

Environmentální dopady těžby kryptoměn

Monika Staňová

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Monika Staňová
Osobní číslo: T20504
Studijní program: B0711A130009 Materiály a technologie
Specializace: Ochrana životního prostředí
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Environmentální dopady těžby kryptoměn

Zásady pro vypracování

- Provedte literární průzkum na dané téma.
- Výsledky literárního průzkumu kriticky zhodnotte a přehledně písemně zpracujte.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Při zpracování bakalářské práce využijte vědecké zdroje zahrnuté v databázích Web of Science, ScienceDirect, SciFinder Scholar, Medline aj.

1. Erdogan, S., Ahmed, M. Y., & Sarkodie, S. A. (2022). Analyzing asymmetric effects of cryptocurrency demand on environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-11.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Markéta Julinová, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Oponent bakalářské práce: **Ing. Jana Šerá, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Jaroslav Filip, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 6. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORKY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....
podpis studentky

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zameriava na environmentálne dopady ťažby kryptomien, s dôrazom na energetickú náročnosť a uhlíkovú stopu, predovšetkým u mechanizmu Proof of Work (PoW), ktorý využíva najznámejšia a najúspešnejšia kryptomena Bitcoin. Cieľom práce je analyzovať a posúdiť dôsledky ťažby kryptomien na životné prostredie. Práca ďalej skúma možnosti zníženia negatívnych dopadov ťažby kryptomien, vrátane využívania obnoviteľných zdrojov energie a iniciatív na podporu environmentálnej udržateľnosti. Porovnanie energetickej náročnosti ťažby Bitcoinu s tradičnými bankovými systémami a zlatom naznačuje, že hoci energetická náročnosť kryptomien je často predmetom kritiky, je potrebné zohľadniť širší kontext celkovej energetickej spotreby súvisiacej s finančnými systémami.

Kľúčové slová: kryptomeny, ťažba, environmentálne dopady, uhlíková stopa, Proof of Work, obnoviteľné zdroje energie, bankové systémy.

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the environmental impacts of cryptocurrency mining, with an emphasis on energy consumption and carbon footprint, especially for the Proof of Work (PoW) mechanism used by the most famous and successful cryptocurrency Bitcoin. The aim of the work is to analyze and assess the consequences of cryptocurrency mining on the environment. The work further explores the possibilities of reducing the negative impacts of cryptocurrency mining, including the use of renewable energy sources and initiatives to support environmental sustainability. Comparing the energy intensity of Bitcoin mining with traditional banking systems and gold suggests that while the energy intensity of cryptocurrencies is often the subject of criticism, the broader context of overall energy consumption related to financial systems needs to be considered.

Keywords: cryptocurrencies, mining, environmental impacts, carbon footprint, Proof of Work, renewable energy sources, banking systems.

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som sa chcela poďakovať vedúcej práce doc. Ing. Markéte Julinové, Ph.D. za užitočné pripomienky, ochotu a usmernenie pri písaní bakalárskej práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 KRYPTOMENY A ICH ŤAŽBA	10
1.1 ČO SÚ KRYPTOMENY?.....	10
1.2 HISTÓRIA KRYPTOMIEN	10
1.3 ÚČEL VZNIKU KRYPTOMIEN.....	11
1.4.1 Technológia blockchain	12
1.4.2 Hash rate a energetická efektívnosť	13
1.4.3 Transakcie v sieti blockchain	13
1.4.4 Krypto peňaženka.....	15
1.5 ŤAŽBA BITCOINOV	16
1.5.1 Zariadenia používajúce sa na ťažbu Bitcoinov	17
1.6 NAJZNÁMEJŠIE KRYPTOMENY V PRAXI.....	18
1.6.1 Bitcoin	19
1.6.2 Monero	20
1.6.3 Ethereum	21
1.6.4 Dogecoin	22
1.6.5 Cardano ADA.....	23
1.6.6 XRP	24
1.6.7 Litecoin.....	25
2 ENVIROMENTÁLNY DOPAD ŤAŽBY KRYPTOMIEN.....	26
2.1.1 Energetická náročnosť ťažby Bitcoinu.....	27
2.1.2 Uhlíková stopa Bitcoinu.....	29
2.1.3 Krajiny s najväčšou produkciou Bitcoinov	29
2.2 KRYPTOMENY ZALOŽENÉ NA POS A ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	31
2.3 AKO ZNÍŽIŤ VPLYV KRYPTOMIEN NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE?.....	32
2.3.1 Prijatie obnoviteľnej energie	32
2.3.2 Prechod z Proof of Work na Proof of Stake.....	36
2.3.3 Hnutia na zriadenie environmentálnej udržateľnosti kryptomien	37
2.4 BANKOVÉ SYSTÉMY A ZLATO VS. KRYPTOMENY	37
ZÁVER	41
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	42
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	47
ZOZNAM OBRÁZKOV	48
ZOZNAM TABULIEK	50
ZOZNAM PRÍLOH.....	51

ÚVOD

S rastúcou popularitou kryptomien a ich zvyšujúcim sa vplyvom na finančné trhy sa čoraz viac pozornosti sústreďuje aj na ich dopady na životné prostredie. V posledných rokoch sa kryptomeny, predovšetkým Bitcoin, dostali pod vlnu kritiky pre ich vysokú energetickú náročnosť spojenú s procesom ťažby, ktorý je založený na algoritme Proof of Work (PoW). Tento mechanizmus vyžaduje obrovské množstvo elektrickej energie, čo vyvoláva obavy z environmentálneho hľadiska, najmä v čase, keď sa globálna komunita usiluje o zníženie emisií uhlíka a prechod na udržateľné zdroje energie.

Táto bakalárska práca sa zameriava na preskúmanie environmentálnych dopadov ťažby kryptomien, s cieľom poskytnúť hĺbkovú analýzu súčasnej situácie a predpovedať možné budúce trendy. Okrem toho sa práca venuje porovnávaniu konsenzuálnych mechanizmov, ktoré sú používané v blockchainových technológiách, ako sú Proof of Work (PoW) a Proof of Stake (PoS), a ich energetickú efektívnosť a udržateľnosť.

Práca je rozdelená do viacerých kapitol, ktoré postupne odhaľujú rôzne aspekty problematiky, od technického popisu fungovania blockchain technológií, negatívnych dopadov na životné prostredie spojených s ťažbou kryptomien, porovnaním s tradičnými bankovými systémami až po konkrétne návrhy na zlepšenie environmentálnej udržateľnosti kryptomien.

Výsledky tejto práce by mohli slúžiť ako podklad pre ďalšie štúdie a diskusie medzi odborníkmi, politikmi a verejnosťou, zamerané na hľadanie efektívnych stratégií pre budúci rozvoj kryptomien v súlade s environmentálnymi cieľmi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KRYPTOMENY A ICH ŤAŽBA

1.1 Čo sú kryptomeny?

Kryptomeny sú digitálnym druhom virtuálnej meny, využívajúcej kryptografiu k zabezpečeniu, overovaniu transakcií a vytváraniu nových jednotiek. Sú decentralizované, bez dosahu riadiacej autority, čo z nich robí mimoriadne bezpečné aktívum. Kryptomeny jednoznačne patria k novej a rapídne sa rozvíjajúcej technológii s potenciálom zmeniť súčasný platobný systém. Avšak ako každá revolučná technológia nesie so sebou mnohé riziká a jej dlhodobý vývoj je nejasný a ťažko predikovateľný.

1.2 História kryptomien

V posledných rokoch sa kryptomeny stali významnou súčasťou globálneho finančného systému, pričom Bitcoin, ako prvá a najznámejšia kryptomena, predstavuje ikonický príklad prijatia digitálnych aktív. Bitcoin síce bol prvou zavedenou kryptomenou, no pokusy o vytvorenie virtuálnych mien prebiehali už pred jeho vznikom. Koncept „kryptomeny“ prvýkrát predstavil Wei Dai už v roku 1998. [1]

Zostaňme ale v roku 2008, kedy finančné trhy zasiahla hospodárska kríza. Práve v tomto období prichádza so svojim nápadom na decentralizovaný, elektronický, hotovostný systém „peer-to-peer“ Nakamoto Satoshi ako odpoveď na nedostatky tradičných finančných systémov. Nakamoto Satoshi je iba pseudonym a pravá identita tejto osoby alebo skupiny osôb nie je známa. Peer-to-peer je decentralizovaný model siete, kde každý uzol (počítač alebo zariadenie) má rovnaké práva a môže priamo komunikovať s ostatnými uzlami v sieti bez potreby centrálného servera alebo sprostredkovateľa.

V roku 2009 je po prvý krát Bitcoin softvér sprístupnený pre verejnosť a ľudia môžu Bitcoiný získať takzvaným „ťažením“, prostredníctvom ktorého sa vytvárajú stále nové Bitcoiný a taktiež aj zabezpečuje chod siete. Transakcie sú zaznamenávané a overované pomocou blockchainu. V nasledujúcom roku už Bitcoin má pridelenú finančnú hodnotu. Keďže Bitcoin sa stal veľmi populárny začali sa objavovať aj ďalšie alternatívne kryptomeny známe ako altcoiny. Medzi prvé altcoiny patria Namecoin a Litecoin. Alternatívne kryptomeny sa síce od seba môžu líšiť svojimi vlastnosťami ale spojuje ich to, že kompenzujú nedostatky, ktoré má Bitcoin. Môžu dopĺňovať niektoré funkcie a vylepšenia, ako napríklad: vyššiu rýchlosť transakcií, vyššiu anonymitu, nižšie prevádzkové náklady siete. [2]

1.3 Účel vzniku kryptomien

Najväčšou prednosťou kryptomien je anonymita a predovšetkým to, že nepodliehajú inflácii. Totiž to kryptomeny nie sú ovplyvnené žiadnou inou menou. Väčšina používaných mien v súčasnosti je ovplyvnená predovšetkým americkým dolárom, ktorého rast a pokles na trhu mení hodnotu každej jednej meny, ktorá je na neho naviazaná. To však v prípade kryptomien neplatí, nakoľko sú ich výkyvy nezávislé od výkyvov iných mien. Taktiež nepodliehajú kontrole a obmedzeniam štandardného finančného systému (limit transakcií, hodnota transakcií, preukázanie pôvodu peňazí). Na rozdiel od väčšiny svetových mien sú kryptomeny držané a presúvané výlučne vo virtuálnom svete, čo znamená, že žiadna vláda nemá právo na obmedzovanie obchodov. Vďaka tomu je možné pomocou Bitcoinov obchodovať z ktorejkoľvek časti sveta. Obchodovanie s kryptomenami je tou najspoľahlivejšou formou obchodovania. Je to výlučne preto, že obchod je zaznamenaný na verejnej účtovnej knihe tzv. blockchainu, ku ktorému má prístup ktokoľvek. Z tohto dôvodu môžete obchodovať iba s majetkom, ktorý reálne vlastníte.

Existujú rôzne spôsoby, ako získať kryptomenu:

1. nákup kryptomeny prostredníctvom zmenární alebo búrz.
2. predat' produkty alebo nechať ľudí, aby vám zaplatili pomocou Bitcoinov, alebo akejkoľvek inej kryptomeny.
3. vytvoriť ich s využitím výpočtového výkonu tzv. „ťaženie“
4. staking - staking je proces, pri ktorom držitelia kryptomien uzamknú časť svojich digitálnych mien na podporu operácií blockchainovej siete, napríklad potvrdzovania transakcií. Výmenou za to, že svoje kryptomeny "stakujú" alebo vložia do siete, dostávajú odmeny v podobe nových mincí alebo úrokov. Tento proces je podobný vkladaniu peňazí na bankový účet, kde tiež dostávate úroky, ale namiesto banky používate technológiu blockchain. Staking je energeticky menej náročný ako tradičná ťažba kryptomien, čo z neho robí ekologickejšiu alternatívu. Tento koncept je často súčasťou kryptomien, ktoré používajú konsenzusný mechanizmus Proof of Stake (PoS).

1.4 Princíp fungovania kryptomien

1.4.1 Technológia blockchain

Blockchain (reťazec blokov) je formou digitálneho archívu, v ktorom sa zaznamenáva a ukladá každá operácia. Kľúčovou vlastnosťou takého systému je jeho nezávislosť na centrálnej autorite, ktorá by ho ovládala – považujeme ho teda za decentralizovaný. V praxi je takýto systém spravovaný sieťou počítačov (prípadne iných výpočtových zariadení), v ktorej si každé zo zariadení udržuje kópiu aktualizovaných záznamov. Základnou myšlienkou tejto technológie je uloženie každej operácie (transakcie) do bloku, ten je následne pridaný do reťazca ďalších blokov. Každý z blokov obsahuje unikátny kód nazývaný „HASH“, ten je vypočítaný pomocou algoritmov na báze dát ktoré blok obsahuje. Tento princíp komplikuje možnosti narušenia integrity dát (ich zámenu/vloženie falošného záznamu), pretože akákoľvek modifikácia jedného bloku by taktiež vyžadovala úpravu všetkých nadväzujúcich blokov.

V praxi delíme blockchain na verejný a neverejný. Verejný využívajú mnohé kryptomeny – každý z účastníkov vidí reťazec blokov a všetky operácie v ňom. Taktiež môže vkladať nové záznamy. Neverejný slúži pre uzatvorenú skupinu užívateľov najčastejšie vo firemných aplikáciách, kde je prioritou integrita dát. Využitie tejto technológie je spojované hlavne s kryptomenami, no používa sa aj v množstve iných oblastí, ako napríklad: hlasovacie systémy, decentralizovaná správa, zber dát, riadenie toku zdrojov, atď.

Vďaka vývoju tejto technológie sa neustále nachádzajú nové uplatnenia a možnosti jej aplikácie na súčasné systémy. Ako príklad môže slúžiť transparentný logistický systém, kde každý krok v reťazci je zaznamenaný a viditeľný v reálnom čase všetkým účastníkom. Napriek všetkým výhodám, ktoré technológia prináša nemožno ignorovať úskalia, ktoré je nutné zohľadniť. Za určitých podmienok (priveľké množstvo požiadaviek) môže dôjsť k spomaleniu siete, ktorá je kľúčová pre vytváranie nových blokov v reťazci a teda aj zabezpečením funkčnosti blockchainu.

Dve z najznámejších metód zabezpečenia blockchainu sú Proof of Work (PoW) a Proof of Stake (PoS). Pri metóde PoW musia účastníci, známi ako ťažiar, vyriešiť matematickú úlohu rýchlejšie ako ostatní, aby získali právo pridať nový blok do blockchainu a získali za to odmenu. Tento proces vyžaduje značné množstvo energie, čo môže viesť k vysokým nákladom a environmentálnym otázkam.

PoS vyberá validátorov na základe špecifického algoritmu, pričom vybraní účastníci zabezpečia sieť tým, že zablokujú určité množstvo svojich kryptomien ako "vklad". Ak by sa validátor pokúsil manipulovať s údajmi o transakcii o svoj vklad príde. Tieto dve metódy majú rozdielne prístupy a dopady na bezpečnosť, energetickú efektívnosť, a účinnosť blockchainu, pričom každá z nich má svoje výhody a nevýhody v závislosti od konkrétnych potrieb a okolností siete. [3]

1.4.2 Hash rate a energetická efektívnosť

Pred začatím ťažby kryptomien – napríklad Bitcoinu je kľúčové zvážiť tieto dva hlavné aspekty: výpočtovú kapacitu – známu ako hash rate a množstvo spotrebovanej elektrickej energie. Hash rate, meraný v hashoch za sekundu (H/s), označuje koľko výpočtov na dešifrovanie kódu môže zariadenie vykonať každú sekundu. Vyšší hash rate zvyšuje šancu na úspešné vyriešenie bloku a získanie odmeny.

Energetická efektívnosť hardvéru je taktiež rozhodujúca, pretože výpočtové operácie vyžadujú významné množstvo elektrickej energie. Vypočíta sa pomerom medzi hash rateom a spotrebou energie. Jednotkou energetickej efektívnosti je (GH/s)/W, často je ale uvádzaná v gigahashoch za joule (GH/J). Táto hodnota hovorí, koľko gigahashov môže zariadenie vyprodukovať za každý spotrebovaný watt. Napríklad, ťažobné zariadenie s hash rateom 500 GH/s a spotrebou 400 W má efektívnosť 1.25 GH/J. [4] S rastúcou náročnosťou ťažby a fluktuáciou cien Bitcoinov sa efektívnosť ťažby neustále mení. A je už na zvážení ťažiarov, či sú príjmy z ťažby adekvátne voči nákladom na energiu a údržbu ťažobných zariadení.

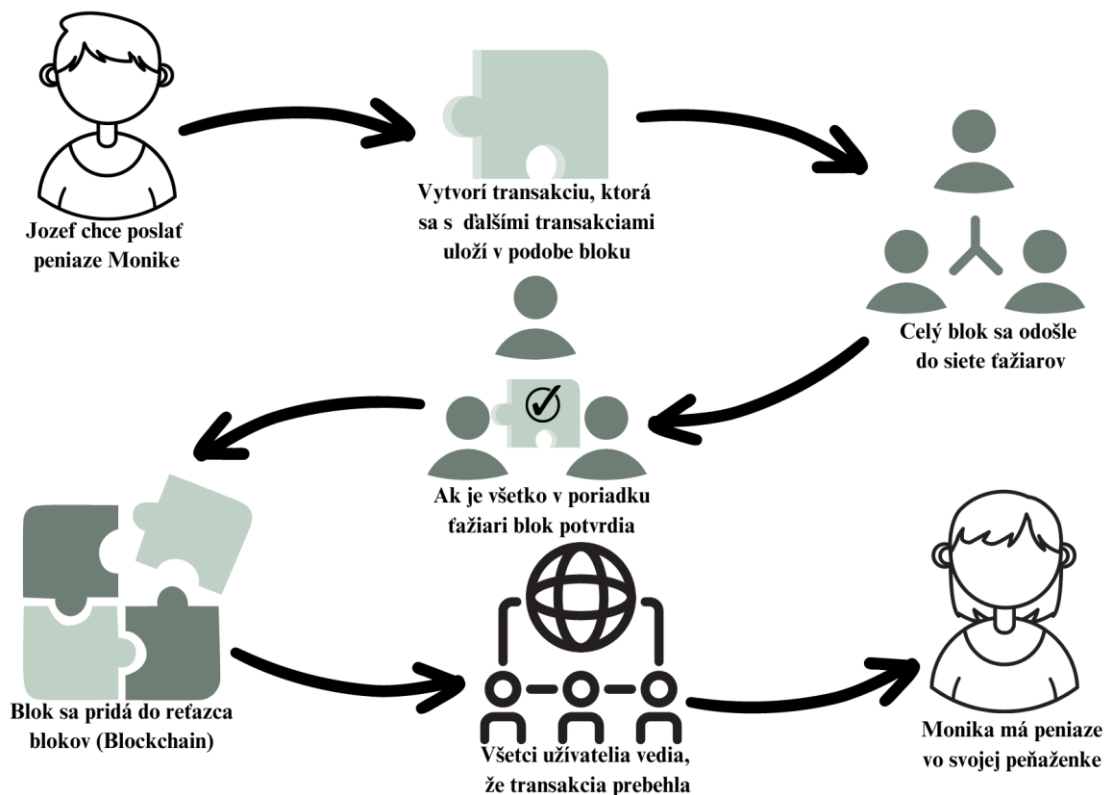
1.4.3 Transakcie v sieti blockchain

Transakcie v sieti blockchain sú v podstate záznamy, ktoré potvrdzujú prenos hodnôt medzi účastníkmi tejto siete. V prípade kryptomien, ako je Bitcoin, ide o prenos digitálneho majetku – teda kryptomeny – z jednej digitálnej peňaženky do druhej. Každá transakcia obsahuje viacero informácií, vrátane:

- Adresy peňaženiek: Odkiaľ a kam sa hodnoty presúvajú. Tieto adresy sú reprezentované dlhými reťazcami písmen a čísel, ktoré fungujú ako verejné kľúče používateľov na sieťach blockchain.
- Množstvo: Množstvo presúvaných tokenov napr. Bitcoinov

- Podpis: Digitálny podpis odosielateľa, ktorý autorizuje transakciu. Tento podpis je vytvorený pomocou súkromného kľúča odosielateľa a je dôkazom, že osoba má právo rozposielať dané množstvo kryptomeny.
- Transakčný poplatok: Suma, ktorú platí užívateľ za spracovanie a zahrnutie jeho transakcie do blockchainu. Tento poplatok je odmenou pre ťažiarov alebo validátorov za ich prácu na overení a potvrdení transakcie v rámci siete.
- Časová pečiatka: Dátum a čas odoslania transakcie.

Transakcie sa po vytvorení odosiľajú do siete blockchain, kde musia byť overené a potvrdené. Keď je transakcia potvrdená, zapisuje sa do nového bloku na blockchaine. Každý blok je spojený s predchádzajúcim blokom, čím vytvára neprerušovaný reťazec – odtiaľ pochádza názov „blockchain“. Tento proces zaisťuje, že raz zaznamenané transakcie sa nemôžu meniť alebo mazať, čím sa dosahuje vysoká úroveň bezpečnosti a transparentnosti.



Obrázok 1 Princíp spracovania transakcií

1.4.4 Krypto peňaženka

Digitálny nástroj (užívateľská aplikácia) umožňujúci jej používateľom bezpečne uchovať, spravovať a presúvať kryptomeny (posielat'/prijímať). Kľúčovú funkcionálnu zabezpečuje asymetrické šifrovanie. Jedná sa o matematický algoritmus využívajúci dvojicu (pár) kľúčov – verejný a privátny. Verejný kľúč je využívaný k možnosti prijímať kryptomeny do peňaženky. Privátny kľúč slúži k autorizácii transakcií, to zabezpečuje dôveryhodnosť transakcie. Zaujímavou vlastnosťou tejto technológie je skutočnosť, že užívateľ nemusí prevádzkovať peňaženku v digitálnej podobe počas celej doby držania kryptomien, kým má prístup k svojmu verejnému a privátnemu kľúču. Adresa aj obsah peňaženky je uložený v blockchaine a užívateľ môže k nej opätovne pristupovať z ľubovoľného zariadenia.

Typy krypto peňaženiek:

- Hardvérová: Jedná sa o elektronické zariadenie, ktoré vytvára ďalšiu vrstvu zabezpečenia. Uchováva verejný aj privátny kľúč, oba zašifrované buď prístupovou frázoou, pinčódou, biometrickým údajom alebo časovým zámkom. Výhoda je, že je menej náchylná k útokom pomocou malware (malicious software – zákerný softvér, ktorý je schopný napadnúť a poškodiť alebo zneužiť akýkoľvek počítačový systém), alebo fyzickej krádeži.
- Softvérová: Jedná sa o aplikáciu. Prístup k nej je zabezpečený prístupovými frázami, heslom, alebo biometrickým údajom. Jej výhodou je vysoká dostupnosť a škálovateľnosť (jedna aplikácia môže obsahovať viacero krypto peňaženiek). Nevýhodou je skutočnosť, že jej bezpečnosť je limitovaná bezpečnosťou zariadenia, ktoré k nej pristupuje (útok pomocou malware).
- Papierová: Pojem papierová peňaženka predstavuje koncept „chladného úložiska“. Prístupová fráza, prípadne privátny kľúč nachádzajúci sa na výtlačku papiera, gravírovanej tabuľke, alebo iného mechanického média, ktoré užívateľ ukryje na bezpečné miesto. Je to nenákladný spôsob zabezpečenia aktív, riziká sú na zväžení každého užívateľa. Ako ekvivalent v reálnom svete môže slúžiť klasická peňaženka s ekvivalentným množstvom financií.

1.5 Ťažba Bitcoinov

Ťažba Bitcoinov je mechanizmus, prostredníctvom, ktorého sa do obehu sveta virtuálnej meny dostávajú stále nové Bitcoin. No je tiež dôležitou súčasťou údržby a vývoja účtovnej knihy tzv. blockchainu. V počiatkoch vzniku Bitcoinu bolo možné vytážiť túto menu na bežnom stolnom počítači. Čím je ale vytážených viac blokov Bitcoinu tým rastú aj nároky na ich ťažbu, čo si vyžaduje stále náročnejšie softvérové zariadenia, ktoré sú schopné odpovedať na komplikované výpočtové matematické problémy. Keď počítače v Bitcoinovej sieti vyriešia tieto zložité matematické úlohy generujú nové Bitcoin. Taktiež jedným z najdôležitejších dôvodov prečo sa ťažia Bitcoin je zabezpečenie celej ich siete.

Iným slovom vieme ťažbu Bitcoinov vyjadriť ako hashovanie a overovanie bloku transakcií. Bitcoin využíva na svoje zabezpečenie hashovaciu funkciu SHA256 a to dokonca dvojnásobne. Ťažiar za to, že ponúkol výpočtovú kapacitu svojho počítača na overenie transakcií dostal odmenu v podobe Bitcoinu. Ťažiar je tým úspešnejší čím je jeho výpočtový výkon alebo inak povedané hash rate väčší. V počiatkoch bola odmena za vytážený blok až 50 Bitcoinov. [4] Finančný magazín FinReport uvádza, že „V apríli 2024 sa svet kryptomien pripravuje na ďalší historický okamih v podobe štvrtého halvingu Bitcoinu. Tento fenomén, ktorý sa vyskytuje každé štyri roky, prinesie zásadné zmeny v ekosystéme najpopulárnejšej kryptomeny. S dosiahnutím počtu 740-tisíc blokov tejto kryptomeny klesne odmena za ťažbu jedného bloku zo 6,25 na polovicu, a teda na 3,125 Bitcoinu.“ [5]

Na ťažbu Bitcoinu sa v súčasnosti používajú hybridné schémy Proof of Work - PoW a Proof of Stake - PoS. Všetky výpočty hybridných schém PoW a PoS, vrátane Bitcoinového procesu ťažby a údržby systému, sú doplnené o energeticky náročné elektronické zariadenia. Vysoký výpočtový výkon vyžadovaný Bitcoinovou sieťou spočiatku zahrňal použitie CPU a GPU (2009-2011), FPGA (2011-2013) a neskôr sa dostali do popredia zariadenia ASIC (od roku 2013). [6]

Existujú 3 spôsoby ako ťažiť Bitcoin:

1. Ťažba jednotlivca

Bitcoin môže vytážiť ktokoľvek aj ako jednotlivec ak vlastní na to dostatočne silné vybavenie, no pravdepodobnosť vytázenia Bitcoinu je oveľa menšia ako v nasledujúcom prípade. V priemere by jeden ťažiar potreboval až 3 mesiace na vyriešenie jedného bloku. Keďže proces ťaženia je náhodný a pamäť ťaženia sa nikde neukladá, po troch mesiacoch od začatia ťaženia je ťažiar rovnako ďaleko od očakávaného výsledku ako bol na začiatku.

Je to spôsobené tým, že náročnosť ťažby sa neustále zvyšuje ale hash rate používaného zariadenia je stále rovnaký. Priemerný čas do doby vyriešenia jedného bloku sa dá približne spočítať pomocou tohto vzorca [4]:

$$\text{čas} = \frac{\text{náročnosť} \times 2^{32}}{\text{hash rate}} \text{ [s]}$$

Obrázok 2 Výpočet približného hash rate [4]

2. Ťažba v poole (mining pool)

Predstavuje skupinu ťažiarov, ktorí spojili svoje výpočtové zariadenia s cieľom zvýšiť celkový výpočtový výkon (hash rate) skupiny a tým pádom dosiahnuť aj vyššie šance na úspešné vytlačenie bloku v blockchaine. Tento spoločný prístup umožňuje rýchlejšie a efektívnejšie vytlačenie blokov, čo by bolo pre jednotlivca oveľa náročnejšie. Odmena za vytlačený blok sa následne rozdelí medzi účastníkov poolu podľa veľkosti ich príspevku k výpočtovému výkonu. To znamená, že ťažiar, ktorý poskytol väčšiu výpočtovú silu, dostane aj väčší podiel odmeny. [4]

3. Kontrakt na ťažbu

Tento typ služby umožňuje jednotlivcom zazmluvniť si určitý výpočtový výkon na daný časový úsek od spoločností, ktoré prevádzkujú veľké dátové centrá špecializované na ťažbu. Zákazník tak v podstate platí za možnosť využívať časť výpočtových zdrojov firmy na ťažbu kryptomeny. Toto riešenie je ideálne pre tých, ktorí chcú profitovať z ťažby Bitcoinov a chcú sa vyhnúť vysokým počiatočným investíciám a technickým komplikáciám spojeným s prevádzkovaním ťažobného zariadenia. Užívateľovi stačí len prístup na internet a digitálna peňaženka, kde bude prijímať svoje podiely z odmeny. [4]

1.5.1 Zariadenia používajúce sa na ťažbu Bitcoinov

Existujú 4 základné kategórie zariadení určených na ťažbu, ktoré sa líšia svojou cenou a výkonom:

- CPU- ťažba 1. generácie - CPU miner je jednoduchý klientský program používaný na ťažbu v poole alebo na individuálnu ťažbu. Hardvérom v tomto prípade je vlastný počítač ťažiara. [4]

- GPU- těžba 2. generácie - GPU ťaženie spočíva vo zvýšení hash ratu pridaním grafickej karty do počítača. Najvýkonnejšie grafické karty môžu stáť desiatky tisíc českých korún, ale zároveň poskytujú ťažiarovi oveľa väčšiu hash rate v porovnaní s CPU hash rateom. Napr. grafická karta ATI 5970 poskytuje okolo 800 MH/s, pričom bežné CPU poskytuje hash rate vo výške do 10 MH/s. Ďalšou výhodou GPU ťaženia je možnosť ťažiť aj iné kryptomeny ako je Bitcoin napr. Litecoin. [4]
- FPGA - ťažba 3. generácie FPGA (Field Programmable Gate Array). Táto technológia je určená priamo na ťažbu, FPGA ponúka zlepšenie výkonu oproti CPU a GPU. Jediný FPGA čip má v prevádzke hash rate okolo 750 MH/s a do zariadenia je možné umiestniť ich rôzne množstvo. [4]
- ASIC - ťažba 4. generácie ASIC (Application Specific Integrated Circuits) sú špeciálne navrhnuté tak, aby robili len jednu činnosť a to ťažbu Bitcoinov s extrémnou rýchlosťou a relatívne nízkou spotrebou energie. V roku 2017 disponovali s hash rateom 10.7 GH/s a cenou za kus okolo 50-75 Bitcoinov (v tom čase 5 000 – 7 500 \$). [4] Dnes sa už hodnota hash rate ASIC zariadení pohybuje v desiatkach TH/s - terahashov za sekundu. Príklady niekoľkých populárnych ASIC minerov a ich približný hash rate pre ťažbu Bitcoinu sú spomenuté v prílohe P I .

1.6 Najznámejšie kryptomeny v praxi

Priemerný denný objem celkového obchodu s kryptomenami je 1,562 miliardy amerických dolárov (USD), pričom denný objem obchodu s BTC, XRP a ETH je takmer 1,166 miliardy USD. Podiel BTC, XRP a ETH tak predstavuje približne 71,96 % z celkového objemu obchodovaných kryptomien. Okrem toho BTC, XRP a ETH patria medzi najstaršie a najznámejšie kryptomeny. [7]

1.6.1 Bitcoin



Obrázok 3 Logo
Bitcoin [8]

Rok vzniku: 2009

Zakladateľ: Satoshi Nakamoto

Skratka: BTC

Aktuálna hodnota: 1 512 713.70 Kč [9] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

Satoshi Nakamoto v roku 2008 zverejnil príspevok do zoznamu adresátov kryptografie s názvom „Bitcoin: A Peer-to-Peer electronic cash system,“. V tomto dokumente bola uvedená schéma siete peer-to-peer, ktorá by podporila „systém elektronických transakcií bez spoliehania sa na dôveru“. [10]

Satoshi Nakamoto spustil Bitcoin v roku 2008, čo mohlo byť aj reakciou na vtedajšiu prebiehajúcu finančnú krízu, ktorá naštrbila vieru ľudí v orgány centrálného bankovníctva. Bitcoin poskytuje platformu na prevádzkovanie meny bez akejkoľvek centrálnej kontroly. Veľkou výhodou je, že na prevod nie sú potrebné žiadne osobné údaje čo ho robí anonymným. Čo ale môžeme považovať za nevýhodu je jeho volatilita. [1]



Obrázok 4 Vývoj ceny (v CZK) Bitcoinu od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [9]

1.6.2 Monero



Obrázok 5 Logo Monero [11]

Rok vzniku: 2014

Zakladateľ: neznámy

Skratka: XMR

Aktuálna hodnota: 2 872,32 Kč [14] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

Monero je open-source decentralizovaná kryptomena, so zameraním predovšetkým na súkromie a anonymitu. Vznikla v roku 2014 a teraz je jednou z najväčších kryptomien s trhovou kapitalizáciou 5,7 miliardy amerických dolárov (marec 2018). Monero chráni identitu príjemcu na základe protokolu CryptoNote. [12]

Výhodou je, že Monero je skutočne anonymný, na rozdiel od Bitcoinu, ktorý je iba pseudo-anonymný. Aby bolo zaistené, že nikto nemá prístup k odosielaným a prijímaným adresám alebo k transakčným čiastkam, čo by umožnilo spojenie týchto údajov s konkrétnou osobou, Monero využíva najodolnejšie šifrovanie, ktoré bolo doposiaľ vyvinuté. [13]



Obrázok 6 Vývoj ceny Monera od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024)[14]

1.6.3 Ethereum



Obrázok 7 Logo
Ethereum [15]

Rok vzniku: 2015

Zakladateľ: Vitalik Buterin

Skratka: ETH

Aktuálna hodnota: 72 292,92 Kč [17] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

Síce bolo Ethereum spustené až v roku 2015, prvé náznaky boli vytvorené už 2 roky predtým, čiže v roku 2013. Za jeho vznikom stojí profesionálny programátor Vitalik Buterin. Veľkým rozdielom medzi Ethereum a Bitcoinom je, že Ethereum v roku 2022 prešlo na používanie validátora PoS, zatiaľ čo Bitcoin stále využíva konsenzuálny protokol PoW. [16]

Ethereum často trpí vysokou volatilitou cien, čo môže mať priamy dopad na zisky alebo straty investorov a tým vzbudzovať neistotu na trhu. Denné výkyvy cien sú obrovské, a to aj v priebehu 2 hodín. Od prechodu Etherea z PoW na PoS cena Etherea vykázala výrazný nárast o 48 %, z 33937 Kč na cenu 50219 Kč 16. apríla 2023, čo je najvyššia cena po implementácii PoS. [16]



Obrázok 8 Vývoj ceny Ethereum od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024)[17]

1.6.4 Dogecoin



Obrázok 9 Logo Dogecoin
[18]

Rok vzniku: 2013

Zakladateľ: Billy Markus, Jackson Palmer

Skratka: DOGE

Aktuálna hodnota: 3,68 Kč [21] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

Dogecoin, ktorý založili Billy Markus a Jackson Palmer, je peer-to-peer digitálna mena. Oproti Bitcoinu má Dogecoin tú výhodu, že transakcie sú generované už za jednu minútu a transakčné poplatky sú výrazne nižšie. Obehový počet mincí je stanovený na 127 miliárd, z ktorých už bolo vytváraných 113 miliárd. [19]

Jedným z faktorov, ktoré boli úzko spojené so vzostupom Dogecoinu, je vplyv Elona Muska, generálneho riaditeľa Twitteru, ktorý je veľkým podporovateľom Dogecoinu. Ukázalo sa, že Muskove „tweets“ majú vplyv na cenu Dogecoinu. Napríklad v máji 2021 Musk uverejnil príspevok „Práca s vývojármi Doge na zlepšení efektívnosti systémových transakcií. Potenciálne sľubné.“ Po uverejnení tohto „tweetu“ hodnota Dogecoinu vzrástla o viac ako 20 % v priebehu niekoľkých hodín. [20]



Obrázok 10 Vývoj ceny Doge od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [21]

1.6.5 Cardano ADA



Obrázok 11 Logo
Cardano [22]

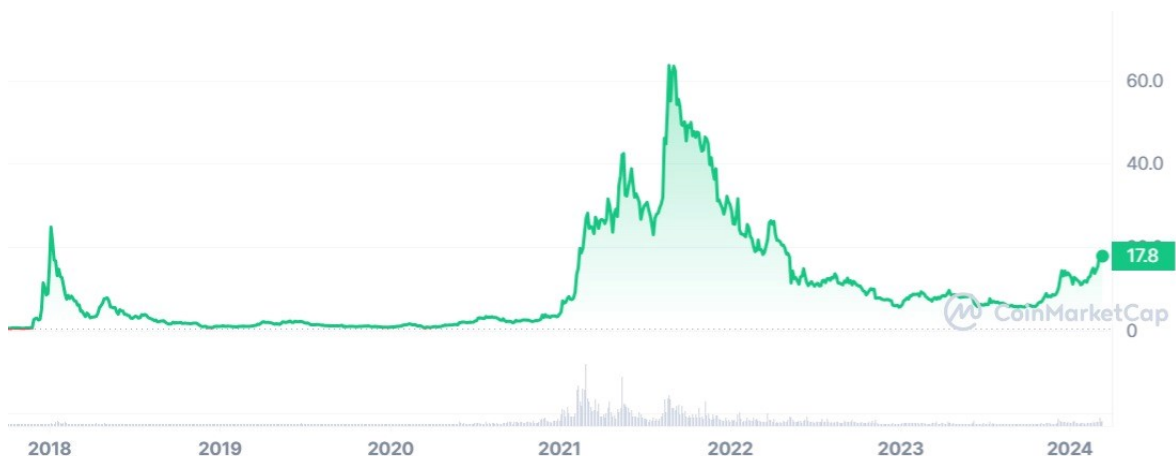
Rok vzniku: 2017

Zakladateľ: Charles Hoskinson a Jeremy Wood

Symbol: ADA

Aktuálna hodnota: 10,84 Kč [23] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

Od svojho založenia v roku 2017 sa Cardano stalo jednou z popredných blockchainových platforiem. Cieľom Cardano je zlepšiť bezpečnosť a decentralizáciu v kryptomenovom ekosystéme prostredníctvom využitia smart kontraktov a vedeckého prístupu, ktorý vyvinula spoločnosť IOHK (Input Output Hong Kong). Cardano je open-source projekt založený na princípe PoS, ktorý má za cieľ vytvoriť bezpečnejší a udržateľnejší ekosystém pre vývoj inteligentných zmlúv a decentralizovaných aplikácií (dapps). Táto platforma používa Ouroboros, prvý PoS algoritmus vyvinutý na základe recenzovaného výskumu. [3]



Obrázok 12 Vývoj ceny Cardana od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [23]

1.6.6 XRP



Obrázok 13 Logo XRP [24]

Rok vzniku: 2012

Zakladateľ: spoločnosť Ripple

Symbol: XRP

Aktuálna hodnota: 11,68 Kč [25] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

XRP, niekedy známa aj ako Ripple, nie je bežná kryptomena, ale skôr globálny platobný a účtovný systém. Vývoj XRP sa začal už v roku 2004 Ryanom Fuggerom pod názvom Ripplepay a neskôr bol prebratý a ďalej rozvíjaný spoločnosťou Ripple, ktorú založil Jed McCaleb v roku 2011. Pre XRP sieť bolo vydaných 100 miliárd tokenov, z ktorých 20% držia zakladatelia. Na rozdiel od iných kryptomien, ktoré vytvárajú nové jednotky postupnou ťažbou, XRP jednotky boli vydané naraz. Ripple riadi decentralizovanú databázu, kde sa spracovávajú nielen XRP, ale aj iné aktíva. Banky slúžia ako validátory v Ripple sieti a poskytujú tzv. Ripple Gateways, čím umožňujú prístup bežným používateľom. Hoci je RippleNet štruktúrne decentralizovaný, vývoj, pravidlá a kontrola sú centralizované spoločnosťou Ripple. [2]



Obrázok 14 Vývoj ceny XRP od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024)[25]

1.6.7 Litecoin



Obrázok 15 Logo Litecoin
[26]

Rok vzniku: 2011

Zakladateľ: Charles Lee

Symbol: LTC

Aktuálna hodnota: 1 844,86 Kč [27] (vzhľadom na neustále meniace sa ceny na burze v čase čítania tejto štúdie sa hodnota môže líšiť, hodnota platná pre dátum 14.4.2024)

Litecoin si získal uznanie na kryptomenovom trhu vďaka svojej vysokej trhovej kapitalizácii a dlhej histórii, pričom je po Bitcoine druhou najpopulárnejšou kryptomenou. Založil ho v roku 2011 Charles Lee, bývalý zamestnanec Google, s ambíciou vytvoriť digitálnu menu, ktorá by bola doplnkom k Bitcoinu, zameriavajúc sa na drobné platby. Litecoin vyniká efektívnejším ťažobným procesom a rýchlejšími transakciami. Každý blok sa generuje za dve a pol minúty oproti desiatim minútam u Bitcoinu. Celkový počet jednotiek Litecoinu je 84 miliónov. [13] *Litecoin je navrhnutý tak, aby bol plne decentralizovaný. Kód Litecoinu je verejne dostupný a založený na princípe kódu Bitcoinu. Samotný proces ťažby funguje na podobnom princípe ako pri Bitcoine.* [2]



Obrázok 16 Vývoj ceny Litecoin od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [27]

2 ENVIROMENTÁLNY DOPAD ŤAŽBY KRYPTOMIEN

To, že kryptomeny majú viditeľný vplyv na životné prostredie nemožno poprieť. Nemali by sme ale všetky kryptomeny zahŕňať do jednej kategórie, najmä pokiaľ ide o ich environmentálny dopad. Rôzne kryptomeny využívajú rôzne technologické prístupy, ktoré majú odlišné dôsledky na životné prostredie. Najväčší podiel záťaže na životné prostredie majú ťažobné kryptomeny a to predovšetkým tie, ktoré sú založené na protokole PoW, v ktorého čele vedie Bitcoin. V tejto kapitole si postupne rozoberieme rýchli rast spotreby energie, zvýšenie globálnej teploty a množstvo vytvoreného elektronického odpadu vplyvom ťažobného systému. Odhaduje sa, že celková uhlíková stopa kryptomien prekonala mnohé veľké priemyselné krajiny.

Keďže kryptomeny ako produkt finančného trhu sa neustále vyvíjajú, je čoraz istejšie, že na vyriešenie niektorých podstatných nadchádzajúcich problémov s ohľadom na spotrebu energie a technologickú kapacitu budú potrebné inovatívne riešenia. Kľúčovým aspektom je vhodné umiestnenie ťažobných zariadení, pričom treba brať do úvahy dostupné zdroje energie, environmentálne normy a možnosti využitia obnoviteľných zdrojov energie. Je dôležité si uvedomiť, že hodnotenie energetickej náročnosti kryptomien môže byť často subjektívne, najmä pri porovnávaní s energetickými nárokmi existujúceho bankového systému, ktorý zahŕňa prevádzku bankových pobočiek, dátových centier a ďalšej infraštruktúry. Porovnanie kryptomien a bankového systému nájdete na konci tejto kapitoly.

2.1 Bitcoin a životné prostredie

Hoci je Bitcoin virtuálnou menou, a na prvý pohľad sa môže zdať, že nepredstavuje významné environmentálne riziko, no opak je pravdou a dôsledky jeho ťaženia na životné prostredie sú skutočné. Spotreba energie potrebnej na ťažbu Bitcoinov je obrovská. Už mnoho environmentalistov vyjadrilo svoju obavu o energetickú spotrebu pri ťažbe kryptomien, ktorá môže viesť ku klimatickým zmenám. Tieto obavy sa týkajú hlavne vzniku emisií CO₂ ale aj vzniku veľkého množstva technologického odpadu. Ide predovšetkým o technológiu hardvér využívajúcu sa na ťaženie Bitcoinov a počítačový softvér, ktoré už nepostačujú zvyšujúcim sa nárokom na ťažbu. Tieto technológie sú vyvinuté za účelom získavania kryptomien riešením rôznych algoritmov a okrem tejto činnosti nemajú iné využitie.

Táto skutočnosť sa predovšetkým týka špecifických integrovaných obvodov ASIC, ktoré sú určené výhradne na ťažbu Bitcoinov. Tieto špecializované kusy počítačového

hardvéru na rozdiel od iných sa nedajú opätovne použiť. Ich priemerná doba zastarávania je 1,5 roka. To zapríčiňuje, že každý rok ťažba Bitcoinov vytvorí 8 až 12 tisíc ton elektronického odpadu. [6]

2.1.1 Energetická náročnosť ťažby Bitcoinu

Aj napriek vysokej spotrebe energie je o ťažbu kryptomien obrovský záujem. Ťažiar sa viac zaoberajú veľkosťou ziskov, ktoré sa dajú získať, než energetickou efektívnosťou. S rastúcim dopytom sa zvyšujú aj energetické požiadavky tohto odvetvia. S každým vypočítaným blokom narastá obtiažnosť výpočtu nasledujúceho bloku. Tento vývoj vedie k tomu, že ťažba Bitcoinov je časom menej efektívna, pretože sieť potrebuje viac počítačového výkonu a energie na spracovanie rovnakého množstva transakcií.

Štúdia vykonaná americkou globálnou bankou Citigroup Inc. hovorí, že pokračujúci nárast spotreby elektrickej energie nevyhnutnej pre prevádzku Bitcoinovej siete a realizáciu transakcií by mohol v konečnom dôsledku viesť k zrúteniu celého Bitcoinového systému. Avšak s najväčšou pravdepodobnosťou do roku 2028 bude vytváraných už 98,44 % všetkých Bitcoinov, čo poukazuje na to, že debata o energetických nárokoch spojených s ťažbou Bitcoinu zostane relevantná len do tohto obdobia. [6]

Spolu existujú 3 samostatné činnosti spojené s Bitcoinom, ktoré vyžadujú energiu:

- Výroba zariadení určených na ťažbu: Obrovské množstvo energie je spotrebované ešte predtým než vôbec ťažiar začne používať svoje zariadenie, napríklad ASIC miner na získanie svojho prvého Bitcoinu. Čipy v ASIC minery sú z časti tvorené meďou a inými nerastmi, kde už len pri ich ťažbe a výrobe sa spotrebúva veľké množstvo energie. Treba brať v úvahu aj energiu na prepravu daného zariadenia k ťažiarovi. [4]
- Ťažba Bitcoinov: Bitcoin používa konsenzusný algoritmus PoW, ktorý vyžaduje od ťažiarov vykonávanie komplexných matematických výpočtov, známych ako hashovanie. Tieto výpočty vyžadujú výpočtový výkon, a teda aj spotrebu elektrickej energie. Ťažiar používa špecializované hardvérové zariadenia (ASIC minery), ktoré sú navrhnuté špecificky pre proces ťažby Bitcoinov.
- Chladenie: Počas chodu výpočtových zariadení na ťažbu kryptomien sa elektrická energia mení na teplo. Na to aby nedošlo k prehriatiu počítača je nutné dostatočné

chladenie, v opačnom prípade môže dôjsť k jeho poškodeniu. Čím viac zariadení ťažiar vlastní tým aj rastú jeho náklady na chladenie. [4]

Nástroje na odhad spotreby elektriny Bitcoinovou sieťou:

- Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI), vyvinutý nedávno Univerzitou v Cambridge
- Bitcoin Energy Consumption Index (BECI) realizovaný Digiconomist.

Spotreba energie vplyvom ťažby bitcoinu v číslach:

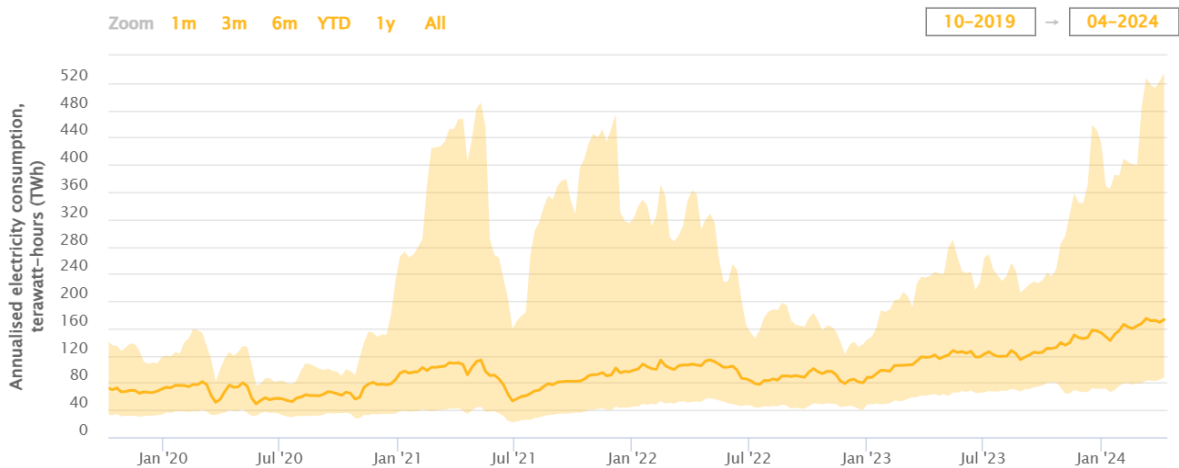
V roku 2020 bola spotreba energie Bitcoinovej siete približne 120 gigawattov (GW) za sekundu, čo je v prepočte 63 terawatthodín (TWh) ročne. [28]

Podľa štatistík v roku 2021 od spoločnosti Slushpool (prvého ťažobného poolu na svete) aktívne ťaží BTC približne 147 500 ťažiarov. Za predpokladu, že ťažobné činnosti sa vykonávajú na plný úväzok, 1 deň ťažby BTC ~ 147 500 baníkmi sa takmer rovná 563 328,77 kWh/deň a 205 615 000,00 kWh/rok spotreby elektrickej energie. Jedna transakcia BTC zahŕňa 1955,06 kWh elektrickej energie. [7]

V čase písania tejto práce (2024) podľa CBECI sa ročná spotreba energie pohybuje okolo 174,48 TWh čo činí vyše 100% nárast oproti roku 2020. Na nasledujúcom obrázku je grafické znázornenie pohyblivosti spotreby energie Bitcoinu. [29]

Historical annualised electricity consumption

Select an area by dragging across the lower chart



Obrázok 17 Grafické znázornenie pohyblivosti spotreby energie Bitcoinu [29]

Na grafe vidíme ročnú spotrebu elektrickej energie vyjadrenú v terawatthodinách (TWh) na časovej osi od januára 2020 do apríla 2024. Graf zobrazuje hornú a dolnú hranicu odhadovanej ročnej spotreby energie Bitcoinu a taktiež ich priemernú hodnotu. Horná hranica predstavuje maximálny odhad spotreby, kde vidíme vysoké špičky v spotrebe, napríklad v roku 2021 a začiatkom roka 2024. Dolná hranica predstavuje minimálny odhad spotreby.

2.1.2 Uhlíková stopa Bitcoinu

Energia využívajúca sa na chod ťažobných softvérov pochádza predovšetkým z uholných elektrární. Spaľovaním týchto fosílnych palív dochádza k uvoľňovaniu skleníkového plynu oxidu uhličitého CO_2 do ovzdušia, ktorý významne prispieva ku globálnemu otepľovaniu. Zároveň sa pri spaľovaní uvoľňujú aj iné látky ako sú oxid siričitý a oxidy dusíka, ktoré sú zodpovedné za vznik kyslých dažďov.

Odhaduje sa, že celková ročná uhlíková stopa BTC je vo výške 93,80 MtCO₂ a dá porovnať s uhlíkovou stopou Nigérie. Jedna transakcia BTC zahŕňa 928,65 kgCO₂ uhlíkovej stopy a 273,70 g elektronického odpadu. Spoločnosť CoinMarketCap uvádza viac ako 14 812 rôznych kryptomien v obeh, takže emisie CO₂ emitované pri ťažbe kryptomien a transakciách môžu byť omnoho vyššie. (odhad z 25. novembra 2021) [7]

Podľa štúdie Mora a spol. v roku 2018, by emisie z ťažby Bitcoinov mohli v priebehu 22 rokov spôsobiť zvýšenie globálnej teploty o 2°C. Predpoklady tejto štúdie však vychádzajú z toho, že zdroje energie zostanú konštantné a nezmenia sa. Preto existuje priestor na znižovanie environmentálneho dopadu ťažby Bitcoinov a je dôležité hľadať cesty, ako minimalizovať uhlíkovú stopu kryptomien. [30]

V roku 2022 je ťažba Bitcoinov zodpovedná za 114,06 metrických ton CO₂ ročne, čo je hodnota porovnateľná s uhlíkovou stopou Českej republiky. [31]

2.1.3 Krajiny s najväčšou produkciou Bitcoinov

Ťažiar sa sústredia na krajiny s nízkymi nákladmi na spotrebu energie. Keď ťažobné operácie v určitej oblasti začnú vyžadovať obrovské množstvá energie, môže dôjsť k poklesu exportu nadbytočnej energie, čo následne spôsobí prudký nárast cien elektriny. Prekročenie kapacity lokálnych energetických zariadení môže vyvolať zlyhanie infraštruktúry elektrickej siete a viesť k bezpečnostným problémom. Hrozí riziko požiaru z dôvodu preťaženia elektrickej siete, ktoré ohrozuje nielen priestory využívané ťažiarimi, ale aj

okolité budovy. Distribučné siete sú navrhnuté na spotrebu energie pre domácnosť a nie pre vysoko výkonné výpočtové zariadenia. [6]

- Čína – v Číne sa ťažilo zhruba 60-65% Bitcoinov z celkovej produkcie čím si zasluhuje prvé miesto v tomto rebríčku. Najznámejšie spoločnosti na ťažbu Bitcoinov v Číne sú F2Pool, AntPool, BTCC a BW.[30] V tejto krajine je veľmi lacná cena elektrickej energie čo môže pre mnohých ťažiarov pôsobiť atraktívne. Táto krajina je bohatá na obnoviteľné zdroje, ako je vodná energia, ktorá sa podieľala na približne 15% výroby energie pre Bitcoinovú sieť. [31]

V roku 2021 Čína uzákonila kompletný zákaz kryptomien, ktorý zahŕňa všetky aktivity súvisiace s kryptomenami. Táto reštrikcia spôsobila v tom období až 20% pokles hodnoty Bitcoinu. Hlavným motívom tohto zákazu bola snaha vlády Číny kontrolovať tok kapitálu a predchádzať manipuláciám trhu, ktoré by mohli narušiť finančnú stabilitu v krajine. Ako druhým dôvodom boli obavy z vysokej spotreby energie potrebnej k ťažobným operáciám. Následkom tohto zákazu došlo k zatvoreniu mnohých ťažobných spoločností. [32] *Ťažiar z Číny tak boli nútení presunúť sa do krajín ako USA a Kazachstan. Priemer generovaného CO₂ v roku 2020 bol 478,27 gCO₂/kWh a v auguste 2021 bol zaznamenaný nárast až na 557,76 gCO₂/kWh. Tento nárast je pravdepodobne spôsobený využívaním výlučne fosílnych palív na výrobu elektriny. Keďže sa v súčasnosti viac spoliehajú na USA a Kazachstan pri Bitcoinových operáciách, ktoré využívajú hlavne elektrinu na báze uhlia alebo plynu, nie je prekvapujúce, že generovaný CO₂ sa výrazne zvýšil.* [31]

- Česká republika: Je domovom Slush Pool, ktorý v súčasnosti ťaží asi 11% všetkých blokov. Slush pool patrí medzi najobľúbenejšie a najlepšie ťažobné bazény aj napriek tomu, že nepatrí medzi najväčšie. [30] Slush pool je prvým ťažobným bazénom, ktorý vznikol v roku 2010. S nápadom prišiel český programátor Marek Palatinus. [4]
- Rusko: predstavuje 10% medzinárodnej ťažby. [30]
- Island: tvorí 2% ťažby kryptomien. Veľkým pozitívom je, že Island čerpá elektrickú energiu z obnoviteľných zdrojov energie a to konkrétne z vodných a geotermálnych elektrární, ktoré nezanechávajú uhlíkovú stopu. [30]
- Gruzínsko: predstavuje približne 2% ťažby Bitcoinov a je domovom spoločnosti známej ako BitFury. [30]

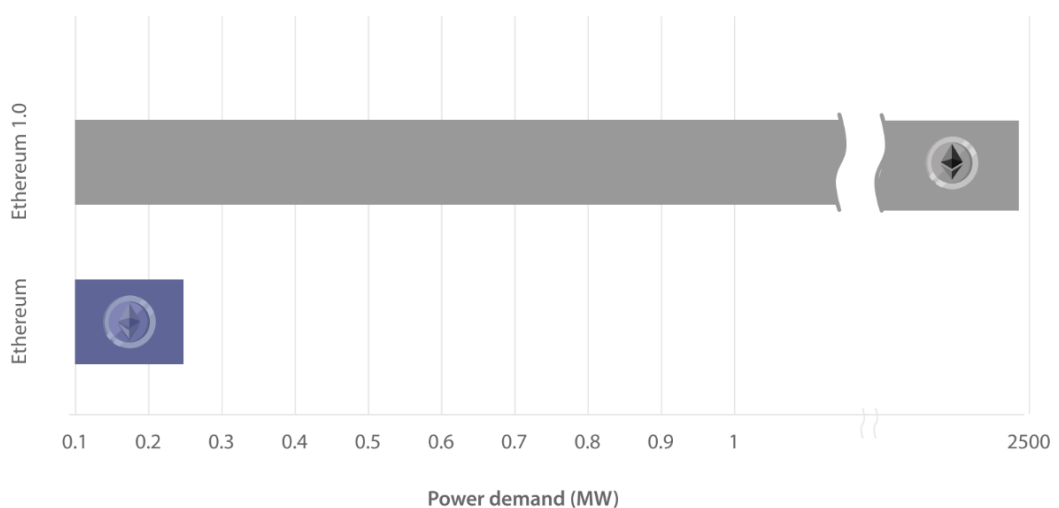
2.2 Kryptomeny založené na PoS a životné prostredie

K dispozícii sú rôzne kryptomeny a niektoré z nich spotrebujú menej energie ako iné. To hlavné, čo spôsobuje environmentálnu neudržateľnosť digitálnych mien je proces ich ťažby, takže kryptomien založených na algoritme PoW. Jednou z týchto kryptomien bolo aj veľmi úspešné Ethereum. Avšak v roku 2022 Ethereum prešlo na využívanie algoritmu PoS, ktorý kladie oveľa nižšiu náročnosť na spotrebu elektrickej energie, čo ho robí environmentálne udržateľnejším. *MIT Technology Review* vybral PoS ako jeden z 10 najdôležitejších technologických objavov roku 2022. [33]

Ako sa zmenila výška spotrebovanej energie Etherea prechodom z PoW na PoS? :

V roku 2021 bola odhadovaná ročná celková uhlíková stopa Etherea vo výške 43,56 MtCO₂ porovnateľná s uhlíkovou stopou Hongkongu a ročná celková spotreba elektrickej energie 91,7 TWh porovnateľná so spotrebou elektrickej energie Filipín. Jedna transakcia ETH zahŕňala 194,16 kWh elektrickej energie a 92,23 kgCO₂ uhlíkovej stopy podobne ako priemerná spotreba elektrickej energie v americkej domácnosti počas 6,56 dní a 204 414 transakcií VISA. [7] Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) uvádza, že prechod Etherea z PoW na PoS v roku 2022 mal značné dôsledky na spotrebu elektrickej energie v sieti, ktorá sa znížila o 99,99%. V čase písania tejto práce sa ročná spotreba Etherea pohybuje okolo 5,37 GWh ročne a priemerná uhlíková stopa činí 1,93 KtCO₂. [34]

The impact of The Merge on Ethereum's power demand



Obrázok 18 Grafické znázornenie zníženia elektrickej spotreby Etherea z PoW na PoS [34]

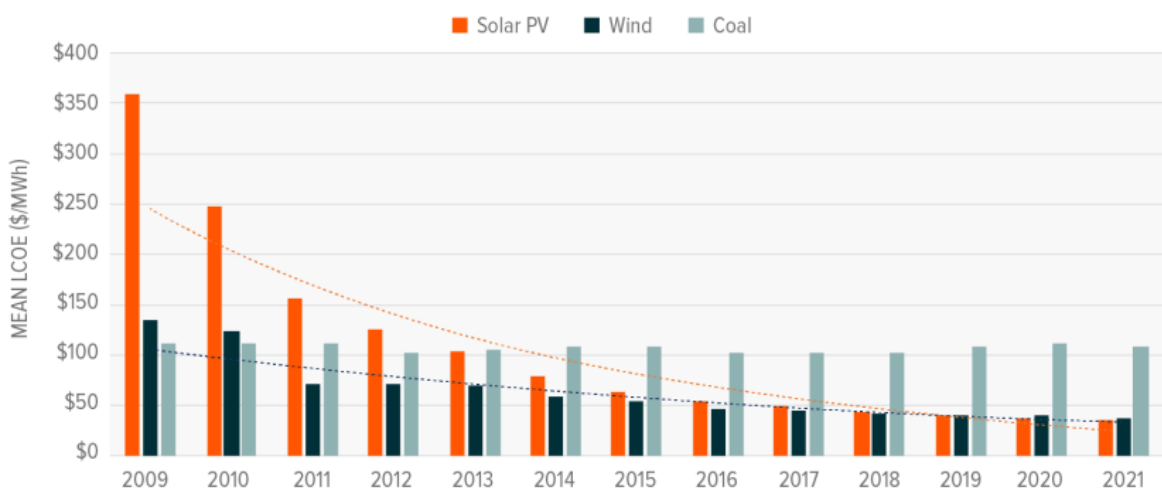
Cardano a Hedera sú tiež hlavné verejné blockchainya, ktoré používajú PoS ako svoj konsenzuálny algoritmus. Cardano uvádzal spotrebu elektriny 1,6 GWh/rok (stav k júlu 2022). Kryptomena Hedera ročne spotrebuje 0,0741 GWh elektrickej energie a jej spotreba za jednu transakciu je 0,00017 kWh, čo je zlomok spotreby oproti VISA . [33]

2.3 Ako znížiť vplyv kryptomien na životné prostredie?

- Presun zdroja elektriny ťažobného stroja na obnoviteľnú energiu
- Migrácia na konsenzuálne algoritmy, ktoré spotrebúvajú menej elektriny

2.3.1 Prijatie obnoviteľnej energie

Jedným z riešení zníženia environmentálnej záťaže spojenej s ťažbou je využitie elektriny získanej z obnoviteľných zdrojov. Obnoviteľná energia je energia získaná z nefosílnych zdrojov ako je slnečná, vodná a veterná energia. Podľa odborníkov z Oxfordskej univerzity je čím ďalej tým viac energia získavaná z obnoviteľných zdrojov ekonomicky výhodná a v niektorých prípadoch dokonca aj výhodnejšia ako elektrická energia generovaná z fosílnych palív. Medzinárodná agentúra pre obnoviteľnú energiu (International Renewable Energy Agency - IRENA) vo svojej správe poznamenala, že takmer dve tretiny zdrojov obnoviteľnej energie, sú menej nákladné ako najlacnejšie dostupné varianty uhoľnej energie. Tento pokles cien elektriny z obnoviteľných zdrojov ilustruje nasledujúci graf. [35]



Obrázok 19 Porovnanie cien energie získanej obnoviteľných zdrojov a uhlia [35]

CCAF (Cambridge Center for Alternative Finance) uviedla, že v roku 2019 pochádzalo 39% celkovej spotreby elektrickej energie verejných blockchainov využívajúcich PoW z obnoviteľných zdrojov energie. [14] V roku 2020 táto hodnota stúpla na 42%. Nasledujúci rok v auguste 2021 následkom nariadeného zákazu všetkej činnosti spojenej s kryptomenami v Číne bol zaznamenaný pokles v používaní obnoviteľnej energie zo 42% na 25%. Najnovšie údaje od Bitcoin Mining Councilu z roku 2022 uvádzajú podiel obnoviteľnej energie na ťažbe na úrovni 59,5 %. Je vysoko pravdepodobné, že s klesajúcimi cenami obnoviteľnej energie sa ťažiarci budú viac orientovať práve na tieto zdroje s cieľom minimalizovať náklady a maximalizovať zisk. [35]

Udržateľné krajiny vhodné pre ťažbu kryptomien:

Krajina	Najudržateľnejšia krajina pre index ťažby kryptomien	Krajina	Najmenej udržateľná krajina pre index ťažby kryptomien
Dánsko	87,0	Bolívia	9,3
Nemecko	82,3	Surinam	9,4
Švédsko	78,3	Líbya	10,0
Južná Kórea	77,2	Venezuela	10,2
Švajčiarsko	77,0	Kuba	11,4
Fínsko	76,8	Belize	15,3
Japonsko	76,5	Barbados	15,7
Rakúsko	73,0	Bahamy	16,5
Spojene kralovstvo	73,0	Taiwan	17,2
Izrael	72,3	Kapverdy	18,3
Česká republika	71,7	Lichtenštajnsko	22,2
Portugalsko	71,1	Pakistan	28,5
Írsko	71,0	Sudán	30,3
Holandsko	70,9	Nigéria	31,2
Francúzsko	70,7	Iraku	31,5

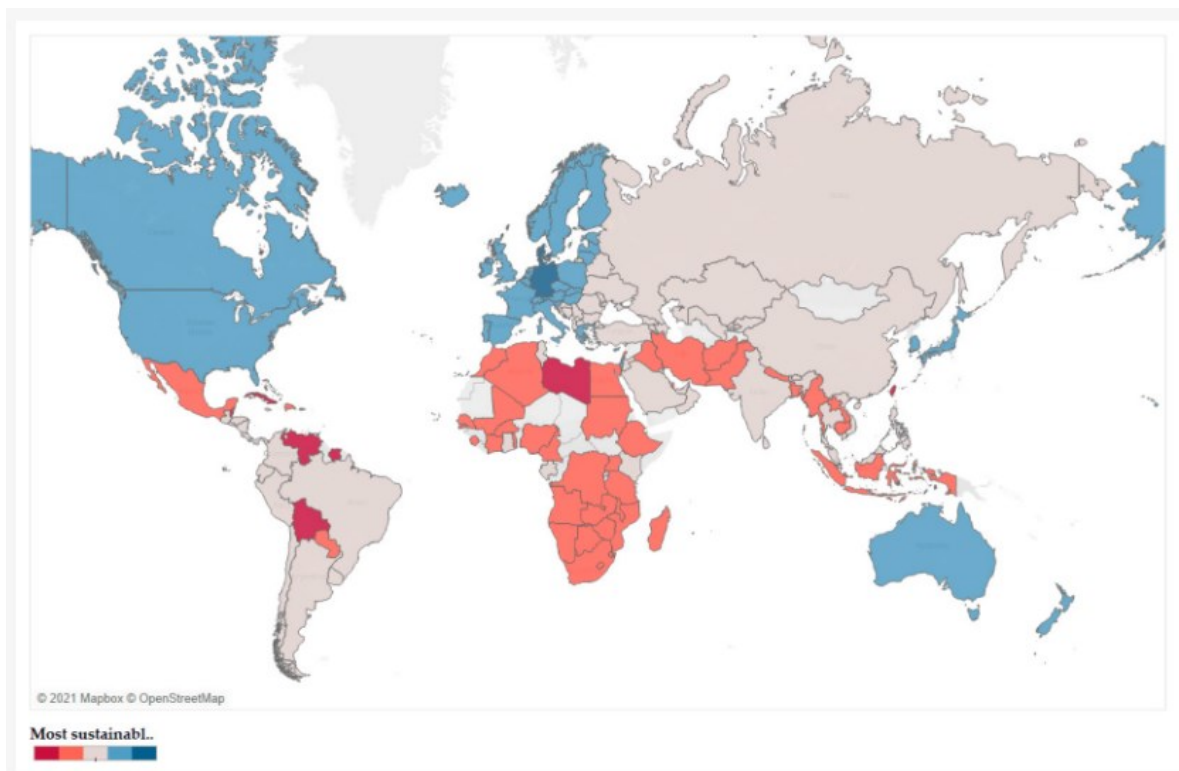
Obrázok 20 Najviac a najmenej udržateľné krajiny pre index ťažby kryptomien [36]

Na obrázku je tabuľka rozdelená na dve hlavné časti, ktoré porovnávajú krajiny podľa indexu udržateľnosti ťažby kryptomien. Na ľavej strane tabuľky sú uvedené krajiny s najvyšším indexom udržateľnosti, pričom na čele je Dánsko s hodnotou 87,0. Za ním nasledujú Nemecko, Švédsko, Južná Kórea a Švajčiarsko, ktoré majú hodnoty indexu od 82,3 po 77,0. Zoznam pokračuje s krajinami ako Fínsko, Japonsko, Rakúsko, Spojené kráľovstvo, Izrael, Česká republika, Portugalsko, Írsko, Holandsko a Francúzsko.

Na pravej strane tabuľky sú krajiny s najnižším indexom udržateľnosti ťažby kryptomien, kde Bolívia je na poslednom mieste s hodnotou indexu iba 9,3. Okrem Bolívie

sú v zozname Surinam, Líbya a Venezuela s hodnotami tesne nad 10. Ďalej nasledujú krajiny ako Kuba, Belize a Barbados, s hodnotami indexu od 11,4 do 15,7. V druhej polovici tohto zoznamu sú krajiny ako Bahamy, Taiwan, Kapverdy, Lichtenštajnsko, Pakistan, Sudán, Nigéria a Irak.

Táto tabuľka poskytuje prehľad o udržateľnosti ťažby kryptomien v rôznych krajinách, pričom hodnoty indexu odrážajú faktory ako je podiel obnoviteľnej energie používanej na ťažbu, prístup ku čistej energii, regulácie v oblasti ťažby a celkovú politiku krajiny smerom k udržateľnosti. Väčšina krajín, ktoré sú považované za najvhodnejšie na environmentálne udržateľnú ťažbu kryptomien, sú umiestnené v Európe a ďalšie dve krajiny sú lokalizované v Ázii (Južná Kórea a Japonsko). Tieto štáty sa vyznačujú pokrokom v oblasti výroby ekologickej energie, liberalizovaným legislatívnym prostredím a investíciami do výskumu, technologického pokroku a ľudského kapitálu. Zatiaľ čo krajiny s nižšími hodnotami indexu sa viac spoliehajú na fosílnu palivá a majú s najväčšou pravdepodobnosťou menej informácií týkajúcich sa environmentálneho dopadu ťažby kryptomien.



Obrázok 21 Mapa najudržateľnejších krajín pre ťažbu kryptomien [36]

Oba regióny, európsky aj ázijský, ukazujú paralely v geografickej polohe, keďže väčšina týchto krajín sa nachádza na severnej pologuli, špecificky vo vyšších zemepisných šírkach severnej pologule. Okrem geografickej polohy majú tieto krajiny spoločný ekonomický úspech, odzrkadlený vysokým alebo veľmi vysokým HDP (Hrubý domáci produkt) a HDP na obyvateľa. [36]

Využitie odpadového uhlia, odpadového tepla, geotermálnej a nadbytočnej energie:

- Využitie odpadového uhlia: *Stronghold Digital Mining, spoločnosť zaoberajúca sa ťažbou kryptoaktív so sídlom v Pensylvánii v USA, ťaží Bitcoinu pomocou elektriny vyrobenej z odpadového uhlia, ktoré zostalo po ťažbe. Odpadové uhoľné elektrárne spoločnosti majú výrobnú kapacitu 165 MW. Počas druhého štvrťroka 2022 spoločnosť vyťažila približne 637 BTC a odstránila približne 241 000 ton uhoľného odpadu. Spoločnosť tiež prispieva k riešeniu problémov znečistenia vôd, ovzdušia a požiarov spôsobených skladovaním uhlia. [33]*
- Využitie odpadového tepla: *Odpadové teplo generované pri ťažbe kryptomien je často prehliadaný vedľajší produkt, ktorý však môže významne prispieť k efektívnosti a udržateľnosti ťažby. Pri správnom využití tohto tepla možno čiastočne alebo úplne kompenzovať náklady na elektrinu potrebnú na ťažbu, čo vedie k zvýšeniu ziskovosti. Teplo generované ťažobnými zariadeniami sa dá využiť na vykurovanie obytných a komerčných priestorov alebo ako súčasť rôznych výrobných procesov, napríklad v potravinárskom priemysle. Príkladom je spoločnosť MintGreen v Kanade, ktorá využíva teplo z ťažby a zlepšuje výrobné procesy, ako je výroba soli alebo whisky. V Holandsku prebieha projekt od GreenMine, kde sa teplo z ASIC minerov využíva na ohrev skleníkov. Francúzsky startup WiseMining dokonca vyvinul bojler, ktorý využíva odpadové teplo z ASIC minerov na ohrev vody, čím sa znižujú náklady na ohrev vody v budovách. [35]*
- Geotermálna energia: *El Salvador je aktívnym výrobcom geotermálnej energie s inštalovanou kapacitou geotermálnej energie 204 MW v roku 2020. Národná geotermálna elektráreň začala ťažiť Bitcoin v októbri 2021. V novembri 2021 vláda El Salvadoru oznámila iniciatívu „Bitcoin City“, špeciálnu zónu pre podniky súvisiace s kryptomenami, aby prilákala ťažobné a krypto-súvisiace spoločnosti. [33]*

- Nadbytočná energia: Využívanie prebytkov elektrickej energie na ťažbu Bitcoinov je jedným zo spôsobov, ako môžu ťažiarci znižovať environmentálny dopad svojej činnosti. Tento prístup môže pomôcť nielen znížiť uhlíkovú stopu ťažby Bitcoinov, ale aj efektívne využiť energiu, ktorá by inak bola premrhaná. Prebytok elektrickej energie môže vzniknúť z rôznych príčin. Napríklad, obnoviteľné zdroje energie ako veterné turbíny alebo solárne panely môžu vo veľmi veterných alebo slnečných dňoch vyrábať viac energie, než je potrebné.

2.3.2 Prechod z Proof of Work na Proof of Stake

Prechod z PoW na PoS nie je jednoduchý a existuje niekoľko dôvodov, prečo nie každá kryptomena využíva PoS:

- Historický kontext: Bitcoin, prvá úspešná a najznámejšia kryptomena, využíva PoW, ktorý bol považovaný za overený a bezpečný spôsob ochrany siete. Mnoho ďalších kryptomien nasledovalo tento prístup, pretože technológia bola už dobre pochopená a osvedčená v praxi.
- Bezpečnostné obavy: PoW poskytuje vysokú mieru bezpečnosti vďaka svojej náročnosti na výpočtovú silu, čo sťažuje útoky typu 51% (keď jedna skupina získa kontrolu nad viac ako 50% ťažobnej sily siete. Pri tomto type útoku by útočník mohol potvrdzovať neplatné transakcie alebo blokovat' platné transakcie ostatných používateľov). Hoci PoS ponúka riešenia pre mnohé bezpečnostné problémy, stále existujú väčšie obavy týkajúce sa nových typov útokov a slabiny spojené so zneužitím vkladového systému.
- Technická a ekonomická náročnosť: Zmena konsenzuálneho mechanizmu v existujúcej sieti môže byť komplikovaná a riskantná.
- Preferencie komunity a vývojárov: Výber medzi PoW a PoS závisí od cieľov a preferencií komunity a vývojárov. Každá kryptomena si vyberá mechanizmus, ktorý najlepšie zodpovedá jej potrebám. S rastúcim dôrazom na udržateľnosť a energetickú efektívnosť sa však mnohé nové projekty rozhodujú pre PoS alebo iné energeticky efektívnejšie alternatívy.

2.3.3 Hnutia na zriadenie environmentálnej udržateľnosti kryptomien

Poznáme tieto hnutia zamerané na minimalizáciu environmentálneho dopadu verejných blockchainov:

- *The Crypto Climate Accord (CCA): bola spustená v apríli 2021, jej cieľom je dosiahnuť nulové emisie skleníkových plynov v celom krypto priemysle do roku 2040. CCA vedú tri neziskové spoločnosti: Rocky Mountain Institute, Energy Web Foundation a Alliance for Innovative Regulation. Prvé dve sú neziskovky zamerané na udržateľnosť a prechod na nízkouhlíkovú stopu. Alliance for Innovative Regulation je zároveň medzinárodnou skupinou, ktorá bojuje za implementáciu spravodlivých finančných systémov. CCA si stanovila dva predbežné ciele[33]:*

1) Vývoj štandardov, nástrojov a technológií potrebných na prijatie blockchainu, ktorý beží na 100 % obnoviteľnej energii do Konferencie OSN o zmene klímy v roku 2025. [33]

2) Do roku 2030 znížiť emisie skleníkových plynov zo spotreby elektriny členskými spoločnosťami na čistú nulu. [33]

- *Rada pre ťažbu Bitcoinov (BMC-Bitcoin Mining Council): bola založená americkou softvérovou spoločnosťou MicroStrategy v júni 2021. BMC zlepšuje transparentnosť spotreby energie v operáciách spojené s ťažbou Bitcoinov zdieľaním údajov o spotrebe elektriny a plánoch pre obnoviteľnú energiu použiteľ pri ťažbe. [33]*

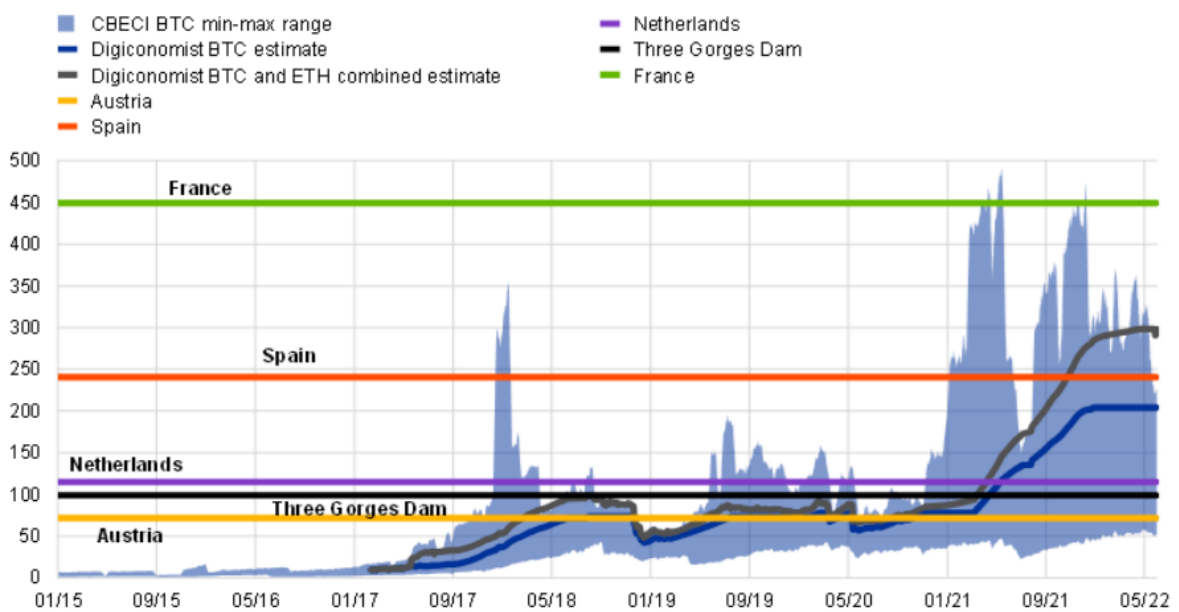
2.4 Bankové systémy a zlato vs. kryptomeny

Z faktov, ktoré boli doteraz spomínané v tejto práci sa môže zdať, že kryptomeny majú naozaj veľký a predovšetkým negatívny vplyv na životné prostredie, a že najvhodnejším riešením je ich obmedzenie prípadne úplne zakázanie. Avšak čo tradičný bankový systém a ťažba a spotreba zlata? Na reálne posúdenie dopadu ťažby kryptomien na životné prostredie musíme vziať do úvahy aj tieto systémy, ktoré si rozoberieme v nasledujúcich podkapitolách. Pri porovnávaní systému využívajúceho Bitcoin s bankovým systémom však treba brať do úvahy skutočnosť, že ponúkané služby nie sú totožné, a že na rozdiel od hmotných peňazí potrebuje Bitcoin na použitie moderné technológie (internetové pripojenie, smartfón, laptop atď). Hoci v súčasnosti Bitcoin nie je v pozícii nahradzovať tradičný finančný systém a pravdepodobne sa tak nestane ani v nasledujúcich desaťročiach, jeho cena

a vývoj od vzniku naznačujú, že môže slúžiť ako uchovávateľ hodnoty s niektorými podobnými vlastnosťami aké má aj zlato.

Nasledujúci graf zobrazujúci energetickú náročnosť kryptomien by mohol vyvolať obavy u laickej verejnosti. V diskusii o spotrebe elektrickej energie pri ťažbe kryptomien je dôležité zvážiť názory podporovateľov aj kritikov. Zástancovia kryptomien často zdôrazňujú, že veľká časť energie využívanej na ťažbu, najmä Bitcoinu, pochádza z obnoviteľných zdrojov a argumentujú, že ťažba kryptomien prispieva k rozvoju a financovaniu zelenej energie. Na druhej strane Európska centrálna banka sa vo svojich správach vyjadruje k týmto tvrdeniam skepticky: „ Ak kryptoaktíva založené na dôkaze práce PoW prejdú na obnoviteľné zdroje energie, môžu obmedziť ich iné využitie, čím ohrozia ciele environmentálnej udržateľnosti krajín. Využívanie existujúcich zdrojov obnoviteľnej energie na ťažbu Bitcoinov všeobecne znamená, že menej obnoviteľnej energie môže byť využité na iné účely, ako je napríklad dodávanie elektriny do domácností, a tiež na pokrytie potrebného klimatického prechodu.“ [32]

(1 Jan. 2015-31 May 2022; terawatt hours)

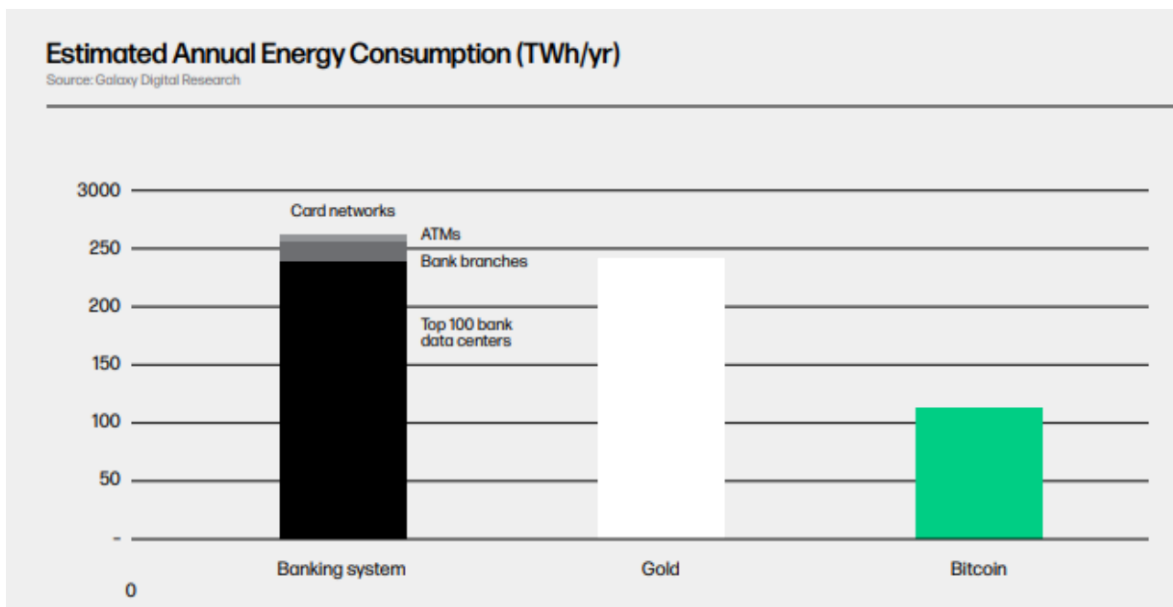


Obrázok 22 Graf energetickej náročnosti kryptomien [32]

Centrálne banky a finančné inštitúcie pravidelne vyradujú a ničia opotrebované bankovky, čo je štandardná prax zabezpečujúca, aby boli bankovky v obehu čisté a funkčné. Tento proces vyradenia a ničenia starých bankoviek, spolu s výrobou nových mincí a bankoviek, predstavuje dodatočné náklady pre bankový systém. Navyše, existujú ďalšie

prevádzkové výdavky, ako je údržba bankomatov a platy pre veľký počet zamestnancov, ako aj environmentálne náklady spojené s používaním papiera a toneru v tlačiarňach.

Na druhej strane, systémy založené na blockchainovej technológii, eliminujú mnohé z týchto nákladov. Nevyžadujú fyzické tlačenie peňazí, prevádzku bankomatov, ani pracovnú silu na ich spravovanie. Blockchainové technológie umožňujú transakcie a udržiavanie účtovníctva v digitálnej forme, čo znamená, že jedinými nákladmi sú výdavky na elektrinu a hardvér potrebný na prevádzku a udržiavanie siete. Tým sa znižuje množstvo fyzického odpadu a súčasne sa optimalizujú prevádzkové procesy.



Obrázok 23 Porovnanie ročnej spotreby elektrickej energie bankového systému, zlata a Bitcoinu [35]

Tabuľka 1 Porovnanie nákladov, spotrebovanej el. energie a vyprodukovaného CO₂ v roku 2021 [6]

Ťažba a recyklácia zlata	hrubé ročné náklady v CZK 3 387 miliárd
	spotrebovaná el. energia v MWh: 139 miliónov
	ton vyprodukovaného CO ₂ 58 miliónov
Papierová mena a razba	hrubé ročné náklady v CZK 654 miliárd
	spotrebovaná el. energia v MWh 11 milióna
	ton vyprodukovaného CO ₂ 6,7 milióna
Bankový systém	hrubé ročné náklady v CZK 43 681 miliárd
	spotrebovaná el. energia v MWh 650 miliónov
	ton vyprodukovaného CO ₂ 390 miliónov
Ťažba Bitcoinov	hrubé ročné náklady v CZK 8,76 miliárd
	spotrebovaná el. energia v MWh 1,103 miliónov
	ton vyprodukovaného CO ₂ 0,66 miliónov

Podľa údajov z tabuľky má ťažba Bitcoinov najnižšie ročné hrubé náklady 8,76 miliárd CZK, v porovnaní s ťažbou a recykláciou zlata (3 387 miliárd CZK) a bankovým systémom (43 681 miliárd CZK). Čo sa týka spotreby elektrickej energie, ťažba Bitcoinov tiež vykazuje nižšiu spotrebu, s 1,103 milióna MWh, v porovnaní so 650 miliónmi MWh bankového systému a 139 miliónmi MWh pri ťažbe zlata. Pokiaľ ide o výrobu CO₂, ťažba Bitcoinov opäť vedie s najnižším množstvom – 0,66 milióna ton, oproti bankovému systému s 390 miliónmi ton a ťažbe zlata s 58 miliónmi ton. Na základe týchto špecifických údajov by sa dalo tvrdiť, že z hľadiska nákladov, spotreby elektrickej energie a produkcie CO₂ je ťažba Bitcoinov najekologickejšou možnosťou z predložených alternatív.

Podľa výskumu od Morica a jeho tímu, do roku 2070 môže prijatie blockchain technológie prispieť k udržaniu nárastu teploty na Zemi len o 0,3 °C - 0,5 °C nad úrovňami z predindustriálneho obdobia. Taskinsoy vo svojej štúdii tvrdí, že eliminácia papierových peňazí a ich nahradenie kryptomenami by mohla zabrániť výrubu približne miliardy stromov, ktoré by namiesto toho pokračovali v pohlcovaní CO₂, čo by mohlo mať za následok zníženie otepľovania o 0,1 °C - 0,2 °C. [6]

ZÁVER

Dopad kryptomien na životné prostredie súvisí s ich užitočnosťou pre spoločnosť, ktorá je ťažko merateľná kvôli neustále sa meniacim okolnostiam. Najväčší dopad na životné prostredie majú ťažobné kryptomeny a na ich čele vedie Bitcoin. Ako Bitcoin získava na popularite, spotreba energie potrebnej na jeho ťažbu sa zvyšuje v dôsledku väčšieho dopytu. Bitcoin, podobne ako mnoho iných kryptomien fungujúcich na princípe PoW, je známy svojou vysokou energetickou náročnosťou. Veľká časť tejto energie momentálne pochádza z neobnoviteľných zdrojov, najmä uhlia. Napriek tomu, existuje mnoho zástancov Bitcoinu, ktorí argumentujú v prospech postupného prechodu na obnoviteľné zdroje energie ako metódu na zníženie uhlíkovej stopy a zvýšenie environmentálnej udržateľnosti.

Pokrok v oblasti kryptomien by nemal ísť na úkor životného prostredia. Preto by mali byť ťažiarci podporovaní v hľadaní nových, inovatívnych metód ťažby a prevádzkovania kryptomien, ktoré majú nízku uhlíkovú stopu. Príkladom takých kryptomien sú tie, ktoré využívajú algoritmus PoS. Tieto inovácie prinášajú nádej na zodpovednejšie a udržateľnejšie využívanie kryptomien a smerujú k tomu, aby sa stali udržateľnou súčasťou finančného sektoru.

V práci som rozobrala aj porovnanie ťažby Bitcoinov s tradičným finančným systémom a ťažbou zlata. Z údajov je zrejmé, že ťažba Bitcoinov, v porovnaní s ostatnými vymenovanými, predstavuje ekologickejšiu alternatívu. S najnižšími celkovými nákladmi, energetickým vstupom a najmenej produkovaným oxidom uhličitým, sa Bitcoin javí ako energeticky efektívnejšia možnosť. Tieto poznatky môžu napomôcť k formovaniu budúcich diskusií o energetickej udržateľnosti kryptomien a môžu ovplyvniť regulácie aj investorov smerom k podpore udržateľnejšej ťažby v kryptomenovom priemysle.

Prijatím obnoviteľných zdrojov a zmena papierových peňazí na digitálne meny by mala dopad nielen na finančný sektor, ale aj na životné prostredie. Prijatie blockchainovej technológie by mohlo mať pozitívny vplyv k obmedzeniu globálneho otepľovania. Podľa predpovedí by jej implementácia mohla zmierniť rast teploty nad predindustriálne úrovne, pričom včasné prijatie môže mať ešte výraznejší účinok na stabilizáciu klímy.

Nedostatočné pochopenie environmentálnych dôsledkov kryptomien môže mať za následok nielen zhoršenie životného prostredia, ale tiež môže odradiť od rozvoja ďalších digitálnych mien s nižšími dopadmi na životné prostredie. Je preto dôležité, aby spoločnosť, venovala väčšiu pozornosť otázkam týkajúcim sa udržateľnosti kryptomien.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] KAUSHAL, Puneet Kumar; BAGGA, Amandeep a SOBTI, Rajeev. Evolution of bitcoin and security risk in bitcoin wallets. Online. In: 2017 International Conference on Computer, Communications and Electronics (Comptelix). IEEE, 2017, s. 172-177. ISBN 978-1-5090-4708-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/COMPTELIX.2017.8003959>. [cit. 2024-04-21].
- [2] BRAVENEC, Štěpán Bravenec. Adopce kryptoměn v obchodování z pohledu českých a mezinárodních firem. Online, Bakalárska práca, vedoucí doc. Ing. Lubomír Cívín, CSc., MBA., Praha: AMBIS vysoká škola, a.s., 2022. Dostupné z: https://is.ambis.cz/th/ghche/Plny_text_prace.pdf. [cit. 2024-03-04].
- [3] BARAC, Sven; BOTIČKI, Ivica; PERKOVIĆ, Gabrijela; RADOŠEVIĆ, Vjekoslav a TERZIĆ, Ivan. Cardano - What Is It and How to Start Working with It. Online. In: 2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO). IEEE, 2023, s. 1727-1732. ISBN 978-953-233-104-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159944>. [cit. 2024-04-21].
- [4] LADOMERSKÁ, BC. EVA LADOMERSKÁ. DIGITÁLNÍ MĚNY: ANALÝZA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI TĚŽBY BITCOINŮ. Online, Diplomová práca, vedoucí ING. JÚLIUS BEMŠ, PH.D. Praha: ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, 2016. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64772/F3-DP-2016-Ladomerska-Eva-digitalni_meny_analzya_energeticke_narocnosti_tezby_bitcoinu.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [cit. 2024-03-04].
- [5] NÉMOVÁ, Miloslava. Blíži sa halving bitcoinu. Jeho cena by mala stúpnuť, ale všetko môže byť aj inak. Online. FinReport. 2024, roč. 2024, s. 1. Dostupné z: <https://www.finreport.sk/fintech/blizi-sa-halving-bitcoinu-jeho-cena-by-mala-stupnut-ale-vsetko-moze-byt-aj-inak/>. [cit. 2024-04-13].
- [6] BADEA, Liana a MUNGIU-PUPAZAN, Mariana Claudia. The Economic and Environmental Impact of Bitcoin. Online. IEEE Access. 2021, roč. 9, s. 48091-48104. ISSN 2169-3536. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068636>. [cit. 2024-04-21].

- [7] ERDOGAN, Sinan; AHMED, Maruf Yakubu a SARKODIE, Samuel Asumadu. Analyzing asymmetric effects of cryptocurrency demand on environmental sustainability. Online. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022, roč. 29, č. 21, s. 31723-31733. ISSN 0944-1344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17998-y>. [cit. 2024-04-21].
- [8] Bitcoin Design. (n.d.). *Visual language*. Dostupné z: <https://bitcoin.design/guide/gettingstarted/visual-language/> [cit. 2024-04-21].
- [9] Bitcoin price today, BTC to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/?period=7d> [cit. 2024-04-21].
- [10] Chohan, Usman W., História bitcoinu (5. februára 2022). Dostupné na SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3047875> alebo <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3047875https://ripple.com/xrp/> [cit. 2024-04-14].
- [11] Monero (XMR) logo .SVG and .PNG files download. (n.d.). Crypto Logos. Dostupné z: <https://cryptologos.cc/monero> [cit. 2024-04-14].
- [12] LI, Yannan; YANG, Guomin; SUSILO, Willy; YU, Yong; AU, Man Ho et al. Traceable Monero: Anonymous Cryptocurrency with Enhanced Accountability. Online. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*. 2021, roč. 18, č. 2, s. 679-691. ISSN 1545-5971. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/TDSC.2019.2910058>. [cit. 2024-04-21].
- [13] TOMANOVÁ, Kateřina Tomanová. Blockchain a jeho možná využití se zaměřením na knihovny. Online, Bakalárska práca, vedoucí PhDr. Pavla Kovářová, Ph.D. Brno: Masarykova univerzita, 2019. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/llar0/Tomanova-Katerina_Bakalarska-prace.pdf. [cit. 2024-03-08].
- [14] Monero price today, XMR to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/monero/> [cit. 2024-04-14].
- [15] Ethereum (ETH) logo .SVG and .PNG files download. (n.d.). Crypto Logos. Dostupné z: <https://cryptologos.cc/ethereum> [cit. 2024-04-14].

- [16] SUKMANA, Rini Nuraini; SANTOSO, Fernanda Dewa Ndaru; SUHARSONO, Teguh Nurhadi; GUNAWAN; LALUMA, Riffa Haviani et al. The Effect of Ethereum's Proof of Stake Update on Ethereum Price Using the Long Short-Term Memory Method. Online. In: 2023 17th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA). IEEE, 2023, s. 1-6. ISBN 979-8-3503-0916-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/TSSA59948.2023.10367037>. [cit. 2024-04-21].
- [17] Ethereum price today, ETH to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/ethereum/> [cit. 2024-04-14].
- [18] Dogecoin (DOGE) logo .SVG and .PNG files download. (n.d.). Crypto Logos. Dostupné z: <https://cryptologos.cc/dogecoin> [cit. 2024-04-14].
- [19] SRIDHAR, Sashank a SANAGAVARAPU, Sowmya. Multi-Head Self-Attention Transformer for Dogecoin Price Prediction. Online. In: 2021 14th International Conference on Human System Interaction (HSI). IEEE, 2021, s. 1-6. ISBN 978-1-6654-4112-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/HSI52170.2021.9538640>. [cit. 2024-04-21].
- [20] VASISHTH, Sneha; SHARMA, Sudhir Kumar; NAYYAR, Ashish Kumar a VIJAYAKUAMAR, K. Impact of Elon Musk's tweets on the price of Dogecoin using Sentiment Analysis. Online. In: 2023 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI). IEEE, 2023, s. 1-8. ISBN 979-8-3503-1590-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ACCAI58221.2023.10199593>. [cit. 2024-04-21].
- [21] Dogecoin price today, DOGE to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/dogecoin/> [cit. 2024-04-14].
- [22] Cardano (ADA) logo .SVG and .PNG files download. (n.d.). Crypto Logos. Dostupné z: <https://cryptologos.cc/cardano> [cit. 2024-04-14].
- [23] Cardano price today, ADA to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/cardano/> [cit. 2024-04-14].

- [24] XRP (XRP) logo .SVG and .PNG files download. (n.d.). Crypto Logos. Dostupné z: <https://cryptologos.cc/xrp/> [cit. 2024-04-14].
- [25] XRP price today, XRP to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/xrp/> [cit. 2024-04-14].
- [26] Litecoin (LTC) logo .SVG and .PNG files download. (n.d.). Crypto Logos. Dostupné z: <https://cryptologos.cc/litecoin/> [cit. 2024-04-14].
- [27] Litecoin price today, LTC to USD live price, marketcap and chart | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/litecoin/> [cit. 2024-04-14].
- [28] MOHSIN, Kamshad. Cryptocurrency and Its Impact on Environment. Online. International Journal of Cryptocurrency Research. 2021, roč. 1, č. 1, s. 1-4. ISSN 2790-1386. Dostupné z: <https://doi.org/10.51483/IJCCR.1.1.2021.1-4>. [cit. 2024-04-21].
- [29] Cambridge Blockchain Network Sustainability Index: CBECI. (n.d.). Dostupné z: <https://ccaf.io/cbnsi/cbeci> [cit. 2024-04-21].
- [30] 2. Corbet, S., & Yarovaya, L. (2020). The environmental effects of cryptocurrencies. Cryptocurrency and Blockchain Technology, 1, 149. Dostupné z: https://doras.dcu.ie/25036/1/B11__SC_LY_BOOK_CHAPTER_Environmental_effects_of_Cryptocurrencies%5B1%5D.pdf [cit. 2024-04-04].
- [31] LIANG, Yingqi; SANER, Can Berk; KWANG LIM, Bryan Min; HONG, Kai Tseng; CHONG LIM, Jeffrey Wei et al. Sustainable Energy-based Cryptocurrency Mining. Online. In: 2022 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia). IEEE, 2022, s. 789-793. ISBN 979-8-3503-9966-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ISGTAsia54193.2022.10003517>. [cit. 2024-04-21].
- [32] VACULÍN, Michal. Virtuální měna a právo EU. Online, Diplomová práce, vedoucí prof. JUDr. PhDr. Michal Tomášek, DrSc. Praha: UNIVERZITA KARLOVA, 2023. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/188160/120468071.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [cit. 2024-04-04].

- [33] KANEKO, Yusuke. Electricity Consumption and Environmental Impact Reduction Measures in Public Blockchain. Online. In: 2022 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS). IEEE, 2022, s. 1-6. ISBN 978-1-6654-8410-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ISTAS55053.2022.10227105>. [cit. 2024-04-21].
- [34] *Cambridge Blockchain Network Sustainability Index: Ethereum merge.* (n.d.). Dostupné z: https://ccaf.io/cbnsi/ethereum/ethereum_merge [cit. 2024-04-21].
- [35] Těžba kryptoměn a její energetická udržitelnost. Online, Bakalářská práce, vedoucí doc.Ing. Radek Matušů,Ph.D. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2023. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/53664/trne%20c4%20dka_2023_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [cit. 2024-04-07].
- [36] NÁÑEZ ALONSO, Sergio Luis; JORGE-VÁZQUEZ, Javier; ECHARTE FERNÁNDEZ, Miguel Ángel a REIER FORRADELLAS, Ricardo Francisco. Cryptocurrency Mining from an Economic and Environmental Perspective. Analysis of the Most and Least Sustainable Countries. Online. *Energies*. 2021, roč. 14, č. 14. ISSN 1996-1073. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/en14144254>. [cit. 2024-04-21].
- [37] AvalonMiner 1246. Online. In: Asic Miner Value. Dostupné z: <https://www.asicminervalue.com/miners/canaan/avalonminer-1246>. [cit. 2024-04-25].
- [38] Antminer S9 (14.). Online. In: Asic Miner Value. Dostupné z: <https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-s9-14th>. [cit. 2024-04-25].
- [39] Antminer S19 Pro (110Th). Online. In: Asic Miner Value. Dostupné z: <https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-s19-pro-110th>. [cit. 2024-04-25].
- [40] The Top 5 Largest Mining Operations in the World. Online. In: HAMILTON, David. Coin Central. 2018. Dostupné z: <https://coincentral.com/the-top-5-largest-mining-operations-in-the-world/>. [cit. 2024-04-25].

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

PoW – (proof of work) dôkaz o práci

PoS – (proof of stake) dôkaz hodnoty

ASIC – (Application Specific Integrated Circuits) zákaznický integrovaný obvod

CPU – (central processing unit) Centrální procesorová jednotka

GPU – (graphics processing unit) Jednotka grafického spracovania

FPGA – (Field Programmable Gate Array) Programovateľné hradlové pole

SHA-256 – (Secure Hash Algorithm 256-bit) kryptografická hashovacia funkcia

BTC – Bitcoin

XMR - Monero

ETH – Ethereum

DOGE – Dogecoin

ADA – Cardano

IOHK - Input Output Hong Kong

LTC – Litecoin

CBECI – (Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index) Cambridge Bitcoin index spotreby elektriny

BECI – (Bitcoin Energy Consumption Index) Index spotreby energie bitcoinov

MIT – (Massachusetts Institute of Technology) Massachusettský technologický inštitút

IRENA – (International Renewable Energy Agency) Medzinárodná agentúra pre obnoviteľnú energiu

CCAF – (Cambridge Center for Alternative Finance) Cambridge centrum pre alternatívne financie

HDP – hrubý domáci produkt

CCA - The Crypto Climate Accord

BMC - (Bitcoin Mining Council) Rada pre ťažbu Bitcoinov

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obrázok 1 Princíp spracovania transakcií</i>	14
<i>Obrázok 2 Výpočet približného hash rate [4]</i>	17
<i>Obrázok 3 Logo Bitcoin [8]</i>	19
<i>Obrázok 4 Vývoj ceny (v CZK) Bitcoinu od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [9]</i>	19
<i>Obrázok 5 Logo Monero [11]</i>	20
<i>Obrázok 6 Vývoj ceny Monera od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024)[14]</i> .	20
<i>Obrázok 7 Logo Ethereum [15]</i>	21
<i>Obrázok 8 Vývoj ceny Ethereum od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024)[17]</i>	21
<i>Obrázok 9 Logo Dogecoin [18]</i>	22
<i>Obrázok 10 Vývoj ceny Doge od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [21]</i> ..	22
<i>Obrázok 11 Logo Cardano [22]</i>	23
<i>Obrázok 12 Vývoj ceny Cardana od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [23]</i>	23
<i>Obrázok 13 Logo XRP [24]</i>	24
<i>Obrázok 14 Vývoj ceny XRP od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024)[25]</i>	24
<i>Obrázok 15 Logo Litecoin [26]</i>	25
<i>Obrázok 16 Vývoj ceny Litecoin od vzniku po súčasnosť (platné k dátumu 11.3.2024) [27]</i>	25
<i>Obrázok 17 Grafické znázornenie pohyblivosti spotreby energie Bitcoinu [29]</i>	28
<i>Obrázok 18 Grafické znázornenie zníženia elektrickej spotreby Etherea z PoW na PoS [34]</i>	31
<i>Obrázok 19 Porovnanie cien energie získanej obnoviteľných zdrojov a uhlia [35]</i>	32
<i>Obrázok 20 Najviac a najmenej udržateľné krajiny pre index ťažby kryptomien [36]</i>	33
<i>Obrázok 21 Mapa najudržateľnejších krajín pre ťažbu kryptomien [36]</i>	34
<i>Obrázok 22 Graf energetickej náročnosti kryptomien [32]</i>	38
<i>Obrázok 23 Porovnanie ročnej spotreby elektrickej energie bankového systému, zlata a Bitcoinu [35]</i>	39
<i>Obrázok 24 Model AvalonMiner 1246 s maximálnym hash rate 90Th/s pri spotrebe energie 3420W. Váha tohto zariadenia je 12,8kg. [37]</i>	52
<i>Obrázok 25 Model Bitmain Antminer S9 (14Th) s maximálnym hash rate 14Th/s pri spotrebe 1372W. Váha tohto zariadenia je 4,2kg. Je to jeden z najpoužívanejších a najznámejších modelov.[38]</i>	52
<i>Obrázok 26 Model Bitmain Antminer S19 Pro (110Th) s maximálnym hash rate 110Th/s pri spotrebe 3250W. Váha tohto zariadenia je 13,2kg. Je jedným z najvýkonnejších na trhu. [39]</i>	53

<i>Obrázok 27 BitFury v Gruzínsku [40]</i>	54
<i>Obrázok 28 Giga Watt – vo Washingtone [40]</i>	55
<i>Obrázok 29 Bitmain Ordos v Mongolsku [40]</i>	56

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tabuľka 1 Porovnanie nákladov, spotrebovanej el. energie a vyprodukovaného CO₂ v roku 2021 [6]</i>	<i>40</i>
--	-----------

ZOZNAM PRÍLOH

Příloha P I: Příklady ASIC minerov

Příloha P II: Ťažobné farmy

PRÍLOHA P I: PRÍKLADY ASIC MINEROV



Obrázok 24 Model AvalonMiner 1246 s maximálnym hash rate 90Th/s pri spotrebe energie 3420W. Váha tohto zariadenia je 12,8kg. [37]



Obrázok 25 Model Bitmain Antminer S9 (14Th) s maximálnym hash rate 14Th/s pri spotrebe 1372W. Váha tohto zariadenia je 4,2kg. Je to jeden z najpoužívanejších a najznámejších modelov.[38]



Obrázok 26 Model Bitmain Antminer S19 Pro (110Th) s maximálnym hash rate 110Th/s pri spotrebe 3250W. Váha tohto zariadenia je 13,2kg. Je jedným z najvýkonnejších na trhu. [39]

PRÍLOHA P II: ŤAŽOBNÉ FARMY

Kvôli utajenosti a extrémne vysokej hodnote vybavenia na ťažbu kryptomien, nie sú známe všetky miesta kde sa nachádzajú ťažobné farmy. Je možné, že sa nejaká nachádza aj vo vašom blízkom okolí a nemusíte o tom vôbec vedieť.

Niet pochýb, že ako hodnota kryptomien bude naďalej rásť, budú sa rozširovať aj ťažobné farmy. Tento vývoj zvýši už tak prudkú konkurenciu v sektore a ťažbu kryptomien ešte viac finančne a environmentálne zaťaží. Na nasledujúcich obrázkoch môžete vidieť tri z najznámejších a neutajených fariem:



Obrázok 27 BitFury v Gruzínsku [40]

Ťažobné zariadenie BitFury v Gruzínsku využíva miestne chladné podnebie na efektívne chladenie ťažobných systémov a znižuje tým prevádzkové náklady. Zaujímavosťou je, že vláda Gruzínska podporuje Bitfury vo svojej komunite a podnikla tak pomocné kroky na rozširovanie ich operácií. Na oplátku Bitfury nedávno zaviedla systém blockchainu pre evidenciu vlastníctva nehnuteľností pre gruzínsku vládu. Táto úzka spolupráca by mohla v budúcnosti prispieť k lepšiemu vývoju trhu s kryptomenami. [40]



Obrázok 28 Giga Watt – vo Washingtone [40]

Giga Watt je ťažobná spoločnosť založená na technológii blockchain, ktorá bola založená v štáte Washington. Je to jedno z najväčších ťažobných zariadení v Severnej Amerike. Spoločnosť založil Dave Carlson, bývalý softvérový inžinier spoločnosti Microsoft, ktorý začal s ťažbou kryptomeny v roku 2010. Ťažobné zariadenie Giga Watt má hash rate iba 30 MW a na ťažbu využíva grafické procesory GPU, ktorých je na farme umiestnených viac ako 1 700. Toto zariadenie využíva lacnú vodnú energiu, ktorá je ľahko dostupná v štáte Washington. [40]



Obrázok 29 Bitmain Ordos v Mongolsku [40]

Ťažobný komplex priemyselného parku Bitmain je najväčší na svete a zahŕňa 25 000 ťažobných strojov, ktoré denne produkujú Bitcoin v hodnote 250 000 dolárov. Denné náklady na elektrinu dosahujú takmer 39 000 dolárov. Tento monumentálny ťažobný komplex neustále zamestnáva 50 ľudí, ktorí dohliadajú na zariadenia a zabezpečujú plynulý chod operácií. [40]

Ak vezmeme v úvahu priemernú hodnotu váhy ASIC minera ktorá činí 7kg a to, že tieto ťažobné zariadenia zastarávajú každého 1,5 roka. Tak po tomto období vznikne priemerne 175 tisíc kilogramov elektronického odpadu produkovaného iba touto ťažobnou farmou. Ak by sme brali v úvahu, že by táto farma využívala momentálne tie najvýkonnejšie ASIC minery (Bitmain Antminer S19 Pro), ktorých váha je 13,2kg, tak táto hodnota by činila 330 tisíc kilogramov elektronického odpadu z ťažobných zariadení.