D.S., Elsayed, A.H. (2020). Does Bitcoin add value to global industry portfolios? *Economics Letters*, 191, 108935. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.108935>
9. European Central Bank (2015). *Virtual currency schemes – a further analysis*. Frankfurt am Main.
10. Homa, D. (2015). *Sekrety Bitcoina i innych kryptowalut*. Gliwice: Helion.
11. Grzybowski, M., Bentyn, Sz. (2018). *Kryptowaluty*. Poznań: Crypto-logic Sp. z o.o.
12. Liu, W. (2019). Portfolio diversification across cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 29, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.07.010>
13. Majdoub, J., Sassi, S.B., Bejaoui, A. (2021). Can fiat currencies really hedge Bitcoin? Evidence from dynamic short-term perspective. *Decisions in Economics and Finance*. <https://doi.org/10.1007/s10203-020-00314-7>
14. Martin, W. (2015). *Anonymous Cryptocurrencies – A rise of bitcoin alternatives that offer true anonymity*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
15. Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Downloaded from: <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (access: 02.02.2021).
16. Pittman, A. (2016). The Evolution of Giving: Considerations for Regulation of Cryptocurrency. *Donation Deductions*. *Duke Law & Technology Review*, 14, 48-68.
17. Rehman, M.U. (2020). Do Bitcoin and precious metals do any good together? An extreme dependence and risk spillover analysis. *Resources Policy*, 68, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101737>
18. Saito, T. (2013). *Bitcoin: A Search-Theoretic Approach*. Research Institute of Economic Science College of Economics, Nihon University.
19. Vigna, P., Casey, M.J. (2016). *The age of cryptocurrency – How Bitcoin and the blockchain are challenging the global economic order*. New York: Picador.
20. Wyderka, D., Saganowski, T. (2018). Efektywność inwestycji na rynku kryptowalut i inwestycji na rynku giełdowym – ujęcie porównawcze. *Finanse i prawo finansowe*, 3(19), 67-77. <https://doi.org/10.18778/2391-6478.3.19.06>
21. Yermack, D. (2013). Is Bitcoin a real currency? An economic appraisal. *Technical Report, National Bureau of Economic Research*, No 19747. <https://doi.org/10.3386/w19747>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.