

# Volatilnost kriptovaluta

---

**Golubić, Leon**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Tourism and Hospitality Management / Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:191:489554>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Tourism and Hospitality Management - Repository of students works of the Faculty of Tourism and Hospitality Management](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu**  
**Sveučilišni diplomski studij**

**LEON GOLUBIĆ**

**Volatilnost kriptovaluta**

**Cryptocurrency volatility**

Diplomski rad

Opatija, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu**  
Sveučilišni diplomski studij  
Menadžment održivog razvoja

**Volatilnost kriptovaluta**  
**Cryptocurrency volatility**

Diplomski rad

Kolegij: **Menadžment rizika** Student: **Leon Golubić**

Mentor: **Prof. dr. sc. Goran Karanović** Matični broj: **ds4029**

Opatija, rujan 2024.



SVEUČILIŠTE U RIJECI UNIVERSITY OF RIJEKA  
FAKULTET ZA MENADŽMENT U TURIZMU I UGOSTITELJSTVU  
FACULTY OF TOURISM AND HOSPITALITY MANAGEMENT  
OPATIJA, HRVATSKA CROATIA

## IZJAVA O AUTORSTVU RADA I O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

**Leon Golubić**

(ime i prezime studenta)

**ds4029**

(matični broj studenta)

**Volatilnost kriptovaluta**

(naslov rada)

Izjavljujem da sam ovaj rad samostalno izradila/o, te da su svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima, bilo da su u pitanju knjige, znanstveni ili stručni članci, Internet stranice, zakoni i sl. u radu jasno označeni kao takvi, te navedeni u popisu literature.

Izjavljujem da kao student–autor diplomskog rada, dozvoljavam Fakultetu za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Fakulteta za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Fakulteta za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>.

U Opatiji,

Potpis studenta

## **Sažetak:**

Ovaj diplomski rad istražuje volatilnost kriptovaluta kroz analizu ključnih financijskih rizika. Na početku rada pruža se detaljan pregled blockchain tehnologije i povijesti kriptovaluta, te se raspravlja o njihovim karakteristikama i razlikama u odnosu na tradicionalne metode plaćanja. Također u radu se daje pregled sigurnosnih rizika povezanih s kriptovalutama i izazovima koje donosi njihova regulacija i analizira trenutne trendove, te se istražuju mogući scenariji za budućnost kriptovaluta.

U analizi volatilnosti kriptovaluta korišteni su ključni pokazatelji financijskog rizika kao što su standardna devijacija, varijanca, korelacija i beta koeficijent. Rad uspoređuje volatilnost odabranih kriptovaluta, uključujući Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, XRP i Litecoin, koji se uspoređuju s indeksom S&P 500.

Rezultati pokazuju da, iako kriptovalute nude potencijalno visoke prinose, one također nose značajan rizik zbog svoje izrazite volatilnosti. Ova analiza pruža dublje razumijevanje rizika povezanih s ulaganjem u kriptovalute i ističe važnost pažljivog razmatranja tih rizika prilikom donošenja investicijskih odluka. Iako su kriptovalute inovativan i privlačan oblik imovine, njihova nestabilnost u usporedbi s tradicionalnim financijskim instrumentima zahtijeva oprez i temeljitu analizu prije ulaganja.

Ključne riječi: Kriptovalute, blockchain, volatilnost, rizik i S&P500 burzovni indeks.

## **Summary:**

This thesis explores the volatility of cryptocurrencies through the analysis of key financial risks. The study begins with a detailed overview of blockchain technology and the history of cryptocurrencies, discussing their characteristics and differences compared to traditional payment methods. The work also addresses the security risks associated with cryptocurrencies and the challenges posed by their regulation. Additionally, it analyses current trends and examines potential scenarios for the future of cryptocurrencies.

In the analysis of cryptocurrency volatility, key financial risk indicators such as standard deviation, variance, correlation, and beta coefficient were used. The paper compares the volatility of selected cryptocurrencies, including Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, XRP, and Litecoin, against the S&P 500 index.

The results indicate that while cryptocurrencies offer potentially high returns, they also carry significant risks due to their pronounced volatility. This analysis provides a deeper understanding of the risks associated with investing in cryptocurrencies and emphasizes the importance of carefully considering these risks when making investment decisions. Although cryptocurrencies are an innovative and attractive form of asset, their instability compared to traditional financial instruments requires caution and thorough analysis before investing.

Key words: cryptocurrencies, blockchain, volatility, risk, S&P500 stock index

## Sadržaj:

<b>Uvod</b>	
<b>1. Blockchain tehnologija i kriptovalute</b>	<b>1</b>
1.1. Blockchain tehnologija	2
1.2. Povijest kriptovaluta	4
1.2.1. Vrste kriptovaluta i njihove značajke	6
1.2.2. Bitcoin i Ethereum	8
1.3. Kriptovalute u odnosu na tradicionalne načine plaćanja	12
<b>2. Mjere financijskih rizika i njihova primjena</b>	<b>15</b>
2.1. Volatilnost	16
2.2. Standardna devijacija i varijanca	19
2.3.. Kovarijanca i korelacija	21
2.4. Beta koeficijent	24
2.5. VIX indeks	26
<b>3. Rizici ulaganja u kriptovalute</b>	<b>28</b>
3.1. Sigurnosni rizici povezani s kriptovalutama	30
3.2. Regulacijski izazovi u kripto industriji	31
3.3. Trendovi i budućnost kripto valuta	35
<b>4. Mjerenje rizičnosti povrata ulaganja u kriptovalute</b>	<b>39</b>
4.1 Izračun volatilnosti kriptovaluta	41
<b>Zaključak</b>	<b>53</b>
<b>Bibliografija</b>	<b>55</b>
<b>Popis ilustracija</b>	<b>57</b>

## Uvod

Kriptovalute su u posljednjih nekoliko godina zauzele središnje mjesto u financijskom svijetu, postavši tema rasprava ne samo među investitorima već i među regulatorima i mnogim tehnološkim stručnjacima. Počevši s Bitcoinom 2008. godine, kriptovalute su uvele koncept digitalnog novca temeljenog na decentraliziranoj tehnologiji blockchain, koja omogućuje sigurno i transparentno bilježenje transakcija bez potrebe za posrednicima.

Iako kriptovalute nude mnoge prednosti, poput brzih i jeftinih transakcija te veće financijske inkluzije, njihova visoka volatilitnost predstavlja značajan izazov. Promjene cijena kriptovaluta mogu biti drastične i nepredvidive, što unosi dodatni rizik za investitore i otežava njihovu primjenu u svakodnevnim transakcijama. Upravo zbog toga, razumijevanje volatilitnosti kriptovaluta ključno je za sve koji razmatraju ulaganje u ovu novu klasu financijske imovine.

Rad pruža uvid u specifične rizike kriptovaluta i način na koji oni utječu na odluke investitora. Analizom različitih pokazatelja rizika, kao što su standardna devijacija, varijanca, beta koeficijent, kovarijanca i korelacija rad će omogućiti dublje razumijevanje oscilacija–cijena kriptovaluta. Također će se istražiti kako se ovi pokazatelji rizika mogu usporediti s financijskim rizicima ulaganja poput ETF S&P 500.

Rad donosi novi doprinos u području financijske analize kriptovaluta kroz istraživanje njihove volatilitnosti u usporedbi s tradicionalnim burzovnog indeksa, a razlog odabira ove teme leži u sve većoj popularnosti i prisutnosti kriptovaluta u globalnim financijama. Kriptovalute nisu više samo predmet interesa tehnoloških entuzijasta, već su postale relevantan faktor u portfeljima investitora, kao i sredstvo transakcija. Unatoč njihovom potencijalu, kriptovalute su suočene s brojnim izazovima i rizicima, među kojima su volatilitnost i njihova regulacija najznačajniji. Stoga, rad ima za cilj ne samo identificirati rizike povezane s volatilnošću kriptovaluta, već i ukazati na načine na koje se ti rizici mogu smanjiti kroz diversifikaciju i razumijevanje ključnih pokazatelja rizika .

U vremenu kada se kriptovalute sve više prihvaćaju i integriraju u globalni financijski sustav, razumijevanje njihove volatilitnosti i rizika postaje ključno za donošenje informiranih investicijskih odluka. Ovaj rad će stoga poslužiti kao temelj za analizu tih rizika, pružajući čitatelju sveobuhvatan uvid u svijet volatilitnosti kriptovaluta.



# 1. Blockchain tehnologija i kriptovalute

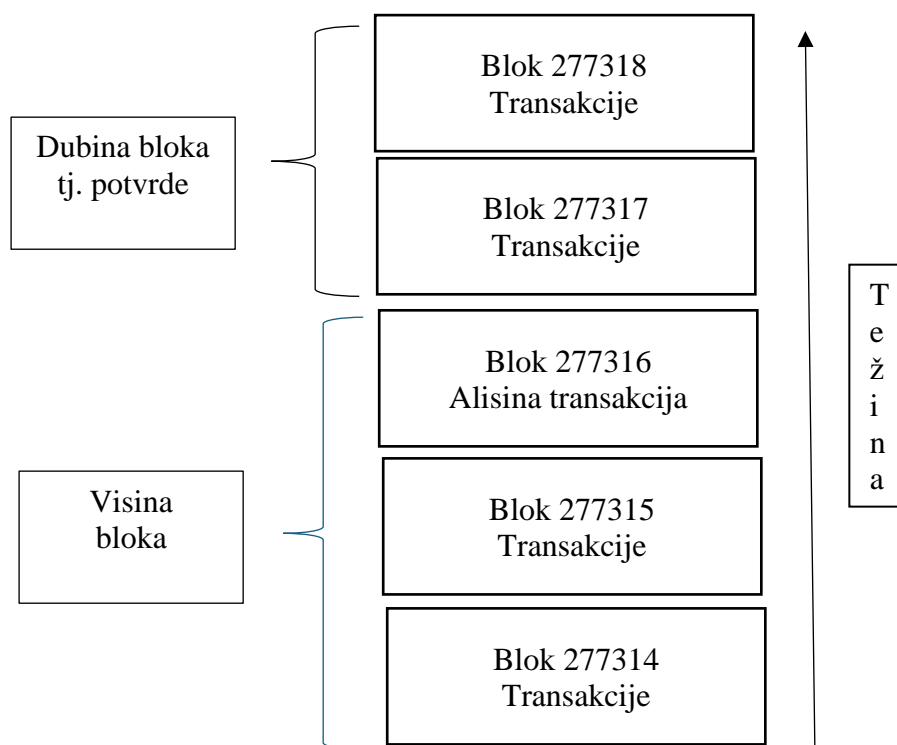
Nakamoto navodi da blockchain tehnologija predstavlja temelj na kojem funkcioniraju kriptovalute. Blockchain je distribuirana knjiga transakcija koja omogućava sigurno i transparentno bilježenje podataka, bez potrebe za centraliziranim autoritetom. Ova tehnologija omogućuje *peer-to-peer* (P2P) transakcije, gdje se informacije pohranjuju u blokovima povezanim u lanac. *Peer-to-peer* transakcije odnose se na izravnu razmjenu vrijednosti između dvije osobe bez posrednika (2008). Svaki blok sadrži vremenski žig i podatke o prethodnom bloku, stvarajući nepovratnu i nepromjenjivu povijest transakcija.

Blockchain tehnologija prvi put je postala poznata široj javnosti 2008. godine, kada je osoba ili grupa pod pseudonimom Satoshi Nakamoto predstavila Bitcoin, prvu decentraliziranu kriptovalutu. Od tada, blockchain je postao osnova za mnoge druge kriptovalute, a njegova primjena proširila se i na druge industrije, uključujući financije, logistiku, zdravstvenu zaštitu i mnoge druge.

## 1.1. Blockchain tehnologija

Blockchain tehnologija predstavlja središte većine kriptovaluta i decentraliziranih aplikacija. Ova inovativna tehnologija funkcionira kao distribuirana knjiga transakcija, koja omogućuje transparentno bilježenje i praćenje promjena u vlasništvu digitalnih sredstava. Blockchain radi na principu *peer-to-peer* (P2P) mreža, gdje korisnici mogu izravno razmjenjivati vrijednosti bez potrebe za posrednikom što je jedna od njihovih osnovnih razlika od centraliziranih sustava. Svaka transakcija na blockchainu pohranjuje se u blokovima, koji su povezani u lanac, čime se osigurava nepovratnost i sigurnost podataka.

Po Ammous-u, jedan od značajnih aspekata blockchain tehnologije je rudarenje, proces kojim se transakcije potvrđuju i dodaju u lanac blokova. Rudari koriste računalnu snagu kako bi riješili složene kriptografske probleme, a zauzvrat dobivaju nagradu u obliku novih jedinica kriptovalute. Rudarenje je ključno za održavanje sigurnosti i decentralizacije blockchaina, jer potvrđene transakcije postaju nepovratne i nepromjenjive (2020).



**Ilustracija 1.** Prikaz blokova unutar blockchaina

Izvor: Izrada autora

Ilustracija 1. prikaz blokova unutar blockchaina prikazuje način na koji su transakcije organizirane unutar blockchaina. Svaki blok u lancu sadrži određeni broj transakcija, uključujući i one prethodne, čime se potvrđuje njihov redoslijed i sigurnost. Kako se novi blokovi dodaju na vrh lanca, oni pružaju dodatnu sigurnost prethodnim transakcijama, čineći ih sve teže promjenjivima. Na slici je prikazana transakcija korisnice Alice, koja je uključena u blok broj 277316. Taj blok je zatim povezan s drugim blokovima u lancu, čime se potvrđuje njezina transakcija i osigurava njezina nepovratnost.

Ammous nam također objašnjava da osim rudarenja, blockchain osigurava pseudonimnost korisnika putem upotrebe privatnih i javnih ključeva. Javni ključ djeluje kao adresa za primanje sredstava, dok privatni ključ omogućuje vlasniku upravljanje tim sredstvima. Ova kombinacija osigurava visoku razinu sigurnosti, jer samo vlasnik privatnog ključa može autorizirati transakcije (2020). Pseudonimnost omogućuje praćenje svih transakcija na blockchainu, dok stvarni identitet korisnika ostaje zaštićen.

Buterin je došao do zaključka da jedan od glavnih izazova s kojima se blockchain tehnologija suočava je skalabilnost, odnosno sposobnost mreže da učinkovito obradi sve veći broj transakcija kako se broj korisnika povećava. Trenutno, blockchain mreže poput Bitcoina i Ethereuma imaju ograničen kapacitet za obradu transakcija u sekundi, što ograničava njihovu širu primjenu (2014). Stoga određene kriptovalute poput Ethereuma pronašle su određene mehanizme koje zahtijevaju manju potrebu za rudarenjem i povećaju propusnost transakcija.

Blockchain tehnologija omogućila je provođenje sigurnih transakcija uz očuvanje privatnosti korisnika, što je dovelo do postavljanja novih standarda u financijskom sektoru, gdje su tradicionalni posrednici poput banaka igrali ključnu ulogu. Kao rezultat toga, tehnologija blockchaina zadala je mnogo izazova regulacijskim tijelima diljem svijeta, na neki način prisiljavajući ih na preispitivanje postojećih zakonskih okvira i usvajanje novih regulacija kako bi se osiguralo sigurno i transparentno poslovanje.

## 1.2. Povijest kriptovaluta

Povijest kriptovaluta započinje krajem 20. stoljeća, kada su koncepti digitalnog novca i kriptografije počeli privlačiti pažnju akademske zajednice i tehnoloških stručnjaka. Prije stvaranja prve kriptovalute, postojali su mnogi pokušaji razvoja elektroničkog novca koji bi omogućio sigurne transakcije putem interneta. Kriptografija, koja se bavi proučavanjem različitih metoda za šifriranje poruka, pretvarajući ih iz originalnog teksta u šifrirani tekst i obrnuto, ključna je za osiguranje sigurnosti podataka tijekom prijenosa. Znanstveni časopis *Scientific American* navodi kao jedan od ranijih primjera "DigiCash", sustav digitalne gotovine koji je razvio David Chaum 1989. godine (1992). Iako je "DigiCash" koristio naprednu kriptografiju za osiguranje privatnosti korisnika, nije uspio postići komercijalni uspjeh.

Rani pokušaji poput "DigiCasha" bili neuspješni u komercijalnom smislu, ali su postavili temelje za kasnije inovacije u digitalnom novcu. Razvitkom interneta, društvenih mreža i tehnologije, sve više ljudi počelo je shvaćati važnost digitalizacije, pa tako i potencijal digitalnog novca.

Pravi preokret u povijesti kriptovaluta dogodio se 2008. godine, kada je osoba ili grupa pod pseudonimom Satoshi Nakamoto objavila dokument pod nazivom "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System". Nakamoto u svojem dokumentu, poznatom kao bijela knjiga (*white paper*), predstavlja koncept Bitcoina kao decentralizirane digitalne valute koja koristi blockchain tehnologiju za osiguranje transparentnosti i sigurnosti transakcija bez potrebe za centraliziranim posrednikom (2008).

Poslije blockchaine došla je još jedna velika nova inovacija a to su pametni ugovori. Ovi ugovori omogućuju pokretanje malih računalnih programa unutar blockchaine, što je proširilo primjenu tehnologije na financijske instrumente kao što su krediti i obveznice. Za razliku od prvog dijela blockchaine, koji je bio usmjeren na digitalne valute poput Bitcoina, pametni ugovori omogućili su složenije financijske transakcije i doveli do stvaranja tržišta vrijednog milijarde dolara, s brojnim projektima koji stalno dolaze na tržište. Četvrta velika inovacija, koja predstavlja najnoviji smjer u razvoju blockchain tehnologije, naziva se dokaz o ulogu (*proof of stake*). Harvard Business Review objašnjava da se većina kriptovaluta se još oslanja na dokaz o radu (*proof of work*), gdje skupine rudara koriste najveću dostupnu računalnu snagu za donošenje odluka i osiguranje mreže. Ovi rudari upravljaju velikim podatkovnim centrima, pružajući sigurnost u zamjenu za plaćanje u kriptovalutama. Novi sustavi idu korak dalje od

ovih podatkovnih centara, integrirajući složenije financijske instrumente kako bi postigli još veću razinu sigurnosti (2022).

**Tablica 1.** Ključne faze povijesti kriptovaluta

<b>Faza</b>	<b>Inovacija</b>	<b>Opis</b>
<b>1.</b>	<b>Kriptografija</b>	Razvoj metoda šifriranja i osiguravanja podataka koji su temelj za digitalne valute.
<b>2.</b>	<b>Blockchain i Bitcoin</b>	Uvođenje blockchain tehnologije s Bitcoinom (2008), koja omogućuje decentralizirane transakcije.
<b>3.</b>	<b>Pametni ugovori</b>	Uvođenje pametnih ugovora kroz Ethereum, koji omogućuju automatsko izvršavanje ugovora na blockchainu.
<b>4</b>	<b>Dokaz o ulogu (<i>Proof of stake</i>)</b>	Nova generacija blockchaina koja koristi energetski učinkovitiji mehanizam konsenzusa, zamjenjujući dokaz o radu ( <i>proof of work</i> ).

Izvor: Izrada autora

### 1.2.1. Vrste kriptovaluta i njihove značajke

Postoji nekoliko vrsta kriptovaluta, ovisno o njihovoj funkciji i tehnologiji na kojoj se temelje. Jedna od najvažnijih kategorija su transakcijske kriptovalute. Ove kriptovalute, kao što je Bitcoin (BTC), omogućuju prijenose vrijednosti na globalnoj razini, često uz niže naknade u usporedbi s tradicionalnim bankarskim sustavima, a njihove transakcije bilježe se u nepromjenjivom i složenom blockchain sustavu.



**Ilustracija 2.** Prikaz različitih vrsta i logotipa kriptovaluta

Izvor: <https://rates.fm/currency/5-types-of-cryptocurrency/>

Uz transakcijske kriptovalute, među popularnijima su platformske valute koje su osmišljene kao osnova za razvoj decentraliziranih aplikacija (*dApps*) i pametnih ugovora. Ethereum (ETH) je najpoznatiji primjer ove vrste kriptovalute, koja omogućuje složene aplikacije na svojoj blockchain platformi. Cilj Ethereuma je "spojiti i unaprijediti koncepte skripti, altcoina i meta-protokola na lancu te omogućiti programerima stvaranje aplikacija temeljenih na konsenzusu koje nude skalabilnost, standardizaciju, potpunost značajki, jednostavnost razvoja i interoperabilnost" (Buterin, 2014, str. 13). Uz Ethereum, Cardano (ADA) i Solana (SOL) spadaju u platforme koje omogućuju razvoj decentraliziranih aplikacija i pametnih ugovora. Cardano se posebno usredotočuje na sigurnost i formalnu verifikaciju pametnih ugovora, dok Solana naglasak stavlja na visoke performanse i brze transakcije, s ciljem poboljšanja skalabilnosti. Također, postoje stabilne kriptovalute (*stablecoins*), koje su dizajnirane kako bi smanjile volatilnost cijena. Njihova vrijednost često je vezana uz stabilnu imovinu, kao što su američki dolar ili zlato, čime se omogućava veća stabilnost prilikom trgovanja. Najpoznatiji primjeri stabilnih kriptovaluta su Tether (USDT) i USD Coin (USDC).

Privatne kriptovalute usmjerene su na zaštitu privatnosti korisnika i potpunu anonimnost transakcija. Monero (XMR) i Zcash (ZEC) koriste napredne kriptografske tehnike kako bi prikrili podatke o pošiljatelju, primatelju i iznosu transakcije, što korisnicima osigurava visoku razinu privatnosti.

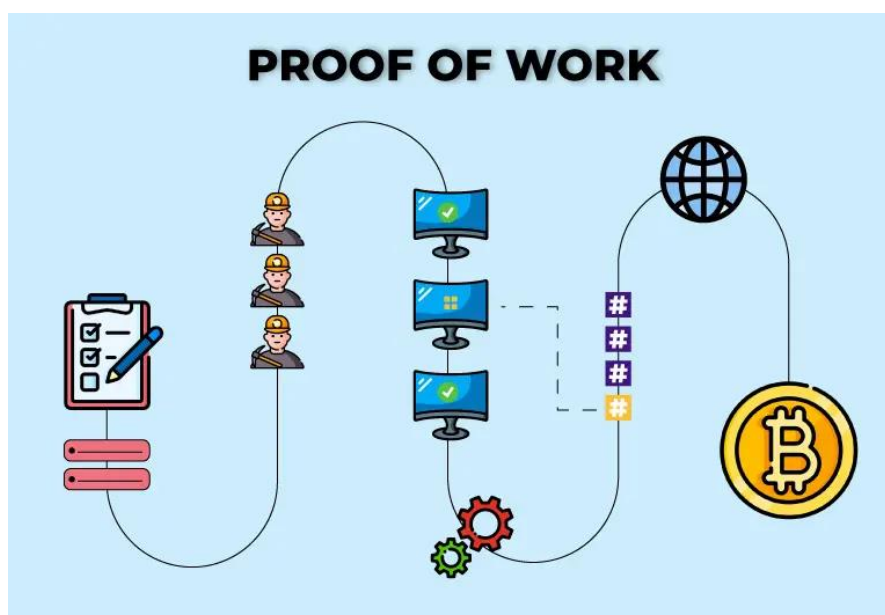
Na kraju, kriptovalute za mijenjanje su one koje su razvile kripto mjenjačnice kako bi olakšale trgovanje i pružile dodatne pogodnosti korisnicima na njihovim platformama. Binance Coin (BNB) i FTX Token (FTT) primjeri su ovih kriptovaluta, koje se koriste za plaćanje naknada za trgovanje i pristup ekskluzivnim značajkama unutar mjenjačnice. Važno je napomenuti da, za razliku od decentraliziranih kriptovaluta, ovom vrstom kriptovaluta često upravljaju centralizirana tijela, kao što su mjenjačnice. Iako ovo omogućuje veću kontrolu i specifične pogodnosti za korisnike, također znači da nisu potpuno neovisne kao neke druge kriptovalute. Ipak trenutačno su jako popularne jer omogućuju jednostavnije i učinkovitije transakcije unutar svojih platformi.

Osim ovih glavnih kategorija, postoje brojne druge vrste kriptovaluta koje su stvorene za različite specifične svrhe. Kako se tehnologija neprestano razvija, svakodnevno se javljaju nove ideje i projekti koji proširuju mogućnosti primjene kriptovaluta. Ovaj stalni napredak ukazuje na to da će kripto tržište nastaviti rasti i evoluirati, donoseći sa sobom nove prilike i izazove u budućnosti.

## 1.2.2. Bitcoin i Ethereum

Može se zaključiti da su Bitcoin i Ethereum dvije najvažnije i najpoznatije kriptovalute na svijetu, koje su postavile temelje za razvoj kriptoeconomije i blockchain tehnologije.

Bitcoin je prva kriptovaluta koja je uspješno implementirala koncept decentralizirane digitalne valute putem blockchain tehnologije. Nakamoto spominje da jedna od ključnih inovacija Bitcoina je korištenje dokaza o radu (*proof of work*) konsenzusnog mehanizma, koji omogućuje sigurnost mreže kroz proces rudarenja. Rudari koriste računalnu snagu za rješavanje složenih kriptografskih problema, čime potvrđuju transakcije i dodaju ih u blockchain (2008). Iako je vrlo siguran dokaz o radu (*proof of work*), kritiziran je zbog visokih energetskehtjeva, što je potaknulo razvoj alternativnih konsenzusnih mehanizama u drugim kriptovalutama.



**Ilustracija 3.** Koncept dokaza o radu

Izvor: <https://www.btcc.com/en-US/tags/proof-of-work-blockchain>

Jedan od ključnih aspekata Bitcoina je i način na koji se stvaraju novi bitcoini kroz proces rudarenja. "Bitcoini se „kuju“ tijekom stvaranja svakog bloka po fiksnoj i padajućoj stopi. Svaki blok, koji se generira u prosjeku svakih 10 minuta, sadrži potpuno nove bitcoine, stvorene iz ničega. Svakih 210.000 blokova, ili otprilike svake četiri godine, stopa izdavanja valute smanjuje se za 50%. Za prve četiri godine rada mreže, svaki blok je sadržavao 50 novih bitcoina" (Antonopoulos, 2017, str. 178). Ovaj proces rudarenja Bitcoina se naziva "*halving*",



a nastaviti će se sve dok se ne izrudari svih 21 milijun bitcoina, što se očekuje oko 2140. godine. Antonopoulos smatra da će nakon toga rudari biti nagrađivani isključivo kroz transakcijske naknade, a ne kroz nove bitcoine (2017).



**Ilustracija 4.** Prikaz emisije Bitcoina tijekom vremena na temelju geometrijski opadajuće stope izdavanja

Izvor: Antonopoulos, 2017

Ilustracija 4. prikazuje rast ponude Bitcoina tijekom vremena. Krivulja na grafu prikazuje proces predviđanja emisije bitcoina u kojem se broj novostvorenih bitcoina smanjuje s vremenom zbog mehanizma "halvinga". Ovaj opadajući trend emisije osigurava da će ukupna količina bitcoina biti ograničena na 21 milijun, čime se stvara deflacijski pritisak na cijenu Bitcoina. Na taj način s ograničenom ukupnom količinom bitcoina, povećava se njegova vrijednost i osigurava da Bitcoin ostane atraktivan za investitore.

S druge strane imamo drugu najpoznatiju kriptovalutu Ethereum, koji je uveo koncept pametnih ugovora, koji omogućuju automatsko izvršavanje ugovornih klauzula bez potrebe za posrednikom. Buterin autor i suvlasnik Ethereum objašnjava da platforma koristi Ethereum virtualni stroj (EVM.), koji omogućuje programerima da stvaraju decentralizirane aplikacije koristeći vlastite kodove unutar blockchaine (2014). Za razliku od Bitcoina, koji se prvenstveno fokusira na sigurno pohranjivanje i prijenos vrijednosti, Ethereum je dizajniran kao blockchain platforma koja podržava širok spektar aplikacija, od financijskih instrumenata do decentraliziranih autonomnih organizacija. Jedna od ključnih inovacija koju je Ethereum uveo u posljednjih nekoliko godina je prijelaz s dokaz o radu (*proof of Work*) i dokaz o ulogu (*proof of stake*) koju su ranije spomenuti, kroz nadogradnju poznatu kao Ethereum 2.0. Ovaj

konzensusni mehanizam značajno smanjuje energetske potrebe mreže, jer validatori osiguravaju mrežu na temelju količine Etheruma koji su uložili.

Dakle jedna od glavnih razlika između Bitcoina i Etheruma odnosi se na njihovu ponudu. Bitcoin je ograničen na 21 milijun kovanica, što može povećati njegovu vrijednost zbog deflacijskog učinka. Ethereum, s druge strane, nema fiksno ograničenje u ukupnoj ponudi, već se oslanja na stalno stvaranje novih jedinica. U početku je Ethereum koristio dokaz o radu (*proof of work*) mehanizam za rudarenje, no s dolaskom Ethereum 2.0, mreža je prešla na dokaz o ulogu (*proof of stake*), čime je smanjena energetska potrošnja i omogućena veća skalabilnost.

**Tablica 2.** Usporedba principa rada dokaza o radu i dokaza o ulogu

<b>Kriptovalute</b>	Bitcoin, Litecoin	Ethereum (nakon prelaska na PoS), Cardano
<b>Karakteristika</b>	Dokaz o radu (pow.)	Dokaz o ulogu (pos.)
<b>Način rada</b>	Rudari rješavaju složene matematičke probleme kako bi potvrdili transakcije i dodali blokove u blockchain	Validatori (koji drže ulog) odabrani su nasumično za potvrđivanje transakcija na temelju količine kriptovalute koju drže
<b>Energijska potrošnja</b>	Visoka - zahtijeva veliku količinu računalne snage i energije	Niska - značajno manja potrošnja energije u usporedbi s (PoW.)
<b>Sigurnost</b>	Osigurana kroz težinu rješavanja matematičkih problema	Osigurana kroz distribuciju i ulog validatora
<b>Brzina transakcija</b>	Sporija u odnosu na (PoS) zbog visokih računalnih zahtjeva	Brža, blokovi se dodaju brže jer nije potrebna intenzivna računalna obrada.
<b>Skalabilnost</b>	Ograničena - s većim brojem transakcija sustav može postati spor.	Bolja - lakše se prilagođava većem broju transakcija, što omogućuje bolju skalabilnost.

Izvor: Izrada autora

Osim toga, razlikuju se i po namjeni. Bitcoin je stvoren kao digitalna alternativa zlatu, prvenstveno kao sredstvo za očuvanje i prijenos vrijednosti. Ethereum, međutim, ima širu ulogu, s fokusom na razvoj decentraliziranih aplikacija i pametnih ugovora, čime postaje platforma za inovacije u raznim sektorima.

Iako Bitcoin zadržava svoju vodeću poziciju kao prva kriptovaluta i sredstvo očuvanja vrijednosti, Ethereum se istaknuo kao inovativna platforma za digitalne ugovore i aplikacije, s prilagodljivim ekonomskim modelom koji podržava stalni rast mreže.

### **1.3. Kriptovalute u odnosu na tradicionalne načine plaćanja**

Kriptovalute su donijele značajne promjene u način na koji se transakcije obavljaju u digitalnom okruženju, postavljajući izazov tradicionalnim sustavima plaćanja koji su dugo dominirali financijskim sektorom. Dok su tradicionalne metode plaćanja, poput kreditnih kartica, bankovnih transfera i gotovine, povezane s centraliziranim institucijama i regulatornim tijelima, kriptovalute omogućuju izravne transakcije između korisnika, bez potrebe za posrednikom. Ova decentralizacija nudi brojne prednosti, ali također donosi i određene izazove.

Jedna od glavnih prednosti kriptovaluta u usporedbi s tradicionalnim metodama plaćanja je brzina i troškovna učinkovitost transakcija. Na primjer, međunarodni bankovni transferi mogu trajati nekoliko dana i nositi visoke naknade, dok kriptovalute omogućuju brze i jeftinije prijenose bez obzira na udaljenost između pošiljatelja i primatelja. Osim toga, kriptovalute nude viši stupanj anonimnosti, što ih čini privlačnima korisnicima koji žele zaštititi svoju privatnost. Tu je važno napomenuti da kriptovalute nisu u potpunosti anonimne i da im se može ući u trag, postoje one koje koriste napredne kriptografske tehnike kako bi zaštitile korisnika u potpunosti.

**Tablica 3:** Usporedba tradicionalnih oblika plaćanja i kriptovaluta

<b>Značajka</b>	<b>Tradicionalni načini plaćanja</b>	<b>Kriptovalute</b>
<b>Centralizacija</b>	Centralizirani (banke, financijske institucije)	Decentralizirani ( <i>peer to peer</i> )
<b>Brzina transakcije</b>	Spora (posebno za međunarodne transfere)	Brzo (ovisno o mreži)
<b>Troškovi transakcije</b>	Visoki (naknade za obradu, konverziju valuta, itd.)	Niski (minimalne naknade, nema posrednika)
<b>Anonimnost</b>	Niska	Visoka (ovisna o kriptovaluti)
<b>Povratnost</b>	Mogućnost povratnosti sredstava	Nije moguće (transakcije su konačne)
<b>Volatilitnost</b>	Visoka	Niska
<b>Osiguranje sredstava</b>	Osigurano (do određene granice)*	Nije osigurano
<b>Primjena u svakodnevnom životu</b>	Široko prihvaćena (primjenjiva u svakodnevnim transakcijama)	Ograničena primjena (zbog volatilitnosti i opće prihvaćenosti)

\* - razlikuje se od zemlje do zemlje

Izvor: Izrada autora

Tablica iznad prikazuje ključne razlike između kriptovaluta i tradicionalnih načina plaćanja. Tradicionalne metode plaćanja su centralizirane i oslanjaju se na posrednike poput banaka i financijskih institucija, dok kriptovalute omogućuju decentralizirane transakcije koje se odvijaju izravno između korisnika. Ova decentralizacija donosi brojne prednosti, uključujući brže transakcije i niže troškove, posebno u slučaju međunarodnih prijenosa.

Međutim, decentralizacija nosi određene rizike. Na primjer, transakcije su nepovratne, što znači da korisnici nemaju mogućnost poništavanja transakcije u slučaju greške ili prijevare, za razliku od tradicionalnih metoda plaćanja koje omogućuju povrat sredstava. Također, vrijednost kriptovaluta može značajno varirati u kratkom vremenskom razdoblju, što ih čini volatilnima i potencijalno rizičnima za svakodnevne transakcije. Osim toga, dok su sredstva u

bankama često osigurana do određenog iznosa, kriptovalute ne nude takvu zaštitu, što znači da korisnici snose sav rizik u slučaju gubitka ili krađe.

Unatoč rastućem prihvaćanju kriptovaluta, njihova upotreba u svakodnevnom životu još uvijek je ograničena. Visoka volatilnost i relativno niska prihvaćenost među trgovcima i korisnicima otežavaju njihovu primjenu za svakodnevne transakcije poput kupovine ili plaćanja usluga. Iako kriptovalute nude inovativne prednosti, njihova potpuna integracija u svakodnevne financijske aktivnosti tek treba zaživjeti.

Kriptovalute se suočavaju s izazovima poput volatilnosti, regulacije i prihvaćenosti među korisnicima i trgovcima. Odobrenje prvog Bitcoin ETF-a (Exchange-Traded Fund) u Sjedinjenim Američkim Državama, koje je stupilo na snagu 10. siječnja 2024., predstavljalo je značajan korak u integraciji kriptovaluta u tradicionalne financijske tokove. ETF je investicijski fond koji prati vrijednost određene imovine, u ovom slučaju Bitcoina i omogućuje trgovanje na burzi kao sa dionicama (Američki SEC odobrio Bitcoin ETF-ove, 2023).

Uvođenje prvih Bitcoin ETF-ova označilo je značajan korak prema integraciji kriptovaluta u mainstream financijski sektor. Iako kriptovalute donose brojne prednosti u odnosu na tradicionalne načine plaćanja, poput brzine, troškovne učinkovitosti i anonimnosti, i dalje se suočavaju s izazovima poput volatilnosti, regulacije i ograničene primjene u svakodnevnom životu. Njihov uspjeh i šira prihvaćenost u budućnosti ovisit će o daljnjem razvoju tehnologije, regulacijama i inovacijama koje će omogućiti veću stabilnost i sigurnost.

## **2. Mjere financijskih rizika i njihova primjena**

Upravljanje financijskim rizicima ključan je aspekt donošenja informiranih i učinkovitih investicijskih odluka. „Financijski rizici odnose na gubitak zbog negativnih promjena u cijenama, kamatnim stopama, valutnom tečaju i vrijednosti novca.“ (Gregurek i Merkaš, 2016, str. 44). Financijski stručnjaci koriste različite mjere za kvantificiranje i upravljanje rizicima, pri čemu se svaka mjera fokusira na određene aspekte rizika i volatilnosti na tržištima.

Ovo poglavlje obrađuje ključne mjere financijskih rizika, pružajući uvid u njihovu primjenu u različitim aspektima financijskog upravljanja. Razumijevanje ovih mjera omogućuje precizniju procjenu rizika i potencijalnih povrata, te pomaže investitorima u postizanju optimalne ravnoteže između rizika i povrata. U nastavku rada će se razmatrati neki od osnovnih mjera financijskih rizika poput volatilnosti, varijance, standardne devijacije, beta koeficijenta i VIX indeksa, kao i njihovu ulogu u financijskoj analizi.

## 2.1. Volatilitnost

U svijetu financija, važno je razumjeti rizik kako bi se donijele pravovremene i adekvatne investicijske odluke. Volatilitnost je jedna od najvažnijih mjera rizika, jer pruža uvid u promjene vrijednosti određene financijske imovine kroz vrijeme. Posebno je važna na dinamičnim tržištima, gdje cijene mogu znatno varirati iz dana u dan. Za investitore, sposobnost predviđanja tih promjena ključna je za upravljanje rizicima i postizanje željenih rezultata ulaganja.

Volatilitnost je ključna mjera financijskog rizika koja se odnosi na fluktuacije u vrijednosti financijske imovine tijekom vremena. U financijskom kontekstu, volatilitnost se obično povezuje sa standardnom devijacijom povrata investicije, koja mjeri stupanj disperzije povrata oko njihovog prosjeka, dakle izračunava se na temelju prosječnog prinosa koji se najčešće računa kao aritmetička ili geometrijska sredina. Autori Biljan-August, Pivac i Štambuk navode da je aritmetička sredina najčešće korištena mjera prosječnog prinosa. Sinonim je za prosjek, a izračunava se zbrajanjem svih prinosa u određenom vremenskom razdoblju i dijeljenjem tog zbroja s brojem perioda (2009).

$$\mu A = x_1/n + x_2/n + \dots + x_n/n.$$

Gdje je:

- $\mu A$  = aritmetička sredina
- $x_{1,2}$  = Pojedinačne vrijednosti u skupu podataka. Svaka od vrijednosti predstavlja rezultat ili povratak u određenom periodu
- $n$  = broj promatranih vrijednosti

Ona pruža jednostavan i izravan način za izračunavanje prosječnog povrata, lakša je za interpretaciju i koristi se u daljnjim izračunima financijskih pokazatelja. Međutim ona često u pravom svijetu ne postoji; „Prednosti klasične aritmetičke sredine su razumljivost i jednostavnost izračuna te korisnost i uporabljivost u daljnjim kalkulacijama jer je ona osnova za izračun standardne devijacije i brojnih drugih parametara. S druge strane, pri razmatranju aritmetičke sredine i njenog značaja valja uočiti da je aritmetička sredina statistički konstrukt koji u realnom svijetu često ne postoji. Primjerice, realno ne postoji prosječni Hrvat, prosječni umirovljenik, prosječni investitor; svaki od njih ima svoje specifične ekscentričnosti.“ (Sajter, 2017, str127-128). Dakle, iako ona u nekim situacijama ne prikazuje složeno stanje stvarnoga

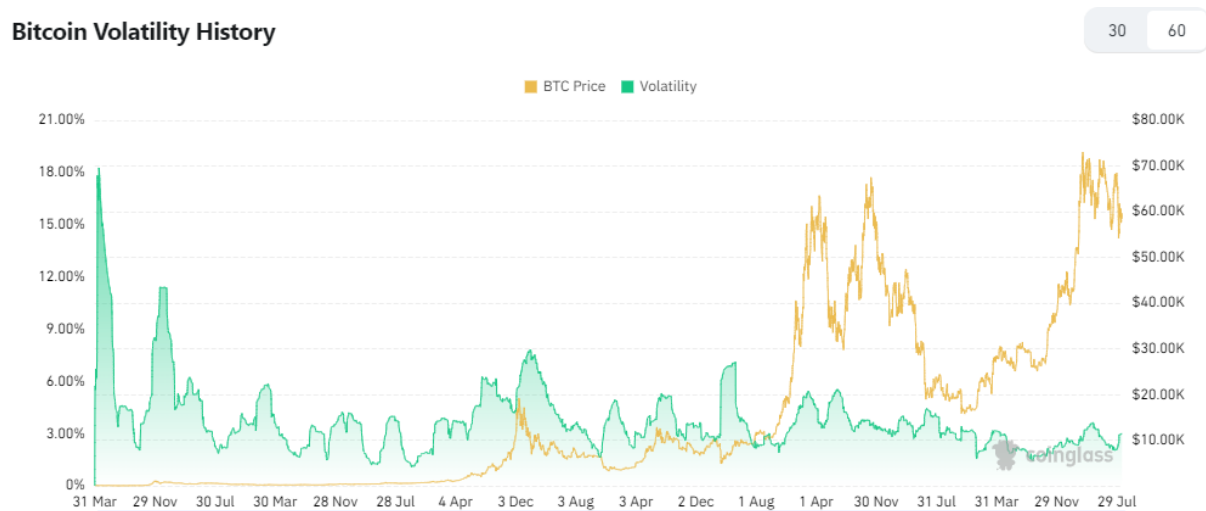


svijeta aritmetička sredina predstavlja jednostavan financijski alat za procjenu prosječnog povrata.

Primjer povezanosti rizika i volatilnost:

Zamislamo da imamo dvije kriptovalute, kriptovalutu A i kriptovalutu B. Cijene tijekom pet dana za kriptovalutu A su bile: 5, 5, 5, 5, 5, dok su cijene kriptovalute B bile: 2, 8, 3, 7, 4. Iako obje kriptovalute imaju prosječnu cijenu od 5 tijekom tih pet dana, volatilnost njihove cijene je različita. Kriptovaluta A ima stabilnu cijenu bez oscilacija, dok kriptovaluta B pokazuje značajne oscilacije, što znači da je rizik povezan s kriptovalutom B veći.

Volatilnost, kao mjera raspršenosti prinosa, igra važnu ulogu u procjeni rizika povezanog s određenom investicijom. (Slika 5. Primjer prikaza povijesne volatilnosti i cijene Bitcoina)



**Ilustracija 5.** Primjer prikaza povijesne volatilnosti i cijene Bitcoina

Izvor: Izrada autora na Coinglass

Ilustracija, prikazuje povijesnu volatilnost Bitcoina (zelena linija) u odnosu na njegovu cijenu (žuta linija) tijekom određenog vremenskog razdoblja. Gornji dio grafikona prikazuje volatilnost, koja je izražena u postocima na lijevoj osi, dok desna os prikazuje cijenu Bitcoina u američkim dolarima. Vrijednosti volatilnosti na grafu temelje se na oscilacijama cijene Bitcoina tijekom prethodnih 60 dana. Volatilnost pokazuje koliko se cijena Bitcoina mijenja tijekom vremena. Veći postotak znači da cijena više oscilira, dok manji postotak znači da cijena ostaje stabilnija. Žuta linija prikazuje stvarnu cijenu Bitcoina u tom razdoblju. Također graf pokazuje čak i kad cijena značajno raste, ako taj rast nije popraćen naglim oscilacijama u cijeni već je kontinuiran, volatilnost neće značajno porasti. Volatilnost se povećava kada postoje brze i velike promjene cijene u oba smjera, a ne nužno samo zbog rasta cijene. Pomoću informacija

s grafa, investitor koji se odluči za ulaganje u Bitcoin može pratiti povezanost između volatilnosti i cijene Bitcoina te na temelju toga donijeti odluku o investiranju.

Visoka volatilnost često sugerira veći rizik, ali također može otvoriti prilike za veće povrate. Zbog toga se volatilnost često koristi u modelima procjene rizika i donošenju investicijskih odluka i predstavlja jedno od najvažnijih mjera koja služi za procjenu financijskih rizika.

## 2.2. Standardna devijacija i varijanca

Standardna devijacija i varijanca su osnovne statističke mjere koje se koriste za procjenu raspršenosti podataka, odnosno volatilnosti financijske imovine.

Biljan-August, Pivac i Štambuk navode da se varijanca izračunava kao prosječno kvadratno odstupanje od aritmetičke sredine. Ona nam omogućuje da razumijemo koliko su podaci raspršeni oko prosjeka. Varijanca je izražena u kvadratnim jedinicama, što može otežati interpretaciju, stoga je standardna devijacija najčešća mjera volatilnosti koja je korijen varijance (2009.).

Sajter, opisuje postupak izračuna varijance u četiri koraka:

1. izračuna se aritmetička sredina skupa,
2. za svaki element skupa izračuna se odstupanje toga elementa od aritmetičke sredine skupa,
3. svako odstupanje se kvadrira i
4. izračuna se prosjek kvadriranih odstupanja od aritmetičke sredine. Pri tome se broj elemenata  $n$  umanjuje za jedan ako se radi o uzorku iz populacije, a ne umanjuje se ako se izračun radi na temelju cijele populacije (2017)

Dok izračun standardne devijacije sažima u sljedećoj formuli:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(x - \mu)^2}}{n - 1}$$

Gdje je:

- $\sigma$  = standardna devijacija,
- $x$  = pojedinačna vrijednost u skupu podataka,
- $\mu$  = aritmetička sredina,
- $n$  = broj elemenata u uzorku, gdje je  $n-1$  korektivni faktor koji se koristi kada se izračun provodi na temelju uzorka, a ne cijele populacije  
Sajter, (2017).

Varijanca i standardna devijacija imaju važnu ulogu u mjerenju financijskog rizika. Kao mjere volatilnosti, pružaju uvid u to koliko su prinosi određene investicije promjenjivi, što je direktno povezano s rizikom koji ta investicija nosi. Na primjer izračunom standardne devijacije između dvije ili više investicija možemo odrediti jesmo spremni izložiti se višem riziku ili nižem. Viša standardna devijacija određene investicije ukazuje na veću volatilnost, prema tome i viši rizik. Dakle investicija sa višom standardnom devijacijom ima tendenciju za većim promjenama, što može dovesti do većih potencijalnih dobitaka ali i gubitaka.

Sajter spominje da je važno prepoznati da standardna devijacija predstavlja mjeru povijesne odnosno prošle volatilnosti koju možemo direktno promatrati dok u brojnim financijskim modelima koristi se implicirana volatilnost, ona je buduća i očekivana i ne može se izravno promatrati. Investitori koriste volatilnost kao pretpostavku kontinuiteta, zato što se povijest često ponavlja ali budućnost nosi nešto novo (2017).

Varijanca se koristi za izračunavanje kovarijance i korelacije između različitih financijskih instrumenata, što je ključno za razumijevanje međusobnih odnosa između investicija. Na primjer, investitor može koristiti varijancu i standardnu devijaciju za optimizaciju portfelja, birajući kombinaciju investicija koja minimizira ukupnu varijancu portfelja, a time smanjuje rizik isto kao kod standardne devijacije ili može izabrati portfelj s višim pokazateljima mjera rizika koji mu mogu donijeti veću zaradu uz viši rizik uz istodobnu mogućost većih gubitaka.

## 2.3. Kovarijanca i korelacija

Kovarijanca i korelacija su statističke mjere koje se koriste za analizu odnosa između dviju varijabli. U financijama, služe za razumijevanju međusobnih odnosa između različitih financijskih instrumenata, što je posebno važno pri upravljanju portfeljima i procjeni rizika. One nam daju odgovor na to koliko se dvije ili više varijabli odnosno investicija zajedno mijenjaju tj. jesu li investicije međusobno povezane kroz određeno vremensko razdoblje.

„Dok nam kovarijanca prikazuje oscilacije jedne varijable, kovarijanca nam pokazuje koliko se dvije varijable  $x$  i  $y$  mijenjaju“ (Sajter, 2017, str.142).

$$\text{cov } x y = \frac{\sum (x - \mu_x)(y - \mu_y)}{n - 1}$$

Gdje je:

- $\text{cov } x y$  = kovarijanca između  $x$  i  $y$
- $x$  i  $y$  = pojedinačne vrijednosti varijabli  $x$  i  $y$
- $\mu_x$  i  $\mu_y$  = aritmetičke sredine varijabli  $x$  i  $y$
- $n$  = broj promatranih vrijednosti

Na primjer, ako dvije dionice imaju pozitivnu kovarijanca, to znači da njihovi prinosi imaju tendenciju kretanja u istom smjeru. Kada cijena jedne dionice raste, obično raste i cijena druge, a negativna kovarijanca sugerira da se cijene tih dviju dionica kreću u suprotnim smjerovima. Recimo da vrijednosti Bitcoina i Ethereum imaju pozitivnu kovarijanca u određenom periodu vremena. To ukazuje da slično reaguju na tržišne promjene, rastu ili padaju istovremeno. Da je kovarijanca negativna između njih vrijednost Bitcoina bi išla u jednom smjeru a vrijednost Ethereumu u drugom.

U financijama, kovarijanca služi za diversifikaciju portfelja. Harry Markowitz razvio je koncept diverzifikacije portfelja koristeći se izračunom kovarijanca u svojem radu „Portfolio Selection“ (1959). U tome radu prikazao je kako se može minimizirati rizik portfelja diverzifikacijom, za što je kasnije dobio Nobelovu nagradu.

Diverzifikacijom portfelja koristeći vrijednosti kovarijanca investitori direktno mogu smanjiti rizik od istovremenih gubitaka. Recimo da imamo 10 dionica u portfelju koje imaju pozitivne kovarijanca, na neki vanjski utjecaj tržišta te dionice će u pravilu slično reagirati. U slučaju negativnog utjecaja, sve dionice u portfelju istovremeno bi mogle izgubiti na

vrijednosti. Ulažući u dionice različitih kovarijanci postoji vjerojatnost da smanjimo rizik gubitka. Kada jedna dionica izgubi na vrijednosti, druga bi mogla dobiti.

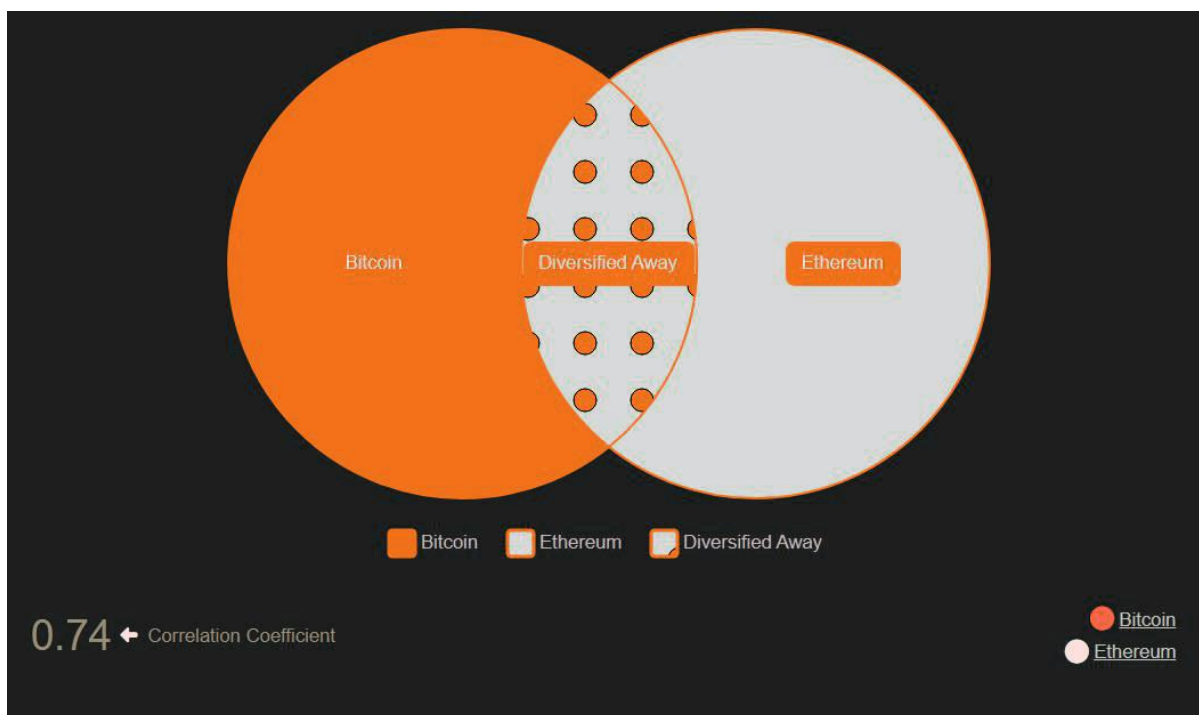
Problem kod kovarijance je to što može poprimiti različite vrijednosti, koje nisu uvijek međusobne usporedive. Za razliku od kovarijance, korelacija je standardizirana mjera, pa se podaci mogu lakše uspoređivati. Biljan-August, Pivac i Štambuk navode da se koeficijent korelacije  $r$  kreće se u rasponu od -1 do 1. Korelacija viša od 0,8 se smatra jakom a ona ispod 0,5 se smatra slabom, to također ovisi o kontekstu. Izračunava se dijeljenjem kovarijance s umnoškom standardnih devijacija dviju varijabli (2009).:

$$r = \frac{\text{COV } x \gamma}{\sigma_x \sigma_y} ; -1 \leq r \leq 1$$

Gdje je:

- $r$  = koeficijent korelacije
- $\text{cov } x \gamma$  = kovarijanca između varijabli  $x$  i  $y$
- $\sigma_x \sigma_y$  = standardne devijacije varijable  $x$  i  $y$

Dakle kao i kovarijanca, korelacija je važan alat pri donošenja odluka o portfelju koju je još lakše iščitati nego korelaciju. Prilikom odabira portfelja, korelacija se koristi zajedno s kovarijancom kako bi se odabrale investicije koje pružaju optimalnu diversifikaciju. Time investitori mogu smanjiti rizik portfelja dok istovremeno zadržavaju potencijal za ostvarivanje povrata.



**Ilustarcija 6.** Primjer prikaza korelacije između Etherema i Bitcoina

Izvor <https://www.macroaxis.com/invest/market/BTC.CC--compareProfile--ETH.CC>, izrada autora

Ilustarcija 6. prikazuje koeficijent korelacije u razdoblju od tri mjeseca između Bitcoina i Etherema koji iznosi 0,74 što označava da je korelacija jaka. Preklapajući dio u dijagramu označava dio rizika koji se može smanjiti držanjem obje kriptovalute u istom portfelju, pod uvjetom da se ništa drugo ne mijenja. Korelacija pokazuje koliko se prinosi ovih dviju kriptovaluta kreću zajedno. Dakle na ovom primjeru, ako dodamo više financijskih instrumenta koji imaju jaku korelaciju u portfelj zajedno sa Bitcoinom i Ethereumom dodatno se izlažemo riziku zbog loše diverzifikacije portfelja. Ako promatramo sa aspekta korelacije, bilo bi mudro dodati financijski instrument koji ima manju korelaciju kako bi se manje izložili riziku.

## 2.4. Beta koeficijent

Beta koeficijent je mjera koja se koristi u financijama za procjenu sustavnog rizika investicije u odnosu na tržište u cjelini. Pokazuje relativnu volatilnost a ne apsolutnu, koja mjeri kako se cijena pojedinačne investicije, poput dionice kreće u odnosu na šire tržište npr. s nekim indeksom poput S&P 500. Ukazuje na to koliko je volatilnost ili rizik određene investicije u usporedbi s volatilnošću cijelog tržišta. Dakle, beta koeficijent omogućava investitorima da procijene koliko bi se određena investicija mogla kretati u odnosu na općenite tržišne promjene. „Stoga, beta nije mjera individualne nego relativne volatilnosti jer opisuje volatilnost prinosa vrijednosnice (ili portfelja) u odnosu (relaciji) prema volatilnosti tržišnog prinosa“ (Sajter, 2017, str. 163).

Prikazuje se formulom:

$$\beta_x = \frac{cov(r_x, r_m)}{\sigma^2(r)}$$

Gdje je:

- $\beta_x$  = beta koeficijent
- $cov(r_x, r_m)$  = kovarianca povrata investicije i tržišnog povrata
- $\sigma^2(r)$  = varijanca povrata tržišta

U kontekstu mjerenja financijskog rizika, beta koeficijent je važan alat koji služi za procjenu financijskog rizika jer pokazuje kako određena investicija reagira na promjene na tržištu. Ako naša investicija, npr. Bitcoin ima  $\beta < 1$ , to nam govori da je njegov prinos manje volatilna investicija u odnosu na tržište. To znači da će njegova cijena manje oscilirati u odnosu na ostatak tržišta i u tom slučaju to bi bio na neki način bila sigurnija investicija. Npr. ako vrijednost tržišta poraste za 5%, Bitcoin bi mogao u ovom slučaju manje rasti od ostatka tržišta. Kada bi vrijednost  $\beta$  bila = 1, Bitcoin bi mogao porasti slično kao i tržište za 5%. U slučaju da je  $\beta > 1$ , Bitcoin bi mogao porasti više nego tržište, odnosno više od 5%, što ukazuje da je volatilniji od ostatka tržišta i tada bi predstavljao dobar odabir za one investitore koji preferiraju viši rizik. Kada je vrijednost  $\beta = 0$  to bi značilo da prinos Bitcoina je neovisan od ostatka tržišta.

Beta koeficijent se koristi ne samo za pojedinačne investicije nego i za portfelje kako bi se procijenio ukupni rizik portfelja u odnosu na tržište. Na taj način, investitori mogu odlučiti



koliko su spremni izložiti svoj portfelj sustavnom riziku i koristiti  $\beta$  za optimalnu kombinaciju investicija s različitim beta koeficijentima za postizanje željenog omjera rizika i povrata.

## 2.5. VIX indeks

U trenucima neizvjesnosti na financijskim tržištima, investitori često traže alate koji im mogu pomoći da bolje razumiju i predvide kretanja na tržištu. Tijekom burzovnih padova ili značajnih globalnih događaja koji utječu na ekonomiju, povećava se potreba za mjerenjem osjećaja straha i nesigurnosti među investitorima. VIX indeks, poznat i kao "indeks straha", jedan je od poznatijih korištenih alata za takvu analizu. VIX indeks pokazuje kako investitori gledaju na buduće kretanje tržišta dionica i njihov osjećaj rizika. Kada je tržište stabilno, VIX ostaje nizak, što sugerira povjerenje. U trenucima neizvjesnosti, poput financijskih kriza, pandemija ili političkih previranja, VIX indeks značajno raste, odražavajući veću zabrinutost među investitorima.

Sajter opisuje VIX indeks kao važan pokazatelj tržišne volatilnosti koji predstavlja očekivanu volatilnost tržišta dionica u sljedećih 30 dana. Izračunava ga CBOE (Chicago Board Options Exchange) i temelji se na impliciranoj volatilnosti S&P 500 indeksa. Izražava se u postotnim poenima, a kada su na višoj razini očekuju se više oscilacije na američkom tržištu dionica ili obrnuto. Kada su na nižoj razini očekuju se manje oscilacije, što se posljedično prenaša na ostala tržišta koja su u korelaciji sa američkim. Vrijednost postotnih poena na VIX indeksu koja pokazuje iznad 30 smatraju se visokima, dok niže vrijednosti koje su ispod 20 ukazuju na stabilnost i smirenost na tržištu (2017.)



**Ilustracija 7.** Prikaz kretanja VIX indeksa u od siječnja 2020. do kolovoza 2024.

Izvor: Yahoo Finance

Ilustracija 7. (Prikaz kretanja VIX indeksa u od siječnja 2020. do kolovoza 2024.) prikazan je VIX indeks, koji prati promjene u volatilnosti tržišta dionica od siječnja 2020. do kolovoza 2024. godine. Uočava se značajan porast VIX-a u prvom kvartalu 2020., kada je njegova vrijednost premašila 80. Ovaj nagli rast odražava visok nivo straha i nesigurnosti na tržištima uzrokovanih pandemijom COVID-19. Sličan skok VIX-a zabilježen je tijekom financijske krize 2008.-2009., kada je njegova vrijednost isto premašila 80, a tržišta su posljedično doživjela nagli pad.

Graf pokazuje kako se volatilnost tijekom pandemije smanjila nakon početnog šoka, ali je ostala na višim razinama tokom većeg dijela 2020. godine. U periodu od 2021. do 2024. godine, VIX indeks se stabilizirao i kretao većinu vremena u rasponu od 15 do 30 bodova, što ukazuje na povratak povjerenja među investitorima, uz povremena izbijanja nesigurnosti u različitim razdobljima.

Korištenje VIX indeksa može biti korisna mjera pri procjeni i upravljanju rizika koja pokazuje trenutačno stvarno stanje na tržištu. Kombinacijom korištenja VIX indeksa s ostalim financijskim pokazateljima rizika i volatilnosti, investitori se mogu odlučiti za odluke koje odgovaraju njihovim tolerancijama na izloženost riziku.

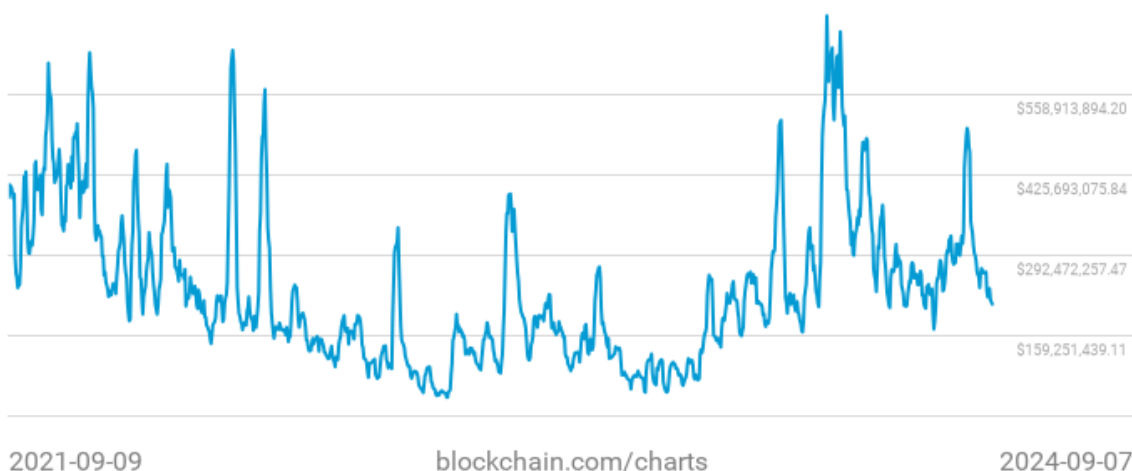
### 3. Rizici ulaganja u kriptovalute

Ulaganje u kriptovalute značajno je poraslo u tijekom posljednjeg desetljeća. Pojavom Bitcoina 2008. godine, kriptovalute su počele privlačiti pažnju manjih investitora koji traže brzu zaradu pa tako i velikih financijskih institucija. Iako mnogi investitore privlači potencijal za visoke prinose i inovativne tehnologije koje podržavaju kriptovalute, jednako je važno biti svjestan i razumjeti rizike povezane s ovim relativno novim i volatilnim tržištem.

Jedan od ključnih pokazatelja vrijednosti kriptovaluta je tržišna kapitalizacija. Coinbase platforma za upravljanje kriptovaluta objašnjava tržišnu kapitalizaciju kao ukupnu vrijednost svih kovanica u opticaju, a izračunava se množenjem broja kovanica u opticaju s trenutnom tržišnom cijenom jedne kovanice. Na primjer, veće tržišne kapitalizacije, poput Bitcoina, mogu ukazivati na veću stabilnost u usporedbi s manje poznatim kriptovalutama koje imaju manju tržišnu kapitalizaciju, a samim time su i volatilnije (2024).

Tvrtka za upravljanje kripto imovinom blockchain.com navodi volumen trgovanja kriptovaluta kao još jedan od pokazatelja kretanja aktivnosti na tržištu kriptovaluta. Visok volumen trgovanja može ukazivati na povećanu aktivnost trgovanja, te često služi kao pokazatelj općeg interesa za kripto tržište (2023).

USD Exchange Trade Volume  
**\$211,398,747.20**



**Ilustracija 8.** Prikaza volumena trgovanja Bitcoinom

Ilustracija grafikona prikazuje volumen trgovanja Bitcoinom na glavnim mjenjačnicama tijekom posljednje tri godine na prosječnoj tjednoj frekvenciji. Grafikon prikazuje nagle padove i rastove, što je karakteristično za kriptovalute te potvrđuje volatilnost tržišta i rizik u ulaganje u ovu vrstu financijske imovine.

Kriptovalute se suočavaju s jedinstvenim izazovima koji toliko nisu prisutni u tradicionalnim financijskim instrumentima. Kao rezultat toga privukle su veliku pažnju od financijskih i regulativnih institucija koje mogu izravno utjecati na vrijednost i sigurnost njihovih ulaganja. Volatilnost često povezujemo sa rizikom, a da su kriptovalute volatilne dokazuje to što je najpoznatija valuta Bitcoin značajno oscilirala: 31.12.2012 iznosila 13.45 američkih dolara, dok je 31.12. 2015. narasla na 430.57 američkih dolara. Do kraja 2020. Bitcoin je dosegao čak 28.993 američkih dolara, a 31.12. 2023. 42,265.19 dolara (Yahoo Finance). Na tom primjeru možemo vidjeti zapravo koliko se Bitcoin mijenjao. Ovi primjeri jasno pokazuju kolika se vrijednost Bitcoina može mijenjati u kratkom vremenskom razdoblju.

Međutim, osim visokog rasta, tržište kriptovaluta karakteriziraju i nagle oscilacije koje su dovele do propasti nekih kriptovaluta koje su potpuno nestale s tržišta. Također, mnogi neiskusni ulagači postali su žrtva kripto prevara u kojima su izgubili značajna sredstva, a zbog veće anonimnosti za razliku od tradicionalnih sredstava plaćanja i nedostatka regulativa kripto tržište može biti privlačno za skupine ljudi koji ne žele kontrolu i vidljivost transakcija.

U današnje vrijeme, kriptovalute ne privlače samo pažnju pojedinačnih ulagača, već i velikih financijskih institucija, korporacija, pa čak i država koje istražuju kako ih integrirati u postojeći financijski sustav. Također istovremeno, sve više platformi počinje prihvaćati kriptovalute kao oblik plaćanja. Ipak, uz ovaj rast dolaze i izazovi, poput regulatornih pitanja, sigurnosnih rizika što može imati značajan učinak na njihovu budućnost.

### 3.1. Sigurnosni rizici povezani s kriptovalutama

Osim volatilnosti kriptovaluta, sigurnosni rizici predstavljaju jedan od važnih aspekata koje investitori moraju razmotriti prilikom ulaganja u kriptovalute. Iako blockchain tehnologija, koja je temelj većine kriptovaluta, pruža visok stupanj sigurnosti zahvaljujući svojoj decentraliziranoj i kriptografski zaštićenoj strukturi, i dalje postoje značajni rizici koji mogu ugroziti sredstva ulagača.

Jedan od sigurnosnih problema kriptovaluta i blockchaina je izloženost hakerskim napadima. Iako Bitcoin nudi sigurnosne prednosti u smislu decentralizacije, individualna sigurnost korisnika ovisi o njihovoj sposobnosti da pravilno zaštite svoje privatne ključeve. „Unatoč desetljećima istraživanja i napretka u informacijskoj sigurnosti, digitalna imovina i dalje je žalosno ranjiva na odlučnog protivnika. Čak su i najsigurniji i vrlo ograničeni sustavi, u financijskim tvrtkama, obavještajnim agencijama i obrambenim izvođačima, često probijeni. Bitcoin stvara digitalnu imovinu koja ima intrinzičnu vrijednost i koja može biti ukradena i preusmjerena na nove vlasnike trenutno i nepovratno“ (Antonopoulos, 2017, str. 238).

Osim hakerskih napada, rizik od gubitka privatnih ključeva predstavlja veliku prijetnju. U centraliziranom sustavu, gdje se gubitak lozinke ili PIN-a može riješiti preko posrednika poput banke, gubitak privatnog ključa u decentraliziranom sustavu znači gubitak pristupa sredstvima, što ih čini zauvijek nedostupnima. Dakle izgubljeni ključ znači izgubljena sredstva koja su nepovratna. „Ako izgubite uređaj, ako se uređaj sruši i morate obrisati disk, ili ako se vaša datoteka ošteti, vaši ključevi su izgubljeni, a time i vaši novčići. Slično vrijedi i za sigurnost: ako netko ukrade ili provali u vaš uređaj, ili ako se uređaj zarazi zlonamjernim softverom, mogu kopirati vaše ključeve i zatim poslati sve vaše novčiće sebi“ (Narayanan i dr., 2016, str. 101). Kod tradicionalnih sredstva plaćanja kao što je gotovina, većina ljudi ne nosi sav novac u novčaniku. Dok većina korisnika kriptovaluta ima jedan digitalni novčanik u kojem drži sva svoja sredstva te na taj način se dodatno izlaže riziku gubitka svih sredstava.

Jedan od zanemarenih aspekata sigurnosti kriptovaluta je dostupnost sredstava u slučaju nesposobnosti ili smrti vlasnika ključeva. Tu se javlja problem, zato što bi trebali čuvati privatne ključeve u tajnosti i nikome ne podijeliti lozinke. U slučaju smrti vlasnika sredstava kriptovaluta mnogi a pogotovo stariji članovi obitelji nisu svjesni o tome uopće što su kriptovalute i koliku vrijednost mogu imati. Dakle vlasnici svojih digitalnih novčanika trebali bi razmotriti dijeljenje tih informacija s pouzdanim osobama, a s druge strane opet se na taj

način izlažu riziku od krađe „Ako imate mnogo bitcoina, trebali biste razmisliti o dijeljenju podataka za pristup s pouzdanim rođakom ili odvjetnikom. Složeniji plan za preživljivost može se postaviti s višestrukim potpisima (*multi-signature access*) i planiranjem nasljedstva uz pomoć odvjetnika specijaliziranog kao 'izvršitelj digitalne imovine“ (Antonopoulos, 2017, str. 239).

Prilikom ulaganja u kriptovalute potrebno je razmotriti neke od mjera koje povećavaju zaštitu vlasnika kriptovaluta poput: diversifikacije sredstava u više novčanika, planiranje nasljedstva putem višestrukih potpisa, korištenje sigurnosnih protokola, biti na oprezu od napada prevare (*phising*), izbjegavati javne mreže kako bi osigurali zaštitu digitalne imovine te aktivno pratiti nove regulacije i novosti.

## 3.2. Regulacijski izazovi u kripto industriji

Kriptovalute su se u vrlo kratkom periodu razvile u globalni fenomen, izazivajući brojne regulatorne poteškoće. Decentralizacija koja karakterizira kriptovalute i tehnologiju blockchaina često znači da postojeći regulatorni okviri nisu odgovarajući ili su teško primjenjivi na ovu vrstu imovine. Ovo rezultira složenim pravnim i regulacijskim pitanjima koja obuhvaćaju zaštitu korisnika, borbu protiv pranja novca, poreznu regulaciju i stabilnost financijskog sustava.

Industrija kriptovaluta nudi brojne prilike za financijsku uključenost, ali istovremeno nosi sa sobom pogodnosti koje omogućuju kažnjive aktivnosti poput izbjegavanja poreza, pranja novca i prevara. Mnoge države još uvijek pokušavaju pronaći optimalan regulatorni okvir koji bi omogućio rast kripto tržišta, a istovremeno osigurao sigurnost korisnika i očuvao stabilnost financijskog sustava. Dolazi do velikog izazova zato što kriptovalute nemaju univerzalnog globalnog regulatora, već se njihova regulacija provodi na nacionalnoj pa čak i na regionalnoj razini. "Globalni kreatori standarda sve više izražavaju zabrinutost zbog prijetnji koje tržište digitalne imovine predstavlja za globalnu financijsku stabilnost. Međutim, regulatorni pristup ostaje fragmentiran među različitim jurisdikcijama, što predstavlja izazove u osiguravanju sveobuhvatnog i učinkovitog globalnog regulatornog okvira." (PwC, 2023, str. 10). Regulacija kripto industrije usmjerena je na rješavanje pitanja sigurnosti i zaštite potrošača. Kripto burze i platforme nemaju iste regulacije kao tradicionalne financijske institucije, što može povećati rizik od prijevara, gubitka sredstava i drugih zloupotreba. Europska unija prepoznaje ove rizike i nastoji zaštititi građane. Europski parlament je u ožujku 2022. donio zakon kojim se uvode pravila za upotrebu tehnologije poput blockchaina u trgovini kriptoimovinom. Ovaj zakon omogućuje praćenje svih interakcija i transakcija, a cilj mu je razviti nova rješenja za trgovanje kriptoimovinom uz očuvanje stabilnosti financijskog sustava, transparentnosti i tržišnog integriteta (2023).

Pristup regulaciji kriptovaluta znatno se razlikuje, od potpune zabrane do potpune legalizacije i prihvaćanja. Kako bi smanjili sve negativne učinke kriptovaluta, Kina je zabranila sve transakcije povezane s kriptovalutama, rudarenje, blokirala pristup platformama koje omogućuju trgovanje kripto imovinom. Unatoč mnogim zabranama, ljudi i dalje trguju kriptovalutama koristeći se različitim zakonski zabranjenim metodama poput VPN-a (Virtualna privatna mreža), koji im omogućuje promjenu IP adrese (Internetska protokol adresa) i na taj način uspiju sakriti svoj stvarni identitet.



S druge strane postoje države poput El Salvadora koje su se odlučile za potpuno prihvaćanje kriptovaluta i postali prva zemlja u svijetu koja je službeno prihvatila Bitcoin kao zakonsko sredstvo plaćanja unatoč brojnim upozorenjima Međunarodnog monetarnog fonda (MMF). "Međunarodni monetarni fond (MMF) upozorio je El Salvador na planove korištenja Bitcoina kao nacionalne valute" (Arslanian i dr., 2021, str 4.).

Dakle dok kineska zabrana kriptovaluta može biti pokušaj potpune kontrole nad digitalnim financijama i mjera zaštite nacionalne ekonomije, El Salvador vidi priliku za ekonomski rast i privlačenje investicija kroz usvajanje Bitcoina. Eksperiment uvođenja Bitcoina kao zakonsko sredstvo plaćanja pokazao je određene izazove. U početku je eksperiment vrlo dobro krenuo. „Zakon je stupio na snagu 7. rujna 2021. godine. Nakon gotovo mjesec dana, primijećen je značajan rast u smislu masovne primjene i upotrebljivosti: 3 milijuna građana koristi nacionalni Bitcoin novčanik, Chivo, što je gotovo 50% populacije zemlje. Prosječno 2 milijuna dolara dnevno u doznakama se obavlja putem Chivo novčanika“ (Arslanian i dr., 2021, str 10). Međutim unatoč početnom uspjehu pojavili su se određeni problemi. „Samo 4,8% od 1.281 ispitanika u anketi koju je provelo Srednjoameričko sveučilište (UCA) razumjelo je što je Bitcoin i kako se koristi. Više od 68% ispitanika izrazilo je protivljenje korištenju kriptovaluta kao zakonskog sredstva plaćanja. Manje od 10% transakcija obavlja se u Bitcoinu prema izjavama vlasnika poduzeća, a većina potrošača strahuje od kolapsa svoje valute. Nedavne demonstracije u glavnom gradu San Salvadoru pokazale su nedostatak povjerenja među stanovništvom, koje vjeruje da je ova politika skretanje pažnje s kontroverzne vladine kontrole“ (International Journal of Research in Engineering, Science and Management, 2023, str. 11).

U Republici Hrvatskoj regulacija kriptovaluta primjenjuje se kroz postojeće financijske zakone, dok su specifični propisi za kriptoimovinu još uvijek u razvoju. Kriptovalute su legalne u Hrvatskoj, a kupnja, prodaja i trgovanje njima su dozvoljeni, iako nisu priznate kao službeno sredstvo plaćanja. Regulatorna tijela, poput Hrvatske agencije za nadzor financijskih usluga (HANFA) i Hrvatske narodne banke (HNB) u suradnji sa Europskom Unijom prate kripto tržište, posebno u pogledu sprečavanja pranja novca i drugih potencijalnih rizika povezanih s kriptoimovinom (2023).

Regulacija kriptovaluta predstavlja kompleksan izazov za sve regulativne financijske institucije diljem svijeta. Primjeri iz različitih država pokazuju kako vlade pokušavaju pronaći ravnotežu između potpune kontrole i integracije kriptovaluta u svoje financijske sustave. Kina se odlučila za zabranu kriptovaluta kako bi zaštitila svoj financijski sustav, dok je El Salvador prepoznao priliku za gospodarski rast usvajanjem Bitcoina kao službenog sredstva plaćanja.

Hrvatska kao i većina država, aktivno se prilagođava kriptovalutama primjenjujući postojeće financijske zakone na kripto industriju dok se specifični propisi još uvijek razvijaju. Kao posljedica svih aktivnih regulacijskih mjera, vrijednost kriptovaluta značajno reagira na takve odluke koje se donose diljem svijeta a pogotovo na one države sa značajnom ekonomijom poput SAD-a i Kine. Kako bi se uspješno regulirale kriptovalute zahtijevat će se međunarodna suradnja između tih institucija kako bi se uspješno prilagodili ovoj rastućoj industriji.

### 3.3. Trendovi i budućnost kripto valuta

Pojavom Bitcoina 2008. godine, trgovanje kriptovalutama doživjelo je značajan razvoj prelazeći iz nepoznanice za koju su mnogi vjerovali da će vrlo brzo propasti, u značajan oblik financijske imovine koji se konstanto razvija i sve je više prisutniji u financijskom svijetu. Konstantni porast interesa za kriptovalutama i napretkom blockchain tehnologije koja je upotrebljiva ne samo kao javna knjiga transakcija kriptovaluta, već je se može primijeniti u mnogim djelatnostima poput financija, zdravstva i logistike dovela je do različitih mogućnosti razvoja inovacija u budućnosti.

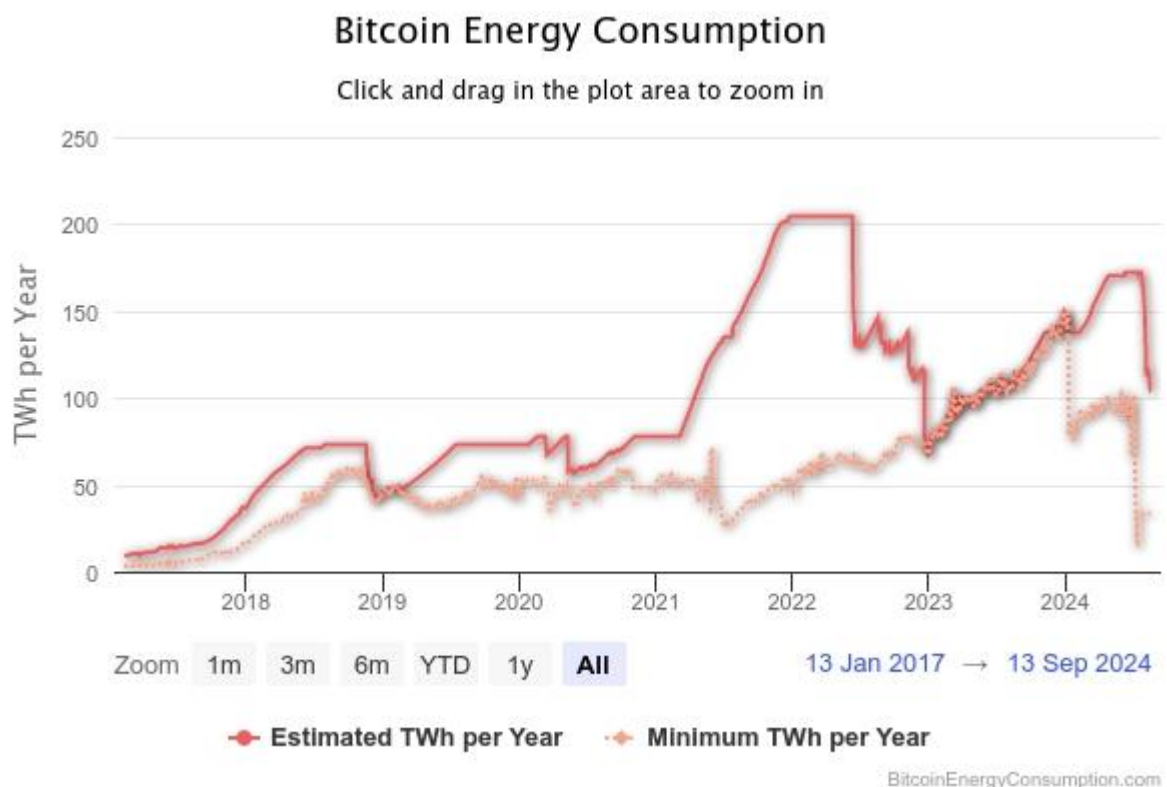


**Ilustracija 9.** Prikaz ukupne tržišnu kapitalizaciju kriptovaluta od 2014. do kolovoza 2024. godine

Izvor: <https://coinmarketcap.com/charts/>

Ilustracija 8. prikazuje grafikon koji prikazuje tržišnu kapitalizaciju kriptovaluta od 2014. do sredine kolovoza 2024. godine, naglašavajući rast tržišta tijekom godina, posebno u razdoblju od 2017. do 2021. godine. Ovaj rast prikazuje sve veći trend interesa za kriptovalutama kao alternativu tradicionalnim financijskim instrumentima. Međutim, nakon ovog razdoblja, tržište je doživjelo značajan pad između 2022. i 2023. godine, odražavajući volatilnost koja prati ovo tržište. Ipak, u 2024. možemo vidjeti da se tržište oporavilo i da ulagači vide potencijal u kriptovalutama unatoč kratkoročnim oscilacijama. Ovakve oscilacije, prikazuju karakteristična kretanja u tržištu kriptovaluta i njihovu sposobnost prilagodbe unatoč izazovima s kojima se suočavaju.

Osim trenda rastućih regulatornih pritisaka od strane različitih financijskih institucija koje mogu značajno oblikovati budućnost kriptovaluta, industrija kriptovaluta suočava se i s izazovom smanjenja utrošene energije. Kriptovalute poput Bitcoina i Etheruma zahtijevaju velike količine električne energije koje krše sporazume vezane uz smanjenje ekološkog otiska. „Godine 2017. blockchain je iskoristio više snage nego 159 pojedinih naroda uključujući Urugvaj, Nigeriju i Irsku. Bez iznenađenja to je stvorilo velike ekološke probleme koji prijete Pariškom ugovoru“ (Harvard Business Review, 2022 str. 153-154). Ilustracija 9. prikazuje procijenjenu godišnju potrošnju energije Bitcoin mreže od 2017. do 2024. godine, izraženu u teravat-satima (TWh) Graf pokazuje značajan porast potrošnje energije tijekom 2021. i 2022. godine, nakon čega slijedi pad, što može ukazivati na napore unutar industrije da se rudarenje učini energetske učinkovitijim.



**Ilustracija 10.** Procijenjena godišnja potrošnja energije Bitcoin mreže od 2017. do 2024. godine, izraženu u TWh (teravat-satima)

Izvor: Digieconomics

Kako bi se izbjeglo korištenje ogromnih količina električne energije rudari kriptovaluta pa čak i njihovi osnivači traže alternativna rješenja. Harvard Business Review navodi kao jedno od rješenja zeleno energetske blockchain rudarenje u kojem organizacije koriste isključive obnovljive izvore energije. Postoje predviđanja da bi blockchainovi mogli ponuditi bolje nagrade onima koji koriste zelene oblike energije (2022). Tako je Ethereum prešao sa energetske neučinkovitom rješavanju kriptografskih problema na energetske učinkovitiji sustav zvan Proof Of Stake u kojem validatori umjesto rudara deponiraju ulog u zamjenu da dodaju blokove na blockchain.

„Jedan od razloga zašto bi kriptovalute mogle imati svijetlu budućnost je taj zato što se upotreba gotovine sve više smanjuje, dok mnoge tvrtke počinju zaobilaziti banke kao posrednike u transakcijama. Blockchain tehnologija nudi jedinstvenu prednost kao digitalna valuta, pružajući potpunu i samostalnu alternativu tradicionalnim platnim sustavima, slično kao da svi korisnici bitcoina koriste jednu zajedničku banku.“ (Harvard Business Review, 2022, str. 82)

Unatoč mogućnosti iskorištavanja kriptovaluta u svrhu ilegalnih aktivnosti zbog njihove anonimnije prirode, budući da kriptovalute ne ovise o središnjim vlastima ili bankama, smanjuje se rizik od korupcije. Autor Ammous navodi da u decentraliziranom sustavu, moć nije koncentrirana u rukama jednog entiteta, pa je teže manipulirati sustav u nečiju korist (2020). Transakcije su vidljive svima i potvrđuju ih mnogi sudionici, što povećava sigurnost i smanjuje mogućnost zloupotrebe. Također nude posebne sigurnosne opcije, poput izrade sigurnosnih kopija digitalne imovine, što nije moguće s tradicionalnim oblicima imovine poput gotovine ili zlata .

Još jedna od mogućnosti je to da bi kriptovalute zbog svoje više razine sigurnosti transakcija mogle postati sigurnija alternativa za razliku od nekih tradicionalnih načina plaćanja koja prenose privatne identifikatore poput brojeva kartica, što može dovesti do zloupotrebe i krađe identiteta. "Bitcoin transakcije autoriziraju samo određeni iznos za određenog primatelja i ne mogu se falsificirati ili mijenjati. Ne otkrivaju nikakve privatne informacije, poput identiteta strana, i ne mogu se koristiti za autorizaciju dodatnih plaćanja. Stoga, bitcoin mreža ne mora biti enkriptirana ili zaštićena od prisluškivanja" (Antonopoulos, 2017, str. 236).

Iako kriptovalute donose brojne inovacije, poput mogućnosti zamjene tradicionalnih načina plaćanja i olakšavanja transakcija bez posrednika, njihova budućnost nije bez izazova. Neke zemlje, poput Kine, već su odlučile u potpunosti zabraniti ili strogo regulirati upotrebu kriptovaluta. Osim toga, kriptovalute se suočavaju s pitanjima visoke volatilnosti, sigurnosnim rizicima i ekološkim izazovima, što će zahtijevati daljnje prilagodbe i rješenja. Dok

kriptovalute imaju velik potencijal, njihov uspjeh u budućnosti ovisit će o tome koliko će blockchain tehnologija uspjeti odgovoriti na ove izazove i postići širu prihvaćenost u društvu.

## 4. Mjerenje rizičnosti povrata ulaganja u kriptovalute

Ovaj dio diplomskog rada bavi se izračunom pokazatelja rizika i volatilnosti odabranih kriptovaluta u odnosu na S&P 500 indeks. S&P 500 je burzovni indeks koji prati performanse 500 najvećih javnih poduzeća koja kotiraju na burzama u Sjedinjenim Američkim Državama. Indeks uključuje 500 tvrtki odabranih na temelju tržišne kapitalizacije, likvidnosti, zastupljenosti i ostalih ključnih financijskih pokazatelja. Neki od najpoznatijih primjera su: Apple, Microsoft, Amazon i Google.

Analiza je provedena na tjednoj frekvenciji u razdoblju od 01.01.2019. do 01.01.2024., koristeći različite pokazatelje volatilnosti i rizika, kao što su standardna devijacija, varijanca, kovarijanca, beta i korelacija. U istraživanje su uključene sljedeće kriptovalute: Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), XRP i Litecoin (LTC). Izračuni su provedeni u Excelu koristeći podatke preuzete sa Yahoo Finance. Standardna devijacija indeksa S&P 500 je konstantna za sve promatrane kriptovalute i iznosi 0.027772. Ova vrijednost predstavlja mjeru volatilnosti tržišta dionica. Koristeći ovu vrijednost, možemo analizirati volatilnost pojedinih kriptovaluta u odnosu na volatilnost tržišta.

Tjedni prinosi izračunati su kao postotna promjena cijene zatvaranja od jednog tjedna do drugog. Varijanca i standardna devijacija izračunate su funkcijama =VAR.P i =STDEV.P. Korelacija je izračunata pomoću funkcije =CORREL, dok je kovarijanca izračunata funkcijom =COVARIANCE.P.

Beta koeficijent izračunat je kao omjer kovarijance kriptovalute i indeksa te varijance indeksa. Minimalna i maksimalna vrijednost izračunate su pomoću funkcija =MIN i =MAX, dok su prosjek i nagib (*skewness*) izračunati funkcijama =AVERAGE i =SKEW. Broj opservacija iznosi 260, a izračunat je funkcijom =COUNT. Slika 10. tablice napravljene u Excelu, ispod prikazuje ključne statističke pokazatelje izračunate za svaku kriptovalutu, u usporedbi s indeksom S&P 500.

	A	B	C	D	E	F
1	Naziv Kriptovalute	Bitcoin USD (BTC-USD)	Ethereum USD (ETH-USD)	BNB USD (BNB-USD)	XRP USD (XRP-USD)	Litecoin USD (LTC-USD)
2	KORELACIJA	0.249305	0.291021	0.207690	0.177504	0.250372
3	Standardna devijacija	0.094745	0.117044	0.143683	0.147439	0.121644
4	Standardna devijacija (indeks)	0.027772	0.027772	0.027772	0.027772	0.027772
5	Varijanca	0.008977	0.013699	0.020645	0.021738	0.014797
6	Kovarijanca	0.000656	0.000946	0.000829	0.000727	0.000846
7	Beta	0.850515	1.226501	1.074519	0.942357	1.096663
8	Min	-36.71%	-45.24%	-43.36%	-52.03%	-34.70%
9	Max	37.75%	43.88%	106.46%	115.04%	47.49%
10	Prosjek	1.37%	1.74%	2.42%	1.17%	1.01%
11	Nagib (skewness)	0.266457	0.196467	2.121363	2.392133	0.090611
12	Br.opervacija	260	260	260	260	260

**Ilustracija 11.** Izračun pokazatelja volatilnosti i rizika odabranih kriptovaluta u odnosu na S&P 500 indeks

Izvor: Izrada autora

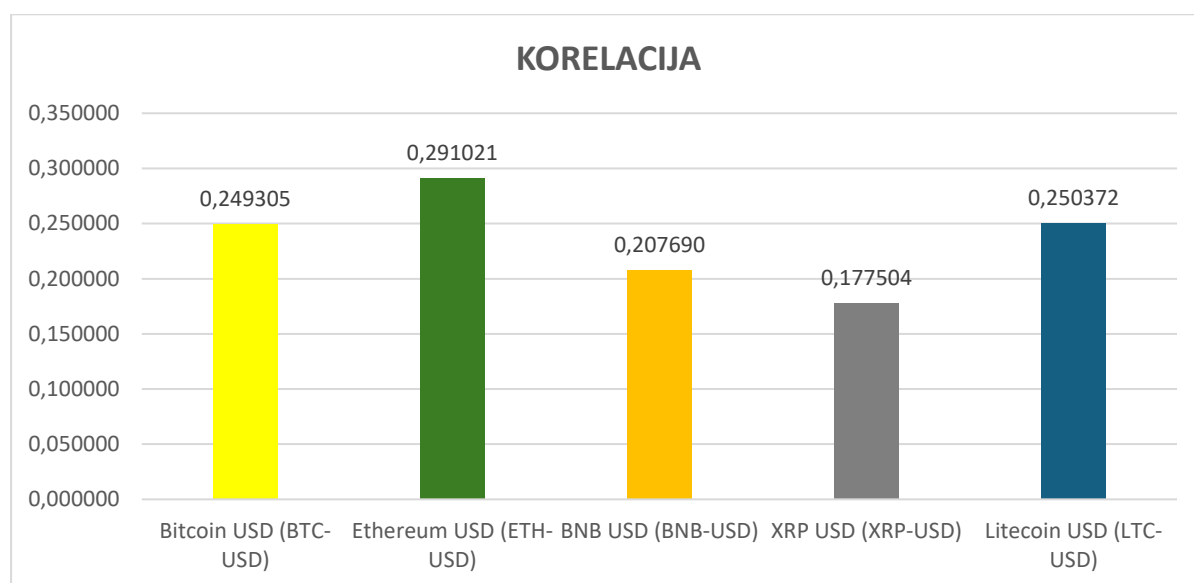


## 4.1. Izračun pokazatelja volatilnosti kriptovaluta

### Korelacija i kovarijanca

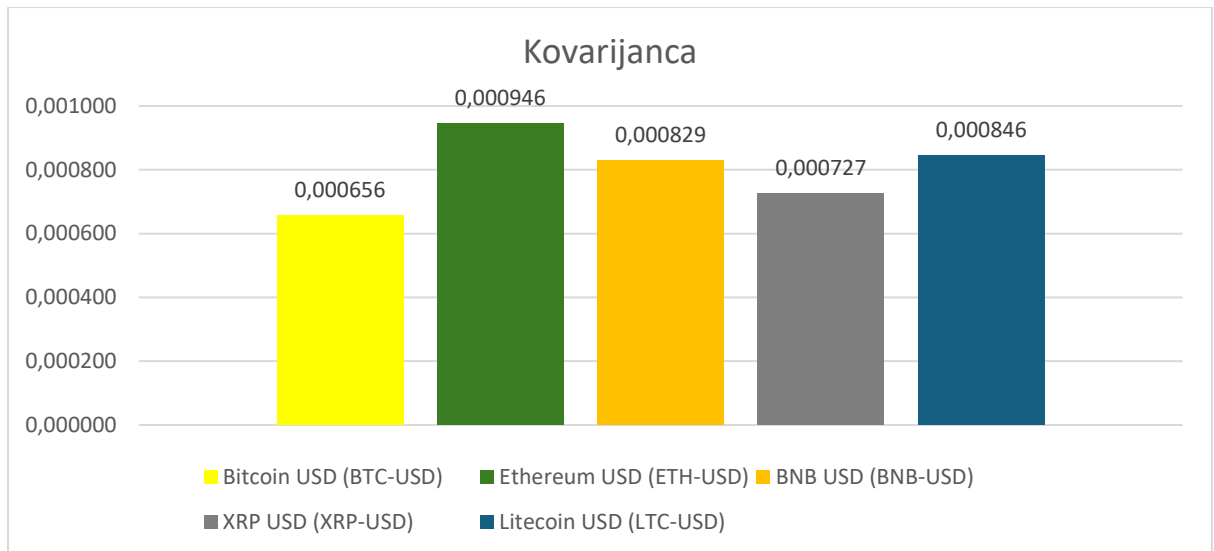
Izračunom korelacije i kovarijanca možemo prikazati stupanj povezanosti između kriptovaluta i S&P 500 indeksa, što je od velike važnosti za investitore koji žele razumjeti rizike i prednosti diverzifikacije svojih portfelja. Ove mjere također otkrivaju koliko su kriptovalute međusobno povezane, što može imati značajan utjecaj na strategije ulaganja i odluke o smanjenju rizika.

Istraživanje je pokazalo da kriptovalute Bitcoin, Ethereum, BNB, XRP i Litecoin imaju slabu do umjereno slabu povezanost sa tradicionalnim burzovnim indeksom S&P500. Ovi rezultati pružaju uvid u to kako kriptovalute reagiraju na promjene u tradicionalnom financijskom okruženju, te koliko su povezane s kretanjima cijena na širem tržištu.



**Grafikon 1.** Prikaz izračuna korelacija kriptovaluta u odnosu na S&P500 indeks u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024

Izvor: Izrada autora (Excel)



**Grafikon 2.** Prikaz izračuna kovarijanca kriptovaluta u odnosu na S&P500 indeks u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024

Izvor: Izrada autora (Excel)

Bitcoin (BTC) pokazuje slabu pozitivnu korelaciju sa S&P 500 indeksom od 0,249, uz kovarijancu od 0,000656. Ovi brojevi upućuju na to da cijena Bitcoina ima tendenciju pratiti promjene u S&P 500, iako u ograničenoj mjeri. Ova niska povezanost može se povezati s time što je Bitcoin, kao prva i najpoznatija kriptovaluta, privukao interes investitora koji također prate kretanja na tradicionalnim tržištima. Ipak, volatilnost i specifične karakteristike tržišta kriptovaluta često odvede cijenu Bitcoina u drugačijem smjeru od kretanja tradicionalnog tržišta.

Ethereum (ETH) pokazuje nešto veću pozitivnu korelaciju od Bitcoina, s vrijednošću od 0,291 i kovarijancu od 0,000946. Ova slaba do umjerena povezanost s S&P 500 može se povezati sa primjenom Ethereuma u decentraliziranim aplikacijama i pametnim ugovorima, što privlači širu bazu investitora, uključujući one koji prate kretanja na tradicionalnim tržištima, međutim Ethereum kao i Bitcoin ima relativno slabu povezanost sa S&P 500 indeksom.

BNB, kao kriptovaluta najveće kriptomjenjačnice Binance, pokazuje nešto nižu korelaciju od 0,208 i kovarijancu od 0,000829. To znači da je BNB manje povezan s kretanjima S&P 500 indeksa u usporedbi s Bitcoinom i Ethereumom. Na cijenu BNB-a snažno utječu specifični čimbenici povezani s platformom Binance, kao i mnoga regulatorna pitanja, što može smanjivati njegovu povezanost s općim tržišnim trendovima.

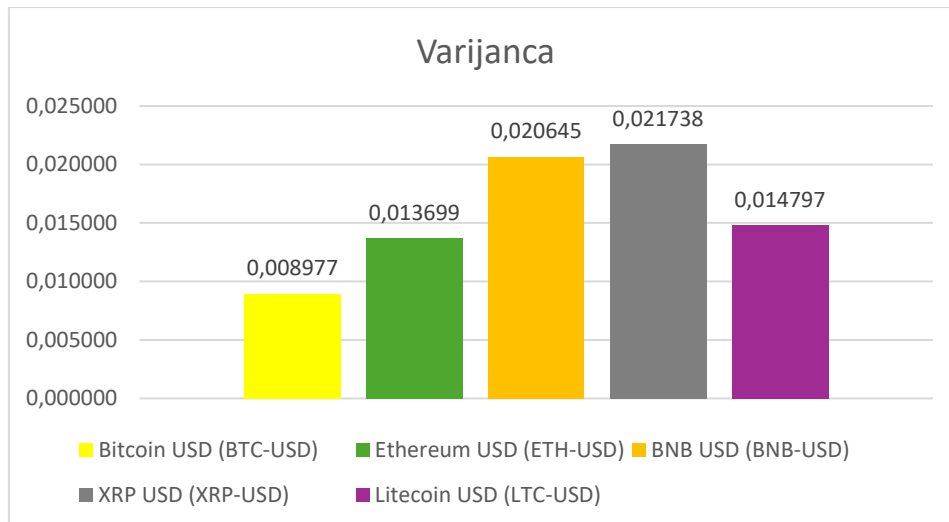
XRP pokazuje najnižu korelaciju među analiziranim kriptovalutama, s vrijednošću od 0,178 i kovarijancu od 0,000727. Ovo sugerira vrlo slabu povezanost s S&P 500 indeksom. XRP je usmjeren na brze međunarodne transakcije, a njegova cijena često reagira na regulatorne vijesti i specifična partnerstva, što dodatno smanjuje njegovu povezanost s tradicionalnim tržištima.

Litecoin (LTC) ima korelaciju od 0,250 i kovarijancu od 0,000846, što sugerira sličan obrazac povezanosti sa S&P 500 kao i Bitcoin. Zbog sličnosti s Bitcoinom u tehničkim karakteristikama, Litecoin često slijedi slične obrasce kretanja cijena i povezanosti s tržišnim trendovima.

Analiza korelacije i kovarijance između kriptovaluta i S&P 500 indeksa pokazuje slabu do umjereno slabu povezanost. Ethereum ima najjaču povezanost od promatranih kriptovaluta, dok XRP pokazuje najslabiju. Ovi rezultati sugeriraju da, iako su kriptovalute pod utjecajem globalnih tržišnih trendova, one zadržavaju značajnu razinu neovisnosti u kretanju svojih cijena, vođene specifičnim faktorima unutar kripto tržišta.

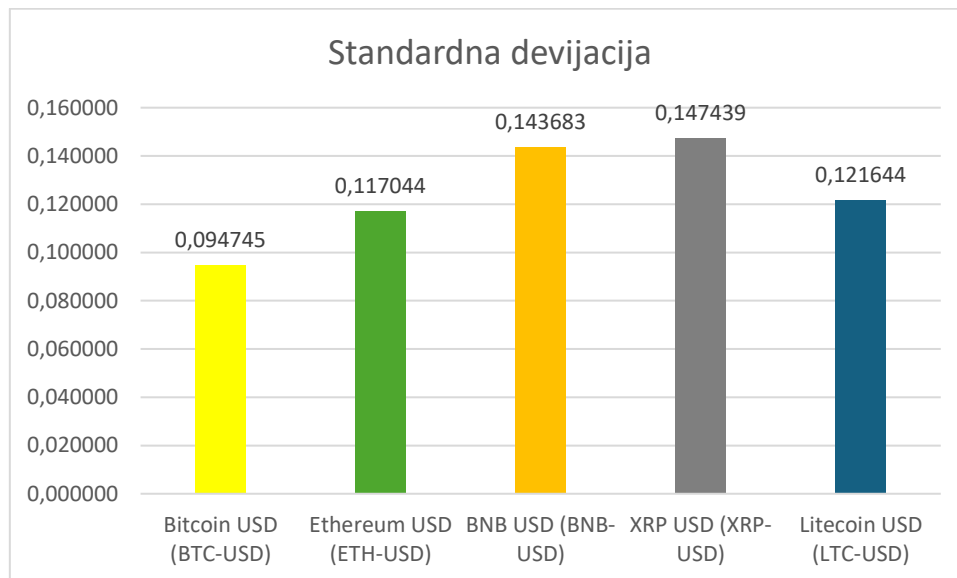
### **Varijanca i Standardna devijacija**

Ovaj dio istraživanja fokusiran je na analizi varijance i standardne devijacije odabranih kriptovaluta u usporedbi s tradicionalnim financijskim indeksom, S&P 500. Istraživanje obuhvaća izračune standardne devijacije i varijance za svaku kriptovalutu te usporedbu tih vrijednosti s kretanjem S&P 500 indeksa. Rezultati pružaju dublji uvid u oscilacije cijena kriptovaluta, omogućujući jasniju procjenu rizika i potencijala povezanih s ulaganjem u ovu vrstu imovine. Usporedba s tradicionalnim financijskim tržištima ističe kako volatilnost kriptovaluta utječe na njihove performanse, što je ključno za donošenje informiranih investicijskih odluka.



**Grafikon 3.** Prikaz izračuna varijance kriptovaluta u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024

Izvor: Izrada autora (Excel)



**Grafikon 4.** Prikaz izračuna standardne devijacije kriptovaluta u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024

Izvor: Izrada autora

Bitcoin (BTC) ima standardnu devijaciju od 0,0947, što je znatno više u odnosu na S&P 500 indeks, čija je standardna devijacija 0,027772. Ova razlika prikazuje da cijene Bitcoina pokazuju veće oscilacije u odnosu na stabilnije kretanje cijena unutar tradicionalnih financijskih tržišta.

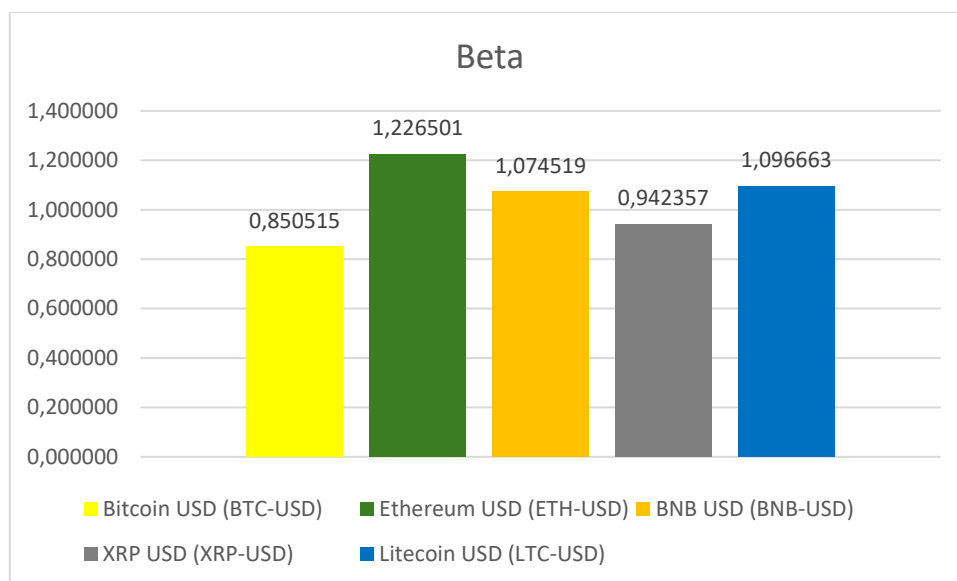
Ethereum (ETH) pokazuje još višu volatilnost, sa standardnom devijacijom od 0,1170, što ga čini osjetljivijim na promjene u odnosu na Bitcoin. Ova veća volatilnost može ukazivati na povećani rizik, ali i na veće mogućnosti za prinose.

Binance Coin (BNB) s vrijednošću standardne devijacije od 0,1437 i XRP sa 0,1474 pokazuju još veću volatilnost, naglašavajući koliko su cijene tih kriptovaluta osjetljive na promjene tržišnih uvjeta u usporedbi s indeksom S&P 500. Ove vrijednosti ukazuju na izrazito nestabilna kretanja cijena, što povećava rizik za investitore, ali istovremeno i potencijal za visoke prinose. Litecoin (LTC) ima standardnu devijaciju od 0,1216, što ga svrstava u sredinu po volatilnosti među promatranim kriptovalutama. Iako je volatilniji od S&P 500 indeksa, Litecoin pokazuje nižu razinu oscilacija u usporedbi s nekim drugim kriptovalutama poput BNB-a i XRP-a, pružajući određenu stabilnost unutar svijeta kriptovaluta.

Istraživanjem standardne devijacije i varijance otkrivaju se značajne razlike u volatilnosti među promatranim kriptovalutama. XRP i BNB pokazuju najvišu volatilnost i varijancu, što ih čini najrizičnijim, ali potencijalno najunosnijim opcijama za ulaganje. Bitcoin i Litecoin, iako volatilniji od S&P 500 indeksa, ističu se kao stabilnije investicije unutar svijeta kriptovaluta, privlačne investitorima koji preferiraju sigurnost i predvidljivost u usporedbi s drugim kriptovalutama. Ethereum zauzima srednju poziciju, nudeći balans između rizika i prinosa unutar kripto tržišta. Rezultati izračuna varijanci potvrđuju ove zaključke, dodatno naglašavajući veću osjetljivost kriptovaluta na tržišne promjene u usporedbi s tradicionalnim financijskim instrumentima.

### **Beta koeficijent**

Beta koeficijent mjeri osjetljivost cijena pojedine kriptovalute u odnosu na promjene u S&P 500 indeksu, pružajući uvid u to kako se određena kriptovaluta ponaša u usporedbi s tržištem u cjelini. U ovom istraživanju usporedbom beta koeficijenata, možemo procijeniti rizik pojedine kriptovalute u odnosu na šire tržišne indekse i razumjeti koliko su njihove cijene povezane s općim tržišnim kretanjima.



**Grafikon 5.** Izračuna beta koeficijenta kriptovaluta u odnosu na S&P500 indeks

Izvor: Izrada autora

### Bitcoin (BTC)

Beta koeficijent Bitcoina iznosi 0.850515. Ova vrijednost ukazuje na to da je Bitcoin manje osjetljiv na promjene u S&P 500 indeksu, iako njegova ukupna volatilnost može biti veća. Ako S&P 500 raste za 1%, očekuje se da će cijena Bitcoina porasti za 0.85%. Ovaj beta koeficijent sugerira da Bitcoin reagira manje intenzivno na tržišne promjene u usporedbi s S&P 500 indeksom, iako i dalje pokazuje visoku volatilnost specifičnu za kripto tržište.

### Ethereum (ETH)

Ethereum pokazuje beta koeficijent od 1.226501, što ukazuje na višu osjetljivost na promjene u S&P 500 indeksu. Ako indeks poraste za 1%, očekuje se da će cijena Ethereuma porasti za 1.23%. Viši beta koeficijent sugerira da Ethereum ima veću osjetljivost na tržišne promjene, što je također u skladu s njegovom višom standardnom devijacijom.

### Binance Coin (BNB)

Beta koeficijent BNB-a iznosi 1.074519, što ukazuje na veću osjetljivost na promjene u S&P 500 indeksu. Ova vrijednost znači da će se cijena BNB-a promijeniti za otprilike 1.07% za svaku promjenu od 1% u S&P 500 indeksu.

## XRP (XRP)

XRP pokazuje beta koeficijent od 0.942357, što znači da je njegova osjetljivost na promjene S&P 500 indeksa nešto niža, ali ne drastično. Ovaj beta koeficijent sugerira da će se cijena XRP-a mijenjati za oko 0.94% za svaku promjenu od 1% u S&P 500 indeksu.

## Litecoin (LTC)

Litecoin ima beta koeficijent od 1.096663, što ukazuje na višu osjetljivost na promjene u S&P 500 indeksu. Ako indeks poraste za 1%, očekuje se da će cijena Litecoina porasti za otprilike 1.10%.

Analiza izračuna beta koeficijenata pokazuje različite razine osjetljivosti promatranih kriptovaluta na tržišne promjene. Bitcoin se ističe kao manje osjetljiv na promjene u tržištu, dok Ethereum i BNB pokazuju veću osjetljivost. XRP, unatoč visokoj standardnoj devijaciji, ima umjerenu beta vrijednost. Litecoin se također ističe višom volatilnošću i beta vrijednošću, što ga čini osjetljivijim na promjene u tržištu u usporedbi s S&P 500 indeksom. Beta koeficijent, kao mjera sistemskog rizika, potvrđuje koliko su kriptovalute povezane s kretanjima šireg tržišta, odnosno S&P 500 indeksa. Dok standardna devijacija mjeri ukupnu volatilnost ili nesistematski rizik specifičan za pojedinu imovinu, beta pokazuje koliko cijene reagiraju na promjene na širem tržištu. Na primjer, Bitcoin, sa svojom nižom beta vrijednošću, manje je osjetljiv na promjene u S&P 500, ali njegova visoka standardna devijacija ukazuje na to da je podložan specifičnim rizicima kripto tržištu dok Ethereum uz to što ima veću standardnu devijaciju ima veću i betu u odnosu na S&P 500.

Naziv Kriptovalute / S&P 500 (AGSPC)	Bitcoin USD (BTC-USD)	Ethereum USD (ETH-USD)	BNB USD (BNB-USD)	XRP USD (XRP-USD)	Litecoin USD (LTC-USD)	S&P 500 (AGSPC)
Min	-36.71%	-45.24%	-43.36%	-52.03%	-34.70%	-13.12%
Max	37.75%	43.88%	106.46%	115.04%	47.49%	17.40%
Prosjek	1.37%	1.74%	2.42%	1.17%	1.01%	0.28%
Nagib (skewness)	0.2665	0.1965	2.1214	2.3921	0.0906	-0.0014

**Ilustracija 12.** Prikaz izračuna Minimalne, maksimalne vrijednosti, prosjeka i Skewness (nagiba)

Izvor: Izrada autora

### **Minimalna vrijednost**

Izračunom minimalnih vrijednosti možemo vidjeti da kriptovalute imaju veće tjedne padove u usporedbi sa S&P 500 indeksom. Sve kriptovalute pokazale su znatno veće negativne ekstreme u usporedbi sa S&P 500 indeksom. Bitcoin je pao na 5,014.48\$, što je smanjenje od -36.71%. U tjednu prije toga, Bitcoin je bio na 7,920.26\$. Ethereum je dosegnuo minimalnu vrijednost od 110.61\$ s padom od -45.24%, što znači da je u tjednu prije toga njegova vrijednost bila 201.99\$. Binance Coin je pao na \$9.39, što predstavlja pad od -43.36%, dok je tjedan prije iznosio 16.58\$. XRP je zabilježio najveći pad, dosegnuvši 0.25\$, što je smanjenje od -52.03% u odnosu na prethodnih 0.52\$. Litecoin je pao na 32.88\$, što je pad od -34.70% u odnosu na tjedan prije kada je iznosio 50.34\$. U usporedbi s tim, S&P 500 indeks imao je minimalnu vrijednost od 2,386.13\$, što predstavlja pad od -13.12% u odnosu na prethodnih 2,748.92\$. Ovi podaci pokazuju da su kriptovalute sklonije većim oscilacijama, što naglašava njihovu veću volatilnost.

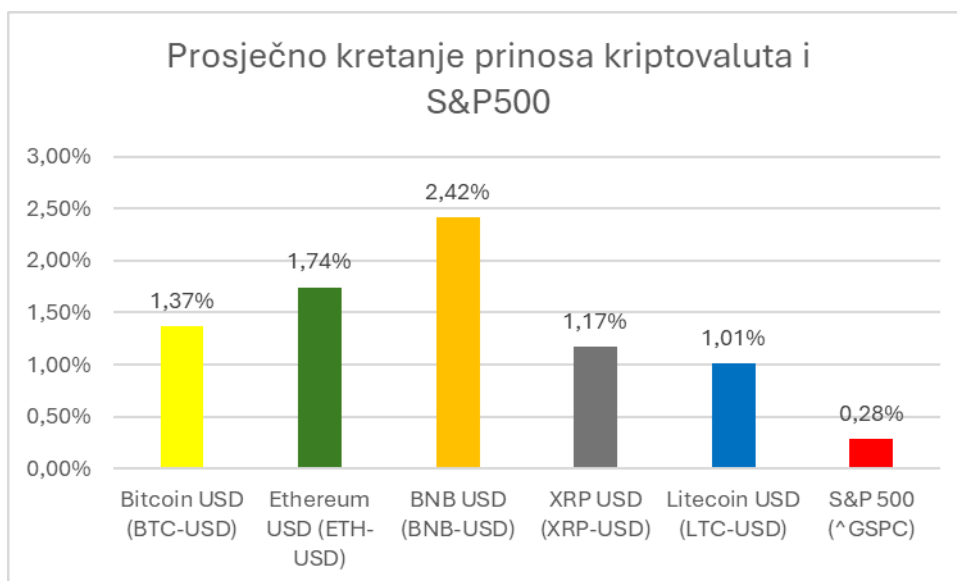
### **Maksimalna vrijednost**

Izračuni maksimalnih vrijednosti pokazuju da kriptovalute također mogu ostvariti veće pozitivne rezultate u usporedbi sa S&P 500 indeksom. Bitcoin je dosegao maksimalnu vrijednost od 67,566.83\$, što je rast od 37.75% u odnosu na prethodnih 49,073.68\$. Ethereum je dosegao 4,812.09\$, što predstavlja rast od 43.88% u odnosu na prethodnih 3,344.72\$. Binance Coin je skočio na 675.68\$, što je povećanje od 106.46% u usporedbi s prethodnih 327.18\$. XRP je ostvario rast na 1.28\$, što je povećanje od 115.04% u odnosu na prethodnih 0.59\$. Litecoin je porastao na 281.77\$, što predstavlja rast od 47.49% u odnosu na prethodnih 190.97\$. Usporedbe radi, S&P 500 indeks ostvario je maksimalnu vrijednost od 4,796.56\$, što je rast od 17.40% u odnosu na prethodnih 4,087.72\$. Ovi rezultati pokazuju da kriptovalute imaju veće prinose u odnosu na tradicionalna tržišta, no također ukazuju na njihovu značajnu nepredvidljivost.

### **Prosjek**

Izračunom usporedbe prosječnih prinosa kriptovaluta i S&P500 možemo vidjeti da je BNB ostvario najviši prosječni tjedni prinos od 2,42%, dok je S&P 500 ostvario prosječni tjedni prinos od 0,28%. Ostale kriptovalute su isto prikazale veće prinose od S&P 500. Ovaj rezultat potvrđuje da kriptovalute mogu donijeti veće prinose, ali uz veći rizik zbog njihovih oscilacija.





**Grafikon 6.** Usporedbe kretanja prinosa kriptovaluta i S&P500

Izvor: Izrada autora

### **(Skewness) nagib**

(Skewness) nagib mjeri asimetriju raspodjele prinosa. Pozitivna vrijednost nagiba ukazuje na veću učestalost visokih pozitivnih prinosa, dok negativna vrijednost nagiba ukazuje na veću učestalost visokih negativnih prinosa. U ovom izračunu vrijednosti Bitcoina, Etheruma, BNB-a i XRP-a imaju pozitivne vrijednosti nagiba, što ukazuje na veći broj pozitivnih ekstremnih prinosa. XRP i BNB imaju posebno visoke vrijednosti nagiba 2.3921 i 2.1214. S&P 500 indeks ima gotovo neutralan nagib (-0.0014), što ukazuje na simetričnu raspodjelu prinosa. Izračunom *skewness-a* (nagiba) potvrđuju se znatne oscilacije kod kriptovaluta.

Ovim izračunom, potvrđuje se da su kriptovalute imaju značajno veće oscilacije na tjednim frekvencijama od S&P 500 indeksa. Pozitivne vrijednosti nagiba kod kriptovaluta ukazuju na prisutnost visokih prinosa, ali također i na mogućnost naglih padova koji se mogu isčitati iz tjednih minimalnih vrijednosti gdje je XRP u jednom trenutku pa čak za -52,03%. Neutralan nagib S&P 500 indeksa sugerira stabilniju raspodjelu prinosa, što može biti privlačno onima koji traže sigurnija ulaganja.

### **Analiza matrice varijance – kovarijance**

Matrica varijance-kovarijance korištena je za detaljniju analizu zajedničkih kretanja cijena među promatranim kriptovalutama. Za izračun ove matrice u Excelu korištena je funkcija MMULT, koja omogućuje množenje dviju matrica, dok se transponiranje matrice povrata koristi za dobivanje konačnih vrijednosti varijance i kovarijance. Tablica prikazuje vrijednosti

varijance i kovarijance među odabranim kriptovalutama, pri čemu su varijance, označene žutom bojom i smještene su dijagonalno u tablici dok kovarijance, prikazuju stupanj zajedničkog kretanja cijena između dvije kriptovalute i nalaze se u preostalim poljima.

**Tablica 4** Matrica varijance-kovarijance

KRIPTOVALUTE	Bitcoin USD (BTC-USD)	Ethereum USD (ETH-USD)	BNB USD (BNB-USD)	XRP USD (XRP-USD)	Litecoin USD (LTC-USD)
Bitcoin USD (BTC-USD)	0.00916443	0.00896942	0.00804770	0.00625401	0.00847494
Ethereum USD (ETH-USD)	0.00896942	0.01400377	0.00993064	0.00955652	0.01116472
BNB USD (BNB-USD)	0.00804770	0.00993064	0.02123026	0.01063758	0.01029926
XRP USD (XRP-USD)	0.00625401	0.00955652	0.01063758	0.02187442	0.00957171
Litecoin USD (LTC-USD)	0.00847494	0.01116472	0.01029926	0.00957171	0.01489893

Izvor: Izrada autora

Iz tablice možemo primijetiti da Bitcoin i Ethereum imaju relativno visoku kovarijancu (0.00896942), što ukazuje na to da se njihove cijene često kreću u istom smjeru. Ova povezanost može biti povezana s njihovom zajedničkom ulogom kao najpoznatijih i najčešće korištenih kriptovaluta na tržištu. Visoka povezanost cijena potvrđena je i prethodnim analizama, poput korelacije i beta koeficijenta, što sugerira da su podložni sličnim tržišnim utjecajima.

Najveća kovarijanca u matrici primijećena je između BNB-a i XRP-a (0.02123026). Ova snažna povezanost cijena može se objasniti sličnim čimbenicima koji utječu na ove dvije kriptovalute, kao što su specifični uvjeti na tržištu i regulacijski pritisci. Takva visoka kovarijanca može značiti da uključivanje obje kriptovalute u portfelj ne bi značajno doprinijelo njegovoj diversifikaciji, s obzirom na to da njihove cijene reagiraju na slične čimbenike.

Litecoin, s druge strane, pokazuje značajnu povezanost s Bitcoinom (0.00847494) i Ethereumom (0.01116472), što odražava njegove tehničke sličnosti s Bitcoinom i njegovu ulogu na tržištu kriptovaluta koja je usko povezana s Ethereumom.

Ova analiza matrice varijance-kovarijance pruža nam dublji uvid u međusobne odnose cijena promatranih kriptovaluta. Visoka povezanost između Bitcoina i Ethereuma naglašava njihovu dominantnu ulogu na kripto tržištu, dok je povezanost BNB-a i XRP-a posebno značajna zbog njihove osjetljivosti na slične tržišne uvjete. Konačno, povezanost Litecoina s Bitcoinom i Ethereumom dodatno potvrđuje obrasce kretanja cijena koji su uočeni u prethodnim analizama.

Na temelju provedene analize volatilnosti kriptovaluta u usporedbi s S&P 500 burzovnim indeksom, mogu se izvesti nekoliko važnih zaključaka. Kriptovalute pokazuju znatno višu volatilnost u odnosu na S&P500 indeks. Ova visoka volatilnost znači da cijene kriptovaluta mogu značajno oscilirati u kratkom vremenskom periodu, što može omogućiti ostvarivanje velikih prinosa, ali također nosi i značajan rizik od gubitaka.

Unatoč rizicima, kriptovalute pružaju mogućnosti za ostvarivanje visokih prinosa, posebno za investitore koji su spremni preuzeti veći rizik i koji su u stanju pravovremeno reagirati na tržišne promjene. Visoki prinosi mogu biti posebno privlačni za investitore koji traže dinamične prilike za povećanje vrijednosti svojih ulaganja.

Analiza korelacije između kriptovaluta i S&P 500 burzovnog indeksa sugerira da kriptovalute mogu poslužiti kao alat za diversifikaciju portfelja. Iako su kriptovalute visoko volatilne, njihova slaba korelacija s tradicionalnim tržištima može pomoći u smanjenju ukupnog rizika portfelja, pod uvjetom da se koriste kao dio šire strategije ulaganja.

Investiranje u kriptovalute može biti atraktivno iz nekoliko razloga. Nude mogućnost visokih prinosa za investitore s visokim pragom tolerancije na rizik. Drugo, one mogu pružiti određeni stupanj diversifikacije portfelja, što je korisno u smanjenju ukupnog rizika ulaganja. Treba naglasiti da ulaganje u kriptovalute nosi sa sobom značajan rizik, osobito za neiskusne investitore ili one s nižim pragom tolerancije na gubitke. Također, kriptovalute su još uvijek relativno nova financijska imovina, s mnogim regulatornim i sigurnosnim izazovima koje treba razmotriti.

Iz ovih razloga, preporučuje se oprezan pristup investiranju u kriptovalute. Potencijalni investitori trebali bi razmotriti diverzifikaciju ulaganja, što uključuje ulaganje samo dijela kapitala u kriptovalute, te redovito praćenje tržišnih kretanja. Također, važno je biti svjestan da je tržište kriptovaluta još uvijek u fazi razvoja, što znači da se pravila igre mogu brzo mijenjati, uključujući regulatorne promjene i tehnološke inovacije.



**Ilustracija 13.** Prikaz performansi Bitcoina i S&P500 u razdoblju od 2019. i 2024. godine

Izvor: <https://app.santiment.net/s/b-jLOION>

Ilustracija grafikona prikazuje performanse S&P 500 i Bitcoina na tjednoj frekvenciji u razdoblju od pet godina u periodu između 2019. i 2024. godine. Na grafikonu su vidljive veće oscilacije Bitcoina u odnosu na S&P 500 indeks, što potvrđuje njegovu veću volatilnost. Dok S&P 500 pokazuje blagi stabilniji rast s manjim fluktuacijama, cijena Bitcoina prolazi kroz promjene s velikim skokovima i padovima. Također, može se primijetiti da Bitcoin povremeno prati kretanja S&P 500 indeksa, no ponekad odlazi u potpuno suprotnom smjeru. Ovo odstupanje potvrđuje rezultate istraživanja, koji pokazuju da Bitcoin ima blagu pozitivnu korelaciju sa S&P 500, ali znatno veću standardnu devijaciju, što dodatno ukazuje na njegovu razliku u odnosu na tradicionalna financijska tržišta.

## Zaključak

Ovaj diplomski rad analizirao je povezanost volatilnosti nekih od najznačajnijih kriptovaluta u usporedbi s tradicionalnim financijskim tržištem S&P 500 burzovnim indeksom. Istraživanje je pokazalo da, iako kriptovalute poput Bitcoina, Ethereum, Litecoina, BNB-a i XRP-a nude značajan potencijal za prinose, one također nose veći rizik zbog svoje izražene volatilnosti. Unutar kripto tržišta primjetne su razlike u oscilacijama: BNB i XRP su se pokazali najvolatilnijim, dok su Bitcoin, Ethereum i Litecoin, iako nestabilniji od S&P 500 indeksa zadržali relativno stabilnije kretanje cijena u odnosu na ostale kriptovalute.

Matrica varijance-kovarijance dodatno je naglasila međusobnu povezanost cijena među promatranim kriptovalutama. Prikazujući snažnu povezanost između BNB-a i XRP-a, ali i između Bitcoina, Litecoina i Ethereum. Ova povezanost prikazuje da su neke kriptovalute podložnije zajedničkim tržišnim utjecajima, što može utjecati na strategiju diverzifikacije prilikom ulaganja. Takva visoka međusobna povezanost smanjuje učinkovitost diversifikacije, što bi investitori trebali uzeti u obzir prilikom izrade svojih portfelja ako žele smanjiti izloženost riziku.

Unatoč identificiranim rizicima, kriptovalute su pogodne za one investitore koji su zainteresirani za veći rizik koji im može donijeti više prinose, što ih čini atraktivnima i jedinstvenima kao financijsko tržište za sebe. Kontinuirano dolazi do razvoja novih kriptovaluta, što dodatno povećava dinamiku tržišta i stvara prilike za inovativne strategije ulaganja. Međutim, to također znači da ulagači moraju biti stalno informirani i prilagodljivi kako bi iskoristili prednosti ovog brzorastućeg tržišta, uzimajući u obzir i mogućnost nepredviđenih promjena koje mogu značajno utjecati na vrijednost njihovih investicija.

Iako kriptovalute predstavljaju inovativan oblik financijske imovine s potencijalom za visoke prinose, njihov rizik koji je povezan sa visokom volatilnošću zahtijeva pažljivo razmatranje. Kriptovalute će vjerojatno igrati sve značajniju ulogu u budućnosti financijskih tržišta, međutim njihova budućnost je neizvjesna, što zahtijeva kontinuirano praćenje i prilagodbu strategija ulaganja. Uloga regulatornih tijela imati će ključnu ulogu u osiguravanju stabilnosti tržišta, jer se ona direktno odražava na volatilnost kriptovaluta i ponašanje potrošača.

Rezultati ove analize pokazuju da je upravljanje rizicima ključno za optimizaciju prinosa i smanjenje potencijalnih gubitaka. Investitorima se preporučuje oprez i temeljita priprema prije uključivanja kriptovaluta u svoje investicijske portfelje, a dugoročni uspjeh investitora na

tržištu kriptovaluta ovisiti će o sposobnosti prilagodbe brzim promjenama i iskorištavanju novih potencijalnih prilika.

## Bibliography

Američki SEC odobrio bitcoin ETF-ove. (2024). Dohvaćeno iz Financije.hr: <https://financije.hr/americki-sec-odobrio-bitcoin-etf-ove/>

Ammous, S. (2020.). Bitcoin standard. Mate d.o.o.

Arslanian, H., Donovan, R., Blumenfeld, M., i Zamore, A. (2021). El Salvador's law: a meaningful test for Bitcoin.

Antonopoulos, A. M. (2010). Mastering Bitcoin. O'Reilly Media, Inc.

Biljan-August, Pivac i Štambuk (2009). Uporaba statistike u ekonomiji. Rijeka: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci.

Buterin, V. (2014). Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized

Application Platform. Dohvaćeno iz <https://ethereum.org/en/whitepaper/>

Domagoj, S. (2017.). Osnove upravljanja rizicima u financijskim institucijama. Osijek: Ekonomski fakultet u Osijeku.

dr., H. A. (2021). El Salvador's law: a meaningful test for Bitcoin. pwc, 10.

European Parliament. (2023). New EU regulations aim to tackle risks of crypto-assets. [https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2022/4/story/20220324STO26154/20220324STO26154\\_hr.pdf](https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2022/4/story/20220324STO26154/20220324STO26154_hr.pdf)

Gregurek i Merkaš. (2016). Upravljanje poslovnim rizicima. Zagreb: Plejada Zagreb, Sveučilište Libertas.

HANFA. (n.d.). HANFA. Dohvaćeno iz <https://www.hanfa.hr/media/541j1abu/kriptotr%C5%BEi%C5%A1te-12-2021.pdf>

HANFA. (2023). Regulacija kriptovaluta u Hrvatskoj. Dostupno na: <https://www.hanfa.hr>

HNB. (2023). Sprečavanje pranja novca i kripto tržište. Dostupno na: <https://www.hnb.hr>

Harvard Business Review. (2022). Mate d.o.o Zagreb.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retrieved from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S. (2016.). Princeton University Press

Parlament, E. (2022). Kriptovalute: koji su rizici i kako zakonodavstvo EU-a može pomoći. Dohvaćeno iz <https://www.europarl.europa.eu/topics/hr/article/20220324STO26154/kriptovalute-koji-su-rizici-i-kako-zakonodavstvo-eu-a-moze-pomoci>

PwC, PwC Global Crypto Regulation Report (2023). PricewaterhouseCoopers LLP

Chaum, D. (1992). Achieving Electronic Privacy. *Scientific American*

Markowitz, H. M. (1959). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. New York: John Wiley & Sons

Coinbase (2024). What is market capitalization?,

Dohvaćeno: <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-is-market-cap>

Blockchain.com. (2024). USD Exchange Trade Volume. Dohvaćena: <https://www.blockchain.com/explorer/charts/trade-volume>



# Popis ilustracija

## Tablice

Tablica 1.	Ključne faze povijesti kriptovaluta	5
Tablica 2.	Usporedba principa rada dokaza o radu i dokaza o ulogu	10
Tablica 3.	Usporedba tradicionalnih oblika plaćanja i kriptovaluta	13
Tablica 4.	Matrica varijance-kovarijance	50

## Grafikoni

Grafikon 1.	Prikaz izračuna korelacija kriptovaluta u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024	41
Grafikon 2.	Prikaz izračuna kovarijance kriptovaluta u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024	42
Grafikon 3.	Prikaz izračuna varijance kriptovaluta u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024	44
Grafikon 4.	Prikaz izračuna standardne devijacije kriptovaluta u periodu od 01.01-2019 do 01.01-2024	44
Grafikon 5.	Izračun beta koeficijenta	46
Grafikon 6.	Usporedbe kretanja prinosa kripti i S&P500	49

## Ilustracije

Ilustracija 1.	Prikaz blokova unutar Blockchaina	2
Ilustracija 2.	Prikaz različitih vrsta i logotipa kriptovaluta	6
Ilustracija 3.	Koncept dokaza o radu	8
Ilustracija 4.	Prikaz emisije Bitcoina tijekom vremena na temelju geometrijski opadajuće stope izdavanja	9
Ilustracija 5.	Primjer prikaza povijesne volatilnosti i cijene Bitcoina	17
Ilustracija 6.	Primjer prikaza korelacije između Etherema i Bitcoina	23
Ilustracija 7.	Prikaz kretanja VIX indeksa u od siječnja 2020. do kolovoza 2024.	26
Ilustracija 8.	Prikaza volumena trgovanja Bitcoinom	28
Ilustracija 9.	Prikaz ukupne tržišnu kapitalizaciju kriptovaluta od 2014. do kolovoza 2024. godine	35
Ilustracija 10.	Procijenjena godišnja potrošnja energije Bitcoin mreže od 2017. do 2024. godine	36
Ilustracija 11.	Prikaz izračuna pokazatelja volatilnosti i rizika odabranih kriptovaluta u odnosu na S&P 500 indeks	40
Ilustracija 12.	Prikaz izračuna Minimalne, maksimalne vrijednosti, prosjeka i Skewness (nagiba)	47
Ilustracija 13.	Prikaz performansi Bitcoina i S&P500 u razdoblju od 2019. i 2024. godine	52