

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Blockchain technologie a její využití v digitálním vlastnictví

Blockchain Technology and its Use Case in Digital Ownership

STUDIJNÍ PROGRAM

Ekonomika a management

VEDOUCÍ PRÁCE

Mgr. František Hřebík, Ph.D.

Koppan

Jan

2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Koppan** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **492823**
Fakulta/ústav: **Masarykův ústav vyšších studií**
Zadávající katedra/ústav: **Institut ekonomických studií**
Studijní program: **Ekonomika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Blockchain technologie a její využití v digitálním vlastnictví

Název bakalářské práce anglicky:

Blockchain Technology and its Use Case in Digital Ownership.

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je fungování blockchain technologie a její uplatnění v oblasti digitálního vlastnictví.
Teoretická část: 1) Vývoj blockchain technologie 2) Výhody a nevýhody blockchain technologie
Praktická část: 3) Využití blockchain technologie v oblasti digitálního vlastnictví 4) Limity pro využití blockchain technologie v oblasti digitálního vlastnictví. 5) Závěr

Seznam doporučené literatury:

1. STROUKAL, Dominik a Jan SKALICKÝ. Bitcoin a jiné kryptopeníze budoucnosti [online]. 2. rozšířené vydání. Praha: Grada, 2018 [cit. 2021-04-15]. ISBN 978-80-271-0742-1.
2. SWAN, Melanie. Blockchain: Blueprint for a New Economy [online]. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015 [cit. 2021-04-16]. ISBN 9781491920497.
3. YANO, Makoto, Chris DAI, Kenichi MASUDA a Yoshio KISHIMOTO. Blockchain and Crypto Currency: Building a High Quality Marketplace for Crypto Data [online]. New York City: Springer Singapore, 2020 [cit. 2021-10-26]. ISBN 978-981-15-3376-1.
4. BERG, Chris, Sinclair DAVIDSON a Jason POTTS. Understanding the Blockchain Economy: An Introduction to Institutional Cryptoeconomics (New Horizons in Institutional and Evolutionary Economics) [online]. Cheltenham: Edward Elgar Pub, 2019 [cit. 2021-04-16]. ISBN 1788974999.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. František Hřebík, Ph.D. Masarykův ústav vyšších studií ČVUT v Praze

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **05.01.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **28.04.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Mgr. František Hřebík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Mgr. František Hřebík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. PhDr. Vladimíra Dvořáková, CSc.
podpis děkana(ky)

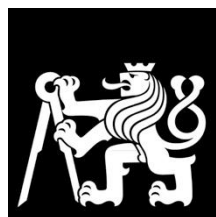
III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

KOPPAN, Jan. *Blockchain technologie a její využití v digitálním vlastnictví*. Praha ČVUT
2022. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav
vyšších studií



**MASARYKŮV ÚSTAV
VYŠŠÍCH STUDIÍ
ČVUT V PRAZE**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury. Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této závěrečné práce v souladu se zákonem č.121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Mgr. Františku Hřebíkovi, Ph.D. za skvělé rady na konzultačních hodinách. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za pomoc a podporu během psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na fungování blockchain technologie a její uplatnění v oblasti digitálního vlastnictví. Práce vysvětluje koncepty a technologie, které slouží jako komplementy blockchainu. Mezi ně patří chytré kontrakty, nezaměnitelné tokeny, decentralizované organizace, decentralizované aplikace, metaverse a play to earn. V teoretické části je základní vymezení blockchain technologie. Podkapitoly jsou věnovány fungování, typologii, vývoji, výhodám, nevýhodám, ale také technologickým překážkám, jako je blockchainové trilema. V praktické části je prozkoumána oblast digitálního vlastnictví na blockchainu a jsou vysvětleny základní termíny spojené s nezaměnitelnými tokeny. Nakonec práce objasnila nejvýznamnější využití těchto tokenů v konkrétních oblastech. Přínosem práce je především nový pohled na využití blockchain technologie v oblasti digitálního vlastnictví.

Klíčová slova

Blockchain technologie, chytrý kontrakt, blockchainové trilema, digitální vlastnictví, nezaměnitelný token, play to earn, metaverse

Abstract

The bachelor thesis focuses on the blockchain technology and its use case in digital ownership. The work also identifies the concepts and technologies that serve as complements to the blockchain technology. These include smart contracts, non-fungible tokens, decentralized organizations, decentralized applications, metaverse and play to earn. The theoretical part is devoted to the basic definition of blockchain technology. Subchapters explain the typology, development, advantages, disadvantages, but also the technological obstacles, such as blockchain trilemma. The practical part examines the area of digital ownership on the blockchain and explains the basic terms associated with non-fungible tokens. Finally, the work clarifies the most important use cases of these tokens in specific areas. The main benefit of the work is a new perspective on the use case of blockchain technology in the field of digital ownership.

Key words

Blockchain technology, smart contract, blockchain trilemma, digital ownership, non-fungible token, play to earn, metaverse

Obsah

Úvod	1
1. Teoretická část	2
1.1. Blockchain technologie	2
1.1.1. Adopce	2
1.1.2. Povědomí o vybraných pojmech	5
1.1.3. Fungování technologie	6
1.1.4. Rozdělení blockchainů	7
1.2. Vývoj blockchain technologie	8
1.2.1. 1.období: Transakce na blockchainu	8
1.2.2. 2.období: Chytré kontrakty	9
1.2.3. 3.období: Decentralizované aplikace	11
1.3. Výhody, nevýhody a technologické překážky	12
1.3.1. Výhody a nevýhody	12
1.3.2. Blockchainové trilema	13
1.3.3. Nízká škálovatelnost PoW blockchainů	16
1.3.4. Řešení blockchainového trilema	18
2. Praktická část	21
2.1. Digitální vlastnictví na blockchainu	21
2.1.1. Nezaměnitelné tokeny	23
2.1.2. NFT Peněženky	25
2.1.3. NFT Tržiště	27
2.1.4. Frakcionalizace.....	29
2.2. Využití NFT tokenů v různých oblastech	29
2.2.1. Umělecké digitální kolekce a platformy	33
2.2.2. Sběratelské předměty	34
2.2.3. Metaverse	34
2.2.4. Hry na blockchainu	37
2.2.5. Ostatní	39
Závěr	40
Seznam použitých zdrojů	43
Seznam grafů	53
Seznam tabulek	54
Seznam obrázků	54
Seznam zkratk	54
Evidence výpůjček	55

Úvod

Blockchain technologie je již několikátým rokem jedním z nejvýznamnějších technologických trendů současnosti. Od spuštění prvních blockchainů ovšem došlo k dynamickému vývoji této technologie. Původně se totiž používala hlavně ve finančním sektoru. Od té doby se ovšem možnosti využití rozšířily na celou řadu dalších oblastí.

Cílem této bakalářské práce je popsat fungování blockchain technologie v souvislosti s digitálním vlastnictvím a nezaměnitelnými tokeny. Práce pokusí odhalit nejčastější současná uplatnění těchto tokenů a vytvořit nový pohled na využití blockchain technologie. Problematiku nezaměnitelných tokenů a blockchain technologie jsem zvolil proto, že sám již přes rok obchoduji na blockchainu, mimo jiné s nezaměnitelnými tokeny.

V první kapitole teoretické části se práce bude zabývat především základním vymezením blockchain technologie. Objasní rozdíly mezi veřejnými a soukromými blockchainy a blíže popíše dvě nejpůvodnější schvalovací metody proof of work a proof of stake.

V další kapitole bude rozdělen vývoj blockchainu do tří období. První období zahrnuje především využití technologie jako distribuovaného záznamu pro finanční transakce. Druhé období popisuje vytvoření prvních chytrých kontraktů na blockchainu. Třetí období poukazuje na rozšířenou implementaci technologie pomocí decentralizovaných aplikací.

Třetí kapitola teoretické části se pokusí najít hlavní výhody a nevýhody blockchain technologie. Dále blíže představí největší technologickou překážku tzv. blockchainové trilema, která popisuje nutnost vývojářů blockchainů omezit jednu ze základních vlastností: decentralizaci, bezpečnost nebo škálovatelnost. Následující část práce identifikuje nejpoužívanější současná řešení tohoto problému.

Praktická část se zaměří na oblast digitálního vlastnictví na blockchainu. Práce objasní rozdíly mezi zaměnitelnými a nezaměnitelnými tokeny. Blíže se bude věnovat nezaměnitelným tokenům, které reprezentují různé předměty či aktiva na blockchainu. Poté se pokusí komparovat typy NFT peněženek, porovná nejpoužívanější NFT tržiště a popíše proces frakcionalizace NFT tokenů.

Poslední kapitola určí konkrétní uplatnění nezaměnitelných tokenů v několika oblastech. Tyto oblasti budou kategorizovány podle největších projektů v tomto odvětví. V podkapitolách se práce bude věnovat implementaci NFT v umění, sběratelských předmětech, virtuálních realitách a hrách na blockchainu.

1. Teoretická část

1.1. Blockchain technologie

Blockchain je „*distributed ledger technology (DLT) neboli technologie distribuovaných záznamů. Tato technologie funguje jako digitální záznam a také jako mechanismus, který umožňuje převody na síti bez potřeby třetí osoby.*“ (Natarajan, Krause, Gradstein 2017)

Jiná definice říká, že jde o „*strukturu dat, která uchovává transakční záznamy, včetně zajištění bezpečnosti, decentralizace a transparentnosti.*“ Tato technologie tedy dovoluje uchovávat data na decentralizované síti počítačů po celém světě. (Biryukov, Khovratovich, Pustogarov 2014, s.15-29)

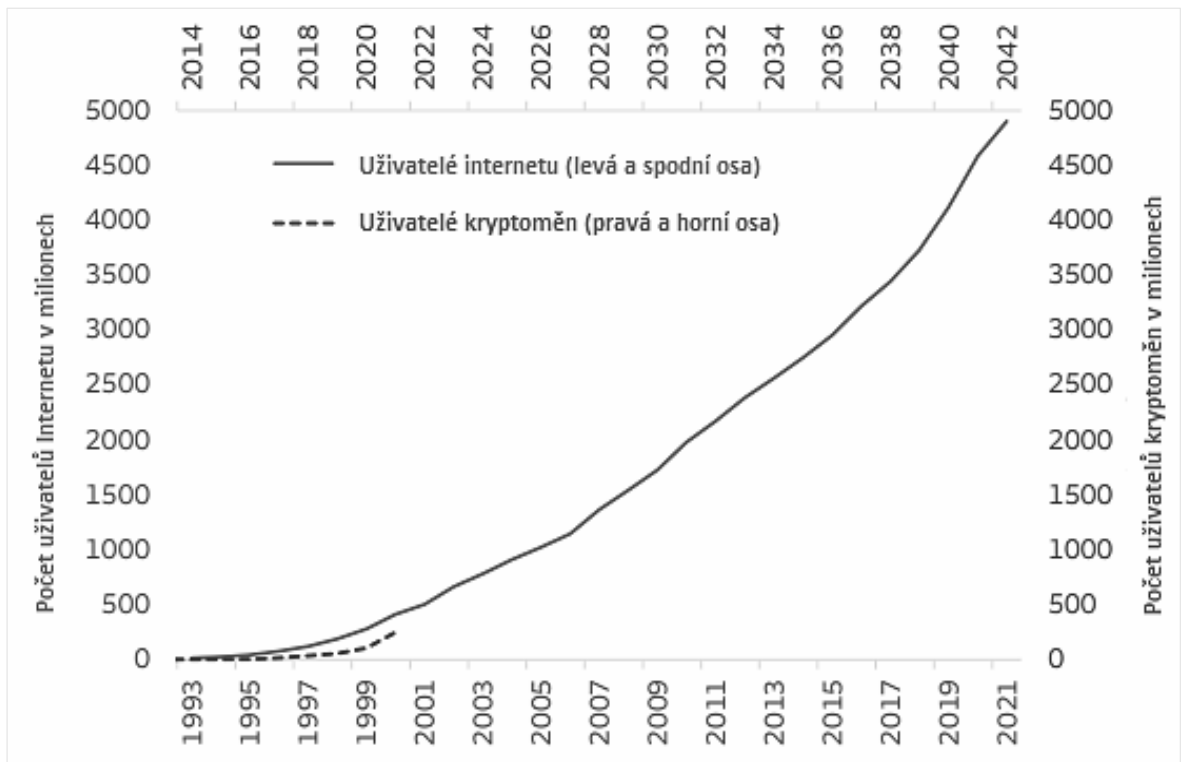
Jedním z hlavních rozdílů mezi typickou databází a blockchainem je způsob, jakým jsou data poskládána. Data jsou totiž zaznamenána v blocích, které jsou identifikovány kryptografickým hašem. Tento haš je unikátní kód, který přísluší specifickému bloku. Každý blok obsahuje informaci o transakcích a také haš posledního bloku. Tím se vytváří síť za sebou jdoucích propojených bloků, tzv. řetězec dat (Chain of data) neboli blockchain. Díky tomu tato struktura poskládání bloků za sebou vytváří nezměnitelně časově uspořádaná data v decentralizované počítačové síti. (Biryukov, Khovratovich, Pustogarov 2014, s.15-29), (Stroukal, Skalický 2018, s.62) a (Investopedia 2022b)

1.1.1. Adopce

Vzhledem k faktu, že jde o mladou technologii, je velmi obtížné předpovídat míru adopce. Pokud bychom ji měli porovnávat s jinými technologiemi z historie, nejvíce podobná se může zdát rychlost osvojení internetu. Dříve totiž také patřil k novým technologiím, kterým mnozí zprvu nevěřili. Díky celosvětové dostupnosti se ovšem rychle stal běžnou technologií, která významně zjednodušuje lidem jejich každodenní činnosti. V poslední době internet vyrostl natolik, že ho využívá k začátku roku 2022 více než 62 % světové populace. To znamená více než 4,95 miliardy lidí po celém světě. Rovněž samotná rychlost adopce nabírá nevídaných obrátek. Za posledních 12 měsíců se totiž podle stejného zdroje poprvé připojilo online více než 190 milionu lidí, což představuje meziroční růst přibližně 4 %. DataReportal ovšem podotýká fakt, že kvůli pandemickým restrikcím mohou být hodnoty výrazně podhodnoceny. (DataReportal 2022)

Možný scénář vývoje osvojení blockchain technologie je na grafu 1 znázorněn v porovnání s adopcí internetu. Tento odhad porovnává počet uživatelů internetu v minulosti s počtem uživatelů kryptopeněženek.

Graf 1 Adopce blockchainu a internetu



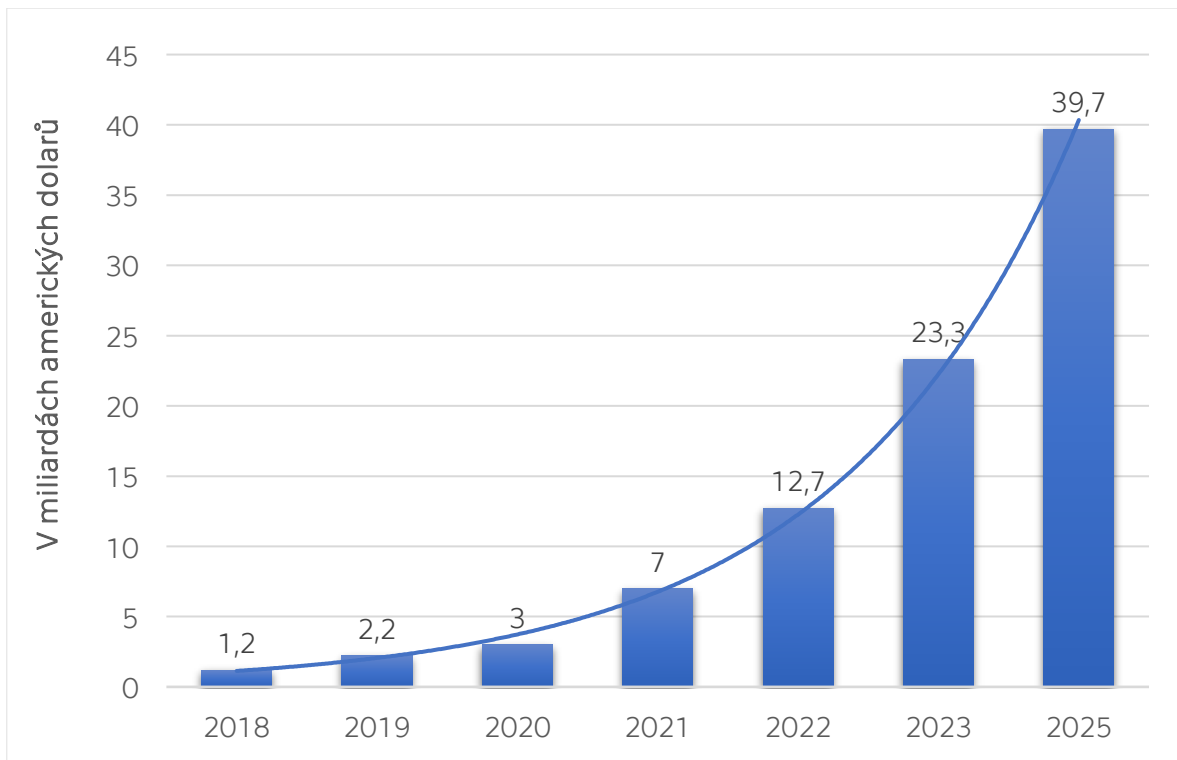
Zdroj: WellsFargo (2022), vlastní zpracování

Graf porovnává adopci blockchainu s osvojením internetu. V roce 2020 počet uživatelů kryptoměn nedosáhl ani 500 milionů. Pokud by ovšem tento trend postupoval podobně jako u internetu, můžeme očekávat více než 2 miliardy uživatelů již v roce 2030. (WellsFargo 2022)

Je ovšem nutno dodat, že tuto technologii čeká ještě spousta překážek. Stejně jako u začátku prvních počítačů a internetu, nezrállost technologie zabraňuje širší a rychlejší adopci. Aby dosáhla podobného osvojení jako internet, musí dojít ke zdoání spousty technologických překážek a regulačních nejistot. Jde například o blockchainové trilema, ale také o integraci a interoperabilitu s jinými zařízeními. Těmito problémy, které v současné době výrazně zabraňují rychlejšímu osvojení blockchain technologie, se bude práce podrobněji zabývat v následujících podkapitolách.

Zatím jde o riskantní technologii, jež je teprve v rané fázi svého vývoje. Další predikce ovšem také naznačují logaritmické zvyšování velikosti trhu s blockchain technologií. Na grafu 2 je znázorněna predikce ze zprávy serverů Marketsandmarkets a Statista, která uvádí, že v roce 2020 dosáhla velikost trhu s blockchain technologií až 3 miliard dolarů.

Graf 2 Tržní kapitalizace trhu s blockchain technologií od roku 2018 do roku 2025



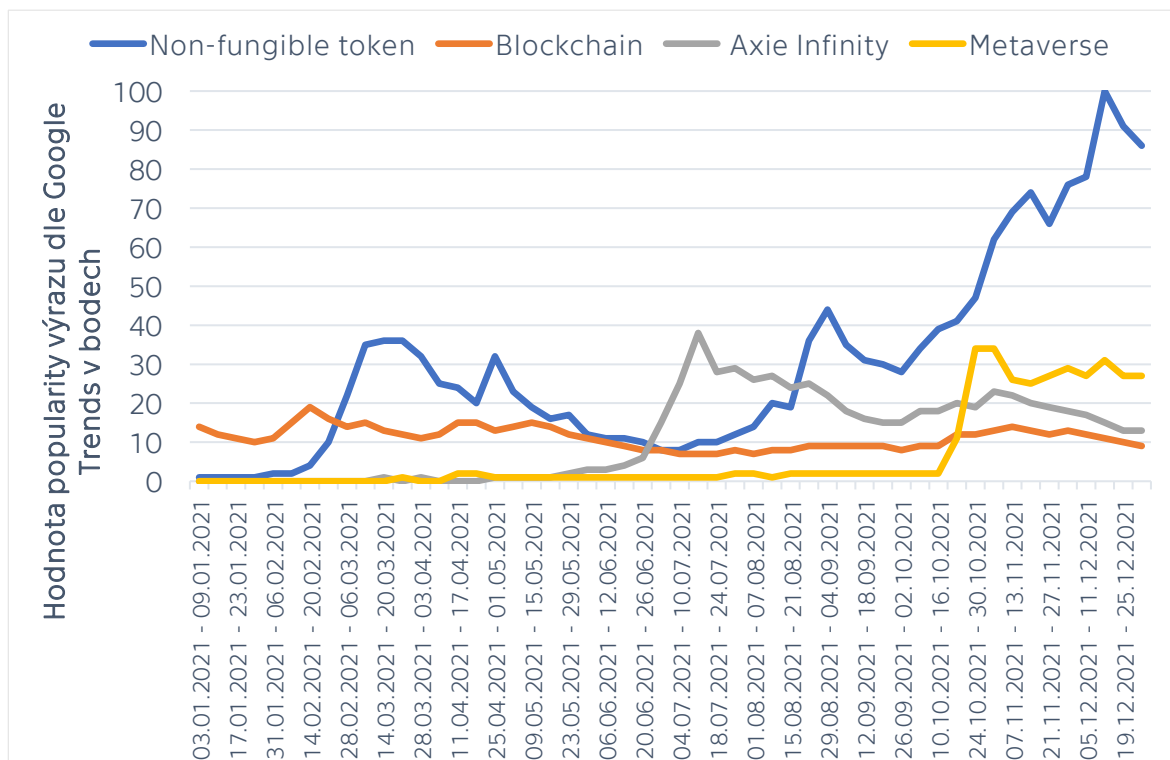
Zdroj: Statista (2022c), Marketsandmarkets (2020a), vlastní zpracování

Předikce ukazuje mezi roky 2020 až 2025 každým rokem skoro až dvojnásobné zvětšení trhu. Údaje za roky 2019 až 2022 jsou předpovědi, založené na konstantní roční míře růstu 80,2 % podle dat serveru Marketsandmarkets (2020a). Dále graf uvádí předpověď velikosti trhu pro rok 2025 v hodnotě 39,7 miliardy amerických dolarů.

1.1.2. Povědomí o vybraných pojmech

Indikátor, který ukazuje obrovský růst povědomí veřejnosti o technologii a jejím využití v digitálním vlastnictví, vidíme na grafu 3. Graf ukazuje celosvětové vyhledávání pojmů spojených s vlastnictvím na blockchainu na vyhledávači Google Search za rok 2021. Všechny čtyři pojmy na grafu: Non-fungible Token, Blockchain, Axie Infinity a Metaverse, práce blíže představí v praktické části.

Graf 3 Trendy vyhledávání vybraných pojmů na vyhledávači Google za rok 2021



Zdroj: GoogleTrends (2022), vlastní zpracování

Na grafu jde vidět strmý nástup vyhledávání termínu metaverse v listopadu 2021, což bylo zapříčiněno přejmenováním společnosti Facebook Inc. na Meta Inc. a oznámením jejího tvůrce Marka Zuckerberga, že se společnost začne velmi angažovat ve virtuálních realitách a v metaverse světech. (Forbes 2021)

Pojem blockchain se za celý rok držel na přibližně stejné úrovni. Termín pro nezaměnitelné tokeny (NFT) zaznamenal strmý růst až k hodnotě 100 bodů v prosinci 2021. Zato blockchainová hra Axie Infinity zaznamenala největší hodnotu vyhledávání v červenci 2021 a od té doby je v poklesu.

1.1.3. Fungování technologie

Kompletní blockchainový model se podle Gartner (2020) „skládá z pěti elementů: sdílený distribuovaný záznam, dohledatelnost na blockchainu, kryptografické šifrování, tokenizace, metody schvalovacího procesu.“

Všechny tyto principy jsou důležitými základními kameny této technologie. Sdílený a distribuovaný záznam (Distributed ledger technology) si práce přiblíží v kapitole 1. období: Transakce na blockchainu.

Další prvek dohledatelnost na blockchainu vychází z hlavních vlastností jako je transparentnost a nezměnitelnost po zaznamenání na blockchainu.

Kryptografické šifrování zase slouží k bezpečnému uchování dat na síti.

Další element tokenizace velice souvisí s využitím blockchain technologie pro digitální vlastnictví tokenů, nejčastěji kryptoměn a NFT tokenů. V kontextu blockchainu je totiž tokenizace „proces přeměny hodnoty na digitální token, který se dá používat na decentralizované síti.“ Tokenizovat se dá prakticky cokoli, většinou jde o aktiva s nějakou hodnotou, například nemovitosti a umění, ale mohou to být i nehmotná aktiva jako vlastnická či hlasovací práva nebo licencování obsahu. (Gemini 2021b)

Poslední částí kompletního blockchainového modelu jsou metody schvalovacího procesu. Tyto metody jsou podstatným prvkem blockchainu, protože zajišťují dosáhnutí dohody, důvěry a bezpečí na decentralizované síti a určují tím základní parametry škálovatelnosti, bezpečnosti a decentralizace. V kontextu blockchainu jsou nejvíce používány metody Proof of work (PoW) a Proof of stake (PoS). (Investopedia 2021a)

Proof of work je metoda, kterou používají nejznámější a největší blockchainy Bitcoin a Ethereum. Celý tento systém vyžaduje velkou spotřebu energie a hodně času pro potvrzení transakcí. Platnost transakcí je totiž určena pomocí řešení kryptografických hádanek, které vypočítávají vysoce výkonné počítače. Pravděpodobnost, že dojde k validaci (potvrzení) nových bloků, závisí na výpočetním výkonu počítače, který tuto těžbu (mining) provádí. Těžaři dostávají díky řešení těchto hádanek odměny za každý blok, který vytěží. (Investopedia 2021a) a (101Blockchains 2021)

Druhou nejpoužívanější metodou je proof of stake. Tato alternativa využívá jiný systém, ve kterém vlastníci kryptoměn potvrzují nové transakce na základě množství nativní kryptoměny, který tento validátor „uzamkne“ (stake). Validátorem se tedy stanou lidé, kteří uzamknou určité množství nativní kryptoměny na daném blockchainu. Například validátoři Etherea musí v současné době uzamknout okolo 32 ETH, aby mohli potvrzovat nové bloky sítě. Pravděpodobnost ověření nových bloků v tomto systému záleží na počtu tokenů, které osoba drží. Validátoři pak díky tomu dostávají místo blokových odměn část síťových poplatků. (Investopedia 2021a), (101Blockchains 2021), (Investopedia 2021e)

Mezi další méně používané metody patří Proof of Capacity, Proof of activity nebo Proof of Burn. (Investopedia 2021a) a (101Blockchains 2021)

1.1.4. Rozdělení blockchainů

Mezi nejčastěji používané rozdělení blockchainů patří rozdělení podle přístupu účastníků do sítě. Tedy rozdělení na soukromý (private) a veřejný (public) blockchain. Existují ovšem i varianty Consortium a Hybridní blockchainy. (Foley 2021)

Hlavní rozdíly mezi veřejnými a soukromými blockchainy naznačuje tabulka 1.

Tabulka 1 Porovnání veřejných a soukromých blockchainů

	Veřejné blockchainy	Soukromé blockchainy
Centrální autorita	Žádná centrální autorita	Jsou úplně nebo částečně pod kontrolou autority
Přístup	Každý se může připojit	Jen předem vybraní účastníci se mohou připojit k síti
Bezpečnost	Díky své decentralizaci jsou více bezpečné	Kvůli své malé decentralizaci mají většinou menší bezpečnost
Rychlost	Pomalejší zpracování transakcí omezuje jejich objem	Rychlejší zpracování umožňuje i vyšší objem transakcí
Metoda konsensu	Proof of work, proof of stake, proof of burn, proof of space	Proof of elapsed time, Raft, Instambul BFT
Regulace	Existují regulační obavy, kvůli nejisté centralizaci	Větší regulační jasnost
Výhody	Větší důvěryhodnost, bezpečnost, transparentnost	Větší rychlost, škálovatelnost
Nevýhody	Menší počet transakcí za sekundu, problémy se škálovatelností, spotřeba energie	Nízká úroveň bezpečnosti a centralizace
Příklady	Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Stellar	Corda, Hyperledger Fabric, B3i

Zdroj: Natarajan, Krause, Gradstein (2017) a GeeksforGeeks (2022), vlastní zpracování

Komparace obou typů blockchainů odhalila, že největší rozdíl spočívá v centrální autoritě. Na rozdíl od veřejných blockchainů, soukromé blockchainy jsou úplně nebo částečně pod kontrolou nějaké centrální autority. Také se mohou připojit pouze vybraní účastníci. Soukromé blockchainy jsou ovšem výhodné nejen v rychlejším zpracování transakcí, větší škálovatelnosti, ale hlavně v regulační jasnosti. Na druhou stranu veřejné blockchainy jsou považovány za bezpečnější, lépe decentralizované a více transparentní.

1.2. Vývoj blockchain technologie

Blockchain je tzv. bleeding edge technologie. To znamená, že jde o novou technologii, která má velká rizika a zpočátku se zdá nespolehlivá. Pokud totiž nesplní cíle, které od ní lidé očekávají, většina uživatelů zaznamená ztráty nebo vysoké výdaje. Také platí, že si lidé nejsou plně vědomi všech problémů a nedostatků, které produkt má, protože je zatím ve velmi rané fázi svého vývoje. (Investopedia 2022c)

Spousta technologií se ovšem za svou dobu existence změnila z bleeding edge na technologie, které většina lidí používá každý den. Příkladem může být email, chytré telefony nebo internet. V průběhu totiž odstranily tyto technologie všechna velká rizika a postupná celosvětová cenová dostupnost těchto technologií zrychlila jejich adopci. (Investopedia 2022c)

Historie blockchain technologie začíná v devadesátých letech 20. století, když W. Scott Stornetta a Stuart Haber poprvé vytvořili ideu, dnes známou jako blockchain. Jejich práce se zabývala kryptograficky zajištěným řetězcem bloků, který by nikdo nemohl pozměnit či narušit. I když je použití tohoto řetězce v jejich publikaci pouze úzce zaměřené, dalo by se říct, že práce obsahuje základní prototyp blockchainů, které pohánějí největší kryptoměny dneška. (Vice 2018)

Když poprvé napsal neznámý člověk nebo skupina osob pod pseudonymem Satoshi Nakamoto bílou knihu o kryptoměně Bitcoin v roce 2008, tři z osmi citačních zdrojů pochází právě od Habra a Stornetta. (Nakamoto 2008)

K bližšímu pochopení blockchain technologie, popíšeme si jednotlivé fáze jejího vývoje. Od vzniku v roce 2008 totiž došlo k několika velkým změnám v jejím fungování a využití. Fáze blockchainu se podle Swan (2015) dělí na tři období:

1.2.1. 1.období: Transakce na blockchainu

První generace blockchainů, která byla mezi roky 2008-2013, se zaměřovala převážně na využití v různých aplikacích týkajících se digitálních platebních systémů. V tomto období se vyvinuly první kryptoměny fungující na mechanismu PoW jako Bitcoin, Ethereum, Litecoin.

Důležitým pojmem v tomto období je distribuovaná účetní kniha (DLT), což je vlastně jiný název pro blockchain. Jde o možnost, jak zaznamenat, sdílet a synchronizovat transakční data přes distribuovanou síť. Důležitou vlastností je nezměnitelnost a nemožnost zmanipulovat transakce poté, co byla zaznamenána na sdílenou účetní knihu. (Swan 2015)

Jiná definice říká, že jde o „protokol, který dovoluje bezpečné fungování decentralizované digitální databáze.“ (Investopedia 2021b)

1.2.2. 2.období: Chytré kontrakty

Druhá generace blockchainů, fungující mezi roky 2013–2018, se někdy nazývá jako éra chytrých kontraktů. Tato éra se zabývala převážně využitím těchto smluv v souvislosti s blockchain technologií a jejich zapojením ve finančních nástrojích.

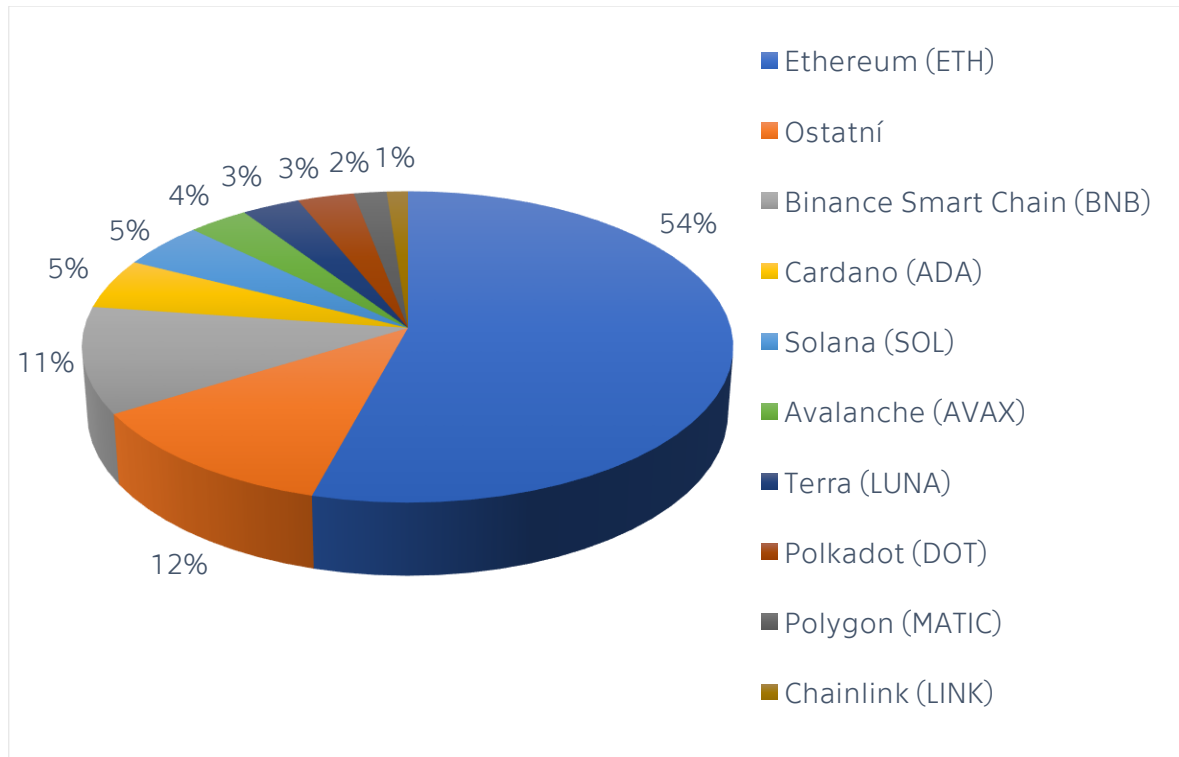
Chytrý kontrakt (smart contract) je „*programovatelný kód, který funguje na blockchainu a vymáhá podmínky, na kterých se předtím domluví obě protistrany.*“ Cílem kontraktu je tedy vykonat zadané podmínky, jakmile jsou splněny nastavené parametry. (Abdulhakeem, Hu 2021) a (Swan 2015)

Termín smart contract poprvé použil americký vědec Nick Szabo, který vynalezl digitální měnu BitGold, deset let před vytvořením Bitcoinu. Jeho nápad spočíval ve využití počítačového kódu k nákupu a prodeji cenných papírů. (Abdulhakeem, Hu 2021) a (Szabo 1997)

Kombinací více chytrých smluv vznikají decentralizované aplikace (DAPPS). Díky těmto aplikacím se dají vytvářet nezaměnitelné tokeny, anglicky Non-Fungible token (NFT), ale využívají se také ve finančním sektoru, kterému se přezdívá Decentralizované Finance (DeFi). Platformy s chytrými kontrakty jsou tedy blockchainy, na kterých fungují buď chytré kontrakty nebo decentralizované aplikace. Uživatelé se na nich mohou zapojit do různých aktivit a využívat četné služby, včetně vytváření NFT tokenů, uzamykání nebo půjčování různých kryptoměn. (Coingecko 2022c)

Na těchto platformách je nutné platit transakční poplatky (gas fees), které se většinou platí nativní kryptoměnou daného blockchainu. Na grafu 4 jsou znázorněny největší blockchainy, využívající chytré kontrakty a decentralizované aplikace podle tržní kapitalizace v amerických dolarech k 19.2.2022. Na grafu také najdeme v závorce za názvem blockchainu kryptoměnu, kterou se na daném blockchainu platí za transakční poplatky. (Coingecko 2022c)

Graf 4 Největší blockchainy využívající chytré kontrakty podle tržní kapitalizace ke dni 19.2.2022



Zdroj: CoinGecko (2022c), vlastní zpracování

Ethereum je největší blockchain využívající chytré kontrakty podle tržní kapitalizace v dolarech a tvoří více než půlku tržní kapitalizace celého odvětví, konkrétně 54 %. Ostatní menší blockchainy popisují druhou největší část, přesněji 12 %. Mezi hlavní vyzývatele Etherea patří Binance Smart Chain s 11 % trhu, Cardano a Solana s 5 % celkové tržní kapitalizace. Mezi další konkurenty, které mají méně než 5 % celkového podílu na trhu patří Avalanche, Terra, Polkadot, Polygon a Chainlink. I když se tyto údaje, díky velké volatilitě na trhu kryptoměn, každým dnem mění, na grafu je jasně vidět dominance blockchainu Ethereum na trhu s chytrými kontrakty. Díky tomu tato převaha také platí na trhu s NFT tokeny.

1.2.3. 3.období: Decentralizované aplikace

Poslední období, které probíhá od roku 2018 do současnosti, se vyznačuje rozšířenějším uplatněním, právě díky použití DAPPS. Využití se rozšířilo mimo jiné na zdravotnictví, vzdělání, hry, veřejnou správu, vědu a také na digitální vlastnictví, kterým se práce zabývá v praktické části. (Abdulhakeem, Hu 2021)

Podle Investopedia (2021d) jsou DAPPS „*digitální aplikace nebo programy, které fungují na blockchainové síti.*“. Nejčastějším využitím jsou hry, finance a sociální média. DAPPS na první pohled připomínají obyčejný web nebo mobilní aplikace. Rozdílem ovšem je integrace s blockchain technologií. DAPPS díky tomu využívají všech výhod blockchainu a chytrých kontraktů. Avšak některé z těchto výhod se mohou nakonec projevit jako nevýhody. Například velká transparentnost láká hackery k pokusu o proniknutí do aplikace nebo protokolu. Dalšími překážkami větší integrace DAPPS je problém škálovatelnosti, kterým se zabývá kapitola Blockchainové trilema. (Investopedia 2021d)

Další důležitým pojmem v tomto období je decentralizovaná autonomní organizace (DAO). Podle Sims (2019) jde „*o organizaci, kterou neřídí jedna nebo malý počet subjektů, ale je řízena skrze kód.*“ Tento kód je založen na chytrých kontraktech. Tento systém může představovat revoluci ve vedení společností a jiných organizací. Rozhodnutí o řízení společnosti se provádí na blockchainu skrze různé formy hlasování. Pomocí blockchainu tyto organizace dokážou snížit transakční náklady a díky chytrým kontraktům, může být tento styl řízení také značně transparentní a účinný. Společnosti mohou nasadit blockchain technologii, aby jim asistovala v uchování záznamů vlastnictví cenných papírů a hlasování akcionářů. Tento koncept je ovšem v současné době velmi regulačně nejasný. (Sims 2019) a (DataFlair 2022)

1.3. Výhody, nevýhody a technologické překážky

Blockchain technologie má díky svým jedinečným vlastnostem množství různých výhod a nevýhod oproti tradičním databázím. Existuje ovšem také množství technologických překážek, které zatím stojí v cestě širší adopce technologie.

1.3.1. Výhody a nevýhody

Tabulka 2 představuje šest podstatných výhod i nevýhod blockchain technologie.

Tabulka 2 Porovnání výhod a nevýhod blockchain technologie

Výhody	Nevýhody
Snížení transakčních nákladů	Nevyzrálost technologie
Větší transparentnost a ověřitelnost	Dopad na životní prostředí
Neměnnost po zaznamenání	Integrace a interoperabilita
Rychlost	Blockchainové trilema
Decentralizace	Regulace
Bezpečnost	Soukromí

Zdroj: Natarajan, Krause, Gradstein (2017), vlastní zpracování

Mezi hlavní výhody uplatnění blockchain technologie patří decentralizace, s tím spojené odstranění třetí osoby a snížení transakčních nákladů. Další výhody jsou větší transparentnost, ověřitelnost a nezměnitelnost. Při vyřešení kryptoměnového trilema, které si vysvětlíme v následující části, by se mezi výhody mohla řadit také rychlost, decentralizace a bezpečnost. Perfektní docílení všech těchto vlastností je ovšem v tuto chvíli nedosažitelné.

Mezi nevýhody se často řadí nevyzrálost technologie, regulační a legální nejasnosti, možné problémy se soukromím a bezpečností. Dalším problémem je velká spotřeba především PoW blockchainů a s tím související dopad na životní prostředí. Mezi největší technologické překážky řadíme hlavně integraci do jiných systémů a technologií a s tím související interoperabilitu. Další technologickou překážkou je blockchainové trilema, kterým se zabývá další kapitola. (Natarajan, Krause, Gradstein 2017)

Je ovšem nutno dodat, že každá z těchto vlastností může být výhodou i nevýhodou. Například výhoda transparentnosti se může stát nevýhodou kvůli snadnějším útokům hackerů na síť nebo nevýhoda se soukromím se může při jejím vyřešení stát výhodou.

1.3.2. Blockchainové trilema

Blockchainové trilema, někdy známé jako trilema škálovatelnosti, je termín popisující fakt, že vývojáři blockchainu musí z části nebo úplně obětovat jednu ze tří základních vlastností blockchain technologie v její infrastruktuře. (Gemini 2021a)

- Decentralizace

První z těchto vlastností je decentralizace. Jde o stav, kdy se blockchain nespolehá na centrální autoritu a neovládá ho pouze několik málo osob či organizací. Tím dochází k rovnoměrné distribuci moci mezi účastníky. (Shrimpy academy 2021b) a (Ledger 2021)

- Bezpečnost

Další vlastností je bezpečnost. Jde o schopnost blockchainu operovat podle plánu, ubránit se útokům, chybám v systému nebo jiným problémům. Jde tedy o sílu obrany daného blockchainu před možnými útoky na síť. (Shrimpy academy 2021b) a (Ledger 2021)

- Škálovatelnost

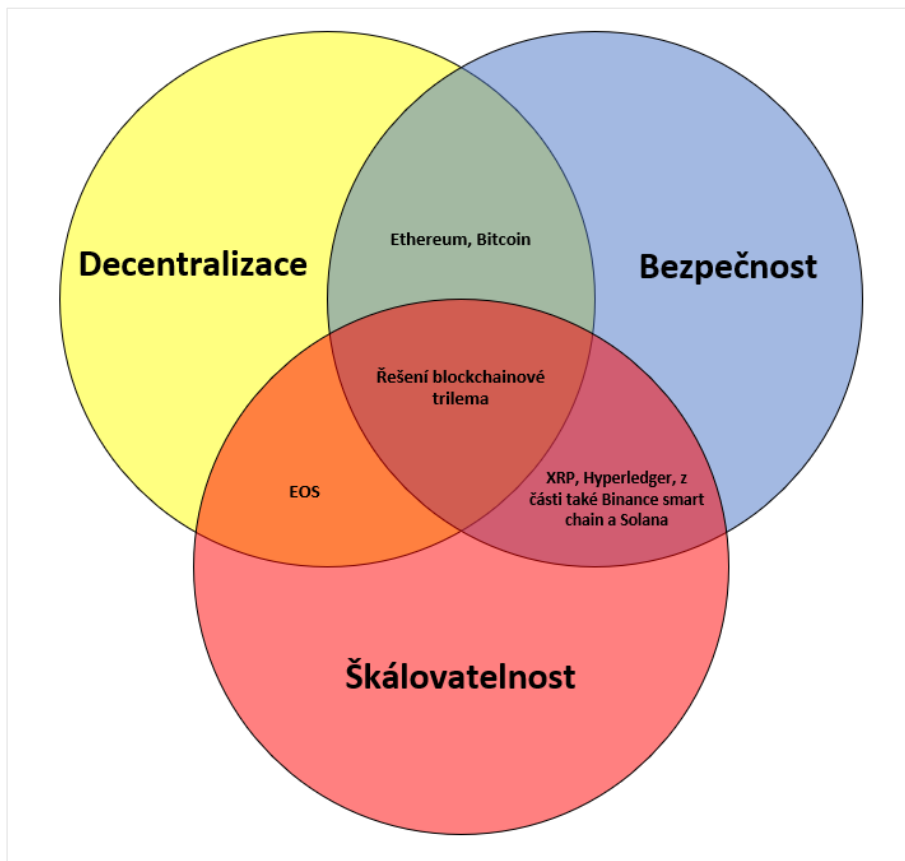
Poslední vlastností, kterou chtějí blockchainy dosáhnout je škálovatelnost. Jde o schopnost blockchainu bez potíží zvládat rostoucí počty transakcí. (Shrimpy academy 2021b) a (Ledger 2021)

Tento problém poprvé pojmenoval termínem blockchainové trilema v roce 2016 spoluzakladatel decentralizovaného open-source blockchainu Ethereum Vitalik Buterin. (CoinMarketCap 2022b)

S dosti podobným konceptem ovšem pracovali už jiní vědci. Například roku 1996 Birman a Friedman popsali podobný teorém, který v distribuovaných systémech nutí vybírat si mezi konzistencí a dostupností. Poté roku 1999 přišel informatik Eric Brewe na teorém CAP, který popisoval stav, kdy pro distribuovaný datový sklad není možné zaručit více než dvě ze tří potřebných vlastností – konzistence, dostupnost, odolnost k přerušení (Consistency, Availability, Partition tolerance). V moderní době se tento teorém vyvinul právě do kryptoměnového trilema. (Gemini 2021a)

Zatímco CAP teorém platil skoro po čtyři dekády, díky implementaci různých řešení a inovací vývojáři, nalézají východisko z blockchainového trilema. Tím se přibližují k vytváření ideálních sítí, které si nemusí vybírat dvě ze tří vlastností, ale budou škálovatelné, bezpečné i decentralizované. (Gemini 2021a)

Obrázek 1 Blockchainové trilema



Zdroj: CryptoTicker (2019) a CryptoKingdom (2021), vlastní zpracování

Na obrázku 1 najdeme zjednodušený příklad blockchainového trilema. V současné době je toto trilema totiž většinou řešeno kompromisem, kdy se blockchainová síť rozhodne pouze pro dvě z těchto tří vlastností.

Developeři Bitcoinu a Etherea, což jsou v současnosti dvě největší kryptoměny podle tržní kapitalizace, byli nuceni z části obětovat nízkou škálovatelnost za poměrně vysokou decentralizaci a bezpečnost. Problémy se začaly projevovat při rostoucí oblíbenosti a aktivitě na těchto blockchainech v posledních letech. Z toho důvodu jsou na nich dnes obrovské poplatky, dlouhá doba provedení transakce a také malý počet transakcí za sekundu (TPS), které dokáže blockchain zpracovat. Ethereum totiž dokáže zpracovat pouze okolo 10 TPS a Bitcoin dokonce jen polovinu, tedy okolo 5 TPS. (BinanceAcademy 2022c) a (CryptoSlate 2022)

Bezpečnosti a škálovatelnosti dosahují i tradiční centralizované systémy databází, například SQL, Oracle. Z blockchainových řešení jde například o Binance Smart Chain, XRP Ledger, Hyperledger nebo Solana. (CryptoKingdom 2021)

Přestože nejde o plně centralizované systémy, tyto blockchainya jsou stále z velké části pod kontrolou své společnosti. Nejlepší ukázkou je blockchain Solana, který je z části kontrolován neziskovou organizací Solana Foundation. Tyto blockchainya jsou sice kritizovány za svou vysokou centralizaci, jsou ovšem schopny svou rychlostí a počtem

TPS konkurovat tradičním centrálním platebním systémům jako je Visa. Dalo by se říct, že developeři těchto blockchainů zčásti eliminovali decentralizaci za menší poplatky, rychlejší transakce a větší škálovatelnost. (Gemini 2021c)

Nejlepším příkladem je blockchain Solana. Ten díky nové metodě schvalovacího mechanismu, která se nazývá Proof of History, dokáže ve špičce provozu na síti zpracovat podle jejich týmu teoreticky až 65 000 TPS, což by mohlo být 4 000krát rychlejší než Ethereum a dokonce i 2,5krát rychlejší než Visa. Dalo by se říct, že developeři Solany obětovali decentralizaci za menší poplatky, rychlejší transakce a větší škálovatelnost. Blockchain Solana je zároveň podle jejího spoluzakladatele Anatolyho Yakovenka navržen v souladu s Moorovým zákonem a každé dva roky se tedy díky rychlejším počítačům zdvojnásobí jeho kapacita. (Gemini 2021c)

V současné době zvládá Solana ovšem zpracovat průměrně pouze okolo 3 000 TPS. Což je ovšem stále působivě rychlé ve srovnání s počtem TPS na Ethereum. Díky rozdílné metodě konsensu je zároveň Solana také mnohem šetrnější k životnímu prostředí. (Gemini 2021c)

Zdroje CryptoKingdom (2021) a CryptoTicker (2019) také uvádí poslední typ blockchainů, které zachovaly škálovatelnost a decentralizaci na úkor bezpečnosti. Mezi ně řadí blockchain EOS, jehož bezpečnost byla již mnohokrát narušena pomocí útoků ze strany hackerů.

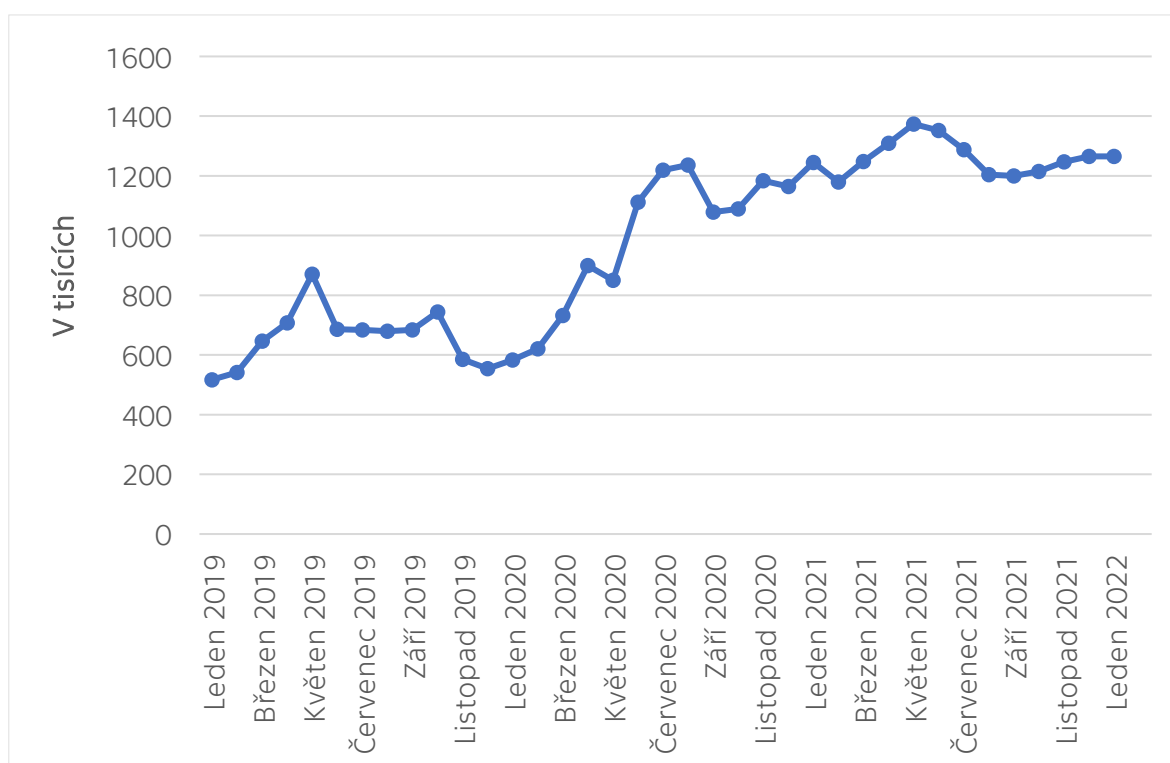
Je ovšem nutné podotknout, že jde o pouhé zjednodušení dané problematiky. Navíc míra jednotlivých vlastností je značně spekulativní a díky neustálým vylepšením blockchainů také velmi nestálá.

1.3.3. Nízká škálovatelnost PoW blockchainů

Nízká škálovatelnost většiny PoW blockchainů jde nejlépe vidět na největším blockchainu provozujícím chytré kontrakty Ethereum, který zatím funguje na mechanismu PoW. Kromě velmi nízkého počtu TPS jde tato nízká škálovatelnost na Ethereu vidět také na transakčních poplatcích, které musejí platit uživatelé sítě při používání. (Etherscan 2022a)

Na grafu 5 jde vidět stoupající počet transakcí na Ethereu od roku 2019 až do roku 2022.

Graf 5 Počet transakcí na blockchainu Ethereum za den od ledna 2019 do ledna 2022

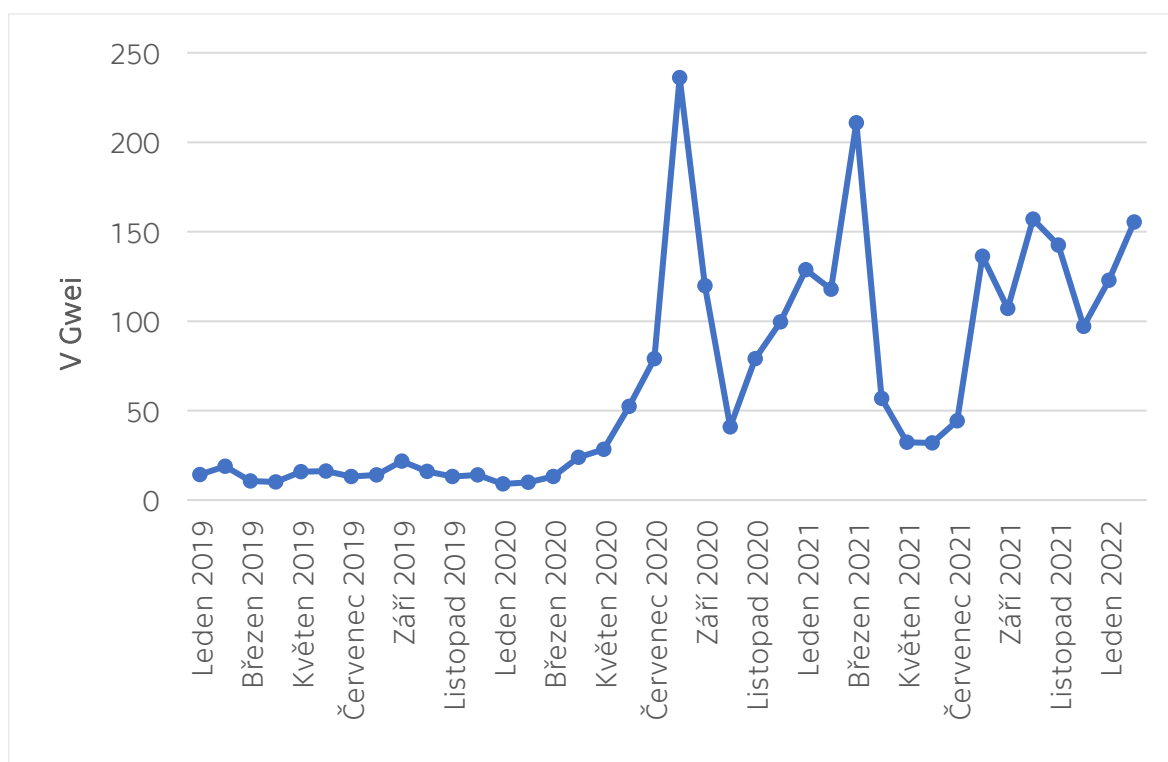


Zdroj: BitInfoCharts (2022), vlastní zpracování

Na grafu lze pozorovat rostoucí zájem o transakce na Ethereu. Největší počet transakcí blockchain Ethereum zaznamenal v období od května 2020 do srpna 2020 a poté znovu v období od února 2021 do května 2021. Tento zájem o komplexních NFT a DeFI transakce poukázal na problémy škálovatelnosti Etherea.

Na následujícím grafu 6 je znázorněna související velikost transakčních poplatků na Ethereu za stejné časové období, tedy od začátku roku 2019 do začátku roku 2022.

Graf 6 Výše transakčních poplatků na Ethereum od ledna 2019 do ledna 2022



Zdroj: Etherscan (2022a), vlastní zpracování

Graf ukazuje obrovské výkyvy v cenách poplatků ve stejných měsících, ve kterých zaznamenal blockchain Ethereum nadměrnou poptávku po provedení transakcí. Šlo o období okolo srpna 2020 a března 2021, kdy poplatky neúměrně vyrostly. Tyto poplatky se na Ethereum musí platit minérům bloků, kteří v PoW mechanismu zajišťují bezpečný průběh sítě. Jednotky těchto transakčních poplatků (v angličtině gas) se nazývají Gwei. (Ethereum 2022a)

Je tedy zřejmé, že významný provoz na PoW sítích, jejich nízká škálovatelnost a s tím spojené obrovské poplatky, odrazují malé investory od obchodování a zpomalují tím adopci technologie.

Problém nízké škálovatelnosti Etherea se snaží jeho developéři průběžně vylepšovat pomocí návrhů na zlepšení, tzv. Consensus Protocol Improvements. Těmto návrhům se konkrétně na Ethereum říká Ethereum Improvement Proposal (EIP). K přijetí jednoho z významných návrhů EIP-1559 došlo v srpnu 2021. Tento konkrétní návrh přinesl zásadní změny v pohledu na poplatky. Vývojáři se pomocí tohoto návrhu snaží zlepšit systém pomocí speciální odměny pro těžaře, kterou dostávají při velkém zatížení sítě. Tyto odměny a také základní poplatek sítě (base fee) poté platí uživatelé blockchainu pomocí algoritmicky určených cen. (Gemini 2022a) a (Ethereum 2022a)

Problém s vysokými poplatky ovšem tyto návrhy na zlepšení nezmění. Developéři Etherea proto do budoucna počítají s množstvím různých řešení škálovatelnosti, o kterých bude následující kapitola s názvem Řešení blockchainového trilema. (Ethereum 2022b)

1.3.4. Řešení blockchainového trilema

Možnou cestou, jak vyřešit problémy blockchainu, jsou upgrady sítě. Tyto aktualizace sítě se nazývají rozštěpení (anglicky Fork). Blockchain se díky rozštěpení rozdělí na dva oddělené řetězce. Vznikne tedy nový upravený blockchain a blockchain s původním protokolem. Existují dva druhy takového rozštěpení. (Investopedia 2021c) a (Stroukal, Skalický 2018, s.371-377)

- Tvrdé rozštěpení (hard fork) je „radikální změna protokolu na blockchainové síti, která rozdělí blockchain na dvě větve, z nichž jedna se drží předchozího protokolu a druhá následuje novou verzi protokolu.“ Tyto rozštěpení mohou probíhat na různých blockchainech. Díky tvrdým rozštěpením vznikly nové blockchainya jako Bitcoin Cash, Ethereum Classic či Bitcoin Gold. (Investopedia 2021c).
- Měkké rozštěpení (soft fork) se odlišuje jen v tom ohledu, že platným bude nadále jen nový blockchain. Toto rozštěpení ovšem není kvůli nedostatečné bezpečnosti moc oblíbené a developeři většinou volí tvrdé rozštěpení. (Investopedia 2021c).

Je zcela zřejmé, že nízká škálovatelnost je pro PoW blockchainové sítě podstatným omezením. Tyto sítě totiž kvůli PoW mechanismu zaznamenávají veliké problémy nejen s poplatky, ale také s nízkou rychlostí transakcí a velikou spotřebou energie.

I proto vzniká spousta projektů, které se snaží najít možnosti, jak najít rovnováhu mezi síťovou bezpečností, škálovatelností a decentralizací. Takovou možností je i zvětšení velikosti bloků, což je ale pro mnoho developerů nepopulární řešení. Mezi nejpopulárnější řešení problému škálovatelnosti (Scaling solutions) patří Layer one a Layer two scaling solutions, což by se do češtiny dalo volně přeložit jako tzv. škálovací řešení první vrstvy (L1) a škálovací řešení druhé vrstvy (L2). (Gemini 2022b) a (EthereumWiki 2021)

Layer 1 jsou původní blockchainya, které se snaží zajistit škálovatelnost, bezpečnost i rychlost. Jde například o Bitcoin, Litecoin, Ethereum. Existují tři hlavní možnosti, jak implementovat L1 řešení: PoW, PoS, Shardování. PoW a PoS představují dva základní mechanismy konsensu. Další významnou metodou škálování je shardování (sharding), jež probíhá přímo na síti (on-chain). Jde o řešení k projektům jako je Ethereum. Při této metodě se rozštěpí transakce, které běží na blockchainu do zjednodušených uskupení dat (shardy), které poté jdou snadněji zpracovat sítí. To pomáhá při velkých přetížích sítě. Zároveň je také zajištěna bezpečnost, protože různé shardy mohou mezi sebou komunikovat a posílat informace hlavnímu blockchainu, takže nemůže dojít ke zkompromitování informací. (Gemini 2021b) a (EthereumWiki 2021)

V současnosti jsou kromě nově vytvořených blockchainů také velmi populární vylepšení jiných blockchainů tzv. Layer 2 řešení. Jde o sítě, které pracují na jiném blockchainu a pokouší se vylepšit jeho efektivitu a škálovatelnost. Tyto řešení

zaznamenaly za poslední roky velký nárůst tržní kapitalizace a v současné době dokazují, že jde o účinnou cestu, jak překonat problém škálovatelnosti u PoW sítí. (Gemini 2022b)

Mezi nejčastější řešení mimo síť (off-chain) patří tzv. Rollupy (Rollups), které dovolují sítím jako je Ethereum, sbalit více transakcí do jedné transakce a poté předkládají tato srolovaná data hlavnímu kanálu. Rollupy zmenšují data potřebné k transakcím a tím usnadňují provoz a zvětšují rychlost. Rollupy se dělí na Zero Knowledge Rollup (ZK Rollup) a Optimistic Rollup. Podle Ethereum (2022d) jsou nejvýznamnější příklady ZK Rollupů Loopring, Starkware (DyDx), Polygon Hermez. Mezi nejvýznačnější ukázky Optimistic Rollupů patří Arbitrum, Optimism, Metis, Boba network. (Ethereum 2022c)

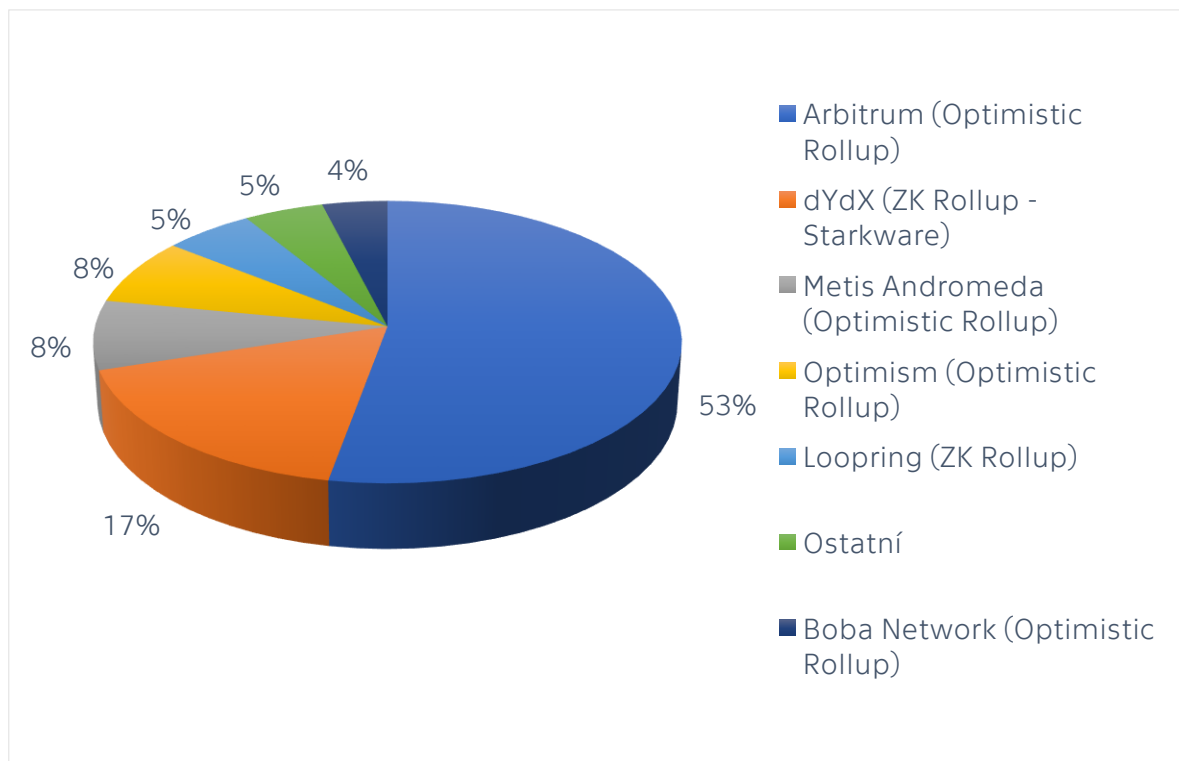
Možným řešením nízké škálovatelnosti Etherea jsou také tzv. Plasma a Nested Blockchain. Plasma a vložený blockchain jsou v podstatě decentralizované síťové infrastruktury, které využívají hlavní blockchain k nastavení parametrů pro širší blockchainovou síť. Tyto vnořené blockchainya jsou dalším ze slibných L2 řešení. Jejich příkladem může být OMG Plasma, která funguje na Ethereu. Stále jde ovšem jen o experimentální stadia technologie a je tedy stále velmi brzo na vytváření závěrů o tom, jestli jde o nejlepší možné východisko. (Ethereum 2022b) a (Gemini 2022b)

Sidechainya jsou dalším typem řešení škálovatelnosti. Jsou spojeny k hostujícímu blockchainu a fungují i na PoW i na PoS modelech. Transakce na sidechainech jsou ověřovány pomocí stakerů nebo minérů. Zjednodušeně jsou sidechainya blockchainy v blockchainu, které pomáhají zvyšovat škálovatelnost a snižovat transakční poplatky. Rootstock a Polygon jsou dva nejpopulárnější sidechainya. Rootstock pomáhá přenést chytré kontrakty na blockchain Bitcoin a Polygon pomáhá blockchainu Ethereum snižovat transakční poplatky a zvětšovat počet TPS. Dalším příkladem je sidechain Ronin, který byl vytvořen specificky pro hru Axie Infinity, aby vyhovoval jejím nastaveným požadavkům, jelikož samotný blockchain Ethereum není kvůli svým vysokým poplatkům pro tuto hru optimální. (Ethereum 2022b)

State Channels představují další možné řešení, jak zjednodušeně uzamknout transakce mimo síť do kanálů. Teprve po zavření kanálu se začáteční a koncová informace přenesou na hlavní blockchain, místo aby se přenášela každá informace. Příkladem je Lightning Network, který funguje na blockchainové síti Bitcoin nebo Raiden a Perun Network, které fungují na Ethereu. (InvestorsObserver 2021)

Na druhém největším blockchainu Ethereum je velká konkurence mezi těmito protokoly, protože při úplné bezproblémové implementaci mohou nabízet nižší poplatky na Ethereu a zjednodušit tím adopci tohoto blockchainu i mezi malými investory. Tržní podíl největších L2 řešení na Ethereu lze pozorovat na grafu 7.

Graf 7 Největší L2 protokoly na Ethereum podle tržní kapitalizace ke dni 20.2.2022



Zdroj: Footprint Analytics (2022), vlastní zpracování

Všechny L2 protokoly na grafu představují více než 6 miliardový trh. V závorce za názvy platforem je uvedeno, o jaký typ L2 řešení se jedná. Největší tržní kapitalizaci ke dni 20.2.2022 má protokol Arbitrum, který zároveň představuje více než 50% podíl z celkové hodnoty trhu. Mezi další se řadí dYdX a jeho specifický rollup Starkware, který dosahuje 17 % celkového podílu. Podíly dvou Optimistic rollupů Metis Andromeda a Optimism činí 8 % trhu. 5 % trhu zabírá Loopring a dalších 5 % kategorie Ostatní, která zahrnuje ostatní menší protokoly. Posledním řešením, jež představuje 4 % celkového trhu, je Boba Network.

Z grafu také vyplývá, že typ L2 řešení s největší tržní kapitalizací jsou Rollupy. V současné době díky dominanci protokolu Arbitrum jde konkrétně o Optimistic Rollupy.

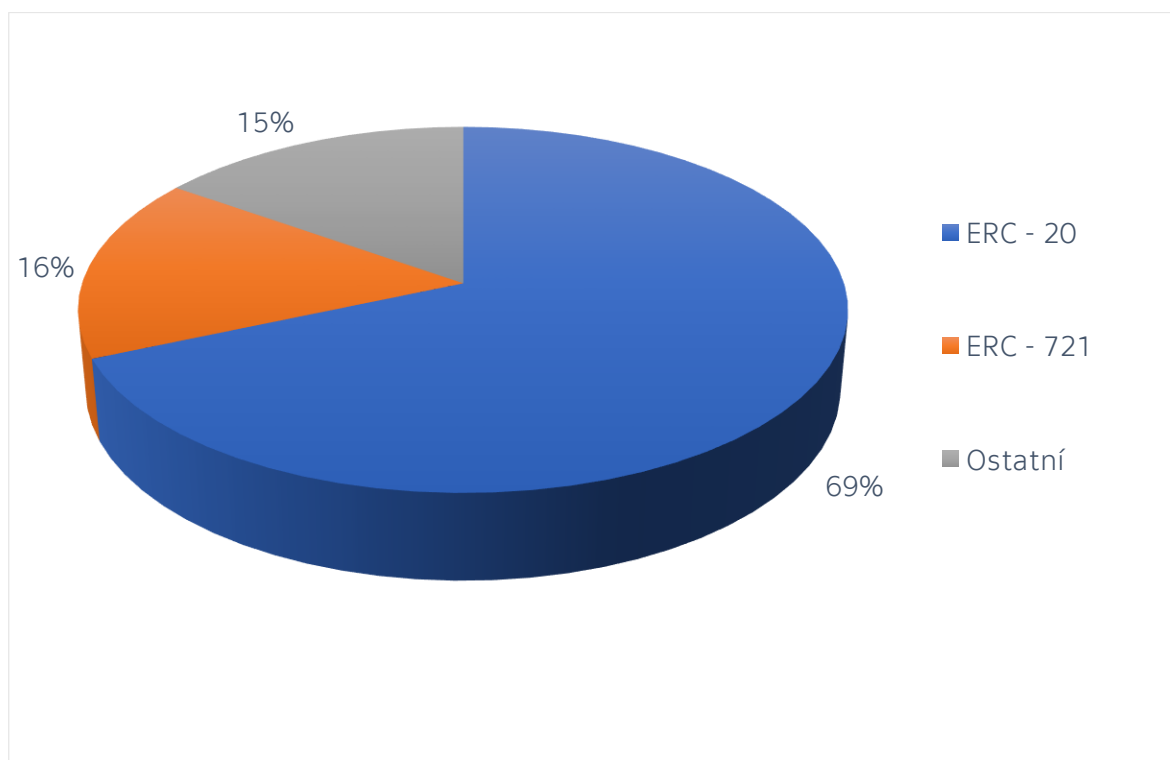
2. Praktická část

2.1. Digitální vlastnictví na blockchainu

Digitální vlastnictví na blockchainu je vcelku nový trend, kterému se dostalo velké mediální pozornosti v roce 2021. Digitální vlastnictví na blockchainu se dá rozdělit podle standardu tokenu, který je zaznamenán na síti. Tyto standardy představují vlastněná aktiva a slouží různým účelům. (CoinTelegraph 2022)

Na grafu 8 je ukázán podíl počtu celkových převodů jednotlivých standardů tokenů za 24 hodin ke dni 29.11.2021 na největším blockchainu s chytrými kontrakty Ethereum. Tento blockchain poslouží jako příklad, na kterém fungují NFT, jelikož se jeho podíl činí více než 50% celkové tržní kapitalizace všech blockchainů s chytrými kontrakty, jak vyplývá z grafu 4.

Graf 8 Typy standardů tokenů na Ethereum podle počtu převodů za 24 hodin ke dni 29.11.2021



Zdroj: VisualCapitalist 2022, vlastní zpracování

Graf naznačuje, že k datu 29.11.2021 je nejčastěji využíván standard tokenu na Ethereum ERC-20, který představuje zaměnitelné (fungible) tokeny. Jedná se o kryptoměny, podobné americkému dolaru. Každý dolar je totiž směnitelný za jakýkoliv jiný dolar, což také platí pro zaměnitelné tokeny jako je Bitcoin. Standard ERC-20 se kvůli tomu využívá pro uchování hodnot v platebních a měnových systémech. (CoinTelegraph 2022)

Do kategorie Ostatní, která utváří 15 % celkového součtu, patří standardy ERC-998 nebo ERC-1155, který umožňuje frakcionalizaci NFT. (Enjin 2019)

Dalším standardem je ERC-721, který reprezentuje většinu nezaměnitelných tokenů (NFT), ale tvoří pouze 16 % z celku. Tyto tokeny jsou nedělitelné, unikátní a označují digitální doklady o vlastnictví virtuálního, ale i fyzického předmětu nebo služby na blockchainu. Nejčastěji jde o fotografie, hudbu, animované GIFy, obrázky, herní předměty (například herní meč), sběratelské předměty, ale také digitální domény, pozemky ve virtuálním světě, podíl ve společnosti nebo doklad o účasti na události.

Tabulka 3 ukazuje porovnání vlastností mezi zaměnitelnými a nezaměnitelnými tokeny.

Tabulka 3 Porovnání zaměnitelných a nezaměnitelných tokenů

Porovnání vlastností	Zaměnitelný token	Nezaměnitelný token
Hlavní vlastnosti	Dělitelný, nejedinečný, zaměnitelný	Nedělitelný, unikátní, nezaměnitelný
Použitá technologie	Vlastní blockchain	Vytvořeno na jiném blockchainu
Standard tokenu na Ethereum	ERC - 20	ERC - 721 a ERC - 1155
Konkrétní příklady	Kryptoměny, např. Bitcoin, Litecoin	NFT kolekce Bored Ape Yacht Club, Top Shot Moment, pozemek ve virtuálním světě, herní předmět
Co obsahuje	Hodnotu	Data
Reálné využití	Platební a měnové systémy	Digitální vlastnictví (umění, herní a sběratelské předměty, virtuální pozemky)

Zdroj: CoinTelegraph (2022), vlastní zpracování

Zaměnitelný token je dělitelný a nejedinečný. Mezi tyto tokeny patří nejčastěji kryptoměny jako například Bitcoin a Litecoin. Na Ethereum jde o standard ERC-20. Tyto kryptoměny, představující standard ERC-20 na Ethereum, uchovávají hodnotu a využívají se tedy převážně v platebních a měnových systémech.

Oproti tomu nezaměnitelný token je nedělitelný a unikátní. Obsahuje data a je vytvořen na jiném blockchainu, na kterém mohou fungovat DAPPS díky chytrým kontraktům. Na Ethereum tyto tokeny nejčastěji představují standardy ERC-721 a ERC-

1155. Díky unikátnosti se mohou využít v digitálním vlastnictví různých typů NFT. Konkrétní příklady jsou NFT tokeny z kolekce Bored Ape Yacht Club, které se řadí do kategorie generativních uměleckých kolekcí. Dalším příkladem je Top Shot Moment, jenž patří ke kategorii sběratelských předmětů. Populárním využitím NFT tokenů je také virtuální realita, například jako virtuální pozemek na platformě The Sandbox. NFT tokeny se také dají využít jako předměty v počítačových hrách. Tyto oblasti práce blíže popíše v podkapitole Využití NFT tokenů v různých oblastech.

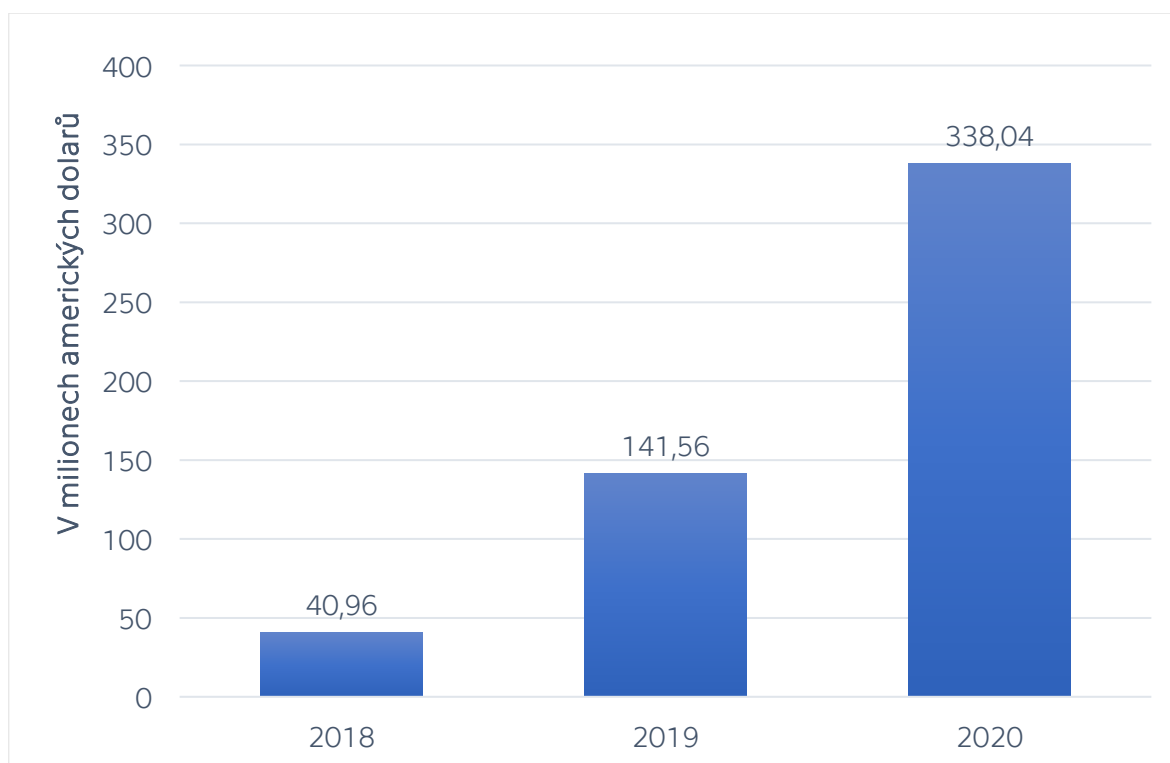
2.1.1. Nezaměnitelné tokeny

Nezaměnitelné tokeny jsou unikátní, ověřitelné a dohledatelné, protože jsou zapsány na blockchainu za pomoci chytrých smluv. Z technického hlediska vzniknou procesem, který se nazývá mint. Aby vznikl nový NFT token musí dojít k vytvoření a potvrzení nového bloku. Poté dojde k zaznamenání těchto dat a tím se zapíše NFT token do blockchainu.

Datum každé transakce, majitelé těchto tokenů, datum vytvoření, cena posledního prodeje a další potřebné informace jsou zaznamenány transparentně na blockchainech, které disponují chytrými kontrakty. Vše je dostupné online pomocí blockchainových prohlížečů (blockchain explorers). Podle Medium (2020) jde o „*online vyhledávač, který umožňuje uživatelům ověřovat a prohlížet transakce, které byly provedeny na blockchainu.*“ Největším blockchainovým prohlížečem na Ethereum je Etherscan. (EtherScan 2022b)

Přestože největší pozornosti se tomuto odvětví dostalo v roce 2021, kdy se dokonce zkratka NFT stala podle Collins (2021) slovem roku, je nutné podotknout, že zažívalo značný růst již předešlé roky. Na grafu 9 jde vidět tržní kapitalizace blockchain technologie od roku 2018 až do roku 2020.

Graf 9 Velikost trhu s NFT tokeny podle tržní kapitalizace od roku 2018 do roku 2020



Zdroj: NonFungible (2021, s.27), vlastní zpracování

Uvedený graf ukazuje vývoj celkové kapitalizace odvětví v letech 2018 až 2020. Z roku 2018 na rok 2019 došlo k více než ztrojnásobení této kapitalizace a růst je patrný i v období od 2019 do 2020, kdy se kapitalizace znovu více než zdvojnásobila. (NonFungible 2021)

Největší růst ovšem trh s NFT zaznamenal v roce 2021, kdy podle zprávy Chainalysis (2022) poslali uživatelé nejméně 44,2 miliardy amerických dolarů v různých kryptoměnách na kontrakty ERC-721 a ERC-1155. Jde o dva největší typy chytrých kontraktů na Ethereum. Je ovšem zřejmé, že po zahrnutí ostatních blockchainů kromě Etherea by byla suma výrazně vyšší. Oproti tomu tradiční trh s uměním měl v roce 2020 hodnotu okolo 50 miliard dolarů. (ArtBasel 2021)

Tradiční aukční síně jako Christies nebo Sothebys začaly v roce 2021 nabízet NFT tokeny ve svých aukcích. (MarketsInsider 2022) Trendu NFT si všimlo také několik společností jako je Adidas, Nike, Dolce a Gabbana, ale také třeba Pringles, Walmart nebo Budweiser. (CoinGecko 2022a)

Ke koupi NFT tokenů je většinou potřeba nativní kryptoměna daného blockchainu. Porovnání největších blockchainů, na kterých fungují chytré kontrakty, bylo již zmíněno v grafu 4. Tyto blockchainy díky tomu dominují na trhu s NFT tokeny. Mezi největší blockchainy, na kterých se dá obchodovat s NFT tokeny, patří Ethereum, Binance Smart Chain, Solana, Cardano, Avalanche. Nejčastěji se tedy s NFT tokeny obchoduje v jejich nativních kryptoměnách, konkrétně: ETH, BNB, SOL, ADA, AVAX.

Za NFT se dá ovšem platit i tzv. stablecoiny jako je USDT, USDC, DAI. Stablecoiny představují kryptoměny, které by měly odpovídat kurzu jiného aktiva. Snaží se tedy být kryté rezervami těchto aktiv. Nejčastěji jde o americký dolar, ale také jiné státní měny nebo cenné kovy. (Investopedia 2022d)

2.1.2. NFT Peněženky

Kryptopeněženka je softwarové zařízení, které umožňuje uživatelům interagovat s blockchainem. Jsou potřeba k uchování tokenů na síti. Na těchto peněženkách se dají uchovávat všechny druhy tokenů na blockchainu, konkrétně kryptoměny a NFT. Tato peněženka generuje privátní klíč (private key). Pomocí tohoto klíče se poté dají autorizovat transakce. Na rozdíl od normálních peněženek, kryptopeněženky obsahují tyto tokeny pouze jako data. (Binance 2022)

Existují dva hlavní druhy těchto peněženek:

- Hardwarové (Cold)

Hardwarové peněženky jsou obecně více bezpečné. Jde o ideální peněženky pro dlouhodobé držení, protože uchovávají privátní klíč na reálném zařízení a tím zůstává peněženka offline, dokud se uživatel nerozhodne tokeny přemístit. Jelikož nejsou online, jsou bezpečnější vůči kybernetickým útokům. (Investopedia 2022a) a (Binance 2022)

Mezi příklady těchto peněženek patří Trezor, SafePal, Ledger. (CoinMarketCap 2021)

- Softwarové (Hot)

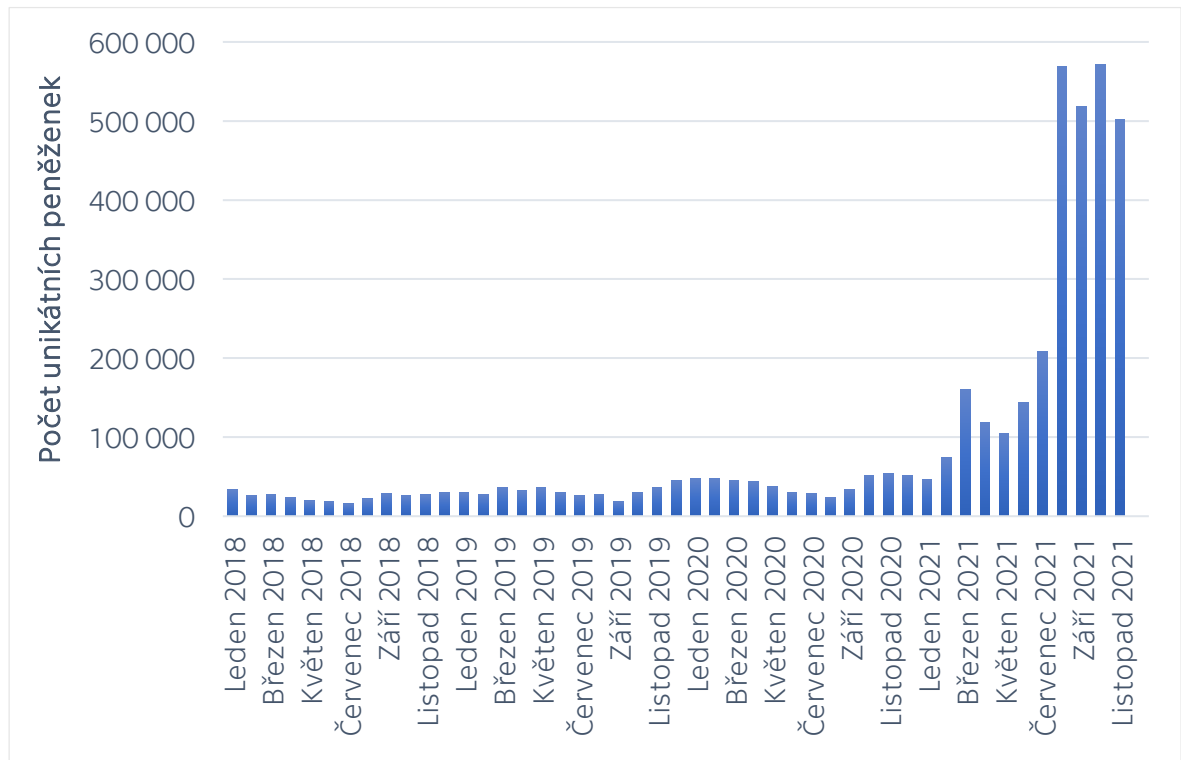
Softwarové peněženky, někdy také známé jako horké peněženky (Hot wallets), jsou dostupné jako mobilní aplikace, internetové rozšíření nebo jako desktopová aplikace. Jsou zabezpečeny heslem, tzv. seed phrase a také tzv. 2 Factor Authentication zabezpečením. Jsou více uživatelsky přívětivé, ale nejsou ideální pro držení velkých sum. (Binance 2022)

Mezi příklady desktopových peněženek patří Electrum a Armory. Ukázkou mobilní aplikace je Trust Wallet nebo Metamask. (CoinMarketCap 2021) a (Investopedia 2022a)

Existují ovšem i hybridní peněženky, využívající oba principy zároveň. Mezi zástupce této kategorie řadíme peněženky BTCPay nebo Blockchain. (CoinMarketCap 2021)

Počet všech druhů kryptopeněženek se během posledních pár let několikanásobně zvětšil. Graf 10 ukazuje významný nárůst počtu peněženek, které obchodovaly s NFT tokeny za období od ledna 2018 do listopadu 2021.

Graf 10 Počet unikátních peněženek obchodujících s NFT tokeny od ledna 2018 do listopadu 2021

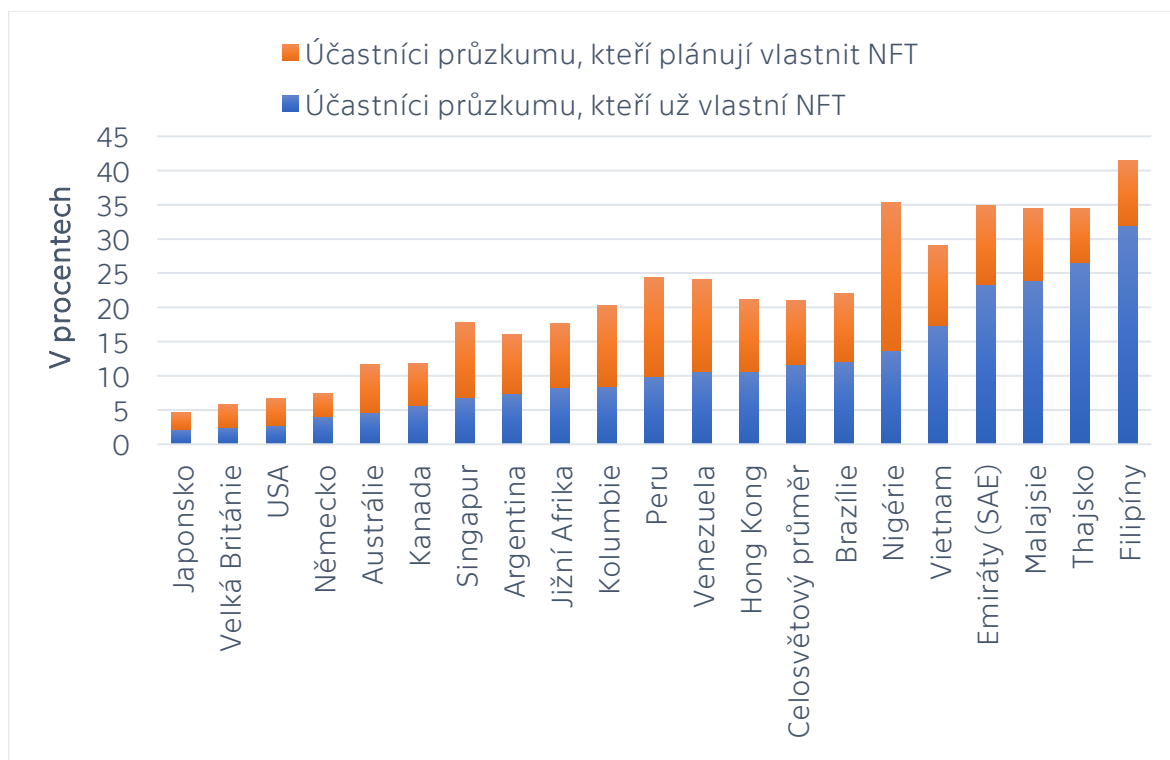


Zdroj: Statista (2022e), vlastní zpracování

Graf 10 ilustruje fakt, že největší měsíční nárůsty vidíme v červenci 2021, kdy počet NFT peněženek přesáhl 569 tisíc a také v říjnu 2021, kdy počet dosáhl dokonce 571 tisíc peněženek. Počet peněženek za rok 2021 dosáhl některé měsíce více než desetinásobku oproti počtu peněženek z roků 2018, 2019 a 2020. Tento vysoký nárůst mohl být způsoben velkou mediální pozorností v tomto novém odvětví, ale také novinkami v sektoru blockchainového gamingu, metaverse nebo digitálních uměleckých kolekcí.

Následující průzkum na grafu 11 naznačuje, v jakých zemích jsou populární NFT tokeny. Graf totiž představuje rozdíly počtů v osob, které již vlastní nebo plánují vlastnit NFT token ve vybraných zemích

Graf 11 Podíl účastníků průzkumu ve vybraných zemích podle vlastnictví NFT v září 2021



Zdroj: Finder (2021), vlastní zpracování

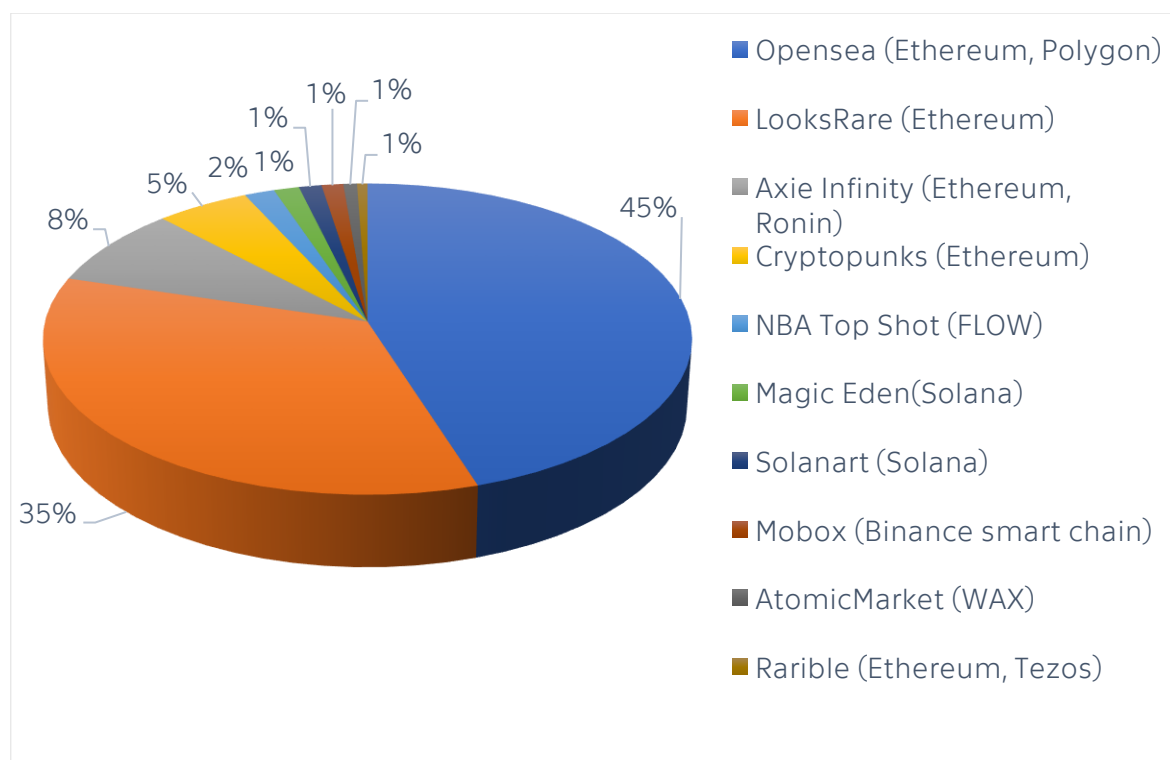
Z grafu plyne patrná diference mezi počtem vlastníků NFT v rozvojových zemích a vyspělých zemích. Až 35 % lidí v zemích jako jsou Filipíny, Thajsko, Malajsie totiž tyto tokeny vlastní nebo plánuje vlastnit. Ve vyspělých zemích jako je Velká Británie, USA nebo Německo jde pouze o něco málo nad 5% podíl účastníků průzkumu, což je výrazně pod celosvětovým průměrem. NFT Tokeny jsou populární v rozvojových zemích, hlavně kvůli hrám na blockchainu a konceptu Play to Earn (P2E). Tomuto konceptu se detailněji věnuje kapitola Hry na blockchainu.

2.1.3. NFT Tržiště

NFT Tržiště (Marketplace) je místo, kde se dá obchodovat s NFT tokeny. Tyto tržiště mohou být součástí herního ekosystému, mohou používat vlastní kryptoměnu nebo může jít o tržiště platformy s digitálním uměním.

Největší NFT tržiště podle celkového objemu prodeje za celou svou existenci k 6.3.2022 jsou uvedena na grafu 12. Za názvem tržiště se v závorkách vyskytují blockchainya, se kterými je platforma kompatibilní.

Graf 12 Největší NFT tržiště podle celkového objemu prodeje ke dni 6.3.2022



Zdroj: DappRadar (2022b), vlastní zpracování

Za dobu psaní bakalářské práce došlo k razantní změně v žebříčku největších platform. Objevilo se nové tržiště LooksRare, které ke dni 6.3.2022 tvoří 35% podíl největších NFT platform. Největší díl ovšem stále patří nejznámějšímu tržišti Opensea. I když se za poslední dobu výrazně snížila jeho část, stále se rovná 45 % z celku. Třetí největší podíl z hlediska celkové tržní kapitalizace představuje tržiště ve hře Axie Infinity, kde se mimo jiné obchoduje s herními předměty a pozemky. Digitální kolekce Cryptopunks dosahuje 5% podílu. Další tržiště jako je NBA Top Shot, Magic Eden, Solanart, Mobox, AtomicMarket, Rarible zabírají méně než 3 %. Je evidentní, že trh s NFT tržišti je velice dynamický a proměnlivý, proto je nutné brát graf jako pouhý nástin této oblasti. Jak ukázal rychlý nárůst tržiště LooksRare, nové platformy na trhu mají v současné době velký potenciál vstoupit na trh s NFT tržišti.

Se kterými blockchainy jsou tržiště kompatibilní najdeme v závorce. V prvních čtyřech největších platformách převažuje blockchain Ethereum. Další oblíbené blockchainy jsou Solana, Binance Smart chain, Polygon, Tezos, Wax, Ronin.

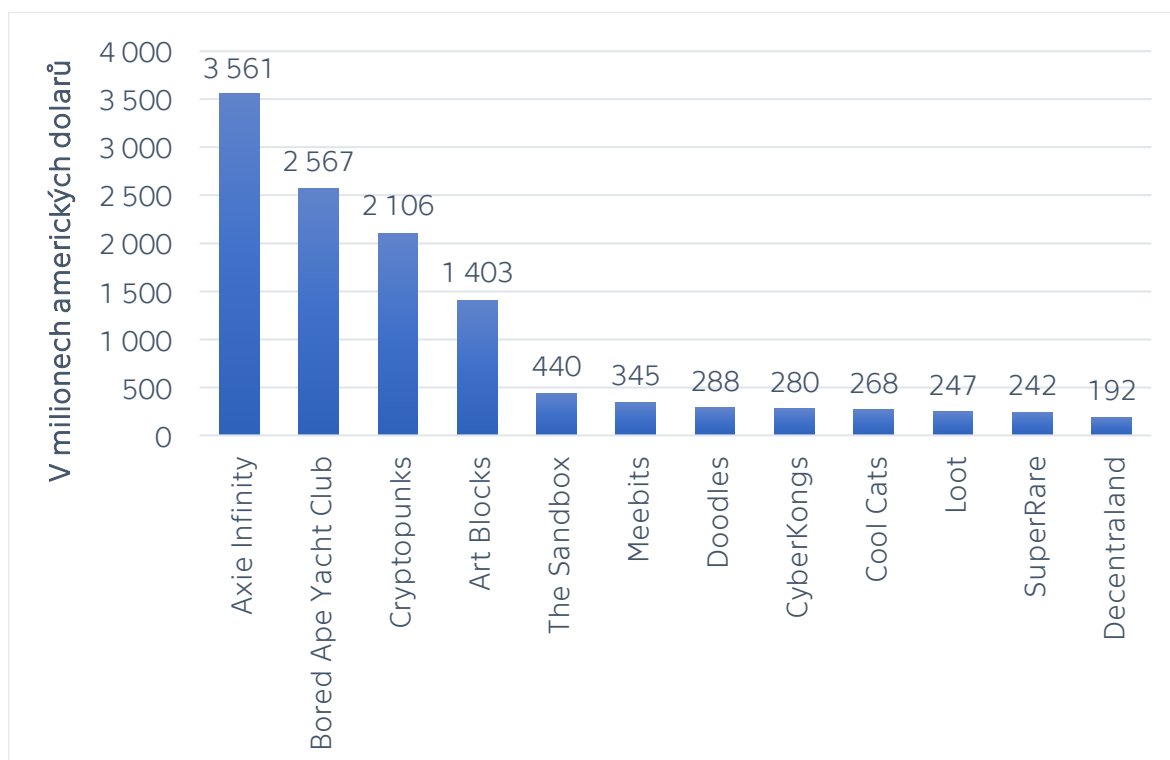
2.1.4. Frakcionalizace

Frakcionalizace představuje možnost, jak rozdělit vlastnictví tokenů mezi více lidí. Frakcionalizace by mohla otevřít dveře rychlejší adopci NFT tokenů mezi drobnějšími investory, kteří si nemohou dovolit drahé poplatky při koupi a prodeji na sítích jako je Ethereum. Proces frakcionalizace je jednoduchý. Zvolené NFT se zavře do trezoru (vault) a vytvoří se tokeny. Tyto tokeny následně reprezentují vlastnictví daného NFT, které bylo uzavřeno v trezoru a hodnota těchto tokenů se následně odvíjí od fluktuací v ceně daného NFT na trhu. Investoři tedy mohou vlastnit pouze frakci NFT. (DappRadar 2022b)

2.2. Využití NFT tokenů v různých oblastech

Uplatnění NFT tokenů bude rozděleno do kategorií podle jejich využití konečným zákazníkem. Kategorie jsou popsány podle největších NFT tokenů dle celkového objemu prodejů a podle největších NFT kryptoměn. Graf 13 prezentuje NFT tokeny podle celkového objemu prodejů.

Graf 13 Největší nezaměnitelné tokeny podle celkového objemu prodejů ke dni 6.3.2022



Zdroj: NonFungible (2022), vlastní zpracování

Z grafu 13 je patrné, že největší celkový objem prodejů patří hře Axie Infinity. Dalšími jsou umělecké kolekce Bored Ape Yacht Club a Cryptopunks. Čtvrté místo představuje

generativní platforma ArtBlocks. Další je největší platforma The Sandbox a na dvanáctém místě najdeme druhou největší metaverse platformu Decentraland. Zbytek tvoří převážně umělecké digitální kolekce jako Doodles, Cool Cats a další.

Největší NFT podle celkového objemu prodeje a jejich oblast uplatnění jsou zpracovány v tabulce 4.

Tabulka 4 Největší NFT tokeny a jejich oblast využití

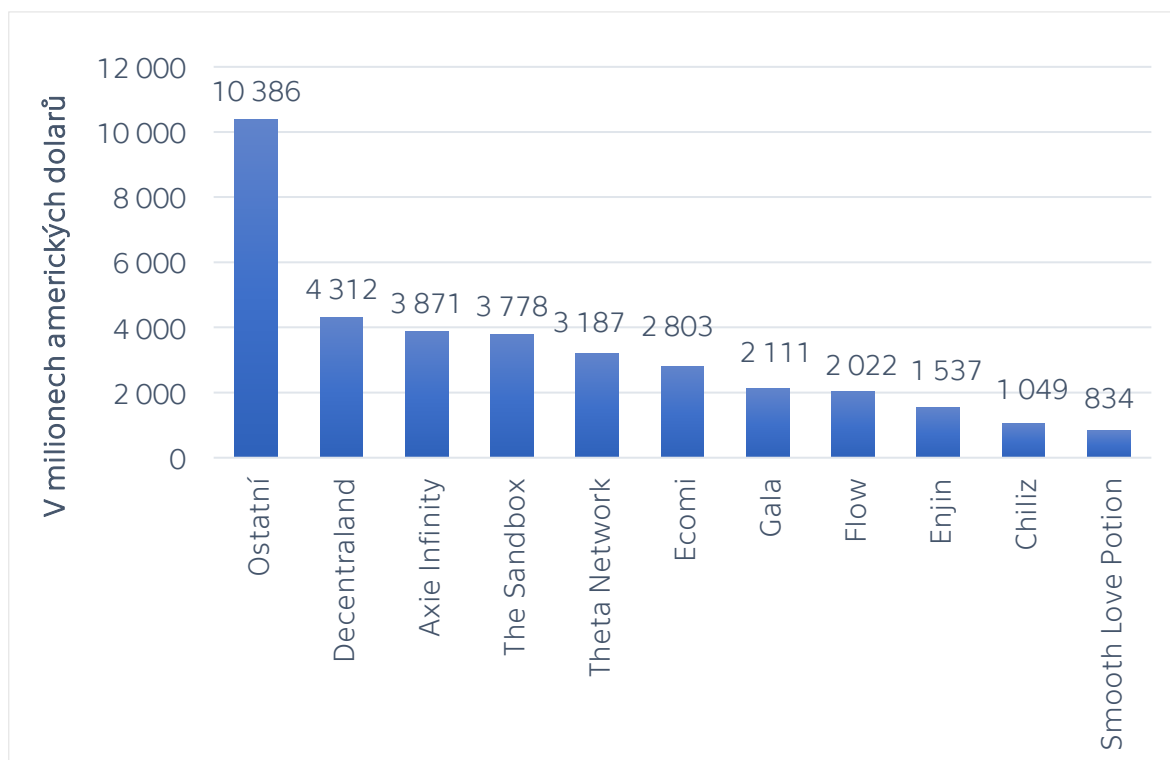
Největší NFT Tokeny	Oblast využití NFT Tokenu
Axie Infinity	Hry a Metaverse
Bored Ape Yacht Club	Umělecká digitální kolekce
Cryptopunks	Umělecká digitální kolekce
ArtBlocks	Platforma s generativní uměním
The Sandbox	Metaverse
Meebits	3D Avatary
Doodles	Umělecká digitální kolekce
CyberKongs	2D a 3D Avatary
Cool Cats	Umělecká digitální kolekce
Loot	Umělecká digitální kolekce
SuperRare	Platforma s digitálními kolekcemi
Decentraland	Metaverse

Zdroj: NonFungible (2022), vlastní zpracování

Z tabulky 4 vyplývá, že z dvanácti největších NFT projektů, jich sedm patří do kategorie Umělecké digitální kolekce a platformy. Dalších pět projektů by se dalo zařadit do kategorie Metaverse a okolo 2 projektů patří do kategorie hry na blockchainu.

Dalším ukazatelem oblíbených NFT projektů je celková tržní kapitalizace všech NFT kryptoměn, která je uvedena na grafu 14.

Graf 14 Největší NFT kryptoměny podle tržní kapitalizace ke dni 19.02.2022



Zdroj: CoinGecko (2022b), vlastní zpracování

Z grafu je patrné, že kategorie pro ostatní malé NFT kryptoměny utváří největší část tržní kapitalizace. Tato kategorie má totiž hodnotu více než deset miliard amerických dolarů. Další tři největší kryptoměny napojené na NFT projekt se řadí do oblasti virtuálních metaverse. Decentraland a Sandbox totiž představují dvě nejvýznamnější platformy na trhu virtuálních pozemků na blockchainu. Axie Infinity je sice převážně herní kryptoměna, v jejich tržištích můžeme ovšem také koupit virtuální pozemky. Každá z těchto kryptoměn má hodnotu více než tři miliardy amerických dolarů.

Další kryptoměny, jež mají podíl trhu více než 5 %, se zaměřují na využití blockchainu ve hrách a budují proto infrastrukturu, konkrétně Theta Network, Gala Games a Enjin. Tým Enjinu vynalezl standard tokenu na Ethereum ERC-1155. (Enjin 2019) Kryptoměna Ecomi reprezentuje 6% podíl. Další kryptoměnou je Flow, fungující na stejnojmenném blockchainu, na kterém se obchoduje mimo jiné s NBA Top Shots Momenty. Poslední kryptoměna na grafu je Chilliz. Tato platforma nabízí sportovní tokeny.

Všechny projekty jsou zpracovány v Tabulce 5. Za názvem kryptoměny najdeme v závorce také její symbol.

Tabulka 5 Největší NFT kryptoměny a jejich oblast využití

Největší NFT kryptoměny	Oblast využití NFT kryptoměn
Decentraland (MANA)	Metaverse
Axie Infinity (AXS)	Hry a Metaverse
The Sandbox (SAND)	Metaverse
Theta Network (THETA)	Hry
Ecomi/VeVe (OMI)	Sběratelské předměty
Gala (GALA)	Hry
Flow (FLOW)	Sběratelské předměty
Enjin (ENJ)	Hry
Chiliz (CHZ)	Sportovní tokeny
Smooth Love Potion (SLP)	Hry

Zdroj: CoinGecko (2022b), vlastní zpracování

Tabulka 5 ilustruje, že nejvíce NFT kryptoměn se řadí do kategorie Hry, a to konkrétně pět projektů. Další tři patří do Metaverse. Dále se v tabulce také vyskytují dvakrát Sběratelské předměty a jednou Sportovní tokeny.

Počet projektů v jednotlivých kategoriích je ovšem zavádějící. V obou tabulkách se totiž opakovaně vyskytují tři projekty, Decentraland, Axie Infinity a The Sandbox, protože jejich projekt vytvořil i NFT tokeny i kryptoměnu.

Tyto oblasti uplatnění v tabulce 4 a 5 poslouží pro sestavení kategorií využití NFT tokenů:

2.2.1. Umělecké digitální kolekce a platformy

Umělci mají možnost podílet se na monetizaci svých děl novými způsoby. Na většině NFT platform je totiž možné nastavit procentuální výnos z každého prodeje na sekundárním trhu.

Velmi oblíbeným odvětvím se stalo tzv. generativní umění. Toto umění odkazuje na umělecká díla, jejichž výroba zahrnuje určitou míru náhodnosti. Přesná definice z Tate's Online Glossary vymezuje generativní umění jako „*umění, které je vytvořeno užitím predeterminovaného systému, který často zahrnuje element náhody a je aplikováno především v počítačovém umění.*“ Dnes se většinou vytváří pomocí algoritmických počítačových programů, s určitým nastaveným stupněm autonomie. (Rybářová 2020, s.11-14) a (Tate 2022)

Úspěšným příkladem NFT projektu, jenž se zaměřuje na generativní umění, je platforma Art Blocks. Na této platformě mohou umělci vytvářet generativní NFT a také s nimi obchodovat. Nejvíce ekonomicky úspěšným Art Blocks projektem je série Fidenza od Tylera Hobbse. (ArtBlocks 2022) a (ShrimpyAcademy 2021a)

Generativní prvky v sobě také zahrnuje většina nejpopulárnějších digitálních kolekcí. Z našich příkladů jde o Bored Ape Yacht Club, Cool Cats, CyberKongs, Doodles, Meebits, Cryptopunks. Tyto NFT tokeny se ovšem dají využít i jinak než jako estetický obrázek. Jejich vlastnictví totiž může přinášet řadu benefitů. Jde především o členství v klubech na sociálních sítích, přístup na konference, meetingy, budoucí dostupnost zlevněných nebo bezplatných kolekcí. Tyto kolekce je poté možné prodat za velké sumy v řádech až stotisíců korun. Například tým Yuga Labs vytvořil kolekci Bored Ape Kennel Club, kterou zadarmo odměnil vlastníky jejich předchozí nejznámější kolekce Bored Ape Yacht Club. (Statista 2022b)

Stejný tým také stojí za největším obchodem, který se v NFT odvětví zatím odehrál. Koupil totiž práva ke třetí a šesté největší NFT kolekci podle celkového objemu prodejů (Cryptopunks a Meebits) od jejich tvůrce Larva Labs. Tato zpráva velice potěšila vlastníky těchto dvou kolekcí, protože předchozí tvůrci projektu nepřenechávali držitelům právo na duševní vlastnictví jejich NFT. Tým z Yuga Labs ovšem již signalizoval, že předá tyto komerční práva jejich vlastníků. (TechCrunch 2022)

Obrázky z kolekcí se dají také využít v marketingu firem jako logo nebo avatary na sociálních sítích. Jedna z největších platform Twitter dokonce v nedávné době vytvořila oficiální potvrzovací mechanismus pro avatarové NFT, které fungují jako profilové obrázky. Tento mechanismus je v současné době přístupný pro uživatele s placenou funkcí Twitter Blue. (CoinDesk 2022)

2.2.2. Sběratelské předměty

Mezi nejznámější sběratelské NFT předměty patří komiksy, předměty, ale i sportovní basketbalové oficiálně licencované momenty NBA Top Shots, které spustila firma Dapper Labs společně s největší basketbalovou ligou světa NBA. Jde o momenty basketbalistů z reálných her. Obchodují se na tržišti platformy na blockchainu Flow a to umožňuje fanouškům a sběratelům kupovat a prodávat videoklipy oblíbených sportovců. (NBATopshot 2022)

Stejně jako tradiční sběratelské kartičky, existuje spousta typů, úrovní a sérií těchto momentů podle jejich vzácnosti. Tento moment můžete držet jako každou jinou investici, prodat ho na NFT tržišti nebo se účastnit výzev a vyhrávat ceny. Díky těmto výzvám lze vyhrát například lístky na zápasy a jiné události s hráči. (BoardRoom 2022)

Mnoha sběratelskými předměty také disponuje platforma VeVe a s ní spojená kryptoměna Ecomi. Nabízí licencované digitální sběratelské předměty od společností DC, Marvel. Tyto předměty se následně dají pomocí dalších technologií prohlížet a vystavovat ve 3D showroomech. (VeVe 2022)

2.2.3. Metaverse

Metaverse, někdy překládáno jako metaverzum, je podle BinanceAcademy (2022b): „online virtuální svět, který bude kombinovat různé aspekty našeho digitálního a reálného života, včetně práce, společenského života a trávení volného času.“ Tento digitální svět je možné prozkoumávat pomocí vytvořených avatarů. Lze v něm hrát hry, nakupovat, trávit čas s přáteli, ale také pořádat koncerty nebo pracovat s kolegy v kanceláři. (BinanceAcademy 2022b)

V roce 2026 se předpovídá, že 25 % lidí celosvětově stráví alespoň jednu hodinu za den v metaverse, kde se bude věnovat práci, sociálním interakcím, zábavě, nakupování, vzdělávání. A také 30 % světových společností budou mít v tu dobu produkty a služby připravené na využití v metaverse. (Gartner 2022)

Jde ovšem o velmi mladou technologii, která prozatím nenabízí všechny potenciale možnosti využití. Největšími výzvami jsou ověřování identit, kontrola soukromí a jiné bezpečnostní problémy. (BinanceAcademy 2022b)

I přesto však dokázal tento koncept přitáhnout v roce 2021 obrovskou pozornost. Jedna z největších společností na světě Facebook se přejmenovala na Meta, aby zdůraznila svoji strategii budoucího zapojení v tomto směru. Již roku 2014 společnost Facebook odkoupila za 2,3 miliardy dolarů společnost zabývající se VR Oculus. (LAMBERTI, Fabrizio a Alberto CANNAVÒ 2021) a (Forbes 2021)

Termín metavesmír (metaverse) poprvé použil americký spisovatel Neal Stephenson ve svém románu Sníh (v originále Snow Crash) v roce 1992. V tomto díle autor nastínil

podobu virtuální reality, kterou pojmenoval Metaverse a v níž se střetávají lidé ve virtuálním trojrozměrném prostoru. (TechnologyReview 2021)

Metaverzum je kromě blockchain technologie poháněno i dalšími klíčovými technologiemi: (BinanceAcademy 2021a)

- Virtuální realita (VR)

Podle BinanceAcademy (2021a) „*tvoří tato technologie virtuální prostředí vytvořené výhradně pomocí počítače.*“ K jejímu použití jsou zapotřebí náhlavní soupravy, rukavice a senzory a kvůli tomu je méně dostupnější než AR. (BinanceAcademy 2021a)

Tržní hodnota virtuální reality v roce 2020 odhaduje na 6,1 miliardy dolarů a předpověď říká, že by mohla přesáhnout 20 miliard již v roce 2025. Aby došlo k takové adopci, musí se však zlepšit dostupnost a snížit cena VR zařízení. (Marketsandmarkets 2020b)

- Rozšířená realita (AR)

Na rozdíl od VR rozšířená realita využívá digitální vizuální prvky k přetváření světa reálného. Většinou se AR nachází skoro na každém chytrém telefonu a je tedy výrazně dostupnější než VR. Prostřednictvím této technologie si mohou lidé prohlížet své okolí s pomocí interaktivních digitálních vizuálů. (BinanceAcademy 2021a)

- 3D Rekonstrukce

Významným uplatněním 3D rekonstrukce, které se díky pandemii významně rozšířilo, jsou virtuální prohlídky nemovitostí. Pomocí této technologie totiž začaly některé realitní agentury nabízet možnost prohlédnutí reálných nemovitostí ve virtuálním prostředí. Pomocí 3D rekonstrukce jde vytvářet přirozeně vypadající prostory ve virtuální realitě. Tyto kopie reálných objektů se také dají označit jako digitální dvojčata. (BinanceAcademy 2021a)

- Umělá inteligence (AI)

Umělá inteligence je ve virtuálních světech nezbytná. Počítače se totiž díky ní mohou lépe učit z historie a schopnost AI zpracovávat velké množství dat usnadňuje realističtější rozhovory například při interakcích s nehratelnými postavami. Tyto postavy jsou součástí všech herních prostředí a odpovídají na chování hráče. Dalším uplatněním je vytváření herních avatarů. Díky AI technologii jdou lépe skenovat obrázky, ale také výrazy obličeje, oblečení a další rysy do 3D podoby. (BinanceAcademy 2021a)

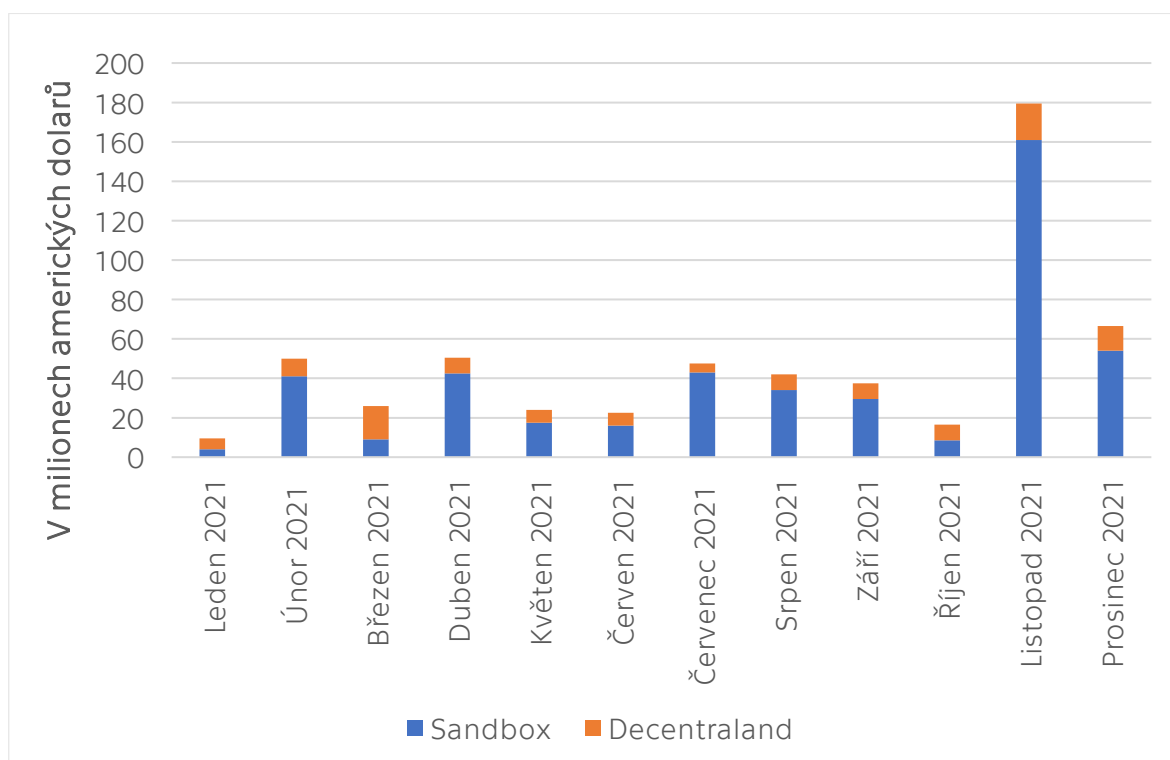
- Internet věcí (IoT)

Internet Věcí je podle BinanceAcademy (2021a) „systém, který využívá zařízení v našem fyzickém světě a propojuje je s 3D virtuálním světem pomocí senzorů a jiných zařízení.“ Nejvýznačnější aplikací IoTu je sběr a následné přenesení dat z reálného světa do světa virtuálního. Datové kanály by díky této technologii mohly změnit způsob fungování různých objektů, například na základě reálného počasí. (BinanceAcademy 2021a)

Technologie blockchainu, nezaměnitelných tokenů a dalších klíčových technologií je pro odvětví metaverzu ideální, protože umožňuje digitální vlastnictví, identitu a dohledatelnost na sdílené síti. NFT tokeny mohou ve virtuálních realitách představovat pozemky, budovy, avatary nebo oblečení a další herní předměty. Virtuální pozemky v metaverse realitách jsou kromě finančních spekulací využitelné i na jiné výdělečné činnosti. Mezi hlavní využití patří reklama, dále různé druhy společenských akcí, včetně koncertů, konferencí, pracovních virtuálních meetingů a jiných pracovních schůzek. (BinanceAcademy 2022b)

Největší metaverse platformy jsou podle celkového počtu prodejů The Sandbox a Decentraland. Prodej virtuálních pozemků na těchto platformách ukazuje graf 15.

Graf 15 Odhadovaná prodejní hodnota virtuálních pozemků na platformách The Sandbox a Decentraland od listopadu 2020 do prosince 2021



Zdroj: Statista (2022a), vlastní zpracování

Graf porovnává prodeje virtuálních pozemků dvou největších metaverse platform The Sandbox a Decentraland. První zmiňovaná platforma zaznamenala daleko více

prodejů pozemků ve většině měsíců, kromě ledna a března 2021, kdy dosáhla větších prodejů platforma Decentraland.

2.2.4. Hry na blockchainu

Hry byly už od počátku velmi centralizované a kontrolované developery stejně jako měny ve vydaných hrách. To se ovšem díky blockchain technologii mění ku prospěchu uživatelů, protože dle zdroje chce přibližně 75 % hráčů mít možnost vyměnit jejich virtuální předměty za měnu, kterou mohou následně obchodovat na různých platformách. (Medium 2018)

Digitální herní předměty mohou být lehce přeneseny a uchovány na blockchainu a poté využity ve hře ve formě NFT tokenů. Pomocí toho mohou dát herní developeri majitelům plná práva na vlastnictví. Díky principům blockchain technologie se mění základní pravidla pro vytváření her a jejich herních ekosystémů.

Blockchain gaming je nové odvětví, jež je postavené na principech chytrých kontraktů, decentralizovaných autonomních organizací a NFT tokenů. Díky užití kryptoměn v herních ekosystémech a zapojení financí se navíc objevil nový typ businessového modelu pro herní vývojáře, nazývaný Play to Earn koncept (P2E) nebo někdy GameFi (gaming + finance). (CoinMarketCap 2022a)

Koncept P2E označuje herní a měnový ekosystém, který umožňuje hráčům vydělávat měnu nebo jiné ztokenizované předměty, pouze pomocí hraní dané hry nebo plněním různých úkolů. (CoinMarketCap 2022aa)

Již v minulosti byl velký zájem o takové herní ekosystémy, kde mají vlastní funkční trh a měnu. Nejúspěšnější hry jako World of Warcraft a RuneScape ovšem v té době nedisponovaly technologiemi, které by výrazně ulehčily vytvoření fungujícího měnového trhu. (Forbes 2022)

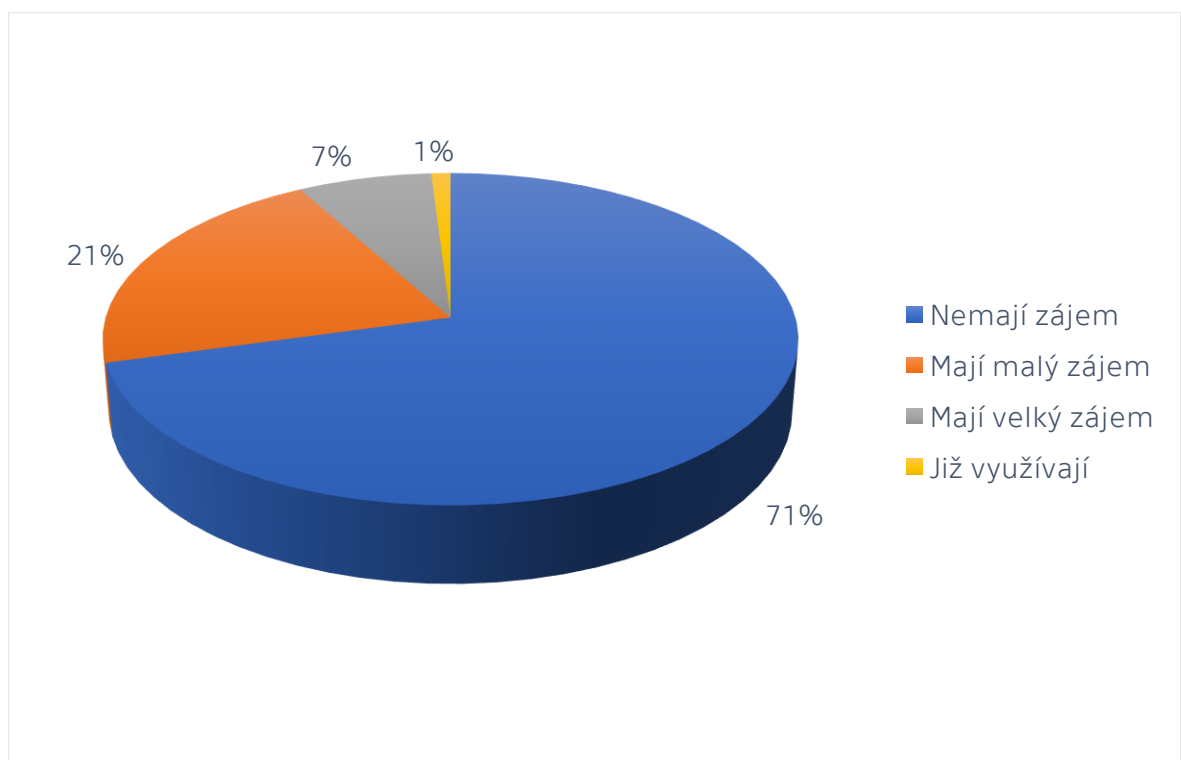
Největší novodobou hrou na blockchainu, jež je zároveň postavená na konceptu play to earn, je hra Axie Infinity. Hra v sobě ukrývá herní ekonomiku virtuálního světa jménem Lunacia. Herní ekonomika napojená na tento svět funguje pomocí kryptoměn AXS (Axie Infinity Shard) a SLP (Smooth Love Potion). Tyto kryptoměny se dají obchodovat na většině známých kryptoměnových burzách, ale lze je využít také ve hře. Dají se za ně koupit nové herní pozemky, předměty nebo je prodat za národní měny ve formě stablecoinu. (AxieInfinity 2021)

Hry na bázi P2E pomáhají lidem vydělávat herní kryptoměny jen každodenním hraním. Odhady tvrdí, že spousta lidí na Filipínách byla schopna si vydělat v roce 2021 od 30 000 Kč do 45 000 Kč za měsíc v závislosti na kurzu dané kryptoměny, počtu hodin a splněných úkolech. To vysvětluje obrovskou oblíbenost NFT tokenů v rozvojových zemích viz. Graf 11. (Forbes 2022)

Důležitou součástí herních P2E ekosystémů jsou též herní gildy. Herní gildy podporují začínající hráče a zároveň podporují herní developery díky investicím. Jméno gilda pochází z pojmenování pro středověký cech, v současných decentralizovaných platformách však označuje tento termín organizovanou skupinu hráčů, které nabízejí stipendia, vzdělávací programy a výtěžky z jejich činností v P2E hrách. Většina z nich jsou DAO organizace a snaží se docílit decentralizace skrze blockchainové protokoly. K nejvýznamnějším gildám se řadí Merit Circle, Yield Guild Games, Good Games Guild. Tyto gildy většinou spravují vlastní kryptoměnu a dohromady poskytují stipendia pro více než 7 500 hráčů. (MC, YGG, GGG). (DappRadar 2022a)

Graf 16 ukazuje zájem o využití NFT ve hrách herními developer a herními studii.

Graf 16 Zájem o využití NFT tokenů ve hrách vybranými herními vývojáři



Zdroj: Statista (2022d), vlastní zpracování

Na grafu 16 lze pozorovat velmi malý zájem účastníků průzkumu ve využití NFT v jejich hrách. Okolo 70 % z více než 2 700 dotázaných herních vývojářů v každoroční průzkumu State of the Game Industry na konferenci Game Developers Conference totiž nemá zájem o využití NFT ve svých hrách. Malý zájem projevilo 21 % účastníků. O velký zájem se přihlásilo dalších 7 % a pouhé 1 % NFT tokeny již využívá ve hrách.

2.2.5. Ostatní

NFT tokeny jsou ovšem využitelné v celé řadě jiných oblastí, které neidentifikovalo srovnání největších NFT kryptoměna a NFT tokenů. NFT mohou představovat také podíly ve firmách, akcie nebo jiná finanční aktiva. Dalším uplatněním těchto tokenů je sport. Stejně jako u umělců, blockchain technologie a NFT tokeny umožňují sportovcům monetizovat svou kariéru a vydávat vzácné předměty jako NFT tokeny. Také sportovní týmy mohou rozvíjet pomocí kryptoměn i NFT tokenů komunitu fanoušků a odměňovat své příznivce pomocí různých benefitů, například právo držitelům na přednost při nákupu vstupenek. Tyto kryptoměny sportovních klubů se nazývají Fanouškovské tokeny (Fan Token) a mezi nejznámější patří kryptoměny klubů Paris Saint Germain, AC Milan, FC Barcelona. (BinanceAcademy 2022b)

Dalším zajímavým možným využitím jsou doklady o účasti na nějaké akci, koncertu nebo konferenci. Proof of Attendance Protocol (POAP) je open-source platforma, která se soustředí na vytváření digitálních odznáček a sběratelských předmětů na blockchainu. Akronym POAP se používá jako název i pro tento protokol i pro samotné NFT tokeny. Jde o systém, díky kterému mohou organizátoři a pořadatelé různých akcí potvrdit odznáčkem lidem účast na dané události, které se zúčastní. POAP odznaky jsou ERC-721 tokeny a je s nimi možno obchodovat na NFT tržištích. (POAP 2022)

Poslední aplikace NFT tokenů jsou virtuální blockchainové domény. Na rozdíl od klasických internetových domén typu „.com“, „.net“ nebo česká doména „.cz“ se virtuální domény nachází na blockchainu. Nejčastěji jsou typu .crypto, .bitcoin, .eth. K nejrozšířenějším blockchainovým doménám patří Unstoppable Domains a služba Ethereum Name Service (ENS), což je „*služba k pojmenování adres peněženek, hašů a dalších strojově čitelných identifikátorů.*“ (BinanceAcademy 2022a)

Závěr

Pomocí literární rešerše bylo představeno fungování blockchain technologie a její uplatnění v oblasti v digitálním vlastnictví. Blockchain technologie funguje jako digitální záznam, který umožňuje převody na síti bez potřeby třetí osoby. Blockchain a tradiční databáze odlišuje způsob, jakým blockchainy skládají data do po sobě jdoucích propojených bloků. Komparace soukromých a veřejných blockchainů zjistila základní odlišnosti těchto dvou typů blockchainů. Hlavní rozdíl spočívá především v přístupu na síť. Zatímco k soukromým blockchainům mají povolení jen vybrané osoby, veřejné blockchainy poskytují přístup všem.

Souhlasím s autorem Swan, že by se vývoj blockchain technologie dal rozdělit do tří období. V prvním období se využíval blockchain jen jako distribuovaná decentralizovaná síť k finančním transakcím. Ve druhém období začaly vznikat na blockchainech první chytré kontrakty. Jde o programovatelné kódy, které vymáhají podmínky, na kterých se předtím domluví obě protistrany. Díky spojení těchto samo vykonatelných smluv a blockchain technologie, začaly vznikat ve třetím období komplexnější decentralizované aplikace, které na první pohled vypadají jako běžné mobilní aplikace, s tím rozdílem, že fungují na blockchainu. Tyto decentralizované aplikace výrazně rozšířily možnosti využití mimo jiné na oblast digitálního vlastnictví.

Blockchain se kromě distribuovaného záznamu, dohledatelnosti na síti a kryptografickému šifrování skládá i z dalších podstatných elementů jako jsou tokenizace a metody schvalovacího procesu. Tokenizace je proces přeměny hodnoty na digitální síť. Tento proces se dá využít v zápisu různých druhů aktiv na blockchainu. Zatímco význam kryptoměn aktuálně spočívá hlavně v jejich využití ve financích, nezaměnitelné tokeny představují revoluci v mnoha jiných oblastech. Dalším podstatným prvkem blockchainu jsou metody schvalovacího procesu, protože zajišťují dosáhnout dohody, důvěry a bezpečí a určují tím základní parametry škálovatelnosti, bezpečnosti a decentralizace. V kontextu blockchainu jsou nejvíce využívány metody Proof of work a Proof of stake. Hlavním rozdílem těchto dvou metod je způsob, jak dosáhnout shody na síti a potvrdit tím nové bloky. Proof of work blockchainy se ovšem při hustém provozu na síti ukázaly jako nedostatečně škálovatelné. S tím souvisí i zásadní technologická překážka, nazývaná blockchainové trilema. Jde o nutnost úplně nebo částečně eliminovat jednu ze tří základních vlastností blockchainu. Buď decentralizaci, bezpečnost nebo škálovatelnost.

Možných řešení tohoto problému je mnoho. Pokud jde o nově vytvořený blockchain jedná se o řešení první vrstvy. Implementace těchto L1 řešení je možná pomocí tří hlavních principů: Proof of Work, Proof of Stake a Shardování. Dalším řešením je vylepšení současných blockchainů. Tyto řešení druhé vrstvy pouze vylepšují existující blockchainy, zlepšují jejich škálovatelnost a rychlost. I když existuje spousta typů těchto protokolů, včetně sidechainů, plasmy, state channelů, největší podíl těchto řešení na největší síti s chytrými kontrakty Ethereum, tvoří Optimistic a Zero-

Knowledge Rollupy, konkrétně typ Optimistic Rollupy. Tyto protokoly sbalují data potřebná k transakcím, usnadňují tím provoz sítě a zvětšují její rychlost a škálovatelnost. Největší tržní kapitalizaci v současné době představuje L2 protokol Arbitrum.

Srovnání nezaměnitelných a zaměnitelných tokenů v praktické části ukázalo, že nezaměnitelné tokeny jsou na rozdíl od zaměnitelných nedělitelné, unikátní, na síti Ethereum fungují jako standard ERC-721 nebo ERC-1155 a jejich reálné využití spočívá hlavně v digitálním vlastnictví. Naopak zaměnitelné tokeny jsou dělitelné, na Ethereum síti fungují jako ERC-20 token a používají se jako kryptoměny.

V současné době tedy nezaměnitelné tokeny představují příležitost, jak novým způsobem ztokenizovat aktiva na blockchainu. Dají se držet na hardwarových, které jsou většinou bezpečnější, nebo softwarových kryptopeněžkách, které jsou zase více uživatelsky přívětivé. Nejvíce rozšířené je vlastnění nezaměnitelných tokenů v rozvojových zemích, protože pro ně blockchainové hry představují možnost přivýdělku. Největším tržištěm s těmito tokeny je v současné době platforma Opensea. Je ovšem znatelná dynamičnost a nestálost tohoto trhu. Nejpoužívanější blockchain s chytrými kontrakty je v současnosti Ethereum, které tvoří více než polovinu celkové tržní kapitalizace. Jeho nízká škálovatelnost a vysoké poplatky ovšem v současné době brání širší adopci NFT mezi menšími investory. Východiskem by se ovšem mohla stát frakcionalizace, která představuje snadnou možnost, jak rozdělit vlastnictví nezaměnitelného tokenu mezi více lidí.

Podle největších nezaměnitelných tokenů a NFT kryptoměn bylo identifikováno pět nejčastějších využití těchto tokenů. Jejich uplatnění bylo nalezeno především v uměleckých digitálních kolekcích, sběratelských předmětech, virtuálních světech, hrách na blockchainu. Za zmínku ovšem stojí i další využití, která jsou zmíněna v kategorii Ostatní, kam práce zařadila jejich aplikaci ve sportu, blockchainových doménách nebo dokladech účasti na události

Umělecké digitální kolekce v sobě většinou obsahují generativní prvky. Často jde totiž o díla, vytvářená pomocí algoritmických počítačových programů, s určitým nastaveným stupněm autonomie. Tyto kolekce ovšem neslouží pouze jako estetický obrázek. Jejich vlastnictví totiž může přinášet řadu benefitů. Jde především o členství v klubech na sociálních sítích, přístupnost na konference, meetingy nebo další výhody včetně avatara na sociálních sítích. Nejpopulárnějšími sběratelskými NFT předměty jsou digitální předměty, komiksy, ale momenty hráčů z reálných utkání.

Dalším význačným využitím jsou virtuální světy čili metaverse. Metaverse je virtuální svět, ve kterém je pomocí avatarů možné hrát hry, nakupovat, trávit čas s přáteli, ale také pořádat koncerty nebo pracovat s kolegy v kanceláři. Největší prodeje virtuálních pozemků zaznamenaly platformy The Sandbox a The Decentraland. Tento svět ovšem pohánějí i další klíčové technologie jako Virtuální realita, Artificiální realita, 3D rekonstrukce, Umělá inteligence, Internet věcí. Všechny tyto technologie

komplementují blockchainu ve vytvoření metaverza. Jsou ovšem v začátcích a tyto virtuální světy proto zatím nenabízí všechny potenciální možnosti využití.

Hry na blockchainu je poslední identifikované odvětví, které využívá výhod blockchainu. Díky tokenizaci, chytrým kontraktům a kryptoměnám se objevil nový typ businessového modelu pro herní vývojáře, nazývaný Play to Earn. Tento koncept označuje herní a měnový ekosystém, který umožňuje hráčům vydělávat kryptoměnu nebo jiné ztokenizované předměty, uložené na blockchainu, pouze pomocí hraní dané hry nebo plněním různých úkolů. Typickým příkladem je hra Axie Infinity.

Seznam použitých zdrojů

1. STROUKAL, Dominik, SKALICKÝ, Jan. 2018. *Bitcoin a jiné kryptopeníze budoucnosti*. rozšířené vydání. Praha: Grada, 2018 [cit. 2021-04-15]. ISBN 978-80-271-0742-1.
2. SWAN, Melanie. 2015. *Blockchain: Blueprint for a new economy*. 1. Sevastopol: O'Reilly, 2015. ISBN 978-1491920497.
3. ABDULHAKEEM, Saif Ahmed a Qiuling HU. 2021. Powered by Blockchain Technology, DeFi (Decentralized Finance) Strives to Increase Financial Inclusion of the Unbanked by Reshaping the World Financial System. *Modern Economy* [online]. Si-an, 12(1) [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: doi:10.4236/me.2021.121001
4. BIRYUKOV, Alex, Dmitry KHOVRATOVICH a Ivan PUSTOGAROV. 2014. Deanonymisation of clients in Bitcoin P2P network. *ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security* [online], 15-29 [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/2660267.2660379>
5. NAKAMOTO, Satoshi. 2008. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* [online]. [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
6. NATARAJAN, Harish, Solvej KRAUSE a Helen GRADSTEIN. 2017. Distributed Ledger Technology and Blockchain. *FinTech Note* [online]. Washington, D.C.: World Bank, (1), [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29053>
7. SIMS, Alexandra. 2019. Blockchain and Decentralised Autonomous Organisations (DAOs): The Evolution of Companies?. *SSRN Electronic Journal* [online]. Auckland: The University of Auckland Business School, [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3524674
8. SZABO, Nick. 1997. *The Idea of Smart Contracts* [online]. [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20150328060814/http://szabo.best.vwh.net/smart_contracts_idea.html
9. LAMBERTI, Fabrizio a Alberto CANNAVÒ. 2021. How Blockchain, Virtual Reality, and Augmented Reality are Converging, and Why. *IEEE Consumer Electronics Magazine* [online]. New York: Institut of Electrical and Electronics Engineers, 10(5), 6-13 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: doi:10.1109/MCE.2020.3025753
10. RYBÁŘOVÁ, Johana. 2020. Generativní umění: Metoda, praxe či analogie pro paradigma teorie komplexity v umění? Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce PhDr. Ladislav Kesner, Ph.D.

11. 101Blockchains. 2021. PoW Vs. PoS: A Comparison Between Two Blockchain Consensus Algorithms. *101Blockchains* [online]. New York: 101Blockchains, [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://101blockchains.com/pow-vs-pos-a-comparison/>
12. ArtBasel. 2021. The Art Basel and UBS Global Art Market Report. *Artbasel* [online]. Basel: MCH Group, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://artbasel.com/stories/art-market-report-2021>
13. ArtBlocks. 2022. Learn about art blocks. *ArtBlocks* [online]. Marfa: ArtBlocks, [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.artblocks.io/learn>
14. Binance Academy. 2022c. Transactions Per Second (TPS). *Binance Academy* [online]. George Town: Binance Academy, [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/en/glossary/transactions-per-second-tps>
15. Binance. 2021. Layer 1 Blockchain Tokens: Everything You Need to Know. *Binance* [online]. George Town: Binance, [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.binance.com/en/blog/fiat/layer-1-blockchain-tokens-everything-you-need-to-know-421499824684903155>
16. Binance. 2022. Here's Why You Should Store NFTs In A Wallet. *Binance* [online]. George Town: Binance, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.binance.com/en/blog/nft/heres-why-you-should-store-nfts-in-a-wallet-421499824684903530>
17. BinanceAcademy. 2021a. 7 nejlepších technologií, které pohánějí metaverzum. *Binance Academy* [online]. George Town: Binance Academy, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/cs/articles/top-7-technologies-that-power-the-metaverse>
18. BinanceAcademy. 2021b. Co jsou fanouškovské tokeny Binance?. *Binance Academy* [online]. George Town: Binance Academy, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/cs/articles/what-are-binance-fan-tokens>
19. BinanceAcademy. 2022a. Co je Ethereum Name Service (ENS)?. *Binance Academy* [online]. George Town: Binance Academy, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/cs/articles/what-is-ethereum-name-service-ens>
20. BinanceAcademy. 2022b. Co je virtuální NFT pozemek v metaverzu?. *Binance Academy* [online]. George Town: Binance Academy, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/cs/articles/what-is-nft-virtual-land-in-the-metaverse>
21. BitInfoCharts. 2022. Ethereum Transactions historical chart. *BitInfoCharts* [online]. BitInfoCharts, [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://bitinfocharts.com/comparison/transactions-eth-sma90.html#3y>

22. BoardRoom. 2022. NBA Top Shot 101: Everything You Need to Know to Start Collecting. *BoardRoom* [online]. New York: Boardroom Labs, [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://boardroom.tv/nba-top-shot-faq-quick-start-guide/>
23. CoinDesk. 2022. Twitter Launches NFT Profile Picture Verification. *CoinDesk* [online]. New York: CoinDesk, [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/business/2022/01/20/twitter-launches-nft-profile-picture-verification/>
24. CoinGecko. 2022a. 2021 Yearly Cryptocurrency Report. *CoinGecko* [online]. [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.coingecko.com/buzz/2021-yearly-cryptocurrency-report>
25. CoinGecko. 2022b. Top Non-Fungible Tokens (NFT) Coins by Market Capitalization. *CoinGecko* [online]. [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.coingecko.com/en/categories/non-fungible-tokens-nft>
26. CoinGecko. 2022c. Top Smart Contract Platform Coins by Market Capitalization. *CoinGecko* [online]. [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.coingecko.com/en/categories/smart-contract-platform>
27. CoinMarketCap. 2021. LIELACHER, Alex. Hot Wallets vs Cold Wallets: What's the Difference?. *CoinMarketCap* [online]. Dover: CoinMarketCap, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/alexandria/article/hot-wallets-vs-cold-wallets-whats-the-difference>
28. CoinMarketCap. 2022a. GameFi. *CoinMarketCap* [online]. Dover: CoinMarketCap, [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/alexandria/glossary/gamefi>
29. CoinMarketCap. 2022b. Blockchain Trilemma. *CoinMarketCap* [online]. Dover: CoinMarketCap, [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/alexandria/glossary/blockchain-trilemma>
30. CoinTelegraph. 2022. Fungible vs nonfungible tokens: What is the difference?. *Cointelegraph* [online]. New York: Cointelegraph, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://cointelegraph.com/nonfungible-tokens-for-beginners/fungible-vs-nonfungible-tokens-what-is-the-difference>
31. Collins. 2021. *The Collins Word of the year 2021* [online]. New York: HarperCollins, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.collinsdictionary.com/woty>
32. CryptoKingdom. 2021. Co je to tzv. trilema škálovatelnosti?. *Crypto Kingdom* [online]. Karlovy Vary, [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://cryptokingdom.tech/cs/magazin/technologie/co-je-to-tzv-trilema-skalovatelnosti>
33. CryptoSlate. 2022. New data shows how Solana transactions compare against Ethereum. *Cryptoslate* [online]. Seattle: Cryptoslate, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://cryptoslate.com/new-data-shows-how-solana-transactions-compare-against-ethereum/>

34. CryptoTicker. 2019. Blockchain Trilemma: Explained. *Cryptoticker* [online]. Berlín: CryptoTicker, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://cryptoticker.io/en/blockchain-trilemma-explained/>
35. Cybavo. 2021. What are the different types of NFTs?. *Cybavo* [online]. Singapur: Cybavo, [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.cybavo.com/knowledge-center/types-of-nft/>
36. DappRadar. 2022a. Animoca Brands Pledges \$30 Million to Guild Accelerator Program. *DappRadar* [online]. Kaunas: DappRadar, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://dappradar.com/blog/animoca-brands-pledges-30-million-to-guild-accelerator-program>
37. DappRadar. 2022b. NFT Marketplaces. *DappRadar* [online]. Kaunas: DappRadar, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://dappradar.com/nft/marketplaces>
38. DappRadar. 2022c. Trending Dapps – New Play-to-Earn Games, DeFi on Oasis Network & Hot NFT Collections. *DappRadar* [online]. Kaunas: DappRadar, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://dappradar.com/blog/trending-dapps-new-play-to-earn-games-defi-on-oasis-network-hot-nft-collections>
39. DataFlair. 2022. DAO (Decentralized Autonomous Organization) | DAO Hack. *DataFlair* [online]. Indaur: Data Flair, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://dataflair.training/blogs/dao-decentralized-autonomous-organization/>
40. DataReportal. 2022. Digital 2022: Global Overview Report. *Datareportal* [online]. Singapur: Kepios, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report>
41. Enjin. 2019. ERC-1155: The Final Token Standard on Ethereum. *Enjin* [online]. Singapur: Enjin, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://enjin.io/blog/erc-1155-token-standard-ethereum>
42. ENS. 2022. *Ethereum Naming Service* [online]. Singapur: True Names, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://ens.domains/>
43. Ethereum. 2022a. RICHARDS, Sam. GAS AND FEES. *Ethereum* [online]. Bern: Ethereum Foundation, [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/gas/>
44. Ethereum. 2022b. RICHARDS, Sam. SCALING. *Ethereum* [online]. Bern: Ethereum Foundation, [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/scaling/>
45. Ethereum. 2022c. SMITH, Corwin. OPTIMISTIC ROLLUPS. *Ethereum* [online]. Bern: Ethereum Foundation, [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/scaling/optimistic-rollups/>

46. Ethereum. 2022d. SMITH, Corwin. ZERO-KNOWLEDGE ROLLUPS. *Ethereum* [online]. Bern: Ethereum Foundation, [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/scaling/zk-rollups/>
47. EthereumWiki 2021. On sharding blockchains FAQs. *Ethereum Wiki* [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://eth.wiki/sharding/Sharding-FAQs>
48. Etherscan. 2022a. Ethereum Average Gas Price Chart. *EtherScan* [online]. Kuala Lumpur: EtherScan, [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://etherscan.io/chart/gasprice>
49. Etherscan. 2022b. The Ethereum Blockchain Explorer. *EtherScan* [online]. Kuala Lumpur: EtherScan, [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://etherscan.io/>
50. Finder. 2021. NFT statistics 2021. *Finder* [online]. Sydney: Finder, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.finder.com/nft-statistics>
51. Foley. 2021. WEGRZYN, Kathleen a Eugenia WANG. Types of Blockchain: Public, Private, or Something in Between. *Foley* [online]. Milwaukee, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.foley.com/en/insights/publications/2021/08/types-of-blockchain-public-private-between>
52. Footprint Analytics. 2021. Market Share of Layer 2 Protocols. *Footprint Analytics* [online]. Singapore: Footprint Analytics, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.footprint.network/guest/dashboard/layer-2-dashboard-fp-98bbb807-7281-4167-ae3e-f1679a16e893>
53. Forbes 2022. BIRNBAUM, Justin. Why Video Game Makers See Huge Potential In Blockchain—And Why Problems Loom For Their New NFTs. *Forbes* [online]. New York: Forbes, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/justinbirnbaum/2022/01/06/why-video-game-makers-see-huge-potential-in-blockchain-and-why-problems-loom-for-their-new-nfts/?sh=d1a1e5443d7f>
54. Forbes. 2021. MCEVOY, Jemima. Z Facebooku je Meta. Které další velké firmy se raději přejmenovaly?. *Forbes* [online]. Jersey City, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://forbes.cz/z-facebooku-je-meta-ktere-dalsi-velke-firmy-se-radeji-prejmenovaly/>
55. AxieInfinity. 2021. Axie Infinity. *Axie Infinity* [online]. Ho Chi Minh City: Sky Mavis, [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://whitepaper.axieinfinity.com/>
56. Gartner. 2019. PANETTA, Kasey. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends For 2020. *Gartner* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020>
57. Gartner. 2022. Gartner Predicts 25 % of People Will Spend At Least One Hour Per Day in the Metaverse by 2026. *Gartner* [online]. Stamford: Gartner, [cit. 2022-03-07].

Dostupné z: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-02-07-gartner-predicts-25-percent-of-people-will-spend-at-least-one-hour-per-day-in-the-metaverse-by-2026>

58. GeeksforGeeks. 2022. Difference between Public and Private blockchain. *Geeksforgeeks* [online]. Noida, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-public-and-private-blockchain/>
59. Gemini. 2021a. The Blockchain Trilemma: Fast, Secure, and Scalable Networks. *Gemini* [online]. New York: Gemini, [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/blockchain-trilemma-decentralization-scalability-definition>
60. Gemini. 2021b. What Is Tokenization in Blockchain?. *Gemini* [online]. New York: Gemini, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/what-is-tokenization-definition-crypto-token>
61. Gemini. 2021c. YAKOVENKO, Anatoly. Solana (SOL): Scaling Crypto to the Masses. *Gemini* [online]. New York: Gemini, 2021 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/solana-blockchain#section-a-new-blockchain-architecture-proof-of-stake-and-proof-of-history>
62. Gemini. 2022a. EIP-1559: A Proposal to Update Transaction Fees on Ethereum. *Gemini* [online]. New York: Gemini, [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/ethereum-improvement-proposal-ETH-gas-fee>
63. Gemini. 2022b. Layer-1 and Layer-2 Blockchain Scaling Solutions. *Gemini* [online]. New York: Gemini, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/blockchain-layer-2-network-layer-1-network>
64. GoogleTrends. 2022. Google Trends - Porovnání. *GoogleTrends* [online]. Mountain View: Google, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://trends.google.com/trends/explore?date=2021-01-01%202022-01-01&q=%2Fg%2F11g0g4sbp3,Blockchain,%2Fg%2F11fpjwyy5z,%2Fm%2F054__cb
65. Chainalysis. 2022. The Chainalysis 2021 NFT Market Report. *Chainalysis* [online]. New York: Chainalysis, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://go.chainalysis.com/rs/503-FAP-074/images/Chainalysis%20NFT%20Market%20Report.pdf>
66. Investopedia. 2021a. FRANKENFIELD, Jake. Consensus Mechanism (Cryptocurrency). *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/c/consensus-mechanism-cryptocurrency.asp>

67. Investopedia. 2021b. FRANKENFIELD, Jake. Distributed Ledger Technology (DLT). *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/distributed-ledger-technology-dlt.asp>
68. Investopedia. 2021c. FRANKENFIELD, Jake. Hard Fork (Blockchain). *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/h/hard-fork.asp>
69. Investopedia. 2021d. FRANKENFIELD, Jake. Decentralized Applications (dApps). *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/decentralized-applications-dapps.asp>
70. Investopedia. 2021e. FRANKENFIELD, Jake. Proof-of-Stake (PoS). *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp#citation-7>
71. Investopedia. 2022a. FRANKENFIELD, Jake. Hot Wallet. *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/h/hot-wallet.asp>
72. Investopedia. 2022b. HAYES, Adam. What Is a Blockchain?. *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>
73. Investopedia. 2022c. LIBERTO, Daniel. Bleeding Edge. *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bleeding-edge.asp7>
74. Investopedia. 2022d. HAYES, Adam. Stablecoin. *Investopedia* [online]. New York: Dotdash Meredith, 2022 [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/s/stablecoin.asp>
75. InvestorObserver. 2021. What is the Blockchain Trilemma and How do Layer-Two Scaling Solutions Help?. *InvestorsObserver* [online]. Charlottesville: InvestorsObserver, [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.investorsobserver.com/news/featured/what-is-the-blockchain-trilemma-and-how-do-layer-two-scaling-solutions-help>
76. Ledger. 2021. WHAT IS THE BLOCKCHAIN TRILEMMA?. *Ledger* [online]. Paris: Ledger, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/what-is-the-blockchain-trilemma>
77. Marketsandmarkets. 2020a. Blockchain Market with COVID-19 Impact Analysis, by Component (Platforms and Services), Provider (Application, Middleware, and Infrastructure), Type (Private, Public, and Hybrid), Organization Size, Application Area, and Region-Global Forecast to 2026. *Marketsandmarkets* [online]. Puné, [cit.

- 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/blockchain-technology-market-90100890.html#:~:text=%5B253%20Pages%20Report%5D%20The%20global,67.3%25%20during%202020%E2%80%932025>.
78. Marketsandmarkets. 2020b. Virtual Reality Market with COVID-19 Impact Analysis by Offering (Hardware and Software), Technology, Device Type (Head-Mounted Display, Gesture-Tracking Device), Application (Consumer, Commercial, Enterprise, Healthcare) and Geography - Global Forecast to 2025. *Marketsandmarkets* [online]. Pune: MarketsandMarkets Research, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/reality-applications-market-458.html?gclid=CjwKCAjwnlr1BRAWEiwA6GpwNYjT2NYxLpPXeKNQUnT3vsfjicxGWMBBe9bOvUojC4jT4g96DF1mj-xoCllwQAvD__BwE
79. MarketsInsider. 2022. NFTs ballooned to a \$41 billion market in 2021 and are catching up to the total size of the global fine art market. *MarketsBusinessInsider* [online]. New York: BusinessInsider, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://markets.businessinsider.com/news/currencies/nft-market-41-billion-nearing-fine-art-market-size-2022-1>
80. Medium. 2018. Cryptocurrencies are on track to dominate online video gaming — and here are the numbers that show it. *Medium* [online]. San Francisco: Medium, [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://medium.com/wax-io/cryptocurrencies-are-on-track-to-dominate-online-video-gaming-and-here-are-the-numbers-that-show-cbe81dc397b0>
81. Medium. 2020. GABECI, Kevin. What is Etherscan?. *Medium* [online]. San Francisco: Medium, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://medium.datadriveninvestor.com/what-is-etherscan-a86fd59336de>
82. NBA TopShot. 2022. *NBA TopShot* [online]. Vancouver: Dapper Labs, [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://nbatopshot.com/>
83. NonFungible. 2021. Yearly NFT Market Report 2020. *NonFungible* [online]. Church Point: NonFungible Corporation, [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://nonfungible.com/reports/2020/en/yearly-nft-market-report-free>
84. NonFungible. 2022. Market Tracker - Project Rankings. *NonFungible* [online]. Church Point: NonFungible Corporation, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://nonfungible.com/market-tracker>
85. POAP. 2021. FAQ. *POAP Delivery* [online]. New York: POAP, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://poap.delivery/faq>
86. ShrimpyAcademy. 2021a. What Is Art Blocks? The Generative Art NFT Platform Explained. *ShrimpyAcademy* [online]. Santa Clara: Shrimpy Academy, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://academy.shrimpy.io/post/what-is-art-blocks-the-generative-art-nft-platform-explained>

87. ShrimpyAcademy. 2021b. What Is the Blockchain Trilemma?. *Academy Shrimpy* [online]. Santa Clara: Shrimpy Academy, [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://academy.shrimpy.io/post/what-is-the-blockchain-trilemma>
88. Statista. 2022a. BEST, Raynor de. Sales value of virtual plots of land in the metaverses of The Sandbox, Decentraland, Cryptovoxels and Somnium Space from November 2020 to December 2021. *Statista* [online]. Hamburg: Statista, [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1290698/sales-value-of-real-estate-in-metaverse/>
89. Statista. 2022b. BEST, Raynor de. Sales volume of NFT collectible Bored Ape Yacht Club (BAYC) against its price up until January 9, 2022. *Statista* [online]. Hamburg: Statista, [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1265505/bored-ape-yacht-club-nft-development/>
90. Statista. 2022c. Size of the blockchain technology market worldwide from 2018 to 2025. *Statista* [online]. Hamburg: Statista, [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/647231/worldwide-blockchain-technology-market-size/>
91. Statista. 2022d. ZANDT, Florian. Game Over for Crypto And NFTs in Games?. *Statista* [online]. Hamburg: Statista, [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/26655/interest-of-video-game-studios-in-implementing-crypto-payments-and-nfts/>
92. Statista. 2022e. BEST, Raynor de. Number of unique wallets that either bought or sold an NFT asset worldwide from June 2017 to December 2021. *Statista* [online]. Hamburg: Statista, 2022 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1266322/nft-user-number/>
93. Tate. 2022. Generative Art. *Tate* [online]. London: Tate Modern, [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.tate.org.uk/art/art-terms/g/generative-art>
94. TechCrunch. 2022. MATNEY, Lucas. Bored Apes maker Yuga Labs acquires CryptoPunks NFT collection. *TechCrunch* [online]. San Francisco: Yahoo, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://techcrunch.com/2022/03/11/bored-apes-maker-yuga-labs-acquires-cryptopunks-nft-collection/>
95. TechnologyReview. 2021. DIONISIO, John David N. The metaverse could actually help people. *TechnologyReview* [online]. Cambridge: MIT Technology Review, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.technologyreview.com/2021/10/27/1036817/metaverse-facebook-virtual-reality-augmented/>
96. UnstoppableDomains. 2022. *Unstoppable Domains* [online]. Las Vegas: Unstoppable Domains, [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://unstoppabledomains.com/>

97. VeVe. 2022. VeVe [online]. Auckland City: VeVe, [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.veve.me/>
98. Vice. 2018. OBERHAUS, Daniel. The World's Oldest Blockchain Has Been Hiding in the New York Times Since 1995. *Vice* [online]. New York, [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.vice.com/en/article/j5nzx4/what-was-the-first-blockchain>
99. VisualCapitalist. 2021. What are NFTs? Mapping the NFT Ecosystem. *Visual Capitalist* [online]. Vancouver: Visual Capitalist, [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.visualcapitalist.com/what-are-nfts-mapping-the-nft-ecosystem/>
100. WellsFargo. 2022. Cryptocurrencies - Too early or too late?. *WellsFargoAdvisors* [online]. Charlotte: Wells Fargo Investment Institute, [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: https://saf.wellsfargoadvisors.com/emx/dctm/Research/wfii/wfii_reports/Investment_Strategy/cryptocurrency020722.pdf

Seznam grafů

Graf 1 Adopce blockchainu a internetu	3
Graf 2 Tržní kapitalizace trhu s blockchain technologií od roku 2018 do roku 2025	4
Graf 3 Trendy vyhledávání vybraných pojmů na vyhledávači Google za rok 2021	5
Graf 4 Největší blockchainya využívající chytré kontrakty podle tržní kapitalizace ke dni 19.2.2022.....	10
Graf 5 Počet transakcí na blockchainu Ethereum za den od ledna 2019 do ledna 2022	16
Graf 6 Výše transakčních poplatků na Ethereu od ledna 2019 do ledna 2022	17
Graf 7 Největší L2 protokoly na Ethereu podle tržní kapitalizace ke dni 20.2.2022	20
Graf 8 Typy standardů tokenů na Ethereu podle počtu převodů za 24 hodin ke dni 29.11.2021	21
Graf 9 Velikost trhu s NFT tokeny podle tržní kapitalizace od roku 2018 do roku 2020	24
Graf 10 Počet unikátních peněženek obchodujících s NFT tokeny od ledna 2018 do listopadu 2021	26
Graf 11 Podíl účastníků průzkumu ve vybraných zemích podle vlastnictví NFT v září 2021	27
Graf 12 Největší NFT tržiště podle celkového objemu prodeje ke dni 6.3.2022.....	28
Graf 13 Největší nezaměnitelné tokeny podle celkového objemu prodejů ke dni 6.3.2022.....	29
Graf 14 Největší NFT kryptoměny podle tržní kapitalizace ke dni 19.02.2022	31
Graf 15 Odhadovaná prodejní hodnota virtuálních pozemků na platformách The Sandbox a Decentraland od listopadu 2020 do prosince 2021	36
Graf 16 Zájem o využití NFT tokenů ve hrách vybranými herními vývojáři	38

Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání veřejných a soukromých blockchainů.....	7
Tabulka 2 Porovnání výhod a nevýhod blockchain technologie.....	12
Tabulka 3 Porovnání zaměnitelných a nezaměnitelných tokenů.....	22
Tabulka 4 Největší NFT tokeny a jejich oblast využití.....	30
Tabulka 5 Největší NFT kryptoměny a jejich oblast využití.....	32

Seznam obrázků

Obrázek 1 Blockchainové trilema	14
---------------------------------------	----

Seznam zkratek

DAO - Decentralizovaná Autonomní Organizace

DAPP - Decentralizovaná Aplikace

DeFi - Decentralizované Finance

DLT - Distributed Ledger Technology

EIP - Ethereum Improvement Proposal

L1 - Layer 1 scaling solution

L2 - Layer 2 scaling solution

NFT - Non-Fungible Token

P2E - Play to Earn

POAP - Proof of Attendance Protocol

PoS - Proof of Stake

PoW - Proof of Work

TPS - Transactions Per Second

ZK Rollup - Zero-Knowledge Rollup

Evidence výpůjček

Prohlášení:

Dávám svolení k půjčování této bakalářské práce. Uživatel potvrzuje svým podpisem, že bude tuto práci řádně citovat v seznamu použité literatury.

Jméno a příjmení: Jan Koppan

V Praze dne:

Podpis:

Jméno	Oddělení/ Pracoviště	Datum	Podpis