

**Univerzita Hradec Králové**  
**Fakulta informatiky a managementu**  
**Katedra ekonomie**

**Decentralizované finance**  
**(NFTs)**

Bakalářská práce

Autor: David Kletečka

Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: Ing. Jan Mačí, Ph.D.

Hradec Králové

duben 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 26.4.2023

David Kletečka

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Mačí, Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá tématem decentralizovaných financí se zaměřením na nezaměnitelné tokeny. Jejím cílem je pomocí analýzy a komparace zjistit nebo vyloučit nezávislost ceny nezaměnitelných tokenů (NFTs) na kryptoměnách. První část práce představuje historii, vývoj a souvislost kryptoměn s decentralizovaným finančnictvím (DeFi). Další část je věnována produktům a službám, které DeFi přináší se zaměřením na již zmíněné nezaměnitelné tokeny. V praktické části práce se analyzuje a porovnává nezávislost ceny těchto tokenů na cenách vybraných kryptoměn pomocí Pearsonova koeficientu. Výsledky ukázaly, že existuje mírná až vysoká pozitivní korelace mezi zvolenými zástupci analýzy. V závěru práce přináší náhled na budoucí trendy a vývoj trhu kryptoměn a nezaměnitelných tokenů.

Klíčová slova: decentralizované finance, nezaměnitelné tokeny, kryptoměny, Bitcoin, Ethereum, Bored Ape Yacht Club, CryptoPunks, Decentraland

# **Annotation**

## **Title**

### **Decentralized Finance (NFTs)**

This bachelor thesis deals with the topic of decentralized finance with a focus on non-fungible tokens. Its aim is to establish or exclude the independence of the price of non-fungible tokens (NFTs) on cryptocurrencies through analysis and comparison. The first part of the paper presents the history, development, and the connection of cryptocurrencies with decentralized finance (DeFi). The next part is devoted to the products and services that DeFi brings, focusing on the non-fungible tokens. The practical part of the thesis analyses and compares the price independence of these tokens with the prices of selected cryptocurrencies using the Pearson coefficient. The results showed that there is a moderate to high positive correlation between the chosen assets of the analysis. The paper concludes with a preview of future trends and developments in the cryptocurrency and non-fungible token market.

Keywords: Decentralized finance, non-fungible tokens, cryptocurrencies, Bitcoin, Ethereum, Bored Ape Yacht Club, CryptoPunks, Decentraland

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Kryptoměny a decentralizované finance.....	2
2.1	Charakteristika a vývoj kryptoměn .....	2
2.1.1	Blockchain .....	2
2.1.2	Těžba a validace kryptoměn .....	4
2.1.3	Bitcoin a Ethereum .....	5
2.2	Charakteristika a vývoj decentralizovaných financí .....	7
2.2.1	Chytré kontrakty.....	8
2.3	Produkty a služby decentralizovaných financí .....	9
2.3.1	Finanční burzy (DEXs).....	9
2.3.2	Pojištění .....	11
2.3.3	Finanční půjčky.....	12
2.3.4	Stablecoins .....	13
2.3.5	Nezaměnitelné tokeny (NFTs) .....	15
3	Analýza nezávislosti cen NFTs na kryptoměnách .....	17
3.1	Data a metodika práce .....	17
3.1.1	Bored Ape Yacht Club (BAYC).....	19
3.1.2	CryptoPunks (CP).....	20
3.1.3	Decentraland (DL) .....	22
3.2	Výsledky a vyhodnocení zjištěných dat .....	24
3.2.1	Ether a Bored Ape Yacht Club.....	26
3.2.2	Ether a CryptoPunks.....	28
3.2.3	Ether a Decentraland.....	30
3.2.4	Bitcoin a Bored Ape Yacht Club.....	33
3.2.5	Bitcoin a CryptoPunks .....	35

3.2.6	<i>Bitcoin a Decentraland</i> .....	37
3.3	<i>Shrnutí zjištěných výsledků</i> .....	39
4	<i>Závěr</i> .....	41
5	<i>Seznam použité literatury</i> .....	42

## Seznam obrázků

Obr. č. 1 – Pearsonův koeficient (Turney, 2022) .....	17
Obr. č. 2 – Vzorec pro Durbin-Watson (corporatefinanceinstitute.com) .....	18
Obr. č. 3 – Opice číslo #8817, #8624 a #9999 (boredapeyachtclub.com) .....	19
Obr. č. 4 – Vývoj průměrné ceny BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	20
Obr. č. 5 – Ukázka některých CryptoPunks (cryptopunks.app) .....	20
Obr. č. 6 – Vývoj průměrné ceny CP v USD (vlastní zpracování) .....	21
Obr. č. 7 – Genesis Plaza (Decentraland.org).....	22
Obr. č. 8 – Vývoj průměrné ceny DL v USD (vlastní zpracování) .....	23
Obr. č. 9 – Vývoj průměrné ceny ETH a BTC v USD (vlastní zpracování) .....	25
Obr. č. 10 – Vývoj cen ETH a BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	26
Obr. č. 11 – Lineární regresní přímka ETH a BAYC (statskingdom.com) .....	27
Obr. č. 12 – Vývoj cen ETH a BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	28
Obr. č. 13 – Lineární regresní přímka ETH a CP (statskingdom.com) .....	30
Obr. č. 14 – Vývoj cen ETH a BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	31
Obr. č. 15 – Lineární regresní přímka ETH a DL (statskingdom.com) .....	32
Obr. č. 16 – Vývoj průměrné ceny BTC a BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	33
Obr. č. 17 – Lineární regresní přímka BTC a BAYC (statskingdom.com) .....	34
Obr. č. 18 – Vývoj průměrné ceny BTC a BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	35
Obr. č. 19 – Lineární regresní přímka BTC a CP (statskingdom.com) .....	37
Obr. č. 20 – Vývoj průměrné ceny BTC a BAYC v USD (vlastní zpracování) .....	37
Obr. č. 21 – Lineární regresní přímka BTC a DL (statskingdom.com) .....	39
Obr. č. 22 – Vývoj průměrné ceny ETH a BTC v USD (vlastní zpracování) .....	40

## Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Základní charakteristiky popisné statistiky (vlastní zpracování) .....	25
Tab. č. 2 – Výsledky korelačních koeficientů a DW testů (vlastní zpracování) .....	40



# 1 Úvod

Od vytvoření Bitcoin, jehož původní myšlenka spočívala vytvořit decentralizovanou digitální měnu (Nakamoto, 2008), uběhlo už přes 10 let. Ovšem bitcoin a ostatní kryptoměny se spíše staly investičními aktivy, než že by se využívaly jako běžná platidla. (Rashid, Bakry a Al-Mohamad, 2022)

Dalším využitím kryptoměn je decentralizované uskladnění a přenos peněz, díky čemuž mohlo vzniknout několik nových finančních nástrojů s kolektivním názvem decentralizované finance (DeFi). Asi nejznámější a nejdiskutovanější položkou DeFi jsou nezaměnitelné tokeny (NFT) (Shariatmadari, 2021). NFT je digitální aktivum, které je uloženo v blockchainu, je jedinečné a neopakovatelné. To znamená, že každý NFT je jedinečný a nelze ho nahradit za jiný.

DeFi je forma finančního systému, který je nezávislý na tradičních bankovních institucích. Tato relativně nová technologie umožňuje lidem realizovat transakce, které jsou transparentní, protože jsou uloženy veřejně na blockchainu. Decentralizované v tomto případě znamená, že žádná autorita nemůže zakročit a tuto transakci zvrátit ani někomu zablokovat přístup k této síti, protože funguje na principu peer-to-peer. (Zetsche, Arner a Buckley, 2020)

Cílem této práce je pomocí analýzy a komparace zjistit nebo vyloučit závislost ceny nezaměnitelných tokenů (NFTs) na kryptoměnách. Nejprve jsou v práci popsány základní principy kryptoměn, blockchainu a DeFi. Dále se práce věnuje představení produktů a služeb dostupných v decentralizovaném finančnictví. Přesněji finančním burzám, pojištěním, finančním půjčkám, stablecoins a taky nezaměnitelným tokenům. Hlavním předmětem bude ovšem porovnání vybraných NFTs s jednotlivými kryptoměnami s důrazem na analýzu jejich ceny za poslední rok.

Výzkum v této oblasti je aktuální a důležitý, neboť DeFi může částečně změnit tradiční finanční systémy a ovlivnit celkovou ekonomiku. Tato práce se také snaží poskytnout relevantní informace a doporučení pro potenciální investory, kteří se chtějí více dozvědět o této oblasti.

## **2 Kryptoměny a decentralizované finance**

Pro pochopení předmětu decentralizovaných financí je nutné definovat pojem kryptoměny a jejich vlastnosti. DeFi je odvětví finančnictví, které se zaměřuje na použití blockchainu a smart kontraktů k poskytování finančních služeb bez nutnosti tradičních finančních institucí. To právě umožňuje například blockchain etherea, díky kterému uživatelé mohou provádět finanční transakce, půjčovat kryptoměny nebo třeba obchodovat. Dalším důvodem je poskytnutí decentralizovaného uskladnění a transparentního přenosu peněz.

### **2.1 Charakteristika a vývoj kryptoměn**

Kryptoměny jsou digitální nebo virtuální měny fungující na základě kryptografických systémů. Umožňují bezpečné online platby bez použití zprostředkovatelů třetích stran. Označení „krypto“ odkazuje na různé šifrovací algoritmy a šifrovací techniky, které chrání tyto položky, jako je šifrování eliptické křivky, privátní a veřejný klíč nebo hashovací funkce. (Frankenfield, 2023)

Kryptoměny lze těžit, nebo nakupovat na kryptoměnových burzách. Původní myšlenka využití kryptoměn na každodenní transakce byla velice upozaděna. Dokonce i ty populární, jako je Bitcoin, se téměř nepoužívaly pro maloobchodní transakce. Raketově rostoucí hodnota kryptoměn je učinila spíše populárními jako investiční aktiva nežli prostředkem směny. Avšak 7. září 2021 se Salvador stal první zemí na světě, která uznala Bitcoin jako zákonné platidlo, díky čemuž může celý svět sledovat tento experiment v reálném prostředí (Lopez a Livni, 2021).

#### **2.1.1 Blockchain**

Blockchain je decentralizovaný systém, který se skládá ze seznamu vzájemně propojených bloků. Každý blok v řetězci obsahuje velké množství dat o transakcích mezi jednotlivými uživateli, které jsou v něm uchovány. Díky tomu, že jsou informace v blockchainu nezměnitelné, se tento systém přirovnává k účetní knize. Bloky jsou propojeny pomocí matematické funkce hashování, která převádí informace libovolné délky na jedinečnou sérii 256bitových čísel. Tato funkce má dvě klíčové vlastnosti pro

použití kryptografických hashovacích funkcí – nelineární a asymetrickou výpočetní složitost (Lindman et al., 2017).

Nelineární vlastnost hashovací funkce zajišťuje, že i malá změna v původním textu se bude projevovat velkou změnou v hashi. Například pokud použijeme hashovací funkci SHA-256, kterou využívá blockchain bitcoinu, na slovo „block“ dostaneme hash: 496aca80e4d8f29fb8e8cd816c3afb48d3f103970b3a2ee1600c08ca67326dee. Pokud slovo upravíme na slovo „Block“, algoritmus nám vrátí hash v tomto tvaru: 211d0bb8cf4f5b5202c2a9b7996e483898644aa24714b1e10edd80a54ba4b560. *(k převodu využita webová stránka: <https://emn178.github.io/online-tools/sha256.html>)*

To znamená, že hash původního textu a hash změněného textu je naprosto odlišný, což umožňuje zachování integrity dat v blockchainu. Asymetrická vlastnost hashovací funkce zase zajišťuje, že není možné zpětně získat původní data. To znamená, že z hashe není možné zjistit, co bylo původním textem, což zaručuje důvěrnost dat uložených v blockchainu.

V rámci blockchainu se občas vyskytnou větve, ať už plánované nebo náhodné. K náhodnému rozvětvení blockchainu dochází v situaci, kdy dva nebo více těžařů vytěží nový blok v blockchainu téměř současně. V důsledku toho může dojít ke vzniku dvou (nebo více) paralelních verzí blockchainu, z nichž každý obsahuje různou historii transakcí. Tyto paralelní řetězce mohou být dočasně odděleny, dokud jedna z nich nepřeváží délkou ostatní. Bloky, které nejsou obsaženy v nejdelším řetězci, jsou poté sítí vyřazeny a jsou označovány jako „osiřelé bloky“ (Christidis, 2022).

Pokud se jedná o plánované rozdělení rozlišujeme „soft fork“ a „hard fork“ (Frankenfield, 2023). Soft fork je typ aktualizace blockchainu, která změní pravidla výpočtu a validace transakcí, ale zůstává zpětně kompatibilní s předchozími verzemi blockchainu. To znamená, že uzly používající novou verzi mohou dále spolupracovat s uzly používající starší verzi.

K hard forku dojde v případě, kdy dojde k provedení změny, která již není kompatibilní s původním systémem. Těžaři a uživatelé, kteří se neaktualizují na novou verzi, v níž proběhla změna, již nebudou schopni systém používat a bloky a transakce z pohledu nové verze budou považovány za neplatné. V případě, že všichni uživatelé

neaktualizují svůj systém na novější verzi alespoň jeden těžař zůstane na původní verzi, může blockchain stále pokračovat v těžbě a vytvářet nové bloky. Toto se nazývá permanentní rozvětvení. Asi nejznámějším hard forkem bude ten z roku 2017, kdy po oddělení z Bitcoinu blockchainu vznikl Bitcoin Cash (Frankenfield, 2022).

### **2.1.2 Těžba a validace kryptoměn**

Proof of Work (PoW) a Proof of Stake (PoS) jsou dva nejrozšířenější konsensuální mechanismy, které se používají pro ověření transakcí v blockchainu. Obě metody slouží k tomu, aby bylo dosaženo konsensu ohledně stavu sítě a zajištění integrity transakcí. PoW je starší z těchto dvou mechanismů a používá se od počátku existence Bitcoinu. PoS je na druhé straně novější a byl vytvořen jako alternativa k PoW (Sheikh, Azmathullah, Rizwan, 2018).

PoW je mechanismus, který využívá výpočetní výkon pro ověření transakcí a vytváření nových bloků v blockchainu. Tento proces je prováděn těžaři, kteří řeší složité matematické problémy, aby dokázali svou účast v procesu ověřování transakcí. Těžaři musí vynaložit velké množství výpočetního výkonu a energie, aby mohli dokončit tento proces. Když těžař dokončí ověřování transakcí a vytvoření nového bloku, je odměněn určitým množstvím kryptoměny. Celý tento proces je založen na tom, že ověření transakcí by mělo být náročné a aby se snížila pravděpodobnost podvodu nebo manipulace s daty.

Jedním z hlavních problémů PoW je obrovská spotřeba energie (Sheikh, Azmathullah, Rizwan, 2018). V současné době se odhaduje, že těžba Bitcoinu spotřebuje za rok zhruba stejně elektrické energie jako celé Filipíny tedy 92.54 TWh (Digiconomist, 2023). To způsobuje značné problémy s životním prostředím a může vést k dalším nežádoucím důsledkům, jako jsou například vysoké emise skleníkových plynů. Dalším problémem PoW je, že výpočetní výkon potřebný pro ověřování transakcí roste s rostoucí popularitou kryptoměn a jejich počtem uživatelů. To znamená, že těžba kryptoměn se stává stále náročnější a méně dostupnou pro běžné uživatele.

U Proof of Stake se nepoužívá výpočetní výkon, což znamená, že proces tvorby nových bloků je mnohem energeticky efektivnější (Digiconomist, 2023). Navíc je mnohem lepší pro životní prostředí, protože se vytváří mnohem méně emisí CO<sub>2</sub>. U PoS jsou těžaři nazýváni validátory, protože „uzamknou“ své kryptoměny k ověřování transakcí a vytváření nových bloků. Odměny jsou jim vypláceny na základě množství poskytnuté kryptoměny a taky času, jak dlouho je v síti uložena, od čehož se odvíjí výše odměny (Sheikh, Azmathullah, Rizwan, 2018).

Nicméně Proof of Stake také není bez chyb. Vzhledem k tomu, že odměny jsou založeny na množství vlastněné kryptoměny, existuje riziko centralizace, protože největší vlastníci kryptoměny budou mít nejvíce odměn. Navíc vlastnictví velkého množství kryptoměny může být pro některé uživatele finančně nákladné, což může vést k menší účasti v síti a tím i k menší decentralizaci (Sheikh, Azmathullah, Rizwan, 2018).

Další nevýhodou Proof of Stake je fakt, že se jedná o relativně nový konsensuální mechanismus a většina kryptoměn stále používá Proof of Work (Sheikh, Azmathullah, Rizwan, 2018). To znamená, že ještě poměrně nedostatečně prozkoumaný, což představuje riziko většího množství chyb v implementaci, což by mohlo vést k ztrátám finančních prostředků pro uživatele.

### **2.1.3 Bitcoin a Ethereum**

Bitcoin (BTC) je decentralizovaná digitální měna, která byla vytvořena v roce 2009 neznámou osobou nebo skupinou pod pseudonymem Satoshi Nakamoto (Nakamoto, 2008). Je to jeden z prvních známých příkladů kryptoměny a funguje na principu peer-to-peer sítě. To znamená, že celá síť stojí na jednotlivých uživateliích a transakce na ní jsou provedeny bez prostřednictví třetí strany, jako jsou banky nebo jiné finanční instituce, což je základem decentralizace. Bitcoin se řídí konsensuálním algoritmem PoW, který zajišťuje bezpečnost nejen transakcí, ale také i celého blockchainu. Blockchain zajišťuje transparentnost a neměnnost transakcí. Uživatelé mohou bitcoin používat k platbám za produkty, služby nebo jako investici. Bitcoin je jako každá jiná měna ovlivněna ekonomickými faktory, jako je poptávka a nabídka v makroekonomickém měřítku. Pro svět DeFi je důležitý hlavně proto, že byl v mnoha

ohledech jeho první celosvětovou aplikací. Protože splňuje většinu vlastností, které decentralizované finance vykazují, a to hlavně transparentnost, dostupnost a autonomii. (Auer et al., 2023).

Ethereum je decentralizovaná open-source, na blockchainu postavená, platforma, ve které se platí kryptoměnou Ether (ETH). Byla vytvořena v roce 2015 týmem kolem Vitalika Buterina, který se inspiroval Bitcoinem. Chtěl vytvořit platformu, která by komukoli nejen umožnila uchovávat hodnotu v podobě kryptoměny, ale i vytvářet decentralizované aplikace nebo chytré smlouvy (Buterin, 2014).

Ethereum původně používalo PoW konsensuální mechanismu, avšak od 15. září 2022 (Ethereum, 2022) funguje na Proof of Stake. Ethereum také umožňuje vytváření nových kryptoměn na své vrstvě, které se nazývají tokeny založených na standardu ERC-20. ERC (Ethereum request for comment) standard jsou specifikace, které popisují, jaké funkce a rozhraní by měly být implementovány pro jednotlivé tokeny, aby fungovaly v Ethereum ekosystému. Tento standard definuje základní rozhraní pro zaměnitelné tokeny na platformě Ethereum a umožňuje propojení různých projektů v rámci jeho ekosystému (Vogelsteller a Buterin, 2015). Standard ERC-721 naopak definuje non-fungible token (NFT). Nezaměnitelný token znamená, že je unikátní a nelze jej nahradit jiným stejné hodnoty. Každý jednotlivý token má unikátní identifikátor a může mít různé atributy, které jsou specifikovány tvůrcem. Například NFT může představovat digitální umělecké dílo, sběratelskou kartu nebo vlastnické právo k určitému fyzickému objektu (Entriiken et al., 2018).

Dalším důležitým prvkem Etherea jsou decentralizované aplikace (DApps). Jsou to aplikace, které běží na decentralizované síti. To znamená, že jsou nezávislé na centrálních serverech a jsou mnohem méně náchylné k útokům a výpadkům. DApps být použity pro mnoho různých účelů, například pro správu digitálního majetku, elektronické hlasování, platby a mnoho dalších.

V současné době existuje mnoho projektů, které využívají ethereovou technologii. Jedním z nejznámějších projektů jsou decentralizované finance. DeFi je ekosystém decentralizovaných finančních aplikací, které umožňují uživatelům obchodovat, půjčovat a investovat. DeFi na blockchainu Etherea využívá smart kontrakty a tokeny,

aby vytvářel nové finanční produkty a služby, jako jsou například burzy, zajištěné půjčky a stablecoiny.

## **2.2 Charakteristika a vývoj decentralizovaných financí**

Decentralizované finance (DeFi) je finanční infrastruktura založená na blockchainu. Pod tímto pojmem se obecně rozumí decentralizovaná finanční infrastruktura vytvořená na veřejných platformách prostřednictvím chytrých kontraktů, jakými je například Ethereum blockchain (Buterin, 2014). Ve své podstatě kopíruje stávající finanční služby transparentním a decentralizovaným způsobem. DeFi jsou založeny na otevřených protokolech a na nich vytvořených decentralizovaných aplikacích (DApps). Dohody jsou vynucovány kódem, transakce jsou prováděny bezpečným a ověřitelným způsobem a změny jejich stavu jsou transparentně uloženy v blockchainu. Tato architektura tedy může teoreticky vytvořit plně autonomní finanční systém s rovnými přístupovými právy a nevyžadující žádnou další instituci.

DeFi již nabízí širokou škálu aplikací. Ať už například takzvané stablecoiny, tedy tokeny nebo kryptoměny, které jsou vázané na kurz jiného světového platidla (nejčastěji amerického dolaru) popřípadě i na hodnotu komodit (zlata, stříbra, ...). Dalším využitím je obchod na decentralizovaných burzách, nabízení půjček nebo pojištění. Podle Schära (2021) jsou pro decentralizované finance charakteristickými prvky: dostupnost, transparentnost, automatizace, programovatelnost, efektivita a žádná cenzura.

### ***Cenzura a dostupnost***

Dostupnost: Pro přístup k těmto službám potřebujete pouze připojení k internetu a základní uživatelské schopnosti a dovednosti.

Žádná cenzura: Žádná centrální strana není schopna zvrátit pořadí transakcí a vypnout službu.

### ***Transparentnost a automatizace***

Automatizace: Uživatelé nemusí důvěřovat centrální straně, aby zajistili, že transakce jsou platné.

Transparentnost: Veřejné blockchainy jako Ethereum jsou zcela transparentní a kontrolovatelné.

### **Programovatelnost a efektivita**

Programovatelnost: Vývojáři mohou vytvářet a propojovat finanční služby za velmi nízké náklady

Efektivita: Otevřené finanční služby jsou poháněny kódem, nikoli lidmi, a jako takové s sebou nesou mnohem nižší náklady na zprostředkovatele, pokud vůbec.

#### **2.2.1 Chytré kontrakty**

Chytré kontrakty jsou jednou z klíčových inovací, které umožnily rozvoj blockchainu a jeho aplikací v praxi. Jedná se o programy, které jsou uloženy na blockchainu a jsou schopny automaticky provádět určité operace na základě splnění určitých podmínek. (Szabo, 1994)

Jsou to programy napsané v jazyce, který je srozumitelný pro blockchain. Tyto programy jsou na něm uloženy a jsou prováděny automaticky, když jsou splněny nadefinované podmínky. To může být například určitý časový limit, dosažení určitého počtu potvrzených transakcí nebo splnění určitých podmínek stanovených při vytvoření kontraktu.

Jednou z nejznámějších a nejrozšířenějších aplikací chytrých kontraktů je platforma Ethereum, která umožňuje jejich vytváření v jazyce Solidity. Tento jazyk je navržen tak, aby byl snadno srozumitelný pro programátory a zároveň byl dostatečně bezpečný pro provádění finančních operací (Solidity, 2023). Chytré kontrakty na Ethereum jsou prováděny na základě Ethereum Virtual Machine (EVM), která umožňuje spouštění kódu na blockchainu. Chytré kontrakty jsou napsány v programovacím jazyce, kterým může být Solidity, Serpent, Vyper nebo jiný jazyk. Fungují na bázi „If-Then“ podmínek, tedy pokud podmínka platí, tak se vykoná určitá akce.

Chytré kontrakty mají několik výhod oproti tradičním právním smlouvám. Jednou z hlavních výhod je, že jsou plně automatizované a nevyžadují žádnou lidskou intervenci. To znamená, že jsou mnohem rychlejší a efektivnější než tradiční právní smlouvy, které



vyžadují manuální ověření a schvalování (Christidis, 2016). Další výhodou chytrých kontraktů je, že jsou transparentní a nezvratné. Jakmile je chytrý kontrakt vytvořen a uložen na blockchainu, nelze ho změnit. To znamená, že všechny strany mají přístup k jeho obsahu a jsou si jisty, že bude dodržen. Díky automatickému vykonání není nutný prostředník, čímž se snižují náklady na vymáhání smluvních podmínek. Mohou být využity v mnoha oblastech, například v obchodu, finančnictví, logistice, zdravotnictví, veřejné správě a mnoha dalších.

Existuje však také několik nevýhod chytrých kontraktů. Tyto kontrakty mohou být náchylné k chybám a chybně napsané chytré kontrakty mohou vést až ke ztrátě prostředků. Další nevýhodou je, že je nutné mít technické znalosti pro vytvoření a jejich úpravu, což může být pro někoho překážkou. V neposlední řadě nejsou vhodné pro smlouvy, které mají velice složité podmínky pro uskutečnění. (Christidis, 2016)

## **2.3 Produkty a služby decentralizovaných financí**

Tato kapitola se zabývá produkty a službami decentralizovaných financí. Každý produkt nebo služba je popsána a taky je vysvětleno, jak fungují nebo jakým způsobem přispívají k rozvoji DeFi ekosystému.

### **2.3.1 Finanční burzy (DEXs)**

DeFi finanční burzy jsou decentralizované burzy, které umožňují uživatelům obchodovat s kryptoměnami a tokeny. Tyto burzy fungují na blockchainových protokolech, které umožňují uživatelům provádět transakce bez nutnosti důvěřovat třetím stranám tedy bankovním institucím.

Transakce se provádějí pomocí smart kontraktů. Používají k vytváření likvidity a k provedení obchodů mezi uživateli. Tyto kontrakty jsou vytvořeny tak, aby byly transparentní a bezpečné a zajišťovaly spravedlivé a efektivní obchodování. (Piñeiro et al., 2022)

Tyto burzy nabízejí řadu výhod pro uživatele. Jednou z hlavních výhod je decentralizace, která umožňuje uživatelům obchodovat s kryptoměnami a tokeny bez

nutnosti prostředníků. To znamená, že uživatelé nemusí důvěřovat třetím stranám, tedy mají větší autonomii a svobodu při provádění finančních transakcí.

Další výhodou DeFi finančních burz je anonymita. Uživatelé mohou provádět transakce bez nutnosti poskytovat osobní údaje a informace o svých finančních aktivitách. To zajišťuje větší soukromí a ochranu proti kybernetickým útokům a krádežím identity. Tradiční finanční instituce obvykle účtují vysoké poplatky za provádění finančních transakcí, zatímco DeFi finanční burzy nabízejí nižší náklady na transakce a často dokonce i možnost výdělku. (Schär, 2021)

Jednou z nejznámějších DeFi finančních burz je Uniswap, která umožňuje uživatelům obchodovat s různými kryptoměny. Uniswap je založen na konceptu tzv. automatického trhu (AMM), což znamená, že nevyužívá tradičního systému křížového obchodování mezi kupujícími a prodávajícími (Hayden, 2020). Místo toho Uniswap využívá smart kontraktů, které zajišťují automatické vyrovnání objemu obchodů. Uniswap také nabízí možnost poskytnutí likvidity do tzv. likvidity poolů, kde uživatelé mohou získat pasivní příjem, díky zastavení finančních prostředků.

Další DeFi finanční burzou je Sushiswap, která je založena na stejném konceptu AMM jako Uniswap. Sushiswap se však snaží odlišit tím, že nabízí větší možnosti výnosnosti pro uživatele, kteří poskytnou likviditu. (Sushiswap, 2020)

DeFi finanční burzy mají své výhody a nevýhody. Mezi hlavní výhody patří rychlost a snadná dostupnost. Protože jsou decentralizované, není nutné projít složitým a zdlouhavým procesem ověření identity, jako tomu je u tradičních finančních burz. Kromě toho často nabízejí nižší poplatky a bývají k dispozici 24 hodin denně a 7 dní v týdnu. Na druhou stranu však DeFi finanční burzy také přinášejí rizika. Jelikož jsou decentralizované, není zde žádná regulace a ochrana pro investory je omezená. DeFi finanční burzy jsou také zranitelné vůči kybernetickým útokům a chybám v kódu, které mohou vést k velkým ztrátám pro uživatele. (Zetsche, Arner a Buckley, 2020)

DeFi finanční burzy představují novou vlnu inovace v oblasti finančních služeb a nabízejí možnost decentralizovaného financování. Tento nový model může poskytnout větší svobodu a flexibilitu pro uživatele a otevřít dveře pro nové příležitosti a projekty.

Nicméně, jako každá nová technologie, DeFi finanční burzy mají svá rizika a není vhodné do nich investovat bez důkladného průzkumu a pochopení této oblasti. DeFi finanční burzy mohou být přitažlivou volbou pro ty, kteří hledají alternativu k tradičním finančním institucím. Nicméně, pro ty, kteří preferují stabilnější a regulované prostředí, mohou tradiční finanční burzy stále být vhodnější volbou. Záleží na individuálních preferencích a cílech investora. (Auer et al., 2023)

### **2.3.2 Pojištění**

Decentralizované pojištění postavené na smart kontraktech je nový a inovativní přístup k pojišťovnictví, který využívá blockchainovou technologii. Chytré smlouvy jsou využívány k uzavření a správě pojištění, pokud se naplní podmínky v nich smluvené.

DeFi pojišťovny mají několik funkcí v rámci DeFi ekosystému. První a nejdůležitější funkcí je ochrana uživatelů proti různým rizikům, která jsou spojena s investováním do DeFi projektů. Tyto rizika mohou zahrnovat chyby v kódu, kolapsy trhu nebo nečekané ztráty likvidity. Druhou funkcí je vytváření důvěry v rámci DeFi ekosystému. Uživatelé mohou mít více důvěry v projekty, které jsou pojištěny než v projekty, které nejsou. DeFi pojišťovny také pomáhají s dalším rozvojem DeFi ekosystému a podporují jeho další růst. V neposlední řadě, DeFi pojišťovny mohou pomoci uživatelům minimalizovat rizika a vytvářet lepší investiční prostředí. (Kshetri a Voas, 2021)

Existuje několik DeFi pojišťoven na trhu, které nabízejí různé typy pojištění a služeb. Etherisc je jedním z projektů, který se zaměřuje na decentralizované pojištění. Etherisc je platforma, která umožňuje uzavírat pojištění pomocí smart kontraktů na blockchainové síti Ethereum. Na této platformě mohou uživatelé vytvářet a nabízet pojištění, poskytovat a ověřovat údaje o pojistných událostech. (Etherisc, 2023)

Decentralizované pojištění má několik výhod oproti tradičnímu pojišťovnictví. Jednou z největších výhod je transparentnost. Díky smart kontraktům mohou uživatelé snadno ověřit, zda byla pojištěná událost splněna a zda bylo plnění pojištění provedeno. Další výhodou je efektivita a nízké náklady. Decentralizované pojištění nepotřebuje velký počet zaměstnanců, což snižuje náklady na administrativu a řízení pojištění.

Navíc mohou uživatelé sjednat pojištění přímo mezi sebou, což eliminuje potřebu pojišťovacích zprostředkovatelů a snižuje náklady na jejich provize.

Na druhé straně je tu i několik hrozeb. Jedním z hlavních rizik je nestabilita trhu. DeFi projekty jsou velice volatilní. To se může promítnout do ceny pojištění, která následně nebude výhodná ani pro jednu stranu. Dalším rizikem je bezpečnost DeFi projektů. DeFi projekty jsou často cílem hackerů a útočníků, kteří se snaží získat přístup k finančním prostředkům uvnitř projektů (Lindman et al., 2017). To může mít dopad na pojištění, protože v případě útoku může dojít k velkým škodám. V neposlední řadě může být velkou hrozbou zákonná regulace. Ta může mít dopad na fungování DeFi pojišťoven a může také vést k vyšším nákladům, menšímu zisku nebo dokonce k jejich zániku.

### ***2.3.3 Finanční půjčky***

V poslední době se DeFi půjčování stalo velmi populárním, protože nabízí vysokou míru transparentnosti, nízké poplatky a rychlé zpracování. To všechno hlavně díky blockchainu, smart kontraktům a decentralizaci. (Xu a Vadgama, 2022)

Pro zajištění půjček v DeFi prostředí se vyvinuly různé mechanismy. Jedním z nich je systém zajištění založený na kolaterálu. Uživatelé vloží kryptoměnu jako zálohu a poté mohou získat půjčku v jiné kryptoměně. Pokud se cena záložní kryptoměny sníží pod určitou úroveň, musí uživatel přidat další zálohu, aby udržel svou půjčku. Tento systém zajištění pomáhá minimalizovat rizika pro všechny zúčastněné strany.

Dalším způsobem, jak minimalizovat rizika v DeFi půjčování, je využití tzv. flash půjček. Flash půjčky jsou velmi rychlé a automatické půjčky, které se provádějí během několika sekund. Tento systém je velmi užitečný pro spekulanty, kteří mohou rychle získat půjčky a využít je ke spekulaci na trzích. (Chainlink, 2023)

Jedním z největších projektů v oblasti DeFi půjčování je platforma MakerDAO. MakerDAO umožňuje uživatelům uzavřít půjčky v kryptoměně Dai, která je navázána na hodnotu amerického dolaru. Uživatelé musí vložit kryptoměnu Ether jako zálohu a poté mohou získat půjčku v Dai. Úroková sazba je stanovena na základě nabídky a

poptávky a je nastavena tak, aby udržovala hodnotu Dai blízko hodnotě dolaru. (MakerDAO, 2022)

Další populární platformou pro DeFi půjčování je Aave. Aave umožňuje uživatelům půjčovat a půjčovat kryptoměny a tokeny. Uživatelé si mohou vybrat z široké nabídky kryptoměn a tokenů a mohou získat půjčku s nízkými úrokovými sazbami. Aave také nabízí vylepšené funkce, jako je možnost změny úrokových sazeb a zajištění půjček. (Aave, 2023)

DeFi půjčování nabízí uživatelům mnoho výhod oproti tradičním bankovním půjčkám. Výhodou je, že neexistuje žádná nutnost poskytnout osobní informace. To znamená, že uživatelé si mohou udržet svou anonymitu a ochranu soukromí. Další výhodou je nízká úroková sazba a rychlé zpracování půjček. To umožňuje uživatelům rychle získat potřebné finanční prostředky bez zbytečného čekání.

Nicméně, existuje také několik rizik spojených s DeFi půjčováním. Největším rizikem je volatilita kryptoměn a možnost vysokých ztrát. Pokud cena kryptoměn prudce klesne, může to vést ke ztrátě hodnoty zálohy a nutnosti přidat další zálohu. Dalším rizikem je technické riziko a možnost útoků hackerů. Když uživatelé ukládají své kryptoměny na DeFi platformy, musí být velmi opatrní a zabezpečit své účty tak, aby se vyhnuli krádežím.

### **2.3.4 Stablecoins**

Stablecoins jsou digitální měny, které mají udržovat stabilní hodnotu vůči jiným aktivům, jako jsou fiatové měny, zlato nebo další kryptoměny. Tyto měny mají potenciál pomoci vytvořit stabilní a spolehlivý finanční systém, který by byl přístupný pro každého na celém světě.

Stablecoiny jsou typem kryptoměny, který se snaží udržovat stabilní hodnotu vůči jinému aktivu. To se často děje pomocí tzv. „pegování“ – to znamená, že stablecoin je napojen na určitou hodnotu, která je pevně stanovená a udržována. Například stablecoin napojený na americký dolar bude mít hodnotu jednoho dolaru, zatímco stablecoin držící hodnotu zlata odpovídá aktuální ceně zlata.

Toto pegování se obvykle provádí pomocí tzv. smart kontraktů – tyto kontrakty jsou naprogramovány tak, aby se automaticky upravovaly podle aktuálního kurzu. Pokud cena klesne pod určitou úroveň, mohou být smart kontrakty naprogramovány tak, aby vypustily další nové tokeny, čímž se zvýší nabídka a cena se vrátí na požadovanou úroveň. (Piñeiro et al., 2022)

Existuje několik různých typů stablecoinů, které se liší podle toho, na co jsou napojeny a jaký mechanismus používají pro udržení stability. Některé z nejpobulárnějších typů stablecoinů jsou:

USD-pegované stablecoiny jsou napojeny na americký dolar a mají hodnotu jednoho dolaru. Mezi nejpobulárnější patří Tether (USDT), USD Coin (USDC) a TrueUSD (TUSD).

Krypto-pegované stablecoiny jsou vázány na jiné kryptoměny, jako je například bitcoin nebo ether. Mezi nejpobulárnější patří Dai a BitUSD.

Komoditní pegované stablecoiny: Tyto stablecoiny jsou napojeny na fyzické komodity, jako je zlato nebo stříbro. Mezi nejpobulárnější patří Digix Gold (DGX) a Silver Token (SLVR).

Stablecoiny mají několik předností oproti tradičním kryptoměnám, které mohou pomoci posílit důvěru v digitální měny a vytvořit stabilnější a spolehlivější finanční systém. Za největší výhodu se dá považovat stabilní hodnota vůči jiným aktivům, což může být atraktivní pro investory, kteří se obávají výkyvů trhu. Díky stabilní hodnotě a snadnému převodu na jiné měny mohou být používány jako prostředek pro platby, což může být užitečné pro lidi, kteří žijí v zemích s nestabilními měnami. Další výhodou je jejich globální dostupnost. Jsou k dispozici pro každého na celém světě, bez ohledu na to, kde se nachází. To může usnadnit mezinárodní platby a zlepšit přístup k finančním službám pro lidi v rozvojových zemích. V neposlední řadě mohou být použity jako způsob diverzifikace portfolia, protože umožňují investovat do různých aktiv bez nutnosti převádět peníze mezi různými měnami. (Duan a Urquhart, 2023)

### **2.3.5 Nezaměnitelné tokeny (NFTs)**

Nezaměnitelné tokeny (NFTs) jsou digitální aktiva, která umožňují vlastnit jedinečné digitální objekty, jako jsou umělecká díla, záznamy nebo dokonce virtuální pozemky. Tyto tokeny jsou založeny na speciálních smart kontraktech, které jsou uloženy na blockchainu. (Nadini et al., 2021)

Historie NFTs sahá až do roku 2012, kdy byl vytvořen projekt Colored Coins (Assia et al., 2012). Tento projekt umožňoval uživatelům vytvářet vlastní tokeny, které mohly být použity jako digitální aktiva, například pro vlastnictví pozemků. V roce 2014 vznikla platforma Counterparty, která umožňovala tvorbu vlastních tokenů na blockchainu Bitcoin. Tato platforma se stala populární zejména v oblasti virtuálního sběratelství a obchodování s karetními hrami. Nicméně největší technický průlom NFTs nastal až v roce 2018 s implementací standardu ERC-721 na Ethereum.

První významnou aplikací NFTs byla hra CryptoKitties, ve které uživatelé mohli sbírat a obchodovat s virtuálními kočičkami v roce 2017. NFTs se staly oblíbeným nástrojem v uměleckém světě, zejména v oblasti digitálního umění. Díky NFTs mohou umělci prodat svá díla jako jedinečná a neopakovatelná digitální aktiva, což přináší nové možnosti financování a větší kontrolu nad prodejem a distribucí děl. V březnu 2021 se konala aukce digitálního umění umělce Beeple, jehož dílo bylo prodáno za více než 69 milionů dolarů (Reyburn, 2021).

Klíčovým faktorem v úspěchu NFTs je snadná a intuitivní uživatelská rozhraní, která umožňují jejich prodej a nákup. Mnoho tržišť NFTs, jako například OpenSea nebo Nifty Gateway, nabízí uživatelské rozhraní podobné běžným e-shopům, což umožňuje jednoduchou a pohodlnou koupi a prodej. NFTs přinášejí zcela nové možnosti pro využití blockchainové technologie v různých oblastech.

Umělecké NFTs jsou pravděpodobně nejznámějším typem NFT. Jsou to digitální umělecká díla, která jsou jedinečná a nelze je reprodukovat. Obvykle jsou vytvořeny umělci, kteří chtějí prodávat své práce způsobem, který je bezpečný, transparentní a ještě s možností provize z případného sekundárního prodeje díky tzv. „royalties“ (Burks et al., 2020).

Herní NFTs jsou digitální aktiva, která se používají v hrách. Mohou sloužit k zobrazení položek, postav nebo dokonce celých herních světů. Gaming NFTs se často používají k vytvoření nedostatku v rámci hry, což může zvýšit hodnotu určitých položek.

Sběratelské NFTs jsou digitální aktiva, která jsou navržena k tomu, aby se sbírala. Mohou to být cokoli od virtuálních obchodních karet po vzácné digitální položky. Často se používají v hrách, ale mohou se také použít jako způsob inzerce a prodeje pro fanoušky a sběratele.

NFTs zastupující hmotné nemovité věci. Mohou to být reálné budovy, pozemky, byty nebo dokonce virtuální nemovitosti v digitálních světech. Umožňují investorům nakupovat a prodávat nemovitosti bez nutnosti fyzického převodu vlastnictví.

Hudební NFTs umožňují hudebníkům a producentům prodávat svou hudbu jako unikátní digitální aktivum. Tyto NFTs mohou zahrnovat například první vydání nebo unikátní remixy písní. (Trautman, 2021)



### 3 Analýza nezávislosti cen NFTs na kryptoměnách

Tato kapitola se zaměřuje na analýzu nezávislosti cen NFTs na kryptoměnách. Tato část zkoumá, jak jsou ceny NFTs ovlivněny vývojem trhu kryptoměn a jejich cen. Věnuje se analýze vývoje cen NFTs v závislosti na vývoji cen kryptoměn. Zkoumání této nezávislosti pomůže lépe porozumět tomu, jak NFTs reagují na změny na trhu s kryptoměnami a jakým způsobem lze využít tuto informaci při investování do NFTs.

#### 3.1 Data a metodika práce

Cílem této bakalářské práce je pomocí analýzy a komparace cen NFTs a kryptoměn, potvrdit nebo vyloučit nezávislost mezi nimi. Jako komparační metoda byl zvolen Pearsonův koeficient a ceny byly sledovány od 20. března 2022 do 18. března 2023.

Pearsonův koeficient se používá k vyjádření míry lineární korelace mezi dvěma náhodnými proměnnými. Pearsonův koeficient se vypočítává jako kovariance mezi dvěma proměnnými dělená součinem jejich směrodatných odchylek.

Vzorec pro Pearsonův koeficient korelace mezi dvěma náhodnými proměnnými X a Y se zapisuje jako:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}},$$

Obr. č. 1 – Pearsonův koeficient (Turney, 2022)

Kde:

r – značí Pearsonův koeficient korelace nabývající hodnot [-1;1]

n – označuje velikost souboru dat

$X_i$  a  $Y_i$  – jsou hodnoty proměnných X a Y pro i-tý prvek souboru dat

$\bar{X}$  a  $\bar{Y}$  – jsou průměry proměnných X a Y

Hodnota Pearsonova koeficientu se pohybuje v intervalu od -1 do 1. Číslo 1 označuje dokonalou pozitivní korelaci. Hodnota -1 zase dokonalou negativní korelaci. Výsledek 0 vylučuje existenci korelace. (Pearson, 1911)

Durbin-Watson test je statistický test, který se používá k testování hypotézy o tom, zda jsou v chybách lineární regrese přítomna autokorelace. Autokorelace znamená, že chyby v modelu jsou statisticky závislé na sobě navzájem, což může vést k nepřesnému odhadu koeficientů a nesprávné interpretaci statistických testů. Durbin-Watsonův test nabývá hodnot [0;4], kde interval [0;2] označuje pozitivní autokorelaci a interval [2;4] poukazuje na statisticky významnou negativní autokorelaci. (CFI, 2022)

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2}$$

*Obr. č. 2 – Vzorec pro Durbin-Watson (corporatefinanceinstitute.com)*

Durbin-Watson testuje nulovou hypotézu, že neexistuje prvního řádu autokorelace v chybách regrese (tj. chyby nejsou statisticky závislé). Alternativní hypotéza je, že existuje prvního řádu autokorelace v chybách regrese. Pro testování pozitivní autokorelace při významnosti  $\alpha$  se testovací statistika  $d$  porovnává s dolní a horní kritickou hodnotou ( $d_L$  a  $d_U$ ):

Když  $d < d_L$  vyvrací  $H_0$

Když  $d > d_U$  nevyvrací  $H_0$

Když  $d_L < d < d_U$  test je neprůkazný.

Pro reprezentaci dat kryptoměn byl vybrán Bitcoin a Ether. Data o vývoji cen byly získány z webu [coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com). Důvodem výběru těchto dvou kryptoměn je hlavně jejich vysoký podíl na kryptoměnovém trhu. Ethereum je taky platformou, na které se nachází nejznámější nezaměnitelné tokeny a taky všechny použité v této práci. Bitcoin zase představuje nejvíce rozšířené platidlo na poli krypto trhu, kde si drží už dlouho svoji dominanci. (Coingecko, 2023)

Jako reprezentanty NFT trhu byly vybrány Bored Ape Yacht Club, CryptoPunks a Decentraland. Údaje o jednotlivých obchodech pocházejí z webu [nonfungible.com](https://nonfungible.com).

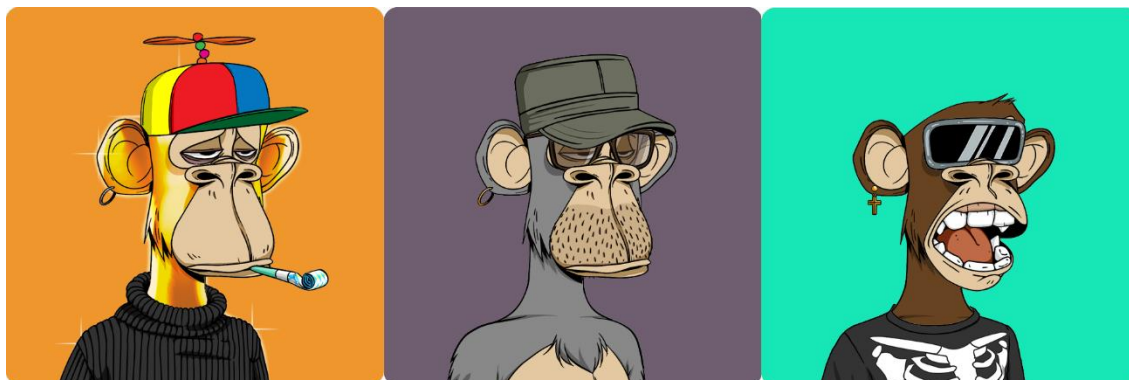
Hlavním důvodem vybrání Bored Ape Yacht Clubu a Cryptopunks je obrovské množství peněz, které za ně bylo utraceno (Nonfungible, 2023). Dalšími důvody je jejich obrovská medializace, díky nákupům celebrit, o kterých byly často psány bulvární články (Dunn, 2022; Ginsburg, 2022). Decentraland na druhé straně představuje zase zástupce ze segmentu virtuálních světů též nazývaných „metaversů“. Ty získaly v posledních letech velkou pozornost veřejnosti hlavně také kvůli změně názvu společnosti Facebook, Inc. na Meta Platforms, Inc. (Meta, 2021).

### **3.1.1 Bored Ape Yacht Club (BAYC)**

Bored Ape Yacht Club (BAYC) je sběratelský projekt NFT, který vznikl v roce 2021. Jedná se o sbírků digitálních opic s unikátními vlastnostmi, včetně různých stylů oblečení, doplňků a výrazů obličeje. Vlastnictví BAYC opice přináší vlastníkům mnoho výhod, včetně exkluzivních pozvání na akce a slevy na produkty spojené s klubem.

Vývojáři z Yuga Labs vytvořili sbírku 10 000 digitálních opic, které byly následně prodány prostřednictvím aukce NFT. Každá opice v kolekci byla unikátní a disponovala svým vlastním tokenem NFT na blockchainu Etherea. Jejich ražení proběhlo 23. dubna 2021. (boredapeyachtclub, 2023)

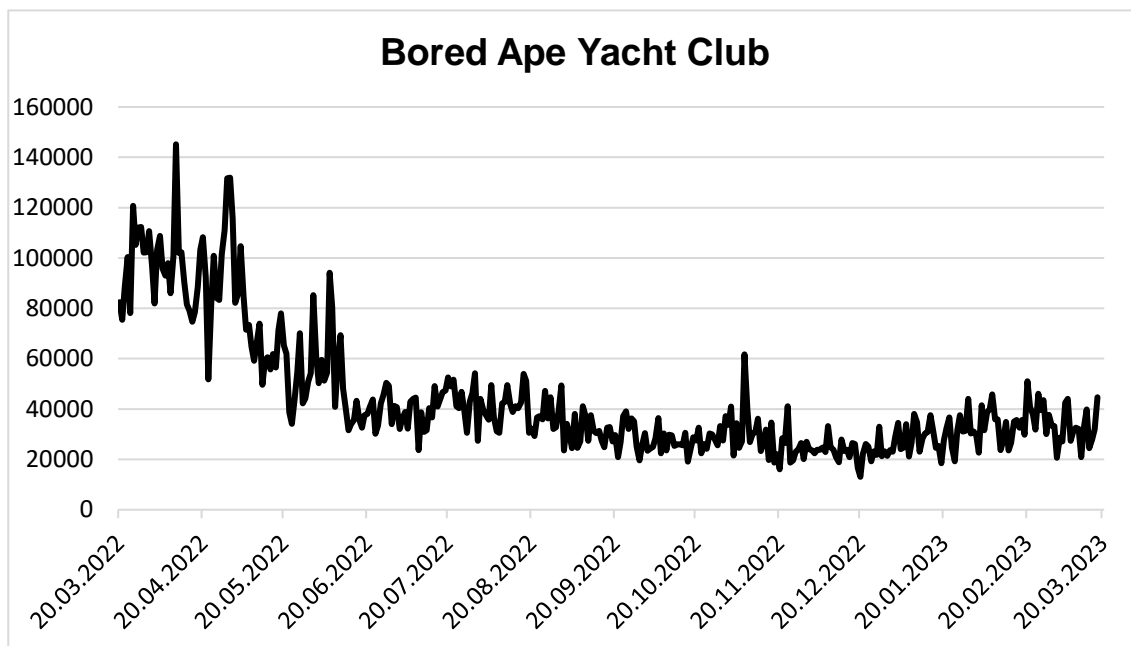
Cena za „vyražení“ opice byla při vydání 0,08 ETH (cca 180 USD), ale ceny nabídek prvotních vlastníků exponenciálně rostly. Už v říjnu 2021 se opice s číslem #8817 prodala za 852 ETH (cca \$3,4 milionů). V prvním čtvrtletí roku 2023 cena za jednu opici se pohybuje kolem 18 ETH (cca 32 tisíc USD). (nonfungible, 2023)



*Obr. č. 3 – Opice číslo #8817, #8624 a #9999 (boredapeyachtclub.com)*

Také vlastnictvím tokenu lze získat přístup k exkluzivním akcím nebo setkáním pořádaným klubem. Také je tu možnost obdržet slevu na fyzické produkty, jako je oblečení nebo doplňky (boredapeyachtclub, 2022).

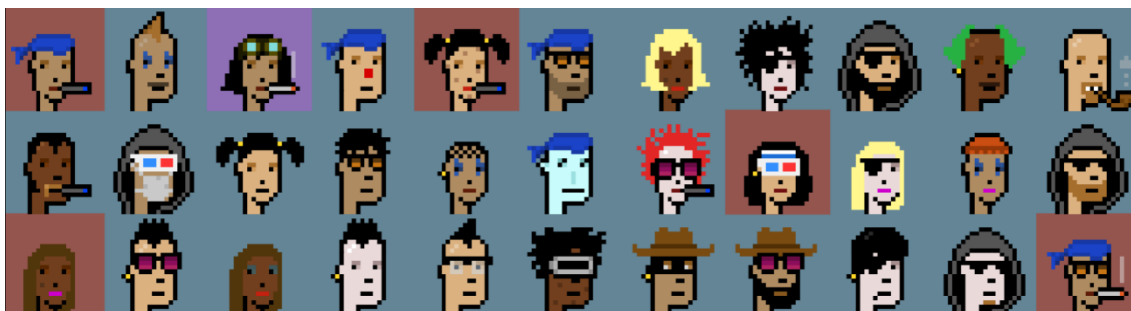
Obrázek čtyři vizualizuje vývoj průměrné ceny BAYC v USD za období od 20.3.2022 do 18.3.2023.



Obr. č. 4 – Vývoj průměrné ceny BAYC v USD (vlastní zpracování)

### 3.1.2 CryptoPunks (CP)

Cryptopunks jsou kolekce digitálních postaviček vytvořených v červnu 2017 firmou Larva Labs. Každý Cryptopunk má jedinečné charakteristiky, včetně různých účesů, oblečení a dalších rysů, které mohou být kombinovány. Celkově existuje 10 000 unikátních Cryptopunks.

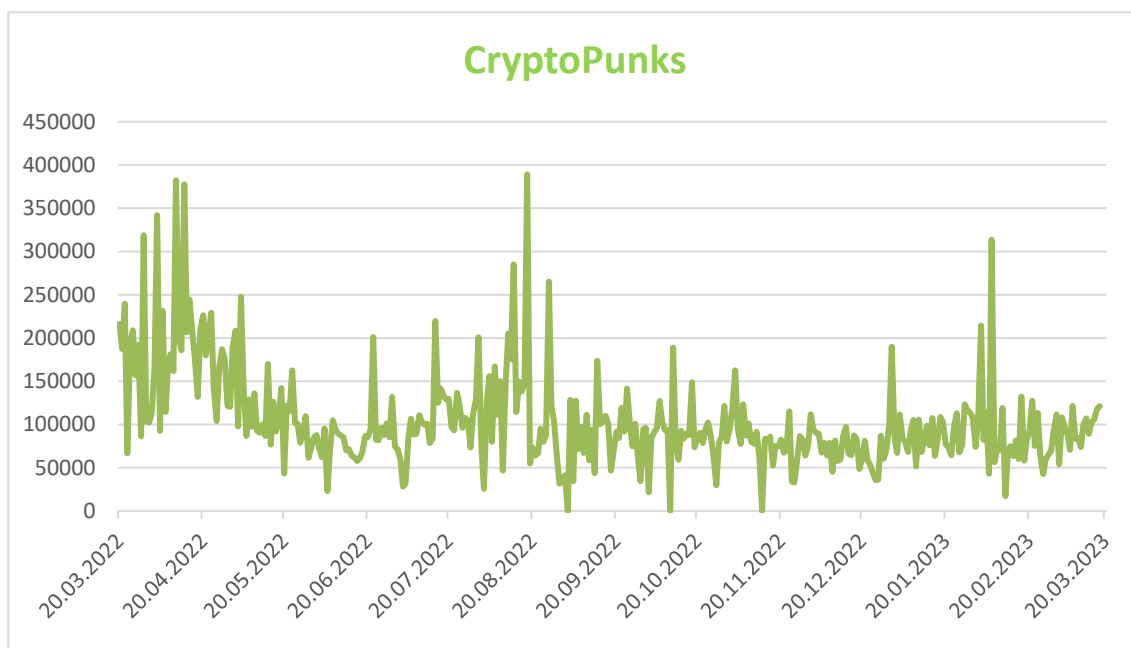


Obr. č. 5 – Ukázka některých CryptoPunks (cryptopunks.app)

Jelikož byly Cryptopunks vydány ještě před zavedením standartu ERC-721, tak musely být vytvořeny na základě standartu ERC-20. Na začátku si vývojáři z Larva Labs však nebyli jisti, zda by mohli najít nějakého kupce pro své digitální postavičky. Vzhledem k tomu, že trh s NFT prakticky tehdy ještě neexistoval bylo těžké najít jakéhokoli zájemce.

Nicméně už na konci roku 2017, když cena bitcoinu vzrostla na \$15000 se zvýšilo povědomí veřejnosti nejen o kryptoměnách, ale i o digitální aktivech (Bogart, 2019). Cryptopunks se během let staly velmi populární mezi sběrateli, protože každý z nich byl jedinečný a mohl být vlastněn pouze jedním člověkem. V roce 2021 se Cryptopunks stali jedním z nejžádanějších aktiv na trhu s NFT a některé exempláře se prodaly za miliony dolarů a svoje místo si drží dodnes. (Hale, 2023)

Obrázek číslo šest vizualizuje vývoj průměrné ceny CP v USD za období od 20.3.2022 do 18.3.2023.



Obr. č. 6 – Vývoj průměrné ceny CP v USD (vlastní zpracování)

### 3.1.3 Decentraland (DL)

Decentraland je virtuální svět postavený na blockchainu Ethereum, jehož první verze byla vydána v roce 2017. Tento projekt umožňuje vlastnit pozemek, na kterém si jeho vlastníci mohou vybudovat v podstatě cokoliv.

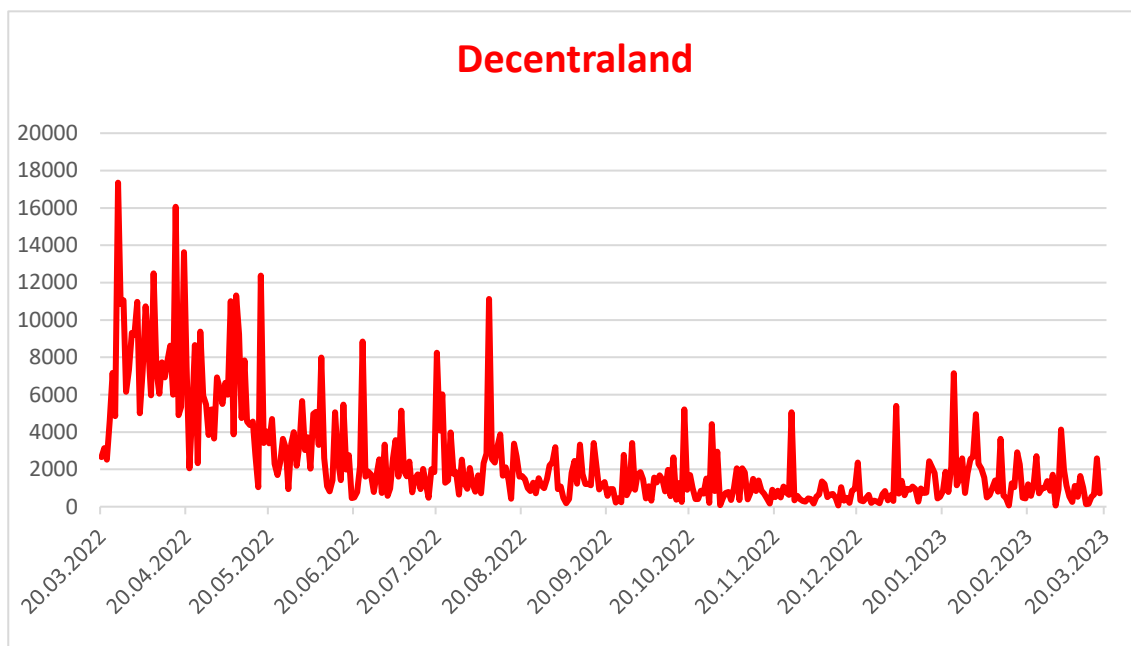


*Obr. č. 7 – Genesis Plaza (Decentraland.org)*

Uživatelé mohou interagovat s ostatními uživateli v rámci virtuálního světa pomocí svých avatarů. Tito avataři mohou být přizpůsobeni podle vlastních představ a použiti k prozkoumání virtuálního světa a navštěvování digitálních objektů. Digitální objekty mohou být cokoli od jednoduchých staveb až po složité interaktivní hry a zábavní atrakce. Vytvoření a prodej těchto objektů může být pro jejich tvůrce zdrojem příjmu.

Jako primární způsob platby v rámci Decentralandu slouží token MANA. Objekty mohou být vytvořeny a prodány uživateli pomocí decentralizovaného tržiště, které je integrované přímo do virtuálního světa Decentralandu. MANA také umožňuje uživatelům vytvářet vlastní aplikace a služby v rámci Decentralandu, což může vést k dalším způsobům, jak využít tuto kryptoměnu. (Dowling, 2022)

Obrázek číslo osm vizualizuje vývoj průměrné ceny DL v USD za období od 20.3.2022 do 18.3.2023.



Obr. č. 8 – Vývoj průměrné ceny DL v USD (vlastní zpracování)

### 3.2 Výsledky a vyhodnocení zjištěných dat

Následující podkapitoly se věnují analýze a porovnání vybraných kryptoměn a Non-fungible tokenů. V každé je popsán graf vývoje ceny a následně je představen výsledek Pearsonova korelačního koeficientu, který byl vypočten pomocí funkce PEARSON (X; Y) v excelu. K výpočtu je přiložen i graf regresní přímky ze stránky statskingdom.com, který umožňuje lepší představivost výsledných hodnot.

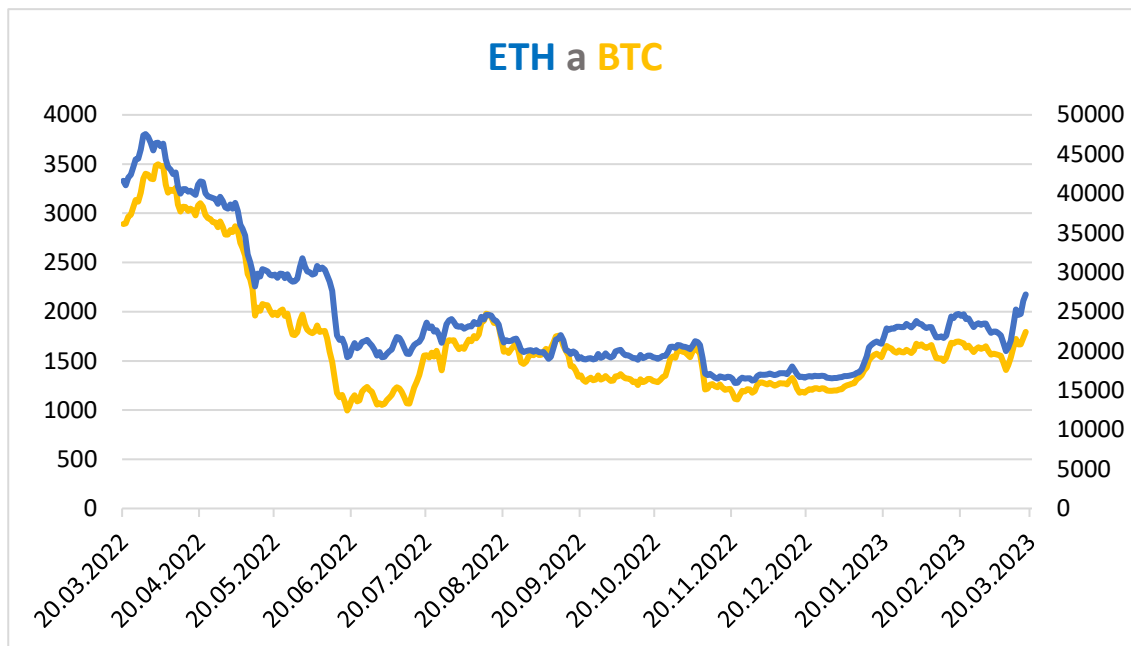
Následně jsou data párů podrobeny Durbin-Watsonovému testu, který ověřuje, zda jsou chyby v lineární regresi vzájemně statisticky závislé. Počet hodnot je 364 a počet nezávisle proměnných je 1. Program Gretl na základě vyplněných proměnných poskytl dolní a horní mez  $dL = 1,8215$  a  $dU = 1,8326$  s 5% přesností. Protože se jedná o časové řady, které obvykle vykazují pozitivní korelaci, hypotézy jsou stanoveny:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho > 0$$

Obrázek číslo pět vizualizuje vývoj ceny ETH (pravá osa) a BTC (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Tabulka číslo tři udává vybrané charakteristiky popisné statistiky zkoumaných aktiv. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).





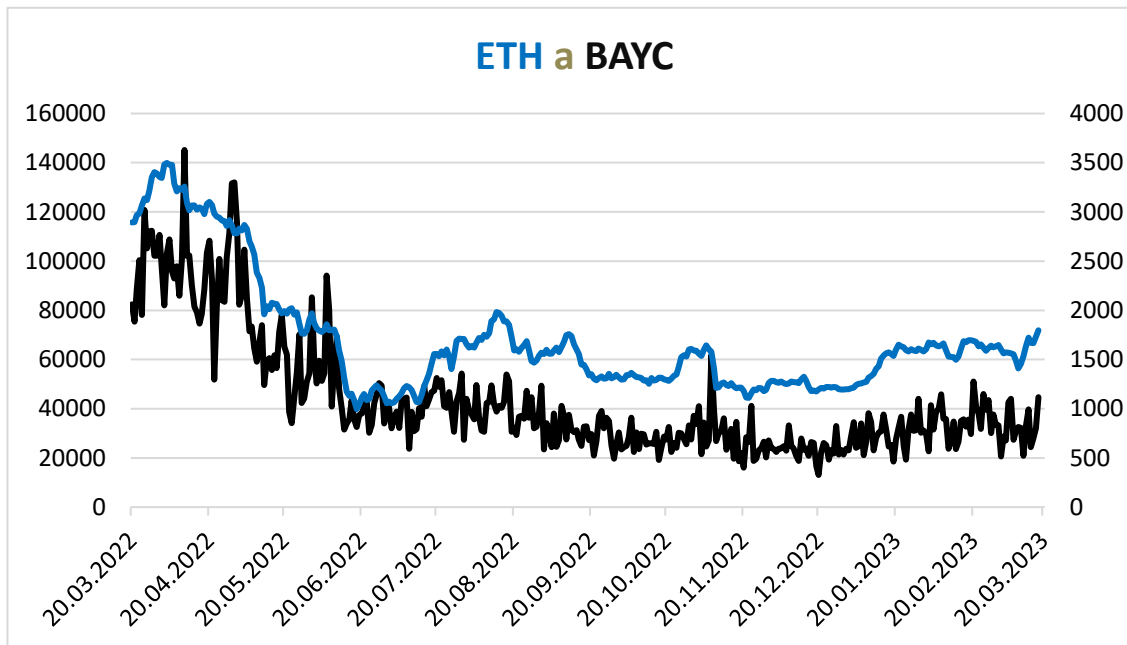
Obr. č. 9 – Vývoj průměrné ceny ETH a BTC v USD (vlastní zpracování)

	ETH	BTC	BAYC	CP	DL
<b>Počet</b>	364	364	364	364	364
<b>Průměr</b>	1701,408365	24211,89052	43479,02709	104563,0729	2516,248379
<b>Minimum</b>	995,64	15945,135	13067,44	0	63,9
<b>Maximum</b>	3497,61	47561,365	145166,01	389065	17349,98
<b>Medián</b>	1568,3675	21405,26	35353,58	91618,83	1471,79
<b>Směr. Odchylka</b>	600,5702779	7883,187308	24533,83472	56180,60073	2787,393717
<b>Rozptyl výběru</b>	360684,6587	62144642,13	601909046	3156259898	7769563,734
<b>Špičatost</b>	1,4571079	1,164799442	2,214072698	6,044261235	5,353981607
<b>Šikmost</b>	1,554646827	1,468019173	1,665671952	2,006220219	2,160053305

Tab. č. 1 – Základní charakteristiky popisné statistiky (vlastní zpracování)

### 3.2.1 Ether a Bored Ape Yacht Club

Na obrázku číslo 10 se nachází graf, který znázorňuje vývoj ceny ETH (pravá osa) a vývoj průměrné ceny kolekce Bored Ape Yacht Club (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



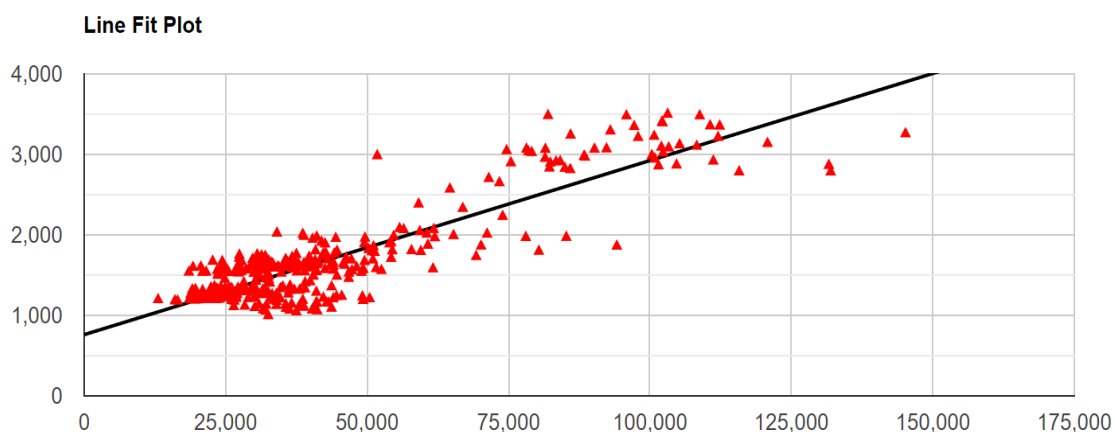
Obr. č. 10 – Vývoj cen ETH a BAYC v USD (vlastní zpracování)

Z grafu na obrázku šest je patrné, že obě ceny dosahují svého maxima na začátku dubna roku 2022. Poté u obou položek dochází k postupné poklesu ceny s mírnými výkyvy hlavně u BAYC až do června 2022. Mezi daty 10. 6. až 16. 6. dojde ke strmému snížení ceny obou aktiv. Po asi měsíčním okně, kdy cena EHT rostla a klesala, ale pořád se udržovala kolem 1000 USD přichází její postupný vzrůst. Cena se za se následující měsíc vyšplhala na hodnotu 2000 amerických dolarů. Po tomto růstu přišel strmý pokles, kdy během týdne ztratila na hodnotě 500 USD. Následně cena fluktovala kolem 1300 USD až do konce října 2022. V tom období hodnota Etheru posílila na 1600 USD. Ovšem hned na začátku listopadu cena rychle klesne na 1200 amerických dolarů. Tuto hodnotu si s občasným růstem a poklesem do rozdílu 100 USD drží až do ledna 2023 a na jeho konci cena opět dosáhla hranice 1600 USD. Poté cena oscilovala kolem této hodnoty až do konce sledovaného období, kdy na konci posílila na zhruba 1800 amerických dolarů.

Na grafu BAYC je vidět, že jeho průměrná cena je více volatilní. Například jenom během období 5. června až 8. června jeho cena vzrostla z 54 tisíc na 94 tisíc USD a následně klesla na téměř 40 tisíc USD. Poté se cena drží od 20 tisíc do 55 tisíc dolarů až do začátku listopadu 2022. 7. listopadu došlo k posílení na 62 tisíc dolarů, ovšem hned vzápětí došlo k poklesu na 26 tisíc USD. Poté až do konce sledovaného období cena vysoce oscilovalo mezi 13 tisíci až 51 tisíci amerických dolarů. V tomto časovém úseku svého minima dosáhla 20. prosince 2022 a svého maxima v únoru 2023.

Obecně z grafu lze vyčíst obrovskou cenovou volatilitu obou aktivit. Ovšem výkyvy ceny Bored Ape Yacht Clubu jsou enormní. Na obě položky působí podobné vnější faktory, ale existují mezi nimi i rozdíly. Trh s ETH je obecně mnohem větší a likvidnější než trh s BAYC (coinmarketcap, 2023), což vede k menšímu výkyvu cen a větší stabilitě. Na druhé straně jsou jednotlivé opice spojovány se sběratelstvím, což může vést k extrémně vysokým cenám (Taherdoost, 2022).

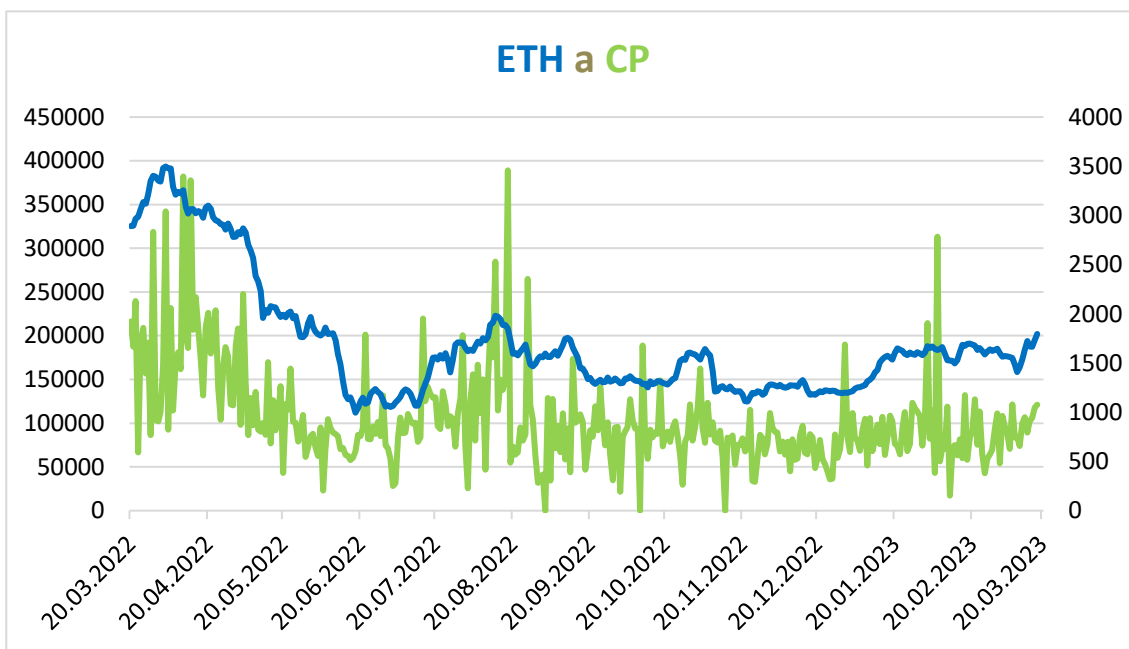
Výpočet Pearsonova koeficientu korelace vyšel 0,88, což naznačuje velmi silnou pozitivní lineární korelaci mezi cenou etheru a cenou BAYC. To znamená, že pokud cena etheru roste, pravděpodobně také roste cena BAYC, a pokud cena Etherea klesá, pravděpodobně klesá i cena BAYC. Durbin-Watsonův test se rovná 0,7039. Jelikož spodní mez je 1,8215, pak tedy platí, že  $d$  je menší než  $dL$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  neplatí a tedy spolu pozitivně autokorelují.



Obr. č. 11 – Lineární regresní přímka ETH a BAYC (statskingdom.com)

### 3.2.2 Ether a CryptoPunks

Obrázek 12 vyobrazuje graf, který znázorňuje vývoj ceny ETH (pravá osa) a vývoj průměrné ceny CryptoPunks, což je kolekce digitálních postaviček, (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



Obr. č. 12 – Vývoj cen ETH a BAYC v USD (vlastní zpracování)

Z grafu lze vyčíst, že obě aktiva dosahovalo nejvyšších hodnot na začátku dubna 2022, ovšem CryptoPunks zaznamenaly nejvyšší hodnotu v polovině srpna téhož roku. Poté obě ceny postupně klesají, s mírnými výkyvy zejména u BAYC, až do června 2022. Mezi 10. a 16. červnem dochází k prudkému poklesu ceny. Po přibližně měsíčním období kolísání ceny ETH kolem hodnoty 1000 USD, následoval postupný růst a během následujícího měsíce dosáhla hodnoty 2000 USD. Následuje strmý pokles, kdy cena klesne během týdne na 500 USD.

Cena se poté opět vyšplhá a kolísá kolem hodnoty 1300 USD až do konce října 2022, kdy posiluje na 1600 USD. Avšak hned na začátku listopadu rychle klesne na 1200 amerických dolarů a tuto hodnotu udržuje s občasnými výkyvy do ledna 2023, kdy cena opět dosahuje hodnoty 1600 USD. Cena poté osciluje kolem této hodnoty až do konce sledovaného období, kdy na konci posiluje na zhruba 1800 amerických dolarů.

Na grafu můžeme pozorovat, že průměrná cena CP je velice volatilní. Především si můžeme všimnout, že ceny Cryptopunks v posledních měsících velmi kolísají. V průměru se pohybují okolo 100 tisíc USD, ale občas dosahují extrémně vysokých nebo nízkých hodnot.

V první čtvrtině sledovaného období byla nejvyšší cena zaznamenána 10. dubna 2022 a činila 382 tisíc USD. Naopak nejnižší cena byla zaznamenána 5. června 2022 a činila pouze 23 tisíc amerických dolarů. Cena se v průběhu tohoto období enormně oscilovala, kdy jeden den cena činila 382 tisíc USD a během následujících 5 dní spadla na 131 tisíc USD.

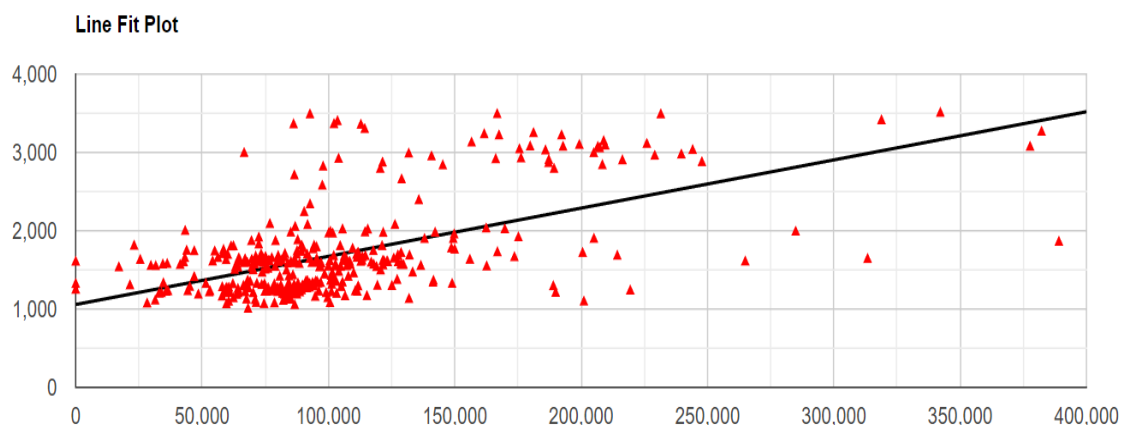
Ve druhé čtvrtině vybraných dat byla nejnižší hodnota pozorovatelná 2. září, kdy dosáhla 0 USD, protože v ten nebyl uskutečněn ani jeden prodej CryptoPunka. Naopak maximální cena daného čtvrtletí dosáhla na hodnotu 389 tisíc USD, což je i nejvyšší cena z celého datového souboru. Kvůli těmto dvěma extrémům, má toto období největší rozdíl v největší a nejmenší hodnotě.

Ve třetí čtvrtině vybraného období byla nulová hodnota dosažena dokonce dvakrát a to 10. října a 13. listopadu. Maximální ceny v tomto časovém úseku nabývá 11. října a to hodnoty 189 tisíc USD. Zajímavé je, že nejnižší a nejvyšší hodnota dosažená v tomto období je v okně dvou po sobě jdoucích dnů.

V posledním pozorovaném časovém horizontu je maximální a minimální ceny dosaženo v rámci několika dní. 6. února 2023 313 tisíc a 11. února 2023 17 tisíc amerických dolarů. Na konci března cena vykazovala hodnotu přes 100 tisíc USD.

Z obrázku osm lze vyvodit, že trh s Cryptopunks byl za sledované období velmi nestabilní a velmi těžko předpověditelný. Hodnota těchto digitálních tokenů se může rychle změnit a může být ovlivněna mnoha faktory, včetně nabídky a poptávky, trendy na kryptoměnovém trhu a také celkovým sentimentem ve společnosti vůči kryptoměnám a digitálním aktivům.

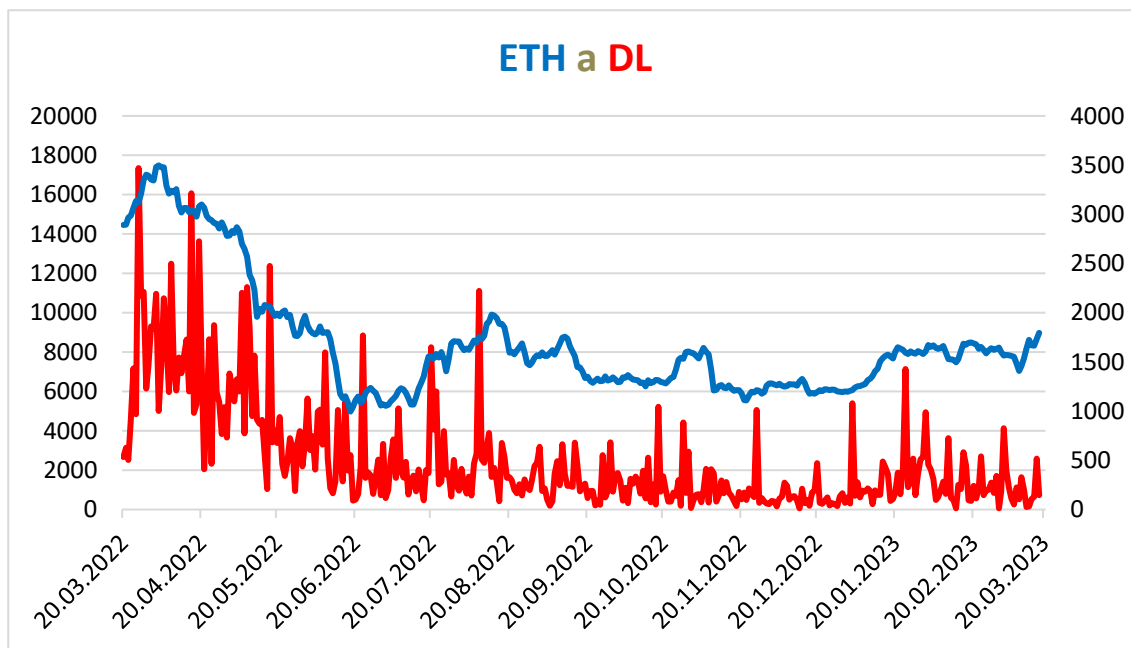
V tomto případě koeficient korelace 0,58 ukazuje, že existuje mírně pozitivní korelace mezi cenou etheru a cenou Cryptopunks. To znamená, že obě proměnné mají tendenci se společně zvyšovat nebo snižovat. Nicméně, tento koeficient ukazuje pouze lineární vztah mezi těmito proměnnými a nemusí brát v úvahu ostatní faktory, které mohou ovlivňovat cenu Etheru a Cryptopunks. Durbin-Watsonův test se rovná 1,9282. Jelikož horní mez je 1,8326, pak tedy platí, že  $d$  je větší než  $d_U$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  nezamítáme a platí  $\rho = 0$ .



Obr. č. 13 – Lineární regresní přímka ETH a CP (statskingdom.com)

### 3.2.3 Ether a Decentraland

Obrázek číslo 14 znázorňuje vývoj ceny ETH (pravá osa) a vývoj průměrné ceny kolekce Decentraland, která představuje NFTs z kategorie metaverse, (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



Obr. č. 14 – Vývoj cen ETH a BAYC v USD (vlastní zpracování)

Jak je vidět z grafu, obě aktiva dosáhla vrcholu na začátku dubna 2022. Poté obě ceny postupně klesají. Mezi 10. a 16. červnem došlo k prudkému nárůstu cen a následně k poklesu cen obou aktiv. Poté, co se cena etheru pohybovala měsíc kolem 1 000 USD, jeho cena postupně rostla a následující měsíc dosáhla 2 000 USD. Následoval prudký pokles, kdy cena během týdne klesla na 500 dolarů. Cena se pak pohybuje kolem 1 300 USD až do konce října 2022, kdy cena stoupne na 1 600 USD. Začátkem listopadu však rychle klesla na 1 200 USD a tuto hodnotu si udržela s občasnými výkyvy až do ledna 2023, kdy cena opět dosáhla hodnoty 1600 USD. Kolem této hodnoty pak cena osciluje až do konce sledovaného období, a nakonec stoupne až k 1 800 USD.

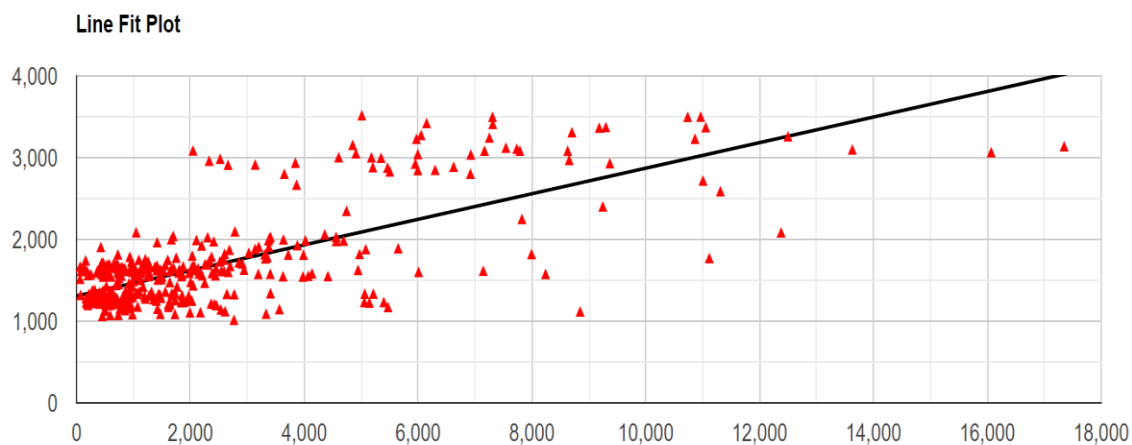
Cena Decentralandu začala na hodnotě 2600 v počátku sledovaného období. Svého maxima dosáhla hned z kraje a to 26. března 2022, kdy cena vystoupala až na 17 000 USD. Poté následovala výrazná korekce, až se cena snížila na 5 tisíc USD v první polovině dubna 2022. Následně cena začala stoupat a posílila na hodnotu přes 16 000 USD. Následovalo období extrémní oscilace ceny a ta dne 16. května 2022 vykazovala hodnotu 1 000 USD. Poté následovalo dvou měsíční období, kdy se cena pohybovala mezi 300 až 8 000 americkými dolary.

Poté přišel nárůst až na 11 tisíc USD v první polovině srpna. Následoval strmý pád, kdy cena dosahovala hodnoty jen málo přes 400 USD. V dalším časovém úseku cena

stagnovala v průměru kolem tisíce amerických dolarů s občasným výkyvy přes 5 000 USD až do konce roku 2022. Rok 2023 zaznamenal nejvyšší hodnotu přes 7 000 USD už během ledna. Cena ale poté hned klesla a v březnu zaznamenala své minimum 64 amerických dolarů.

Celkově lze vidět, že cena Decentralandu byla velmi nestabilní a často se výrazně měnila. Byly zaznamenány náhlé růsty i propady, což ukazuje na to, že se jedná o velmi rizikovou investici.

Pearsonův korelační koeficient mezi cenou ETH a cenou DL hodnotě o 0,73 naznačuje silnou pozitivní lineární korelaci mezi těmito dvěma proměnnými. To znamená, že existuje pravděpodobnost, že pokud cena ETH roste, tak roste i cena DL a naopak. Durbin-Watsonův test se rovná 1,3221. Jelikož spodní mez je 1,8215, pak tedy platí, že  $d$  je menší než  $dL$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  neplatí a tedy spolu pozitivně autokorelují.

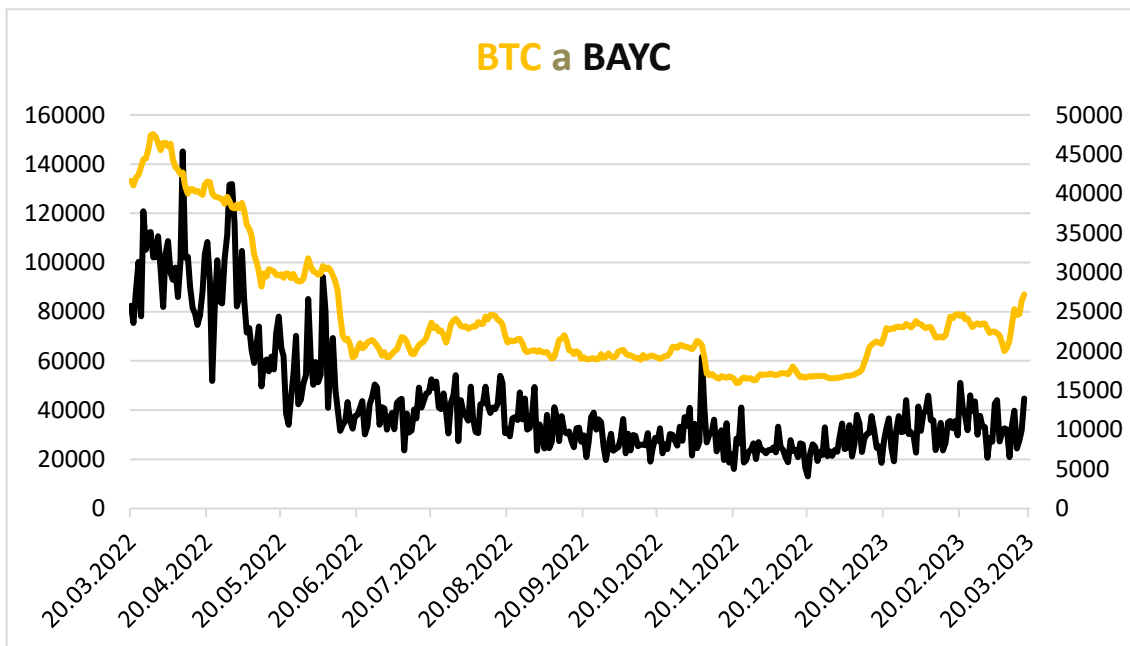


Obr. č. 15 – Lineární regresní přímka ETH a DL (statskingdom.com)



### 3.2.4 Bitcoin a Bored Ape Yacht Club

Na obrázku číslo 16 lze vidět graf, který znázorňuje vývoj ceny BTC (pravá osa) a vývoj průměrné ceny kolekce Bored Ape Yacht Club (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



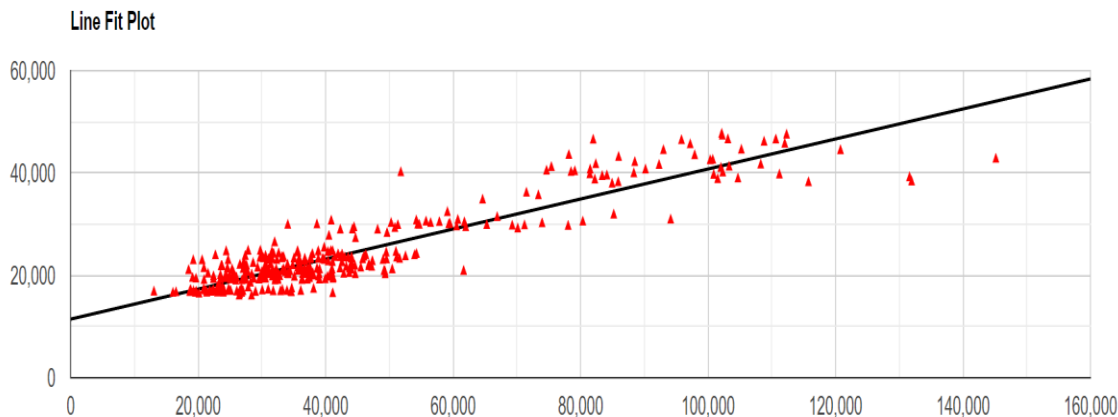
Obr. č. 16 – Vývoj průměrné ceny BTC a BAYC v USD (vlastní zpracování)

Z grafu vyplývá, že ceny obou aktiv dosahují svého maxima v první čtvrtině sledovaného období. Poté dochází k postupnému poklesu až do půlky května 2022. Následně cena skoro měsíc držela kolem 30 tisíc USD. Ovšem mezi daty 10. 6. až 16. 6. nastal strmý pád ceny pod 20 tisíc amerických dolarů. V následujících dvou měsících cena postupně vyrostla k 25 tisícům USD. Následoval postupný pád zpátky pod hranici 20 tisíc USD. V příštích 2 měsících se cena držela kolem této hodnoty.

Na začátku listopadu 2022, ale přišel strmý pokles, kdy během dvou týdnů bitcoin ztratil na hodnotě 5000 USD. Až teprve na začátku roku 2023 se jeho cena vyšplhala zpátky ke 20 tisícům amerických dolarů. Během posledních měsíců posledního sledovaného období vykazoval spíše růst. Ovšem 10. března se opět jeho hodnota propadlo pomyslnou hranicí 20 tisíc USD, což ale vedlo k obrovskému růstu a na konci zobrazeného okna dokázal posílit na hodnotu přes 27 tisíc USD.

Na BAYC grafu lze pozorovat větší volatilitu jeho průměrné ceny. V období mezi 5. červnem a 8. červnem vzrostla cena z 54 tisíc na 94 tisíc USD, ale pak klesla na téměř 40 tisíc amerických dolarů. Od té doby se cena oscilovala kolem 35 tisíc dolarů až do začátku listopadu 2022. Dne 7. listopadu se cena zvýšila na 62 tisíc dolarů, ale ihned poté klesla na 26 tisíc USD. Poté až do konce sledovaného období cena výrazně fluktovala mezi 13 tisíci až 51 tisíci amerických dolarů. Nejnižší hodnotu cena dosáhla 20. prosince 2022 a nejvyšší v únoru 2023.

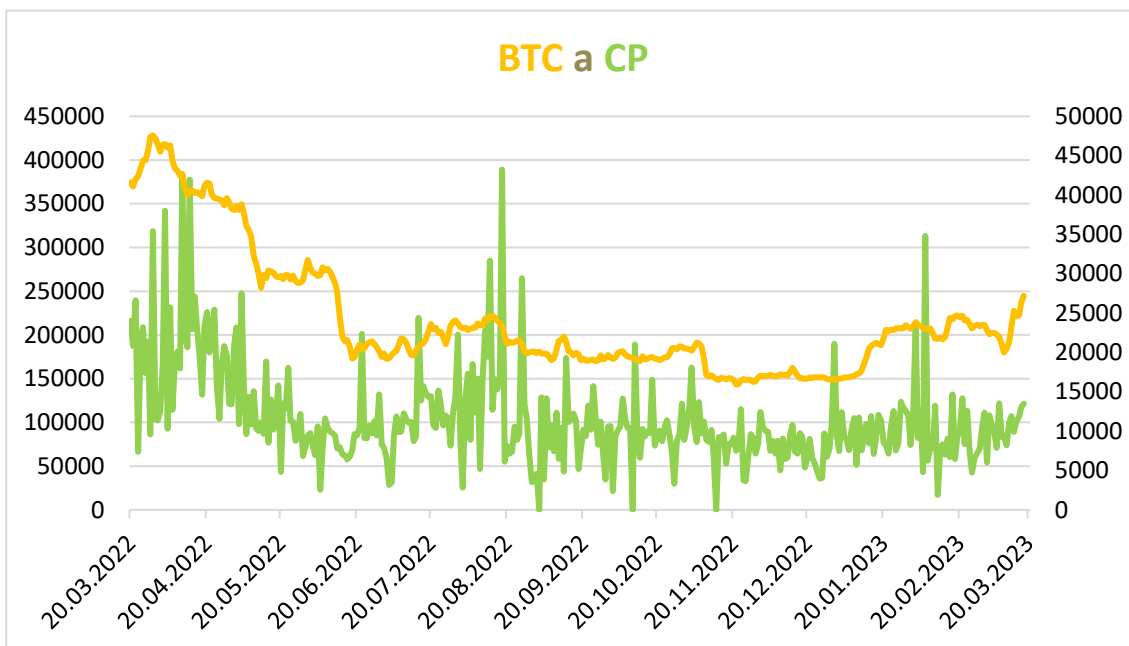
Po výpočtu Pearsonova koeficientu korelace byla zjištěna hodnota 0,91, což indikuje vysokou pozitivní lineární korelaci mezi cenou bitcoinu a cenou BAYC. Takto vysoký koeficient se dal předpokládat už jenom na základě grafu. Například si můžeme všimnout, jak téměř na den po každém větším pádu ceny BTC, se také snížila cena BAYC kolekce. Můžeme ale taky pozorovat, jak je tento nezaměnitelný token volatilní i oproti bitcoinu, který je pro svoji fluktuaci ceny velice kritizován. Durbin-Watsonův test se rovná 0,7334. Jelikož spodní mez je 1,8215, pak tedy platí, že  $d$  je menší než  $d_L$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  neplatí a tedy spolu pozitivně autokorelují.



Obr. č. 17 – Lineární regresní přímka BTC a BAYC (statskingdom.com)

### 3.2.5 Bitcoin a CryptoPunks

Na obrázku číslo 18 lze vidět graf, který znázorňuje vývoj ceny BTC (pravá osa) a vývoj průměrné ceny kolekce CryptoPunks (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



Obr. č. 18 – Vývoj průměrné ceny BTC a BAYC v USD (vlastní zpracování)

Podle grafu lze vidět, že bitcoin dosáhl svého vrcholu v první čtvrtině sledovaného období a poté se jeho cena postupně snižovala až do poloviny května 2022. Poté cena zůstávala téměř měsíc stabilní na úrovni 30 tisíc dolarů. Nicméně od 10. 6. do 16. 6. došlo k prudkému pádu ceny pod hranici 20 tisíc dolarů. V průběhu dalších dvou měsíců cena postupně rostla na 25 tisíc dolarů, ale poté opět klesla pod 20 tisíc dolarů. V následujících dvou měsících se cena držela na této úrovni.

Na začátku listopadu 2022 však došlo k prudkému poklesu, kdy během dvou týdnů Bitcoin ztratil na hodnotě 5 tisíc dolarů. Teprve na začátku roku 2023 se cena opět vyšplhala na 20 tisíc dolarů. Během posledních měsíců sledovaného období byla cena spíše rostoucí. Nicméně 10. března došlo k propadu hodnoty pod 20 tisíc dolarů, což vedlo k obrovskému růstu a na konci sledovaného období se cena zvýšila na více než 27 tisíc dolarů.

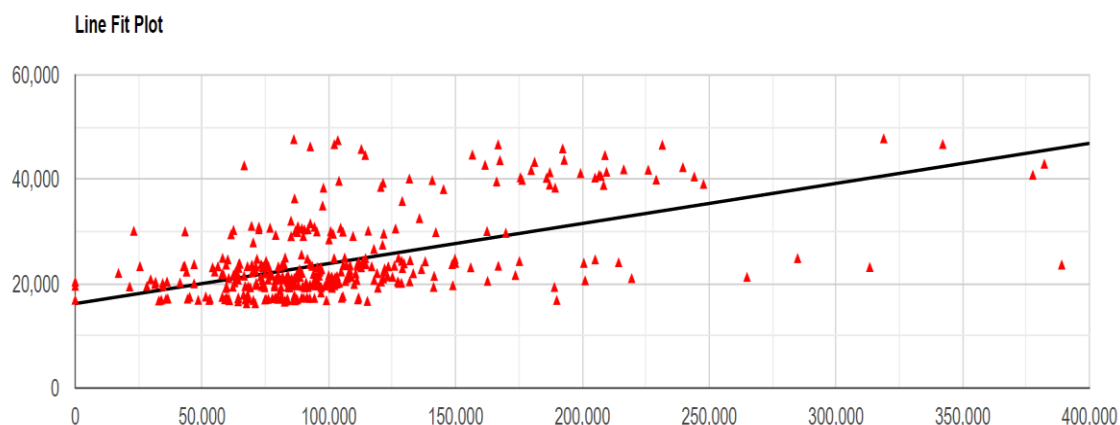
V prvním čtvrtletí sledovaného období byla nejvyšší cena CP zaznamenána 10. dubna 2022, a to v hodnotě 382 000 USD. Naopak nejnižší cena byla zaznamenána 5. června 2022, a to v hodnotě pouhých 23 000 USD. Cena v tomto období velmi kolísala, když jeden den dosáhla hodnoty 382 000 USD a během následujících pěti dnů klesla na 131 000 USD.

Ve druhém čtvrtletí vybraných údajů byla nejnižší hodnota zaznamenána 2. září, kdy dosáhla 0 USD, protože v ten den nebyl uskutečněn žádný prodej CryptoPunka. Naopak maximální cena v tomto čtvrtletí dosáhla hodnoty 389 000 USD, což je zároveň nejvyšší cena v celém souboru dat. Vzhledem k těmto dvěma extrémům má toto období nejvýraznější rozdíl v maximálních a minimálních hodnotách.

Ve třetím čtvrtletí zvoleného období bylo nulové hodnoty dosaženo dvakrát, a to 10. října a 13. listopadu. Maximální ceny v tomto časovém období byly zaznamenány 11. října, a to v hodnotě 189 000 USD. Zdůraznil bych, že se nejvyšší a nejnižší hodnota dosažená v tomto období vyskytla v rámci dvoudenního okna.

V posledním zaznamenaném časovém horizontu byly nejvyšší a nejnižší ceny dosaženy v rozmezí několika dnů. Dne 6. února 2023 dosáhla 313 000 USD a 11. února 2023 to bylo pouhých 17 000 USD. Na konci března cena vykazovala hodnotu přes 100 000 USD.

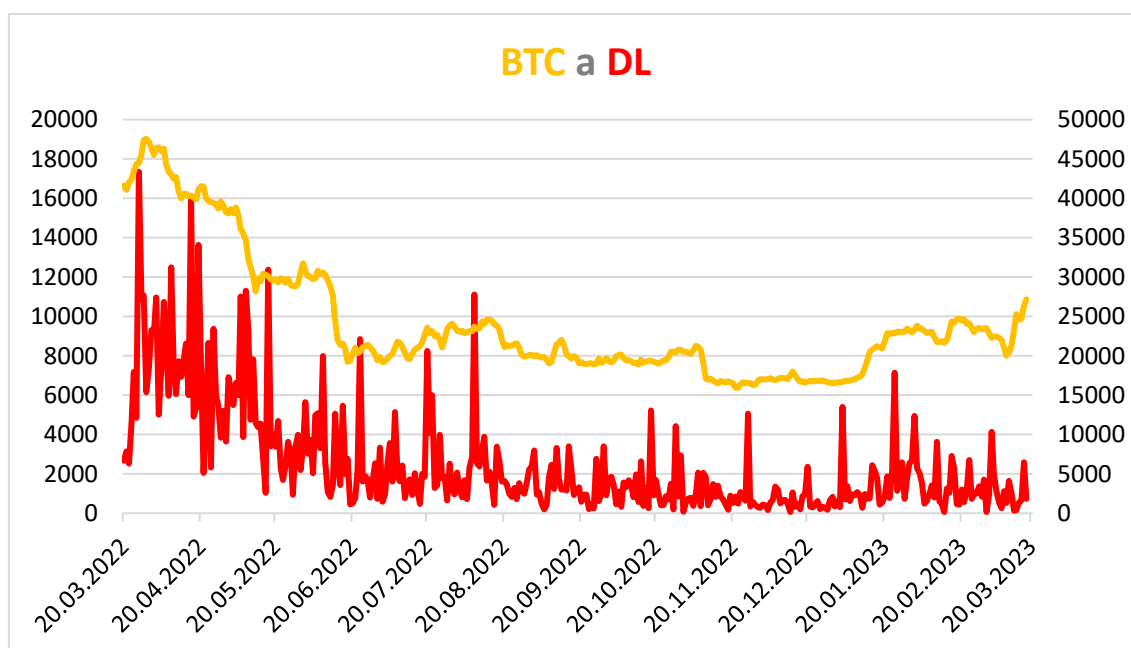
V tomto případě má koeficient korelace hodnotu 0,55, což naznačuje mírně pozitivní korelaci mezi cenou bitcoinu a cenou Cryptopunks. To znamená, že obě proměnné mají tendenci se společně zvyšovat nebo snižovat. Nicméně, tento koeficient ukazuje pouze lineární vztah mezi těmito proměnnými a nemusí brát v úvahu ostatní faktory, které mohou ovlivňovat cenu bitcoinu a Cryptopunks. Durbin-Watsonův test se rovná 1,8613. Jelikož horní mez je 1,8326, pak tedy platí, že  $d$  je větší než  $d_U$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  nezamítáme a platí  $\rho = 0$ .



Obr. č. 19 – Lineární regresní přímka BTC a CP (statskingdom.com)

### 3.2.6 Bitcoin a Decentraland

Obrázek číslo 16 zobrazuje graf, který znázorňuje vývoj ceny BTC (pravá osa) a vývoj průměrné ceny kolekce Decentraland (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



Obr. č. 20 – Vývoj průměrné ceny BTC a BAYC v USD (vlastní zpracování)

Z grafu je patrné, že obě aktiva dosáhla svého maxima v prvním čtvrtletí sledovaného období a poté jejich cena postupně klesala až do poloviny května 2022. Poté zůstala cena téměř měsíc stabilní na úrovni kolem 30 000 USD. Od 10. do 16. června však došlo k prudkému poklesu ceny pod 20 000 USD. Během následujících

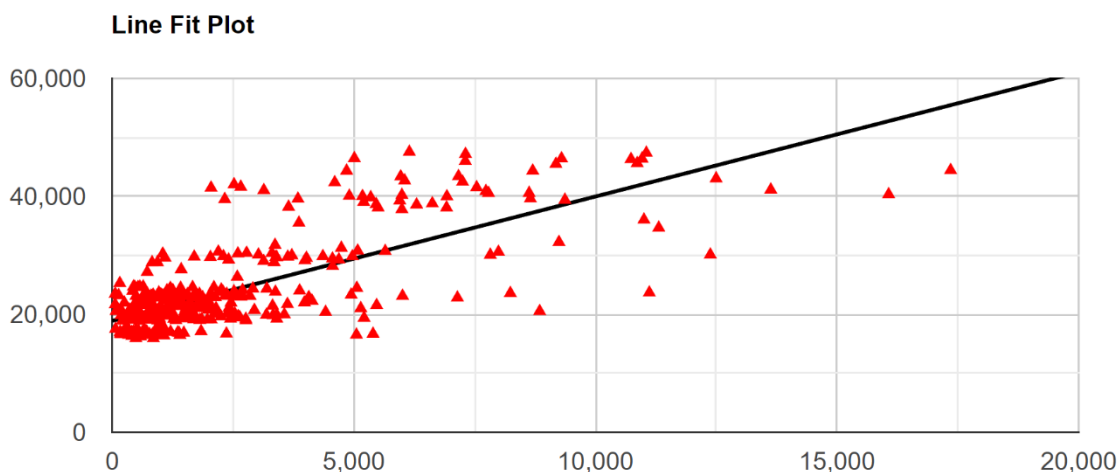
dvou měsíců cena postupně rostla až na 25 000 USD, ale poté opět klesla pod 20 000 USD. Na této úrovni se cena držela po následující dva měsíce.

Na začátku listopadu 2022 došlo k prudkému poklesu, když Bitcoin během dvou týdnů ztratil na hodnotě 5 000 USD. Teprve na začátku roku 2023 se cena vyšplhala zpět na 20 000 USD. V posledních měsících sledovaného období cena převážně rostla. Dne 10. března však hodnota klesla pod 20 000 USD, což vedlo k obrovskému nárůstu a na konci sledovaného období cena vzrostla na více než 27 000 USD.

Cena Decentralandu začala na úrovni 2600 v počátku sledovaného období a rychle dosáhla svého maxima na konci března 2022 na hodnotě 17 000 USD. Následovala výrazná korekce, kdy se cena snížila na 5 tisíc USD v první polovině dubna 2022. Poté cena začala opět stoupat a posílila na hodnotu přes 16 000 USD, ale následovalo období extrémní oscilace ceny a ta klesla až na hodnotu 1 000 USD 16. května 2022. Poté se cena pohybovala mezi 300 až 8 000 americkými dolary po dobu dvou měsíců.

Poté cena opět stoupla až na 11 tisíc USD v první polovině srpna, ale následoval strmý pád, kdy cena klesla na hodnotu jen málo přes 400 USD. Poté cena stagnovala v průměru kolem tisíce amerických dolarů s občasnými výkyvy přes 5 000 USD až do konce roku 2022. V roce 2023 cena dosáhla nejvyšší hodnoty přes 7 000 USD již v lednu, ale následně rychle klesla a v březnu dosáhla svého minima na hodnotě 64 amerických dolarů.

V této situaci je Pearsonův koeficient korelace roven 0,75, což ukazuje na mírně pozitivní vztah mezi cenou bitcoinu a cenou kolekci DL. Tento vztah znamená, že tyto dvě proměnné obvykle rostou nebo klesají současně. Je však třeba zdůraznit, že tento koeficient pouze vyjadřuje lineární vztah mezi těmito faktory a nebere v úvahu další faktory, které by mohly ovlivňovat ceny bitcoinu a Decetralandu. Durbin-Watsonův test se rovná 1,3047. Jelikož spodní mez je 1,8215, pak tedy platí, že  $d$  je menší než  $dL$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  neplatí a tedy spolu pozitivně autokorelují.



Obr. č. 21 – Lineární regresní přímka BTC a DL (statskingdom.com)

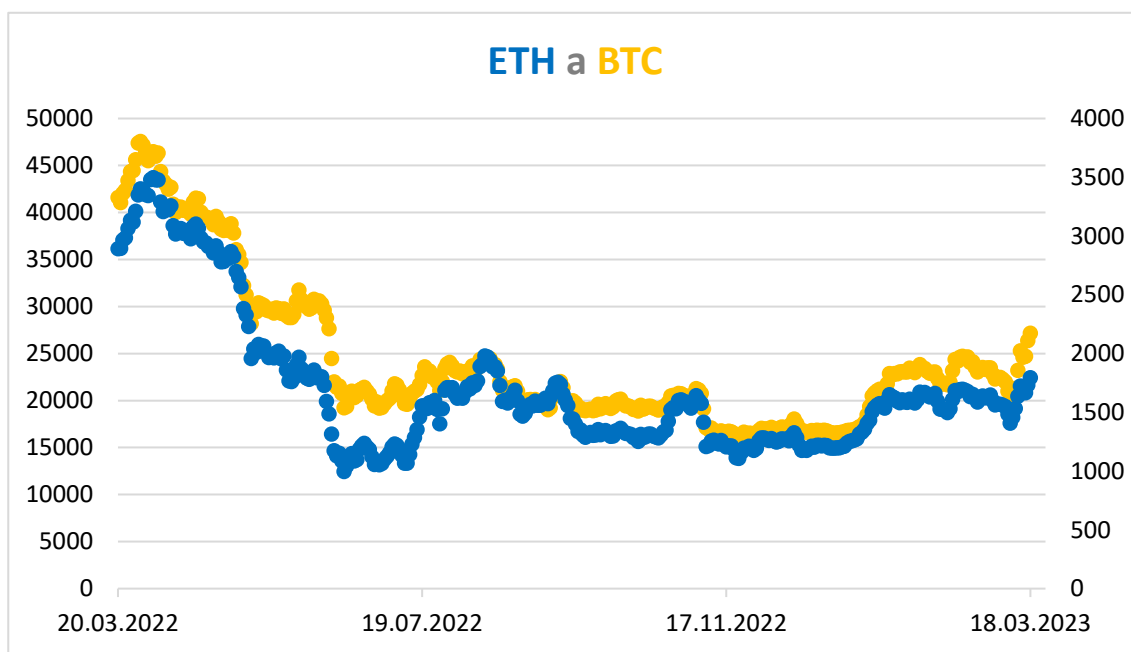
### 3.3 Shrnutí zjištěných výsledků

Pro všechny zkoumané páry výsledné Pearsonovy koeficienty korelace nabývají hodnot v intervalu  $[0,55;0,91]$ . Podobně jako u ETH párů je i u BTC párů je koeficient korelace nejvyšší s Bored Ape Yacht Club, což značí nejsilnější korelaci mezi cenami těchto dvou krypto aktiv. Koeficient korelace BTC a CP je nejnižší, z čehož vyplývá, že tyto dvě sledované položky spolu korelují nejméně. Nesmíme opomenout, že tato analýza se týká pouze určitého období a není zárukou budoucího vývoje ceny.

Důležitým zjištěním je, že všechny koeficienty korelace jsou kladné, což znamená, že všechny páry v tomto vzorku vykazují podobný vývoj ceny. Nicméně, není možné z tohoto korelačního vztahu odvodit příčinnou souvislost. Může existovat řada dalších faktorů, které ovlivňují cenu jednotlivých kryptoměn a nezaměnitelných tokenů. Když se nad tím zamyslíme, tak se tento výsledek dal očekávat už jen proto, že komunita kolem kryptoměn a DeFi je téměř stejná. Na základě DW testu bylo zjištěno, že většina párů vykazuje pozitivní autokorelaci. U párů, ve kterých figuruje kolekce BAYC dokonce pod hodnotou 1. Naopak nezaměnitelné tokeny z CryptoPunks vykazují statisticky nevýznamnou autokorelaci tedy nabývají hodnot kolem čísla 2.

Poté co Pearsonovy korelační koeficienty vyšly podobně u obou kryptoměn, dalším krokem bylo ověřit korelaci mezi nimi. Výsledek vyšel už tedy nepřekvapivě 0,97. Tento výsledek implikuje, že vývoj ceny etheru a bitcoinu se téměř kopíruje za sledované období. Durbin-Watsonův test vyšel 0,0264. Jelikož spodní mez je 1,8215,

pak tedy platí, že  $d$  je menší než  $dL$ . Z čehož vyplývá, že  $H_0$  neplatí a tedy spolu pozitivně autokorelují. Obrázek 22 znázorňuje vývoj ceny BTC (pravá osa) a vývoj průměrné ceny ETH (levá osa) za období od 20. března 2022 do 18. března 2023. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD).



Obr. č. 22 – Vývoj průměrné ceny ETH a BTC v USD (vlastní zpracování)

V tabulce 2 jsou seskupeny výsledky korelačních koeficientů a Durbin-Watsonových testů. Z tabulky vyplývá, že nejméně spolu korelují pár BTC a CP. Naopak pár BTC a BAYC vykazují největší koeficient korelace. DW test nabývá nejvyšší hodnoty pro pár ETH a CP, a jelikož je blízký číslu 2, tak neexistuje důkaz, že spolu autokorelují. Na druhé straně výsledek DW testu páru ETH a BAYC je menší 1, takže je potvrzena pozitivní autokorelace.

Páry	Pearson	DW test
ETH a BAYC	0,89	<b>0,70</b>
ETH a CP	0,58	<b>1,93</b>
ETH a DL	0,73	1,32
BTC a BAYC	<b>0,91</b>	0,73
BTC a CP	<b>0,55</b>	1,86
BTC a DL	0,75	1,30

Tab. č. 2 – Výsledky korelačních koeficientů a DW testů (vlastní zpracování)



## 4 Závěr

Cílem této práce bylo pomocí analýzy a komparace zjistit nebo vyloučit nezávislost ceny non-fungible tokenů (NFTs) na kryptoměnách. V práci byly popsány základní principy kryptoměn, blockchainu a DeFi. Dále se práce věnovala představení produktů a služeb dostupných v decentralizovaném finančnictví.

Hlavním předmětem bylo ovšem porovnání vybraných NFTs s jednotlivými kryptoměnami s důrazem na analýzu jejich ceny za poslední rok. K analýze byl využit Pearsonův koeficient korelace. Výsledky ukázaly, že existuje mírná až vysoká pozitivní korelace mezi zvolenými zástupci. Tento výsledek byl očekáván kvůli velice podobné skupině lidí, která se pohybuje jak kolem kryptoměn, tak ve světě NFT. Ale také bylo předpokládáno, že výsledná korelace nebude tak rozdílná mezi jednotlivými nezaměnitelnými tokeny. Na základě této odlišnosti, se dá jen spekulovat, jaké další aspekty mají vliv na cenu jednotlivých NFTs. Pravděpodobně největším vlivem na výkyvy této korelace bude mít zájem sběratelů, kteří těmto digitálním dílům přidávají na hodnotě. Toto by mohlo být předmětem dalšího zkoumání v této oblasti.

Závěrem lze tedy konstatovat, že svět DeFi nabízí nové možnosti pro investice do kryptoměn a NFTs. Tato analýza korelace mezi cenou těchto aktiv v mé práci umožňuje investorům lépe porozumět trhu a na základě toho dělat investiční rozhodnutí. Pokud se rozhodne investor pro sestavení portfolia pouze ze zde zmíněných kryptoměn a nezaměnitelných tokenů, tak své riziko příliš nediverzifikuje, protože většina vykazuje ve většině kladný koeficient korelace. Nejzajímavější zjištění byla kolem kolekce CryptoPunks, která nevykazuje tak vysokou míru korelace, a dokonce prošla DW testem, kde nezamítla nulovou hypotézu. V budoucnosti se dá očekávat další rozvoj světa DeFi a možná i jeho integrace do tradičního finančního systému.

## 5 Seznam použité literatury

- AAVE. Decentralizing Aave, Aave Protocol Tokenomics. *aave.com* [online]. 2021. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://docs.aave.com/aavenomics/>
- ASSIA, Yoni, Vitalik BUTERIN, Meni ROSENFELD a Rotem LEV. Colored Coins whitepaper. *github.com/Colored-Coins* [online]. 2012. [cit. 08.11.2022]. Dostupné z: [https://docs.google.com/document/d/1AnkP\\_cVZTCMLIzw4DvsW6M8Q2JC0llzrTLuoWu2z1BE/edit](https://docs.google.com/document/d/1AnkP_cVZTCMLIzw4DvsW6M8Q2JC0llzrTLuoWu2z1BE/edit)
- AUER, Raphael, Bernhard HASLHOFER, Stefan KITZLER, Pietro SAGGESE a Friedhelm VICTOR. The Technology of Decentralized Finance. *BIS Working Papers, No 1066* [online]. 2023. ISSN 1682-7678 [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://www.bis.org/publ/work1066.htm>
- BOGART, Spencer. Bitcoin is a Demographic Mega-Trend: Data Analysis. *medium.com* [online]. 2019. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: <https://medium.com/blockchain-capital-blog/bitcoin-is-a-demographic-mega-trend-data-analysis-160d2f7731e5>
- BOREDAPEYACHTCLUB. Příspěvek na instagramu. *instagram.com/boredapeyachtclub* [online]. 2022. [cit. 10.02.2023]. Dostupné z: [https://www.instagram.com/p/Cltm\\_NzOIp/](https://www.instagram.com/p/Cltm_NzOIp/)
- BURKS, Zach, James MORGAN, Blaine MALONE a James SEIBEL. ERC-2981: NFT Royalty Standard. *Ethereum Improvement Proposals, no. 2981* [Online]. 2020. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-2981>
- BUTERIN, Vitalik. Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. *ethereum.org* [online]. 2014. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://ethereum.org/cs/whitepaper/>
- CFI, Team. Durbin Watson Statistic. *corporatefinanceinstitute.com* [online]. 2022. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/data-science/durbin-watson-statistic/>
- COINGECKO. Cryptocurrency Prices by Market Cap. *coingecko.com* [online]. 2023. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://www.coingecko.com/>
- DIGICONOMIST. Bitcoin Energy Consumption Index. *digiconomist.net* [online]. 2023. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
- DIGICONOMIST. Ethereum Energy Consumption Index. *digiconomist.net* [online]. 2023. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption>
- DOWLING, Michael. Is non-fungible token pricing driven by cryptocurrencies?. *Finance Research Letters* [online]. 2022, 44. ISSN 15446123. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: doi:10.1016/j.frl.2021.102097
- DUAN, Kun a Andrew URQUHART. The instability of stablecoins. *Finance Research Letters* [online]. 2023, 52. ISSN 15446123. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: doi:10.1016/j.frl.2022.103573
- DUNN, Sam. The All-Star Owners of the Bored Ape Yacht Club. *boardroom.tv* [online]. 2022. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://boardroom.tv/bored-ape-nft-celebrity-owners/>

- ENTRIKEN, William, Dieter SHIRLEY, Jacob EVANS, Nastassia SACHS, ERC-721: Non-Fungible Token Standard. *Ethereum Improvement Proposals, no. 721* [Online]. 2018. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-721>
- ETHEREUM. Merge. *ethereum.org* [online]. 2023. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/upgrades/merge/>
- ETHERISC. White Paper 2.0. *etherisc.com* [online]. 2023. [cit. 29.12.2022]. Dostupné z: <https://etherisc.com/faq>
- FRANKENFIELD, Jake. Cryptocurrency Definition. *Investopedia* [online]. 2023. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/c/cryptocurrency.asp>
- FRANKENFIELD, Jake. What Is Bitcoin Cash (BCH), and How Does It Work? *Investopedia.com* [online]. 2022. [cit. 20.06.2022]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bitcoin-cash.asp>
- GINSBURG, Randy. Celebrities Who Own CryptoPunks: 15 Famous NFT Owners. *nftnow.com* [online]. 2022. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: <https://nftnow.com/collectibles/from-celebrities-to-ceos-meet-15-of-the-most-famous-cryptopunk-holders/>
- HALE, Jacob Top 10 most expensive NFTs ever sold. *dexerto.com* [online] 2023. [cit. 10.01.2023]. Dostupné z: <https://www.dexerto.com/tech/top-10-most-expensive-nfts-ever-sold-1670505/>
- CHAINLINK. What Are Flash Loans? *Chainlink: The Industry-Standard Web3 Services Platform* [online]. 2023. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://chain.link/education-hub/flash-loans>
- CHRISTIDIS, Konstantinos a Michael DEVETSIKIOTIS. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access* [online]. 2016, **4**, 2292-2303. ISSN 2169-3536. [cit. 20.11.2022]. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2016.2566339
- KSHETRI, Nir a Jeffrey VOAS. Blockchain-Enabled E-Voting. *IEEE Software* [online]. 2018, **35**(4), 95-99 [cit. 20.11.2022]. ISSN 0740-7459. Dostupné z: doi:10.1109/MS.2018.2801546
- LINDMAN, Juho, Virpi Kristiina TUUNAINEN a Matti ROSSI. Opportunities and Risks of Blockchain Technologies: A Research Agenda. *Hawaii International Conference on System Sciences* [online]. 2017. [cit. 20.12.2022]. Dostupné z: doi:10.24251/HICSS.2017.185
- LOPEZ, Oscar a Ephrat LIVNI. In Global First, El Salvador Adopts Bitcoin as Currency. *The New York Times* [online]. 2021. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2021/09/07/world/americas/el-salvador-bitcoin.html>
- MAKERDAO. The Maker Protocol: MakerDAO's Multi-Collateral Dai (MCD) System. *makerdao.com* [online]. 2022. [cit. 11.04.2023]. Dostupné z: <https://makerdao.com/en/whitepaper>
- META. The Facebook Company Is Now Meta | *about.fb.com* [online]. 2021. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: <https://about.fb.com/news/2021/10/facebook-company-is-now-meta/>
- NADINI, Matthieu, Laura ALESSANDRETTI, Flavio DI GIACINTO, Mauro MARTINO, Luca Maria AIELLO a Andrea BARONCHELLI. Mapping the NFT revolution: market trends,

trade networks, and visual features. *Scientific Reports* [online]. 2021, **11**(1) . ISSN 2045-2322. [cit. 20.08.2022]. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-021-00053-8

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *bitcoin.org* [online]. 2008. [cit. 20.08.2022]. Dostupné z: <https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper>

NONFUNGIBLE. Bored Ape Yacht Club. *nonfungible.com* [online]. 2023. [cit. 20.06.2022]. Dostupné z: <https://nonfungible.com/market-tracker/boredapeclub>

PEARSON, Karl. *The Grammar of Science, Third edition* [online]. London: Adam and Charles Black, 1911. [cit. 10.03.2023]. Dostupné z: [https://openlibrary.org/books/OL7105736M/The\\_grammar\\_of\\_science](https://openlibrary.org/books/OL7105736M/The_grammar_of_science)

PIÑEIRO-CHOUSA, Juan, M. Ángeles LÓPEZ-CABARCOS, Aleksandar SEVIC a Isaac GONZÁLEZ-LÓPEZ. A preliminary assessment of the performance of DeFi cryptocurrencies in relation to other financial assets, volatility, and user-generated content. *Technological Forecasting and Social Change* [online]. 2022, 181. ISSN 00401625. [cit. 20.01.2022]. Dostupné z: doi:10.1016/j.techfore.2022.121740

RASHID, Audil, Walid BAKRY a Somar AL-MOHAMAD. Are cryptocurrencies a future safe haven for investors? The case of Bitcoin. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja* [online]. 2022, 1-27. ISSN 1331-677X. [cit. 12.04.2023]. Dostupné z: doi:10.1080/1331677X.2022.2140443

REYBURN, Scott. JPG File Sells for \$69 Million, as ‘NFT Mania’ Gathers Pace. *The New York Times* [online]. 2021. [cit. 20.01.2023]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2021/03/11/arts/design/nft-auction-christies-beeple.html>

SHARIATMADARI, David. Get your crypto at the ready: NFTs are big in 2021. *blog.collinsdictionary.com* [online]. 2021. [cit. 20.01.2023]. Dostupné z: <https://blog.collinsdictionary.com/language-lovers/get-your-crypto-at-the-ready-nfts-are-big-in-2021/>

SHEIKH, Husneara, Rahima M. AZMATHULLAH a Faiza RIZWAN. Proof-of-Work Vs Proof-of-Stake: A Comparative Analysis and an Approach to Blockchain Consensus Mechanism *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology* [online]. 2018, **6**(12). ISSN 2321-9653. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: [www.ijraset.com](http://www.ijraset.com)

SCHÄR, Fabian. Decentralized Finance: On Blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets. *Review* [online]. 2021, **103**(2). [cit. 08.04.2023]. Dostupné z: doi:10.20955/r.103.153-74

SOLIDITY. Solidity documentation. *docs.soliditylang.org* [online]. 2023. [cit. 08.07.2022]. Dostupné z: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.19/>

SUSHISWAP. SushiSwap whitepaper. *sushi.com* [online]. 2020. [cit. 08.07.2022]. Dostupné z: <https://dev.sushi.com/docs/Ecosystem/Whitepaper>

SZABO, Nick. Smart Contracts. *Phonetic Sciences, Amsterdam* [online]. 1994. [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>

TAHERDOOST, Hamed. Non-Fungible Tokens (NFT): A Systematic Review. *Information* [online]. 2023, **14**(1). ISSN 2078-2489. [cit. 10.04.2023]. Dostupné z: doi:10.3390/info14010026

TRAUTMAN, Lawrence J. Virtual Art and Non-fungible Tokens. *SSRN Electronic Journal* [online]. 2021. ISSN 1556-5068.2021. [cit. 10.03.2023]. Dostupné z: doi:10.2139/ssrn.3814087

TURNEY, S. Pearson Correlation Coefficient (r) | Guide & Examples. *scribbr.com* [online]. 2022. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://www.scribbr.com/statistics/pearson-correlation-coefficient/>

HAYDEN, Adams, Noah ZINSMEISTER a Dan ROBINSON. Uniswap Whitepaper. *whitepaper.io* [online]. 2020. [cit. 16.01.2023]. Dostupné z: <https://whitepaper.io/document/600/uniswap-whitepaper>

VOGELSTELLER, Fabian a Vitalik BUTERIN. ERC-20: Token Standard. *Ethereum Improvement Proposals, no. 20* [Online]. 2015. [cit. 10.03.2023]. Dostupné z: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-20>

XU, Jiahua a Nikhil VADGAMA. From Banks to DeFi: the Evolution of the Lending Market. *Enabling the Internet of Value* [online]. Cham: Springer International Publishing, s. 53-66. Future of Business and Finance. 2022. ISBN 978-3-030-78184-2. [cit. 10.03.2023]. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-78184-2\_6

ZETZSCHE, Dirk A., Douglas W. ARNER a Ross P. BUCKLEY. Decentralized Finance. *Journal of Financial Regulation*. [online]. 2020, **6**(2), 172-203. ISSN 2053-4833. [cit. 20.06.2022]. Dostupné z: doi:10.1093/jfr/fjaa010

## Zadání bakalářské práce

**Autor:** David Kletečka

Studium: I2000495

Studijní program: B0688A140001 Informační management

Studijní obor: Informační management

**Název bakalářské práce:** **Decentralizované finance. NFT (Non-Fungible Token)**

Název bakalářské práce AJ: Decentralized Finance. NFT (Non-Fungible Token)

### Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cíl práce: Pomocí analýzy a komparace zjistit nebo vyloučit závislost ceny NFTs na kryptoměnách.

Osnova:

1. Kryptoměny a blockchain
2. Decentralizované finance
3. NFTs a ostatní produkty DeFi
4. Analýza závislosti cen NFTs na kryptoměnách
5. Prezentace zjištění, interpretace výsledků
6. Závěr

Dowling, Michael. Is Non-fungible Token Pricing Driven by Cryptocurrencies? *Finance Research Letters*, Vol. 44, 2022. ISSN 1544-6123. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102097>.

Piñero-Chousa, Juan, M. Ángeles López-Cabarcos, Aleksandar Sevic, a Isaac González-López. A Preliminary Assessment of the Performance of DeFi Cryptocurrencies in Relation to Other Financial Assets, Volatility, and User-generated Content. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, Vol. 181. ISSN 0040-1625. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121740>.

Stroukal, Dominik a Jan Skalický. *Bitcoin Peníze Budoucnosti: Historie a ekonomie kryptoměn, stručná příručka pro úplné začátečníky*. Praha: Liberální institut, 2015. ISBN 978-80-87733-26-4.

Schär, Fabian. Decentralized Finance: On Blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 2021. <https://doi.org/10.20955/r.103.153-74>.

Zetzsche, Dirk A., Douglas W. Arner, a Ross P. Buckley. Decentralized Finance. *Journal of Financial Regulation*, 2020, Vol. 6, Iss. 2. <https://doi.org/10.1093/jfr/fjaa010>.

Zadávací pracoviště: Katedra ekonomie,  
Fakulta informatiky a managementu

Vedoucí práce: Ing. Jan Mačí, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 24.1.2022