

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: N0413A050001 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: Specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců

POTENCIÁL VYUŽITÍ TECHNOLOGIE BLOCKCHAIN V LOGISTICE

Diplomová práce

Jiří KREJČÍ

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Malčic, PhD.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Bc. Jiří Krejčí**

Studijní program: Ekonomika a management

Specializace: Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců

Název tématu: **Potenciál využití technologie blockchain v logistice**

Cíl: Cílem práce je identifikovat, analyzovat a vyhodnotit potenciál využití technologie blockchain v logistice.

Rámcový obsah:

1. Provedte rešerši aktuální odborné literatury z oblasti technologie blockchain se zaměřením na možnosti využití v logistice.
2. Provedte průzkum dostupných zdrojů se zaměřením na aktuální využití technologie blockchain v průmyslu a podnikových procesech.
3. Identifikujte a analyzujte potenciál využití technologie blockchain v logistice.
4. Identifikovaný potenciál využití technologie blockchain v logistice vyhodnoťte se zaměřením na silné a slabé stránky, přínosy a rizika.

Rozsah práce: 55 – 65 stran

Seznam odborné literatury:

1. ILKER, M A. a kol. Evaluating the feasibility of blockchain in logistics operations: A decision framework. *Expert Systems with Applications*. 2020. sv. 158, ISSN 0957-4174. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417420303675>
2. CHRISTOPHER, M. *Logistics & supply chain management*. Pearson, 2016. 310 s. ISBN 978-1-292-08379-7.
3. TIJAN, E. a kol. Blockchain Technology Implementation in Logistics. *Sustainability*. 2019. sv. 11, č. 4, s. 1185. ISSN 2071-1050. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/4/1185/htm>

Datum zadání diplomové práce: květen 2021

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2022

L. S.

Elektronicky schváleno dne 9. 9. 2021

Bc. Jiří Krejčí

Autor práce

Elektronicky schváleno dne 9. 9. 2021

Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 10. 9. 2021

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Garant studijní specializace

Elektronicky schváleno dne 10. 9. 2021

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.

Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom, že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Praze dne 10. 5. 2022

Děkuji Ing. Tomášovi Malčicovi, PhD. za odborné vedení závěrečné práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále děkuji své manželce Myrně Krejčí za každodenní podporu, bez které by tato práce nemohla vzniknout, a dále i všem ostatním členům mé rodiny, kteří mě vytrvale podporovali v celém průběhu studia.

Obsah

Úvod	11
1 Technologie blockchain	13
1.1 Pojem blockchain a základní principy	13
1.2 Typy blockchainu.....	14
1.3 Vlastnosti bloků	17
1.4 Konsenzuální protokoly	22
1.5 Chytré kontrakty	26
1.6 Architektura blockchainové databáze.....	28
2 Stávající využití technologie blockchain.....	33
2.1 Finanční sektor	33
2.2 Těžební průmysl	38
2.3 Zemědělství a potravinářství	42
2.4 Lodní doprava	55
3 Potenciál využití blockchainu v logistice	68
3.1 Klíčové vlastnosti BT pro využití v logistice	68
3.2 Vyhodnocení využití BT v logistice – SWOT analýza.....	72
3.3 Potenciál budoucího vývoje BT	83
Závěr	86
Seznam literatury.....	88
Seznam tabulek.....	95

Seznam použitých zkratk a symbolů

P2P	Peer-to-peer
DAO	Decentralized Autonomous Organization
PoW	Důkaz práce (Proof of Work)
PoS	Důkaz hodnoty (Proof of Stake)
DPOs	Delegovaný důkaz hodnoty (Delegated Proof of Stake)
PoA	Důkaz autority (Proof of Authority)
BFT	Algoritmus Tolerance byzantské chyby
BT	Blockchain technology. Technologie blockchain
ESG	Environmental, Social and Governance. Nefinanční vlivy ovlivňující investory
DeFi	Decentralizované financování
IFPRI	International Food Policy Research Institute. Mezinárodní institut pro výzkum potravinové politiky
API	Application programming interface. Rozhraní pro programování aplikací
NFT	Zkratka označuje transparentní doklad o vlastnictví nějaké digitální položky a umožňuje tak jasné a rychlé určení majitele. Využívána pro digitální umělecká díla.
SC	Supply chain. Dodavatelský řetězec
GSC	Global supply chain. Globální dodavatelský řetězec
ASC	Automotive supply chain. Dodavatelský řetězec v automobilovém průmyslu
ASC X12	Accredited Standards Committee X12. Americká asociace pro standardizaci elektronické výměny dat
TEU	Twenty foot unit. Měrná jednotka používaná v lodní přepravě vyjadřující ekvivalent objemu standardního 20stopého (6,096 × 2,438 × 2,591 m s objemem 38,51 m ³) kontejneru.

GTD	Global Trade Digitalization. Joint-venture firem IBM a Maersk
IoT	Internet of Things. Internet věcí.
EBSI	European Blockchain Services Infrastructure. Evropská infrastruktura blockchainových služeb.
EK	Evropská Komise.
EHS	Evropské hospodářské společenství.

Vysvětlení některých pojmů

Blockchain	System decentralizované databáze.
Peer-to-peer	Propojení klient-klient.
Heš	Funkce sloužící k zabezpečení informací.
Informační transakce	Výměna (poskytnutí/poptání) dat.
„zahešování“	Využití heše k zašifrování digitální informace.
Turingovská úplnost	Stroj (počítač), programovací jazyk, úloha nebo abstraktní stroj, který má stejnou výpočetní sílu jako Turingův stroj
Double-spending	Problém utracení jedné peněžní jednotky dvakrát. Vyskytuje se v digitálních platebních systémech.
Token	Fyzické nebo virtuální zařízení, které usnadňuje uživatelům zabezpečených služeb ověření pro přístup a užívání.
Interoperabilita	Schopnost různých systémů vzájemně spolupracovat, poskytovat si služby, dosáhnout vzájemné součinnosti.
Streamer	Termín z oblasti těžby drahých kovů. Nákupčí, který má s těžební společností uzavřenou dohodu na nákup určitého množství drahého kovu za fixní cenu před jeho vytěžením.
No-code	Grafické vývojové prostředí aplikací, které nevyžaduje znalost programovacího jazyka.
Jedna verze pravdy	Source of truth. Spolehlivá informace důvěryhodná pro všechny účastníky dodavatelského řetězce. Pojem z oblasti blockchainové technologie.
Framework	Aplikační rámec. Softwarová struktura, která slouží jako podpora při programování a vývoji a organizaci jiných softwarových projektů.
Hyperledger Fabric	Blockchainový framework vyvinutý nadací hyperledger, založenou nadací The Linux Foundation.

Stakeholder

Zainteresovaná strana.

Joint-venture

Forma spolupráce dvou či více (často právnických) osob, které spolu realizují nějaký projekt na základě smluvního základu.

Úvod

V rámci této práce je zkoumán potenciál využití blockchainové technologie v logistických procesech. Jedná se o inovativní formu databázové struktury, jejíž původ leží v oblasti kryptoměn, ale vyznačuje se vlastnostmi, které jí předurčují k použití v dalších procesech, které vyžadují důvěryhodné sdílení dat napříč účastníky systému.

Tato technologie má svůj původ v kryptoměnách, zejména pak první kryptoměně definovanou v roce 2008 Satoshi Nakamotem – Bitcoin. Idea decentralizované databáze, jejíž bezpečnost a funkčnost je zajištěna kryptologickými nástroji, se postupem času ujala i v jiných oborech a našla další možná využití, než jsou platební systémy.

Pro obor logistiky, který se vyznačuje předáváním zboží v rámci dodavatelského řetězce složeného z mnoha různorodých účastníků, myšlenka decentralizované databáze nabízí dosud technicky neuskutečnitelné možnosti. Jedná se zejména o možnost zápisu informací k jednomu kusu zboží potencionálně všemi účastníky dodavatelského řetězce tak, že tato informace bude v reálném čase dostupná všem ostatním článkům daného řetězce.

Tato práce si dává za cíl komplexním způsobem představit možnosti a potencionální přínosy využití blockchainové technologie v logistických procesech, přičemž bude vycházet z analýzy stávajících aplikovaných řešení. Výstupem pak bude nastínění příležitostí a rizik budoucího rozvoje této technologie v oboru logistiky.

V první části práce je zevrubně popsán princip fungování blockchainu se zaměřením na principy, ze kterých vychází jeho klíčové přednosti před stávajícími řešeními v oblasti správy datáází a dat logistických procesů. Dále jsou zde identifikován druh blockchainové technologie vhodný pro použití v logistických procesech.

V následující části je provedena analýza stávajících nasazení BT v logistických procesech firem v různých průmyslových odvětvích. Analýza je provedena za použití dostupných případových studií a výstupů samotných společností, které tato řešení zprostředkovávají. Autor se zaměřil zejména na v tomto směru průkopnické obory zemědělství, potravinářství a lodní dopravy, které již v současnosti nabízí ucelené a zavedené řešení logistických procesů řešením na bázi technologie blockchain.

V závěrečné části je pak provedena analýza SWOT, v jejímž rámci jsou definovány silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby BT pro nasazení v logistických procesech a je provedena křížová analýza vztahů a návazností mezi uvedenými body.

Technologii blockchain je v oboru logistiky předpovídána zářná budoucnost, neboť nabízí lék na mnoho typických slabých míst dnešních dodavatelských řetězců, která jsou dlouhodobě problematická a byla obzvláště obnažena ve světle krizí v posledních letech. I přesto se tato technologie potýká s komplikacemi ohledně jejího nasazení v praxi, na něž se bude nutné při implementacích zaměřit.

1 Technologie blockchain

V této kapitole bude věnována pozornost základním principům technologie blockchain. Budou zde popsány základní a technické principy.

1.1 Pojem blockchain a základní principy

Blockchain je dle Narayanana a kol. (2016) typem databáze v prostředí informatiky. Jedná se o potencionálně donekonečna rostoucí počet záznamů nazývaných bloky (blocks) propojených pomocí kryptografických nástrojů. Každý z bloků obsahuje kryptografický heš bloku, na který navazuje, čímž tvoří řetězec (chain).

Počátky myšlenky blockchainové databáze jsou spojeny s virtuální postavou Satoshi Nakamota a jeho pojednání Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System vydaného v roce 2008. Toto pojednání obsahovalo myšlenku virtuálních peněz, která dala za vznik kryptoměně Bitcoin. V této práci bude demonstrováno, že využití této technologie se neomezuje pouze na platební styk.

Iansiti a Lakhani (2017) definují 5 základních principů blockchainu.:

1. Princip distribuované databáze

Každá ze stran participujících na daném blockchainu má přístup do celé databáze a zároveň k její kompletní historii. Neexistuje uživatel ani správce, který by data uložená v databázi kontroloval a měl oprávnění provádět v nich změny. Každá ze zúčastněných stran může ověřit transakční data partnerské strany napřímo bez využití prostředníka.

2. Princip P2P komunikace

Dle Iansitiho a Lakhaniho (2017) je v rámci komunikace zúčastněných stran dodržován princip klient-klient, komunikace probíhá pouze napřímo mezi jednotlivými uživateli, a nikoliv s využitím prostředníka (serveru). Každý komunikační uzel shromažďuje a zároveň poskytuje informace všem dalším uzlům.

3. Princip transparentnosti s využitím pseudonymů

Každá informační transakce s odpovídající hodnotou je přístupná všem uživatelům s přístupem do daného BT systému. Drescher (2017) uvádí, že každý uživatel a každý uzel v daném blockchainu disponuje unikátní alfanumerickou adresou

v délce 30 a více znaků, která slouží k jednoznačné identifikaci. Informační transakce se odehrávají vždy mezi 2 takto definovanými adresami. Uživatelé mohou podle Lansitiho a Lakhaniho (2017) dle svého uvážení doplnit k adrese informaci potvrzující jejich skutečnou či pseudoidentitu nebo mohou zůstat zcela anonymní. V tomto systému tak neexistuje autorita vyžadující potvrzení skutečné identity jednotlivých uživatelů daného systému.

4. Princip nepozměnitelnosti záznamů

Důležitým principem zajišťujícím nepozměnitelnost jednotlivých informačních záznamů pomocí logiky blokového řetězce zmiňovaným Lansitim a Lakkhanim (2017) je princip nepozměnitelnosti záznamů. Singhal (2017) dodává, že jakmile jsou záznamy v blockchainovém systému vytvořeny, nemohou být pozmeněny díky datové návaznosti na předchozí záznamy. K ověření faktu, že záznamy jsou:

- permanentní,
- chronologicky seřazené,
- dostupné všem uživatelům blockchainového systému,

jsou dle Lansitiho a Lakhaniho (2017) využívány pokročilé výpočetní algoritmy.

5. Princip počítačové logiky

Díky digitální podstatě blockchainové databáze je inherentní vlastností tohoto systému návaznost na počítačovou logiku, a tudíž může být programován. To dle Singhala (2017) také znamená, že jednotliví uživatelé mohou nastavit pravidla nebo dokonce algoritmy, které umožní automatické spuštění transakcí mezi danými uzly.

1.2 Typy blockchainu

Drescher (2017) určuje 2 obecné druhy členění blockchainu dle aktivního přístupu do databáze, k čemuž Massesi (2018) přidává 2 druhy blockchainu dle pasivního přístupu:

1. Veřejný blockchain

Veřejný blockchain je dle Dreschera (2017) takový typ blockchainového systému, který nevyžaduje povolení k přístupu. To znamená, že se každý potenciální

uživatel může do systému připojit a číst, zapisovat či se jinak podílet na daném blockchainu. Veřejné blockchainya jsou decentralizované, tzn. neexistuje entita se správcovským oprávněním. Bezpečnost je zajištěna principem neměnosti zapsaných a ověřených dat v souladu s principem nepozměnitelnosti záznamů.

Ve smyslu tohoto členění se jedná o takový blockchain, do kterého není omezen přístup uživatelů, kteří mají oprávnění do systému zapisovat informace.

2. Soukromý blockchain

Soukromý (též privátní) blockchain chápe Drescher (2017) jako takovou BT síť, která oproti veřejnému blockchainu disponuje ověřovacím mechanismem. Pro účast na daném blockchainu je potřebné povolení správce, které může být udělené i v omezené podobě, tzn. pouze na vybrané druhy činností v rámci daného blockchainu.

Ve smyslu tohoto členění se jedná o takový blockchain, do kterého je omezen přístup uživatelů, kteří mají oprávnění do systému zapisovat informace.

3. Otevřený blockchain

Otevřeným blockchainem Massesi (2018) rozumí takový systém, ve kterém mají uživatelé s přístupem oprávnění pro čtení obsažených informací.

4. Uzavřený blockchain

Z uzavřený blockchain považuje Massesi (2018) takový systém, ve kterém uživatelé s přístupem do systému nemají oprávnění pro čtení obsažených informací.

1.2.1 Srovnání typů blockchainu

Z popisu výše uvedených typů blockchainu plyne, že každý reálný systém musí splňovat charakteristiky buď veřejného a soukromého a zároveň buď otevřeného nebo uzavřeného blockchainu. V Tabulce 1 jsou uvedeny kombinace druhů blockchainu spolu s možným typem využití.

Tab. 1 Srovnání typů blockchainu a využití v reálných systémech

Otevřené a veřejné	Otevřené a soukromé
<ul style="list-style-type: none"> - Kryptoměny - Sázky - Videohry 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodavatelské řetězce - Státní finanční záznamy - Korporátní účetní uzávěrky
Uzavřené a veřejné	Uzavřené a soukromé
<ul style="list-style-type: none"> - Hlasovací systémy - Výsledky hlasování 	<ul style="list-style-type: none"> - Armádní systémy - Stavebnictví - Policejní a justiční záznamy - Daňové záznamy

Zdroj: (Massesi, 2018)

Otevřené a veřejné blockchainy jsou takové systémy, do kterých mají přístup libovolní uživatelé, přičemž disponují oprávněním prohlížení obsažených informací i zápisu nových bloků. Tento typ blockchainu odpovídá obecné představě o BT databázi a je zastoupen zejména průkopnickými projekty BT databází – kryptoměnami, jako např. Bitcoin. Je využitelný pro všechny systémy, ve kterých se předpokládá aktivní využití ze strany uživatelů a ve kterých zároveň existuje z uživatelské strany poptávka po maximální transparentnosti a stabilitě zajištěné všeobecnou kontrolou.

Otevřené a soukromé blockchainy jsou takové, do kterých mají přístup pouze autorizovaní uživatelé, kteří disponují oprávněním pro prohlížení obsažených informací i pro zápis nových bloků. Tato kombinace je využitelná pro systémy vyžadující aktivní zapojení uživatelů pouze z dané organizace či jejích partnerů. Směrodatné je zejména využití v rámci dodavatelských řetězců, kdy každý článek řetězce zapisuje informaci o předávaném kusu. Každý z členů řetězce tak disponuje kompletním přehledem až k prvnímu článku.

Uzavřené a veřejné blockchainy jsou takové systémy, do kterých mají přístup libovolní uživatelé, přičemž disponují pouze oprávněním prohlížení obsažených informací, a nikoliv oprávněním pro zápis nových informačních bloků. Tyto systémy mohou sloužit pro veřejnou kontrolu transparentních procesů jako jsou např. volby.

Uzavřené a soukromé blockchainy jsou takové systémy, do kterých mají přístup pouze autorizovaní uživatelé, přičemž disponují pouze oprávněním prohlížení obsažených

informací, a nikoliv oprávněním pro zápis nových informačních bloků. Tato kombinace je dle názoru Warkentina a Orgerona (2020) vhodná pro systémy, ve kterých uživatelé z konkrétních institucí provádějí kontrolu dat.

1.3 Vlastnosti bloků

Bloky jsou abstraktní datovou strukturou a základním prvkem BT systémů (Singhal, 2017). V závislosti na typu blockchainu se podoba bloků může lišit. Vlastnosti bloků předurčují vlastnosti celého jejich řetězce a tím celého blockchainového systému. Jako bazální datové prvky tvoří základní stavební kámen celé databáze.

Obecné vlastnosti

Bloky definuje Dresher (2017) jako informační záznamy, jež obsahují várky (batches) informací o platných a ověřených transakcích uskutečněných v rámci BT systému. Tyto informační várky jsou zahešované v rámci hešového stromu (Merkle tree). V tomto kontextu využití to dle Narayanana a kol. (2016) znamená, že každý blok v sobě obsahuje kryptograficky uloženou informaci o všech blocích, na něž je napojen, výsledovatelnou až k prvnímu bloku (ke zdroji). Při vytvoření je nový blok automaticky napojen na poslední vytvořený blok v rámci daného BT systému.

Singhal (2017) zdůrazňuje, že kromě této informace bloky dále obsahují časové razítko a informaci o transakčních datech. Funkce časového razítka je potvrzení skutečnosti, že transakční data existovala v okamžiku vytvoření bloku a mohla tak být zahrnuta do jeho heše. To znamená, že každý nově vytvořený blok v sobě obsahuje spolehlivou informaci o bloku, na který navazuje. Tato informace zaručuje odolnost proti pozměnění neautorizovaným zásahem, neboť takový zásah by vyžadoval změnu všech záznamů v řetězci.

Skladba bloku Bitcoinu

Vhodným příkladem skladby bloku je blok kryptoměny Bitcoin. Jedná se o otevřený a veřejný blockchain. Blok Bitcoinu se skládá z hlavičky a těla. Jednotlivé transakce jsou zaznamenávány v těle a hlavička dle Chuena (2015) obsahuje tyto části:

- Verze (Version)

Informace o verzi software použitého k vygenerování daného bloku.
- Odkaz na předchozí blok (Previous block hash)

Zahešovaná informace o předchozím bloku. V každém dalším bloku je užitá adresa předchozího bloku.
- Zdrojová hešová hodnota (Merkle root)

Zdrojová hešová hodnota daného hešového stromu, přes kterou probíhají transakce. Tato informace zaručuje rychlé zpracování.
- Časové razítko (Timestamp)

Datum a čas vzniku bloku.
- Cílová hodnota (Bits)

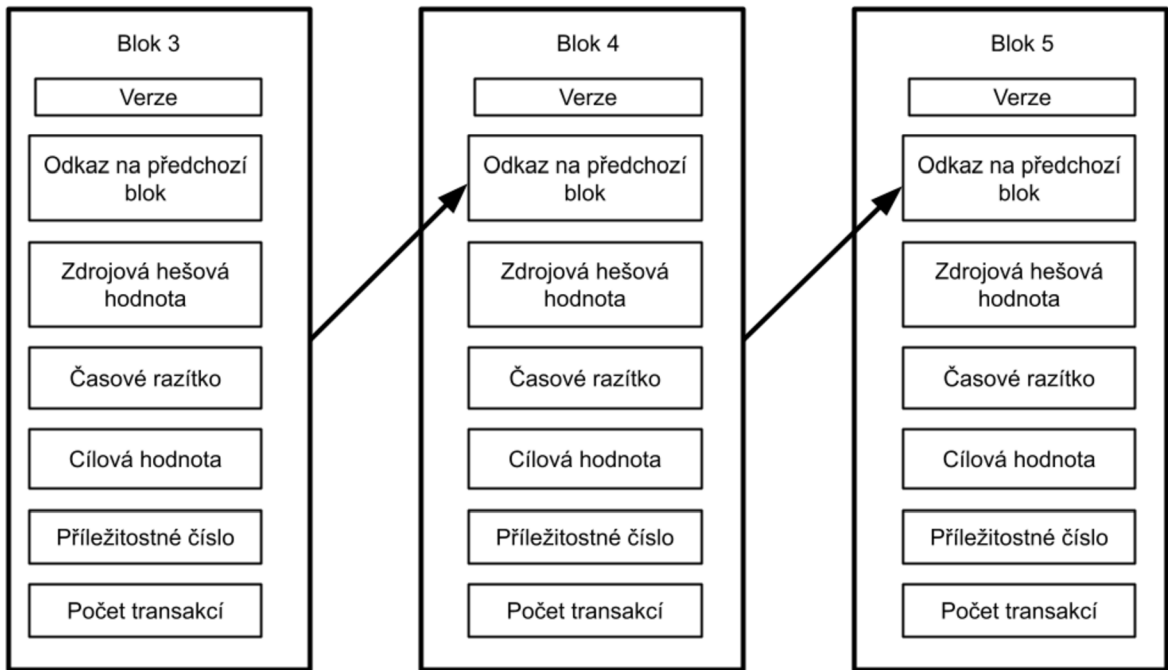
Současná cílová hodnota reprezentující složitost (namáhavost) vytvoření bloku.
- Příležitostné číslo (Nonce)

Náhodné 8bitové číslo sloužící pro vygenerování náhodných hešů. Slouží pro případy, kdy se v procesu těžení nepodaří vytěžit blok.
- Počet transakcí (Transaction count)

Počet transakcí zahrnutých v daném bloku.

Velikost bloku je omezena na 1 MB (8 milionů bitů).

Na Obrázku 1 je zobrazeno schéma vytvoření nových hlaviček bloků Bitcoinu.



Zdroj: vlastní tvorba dle Chuena (2015)

Obr. 1 Schéma vytvoření nového bloku na příkladu Bitcoinu

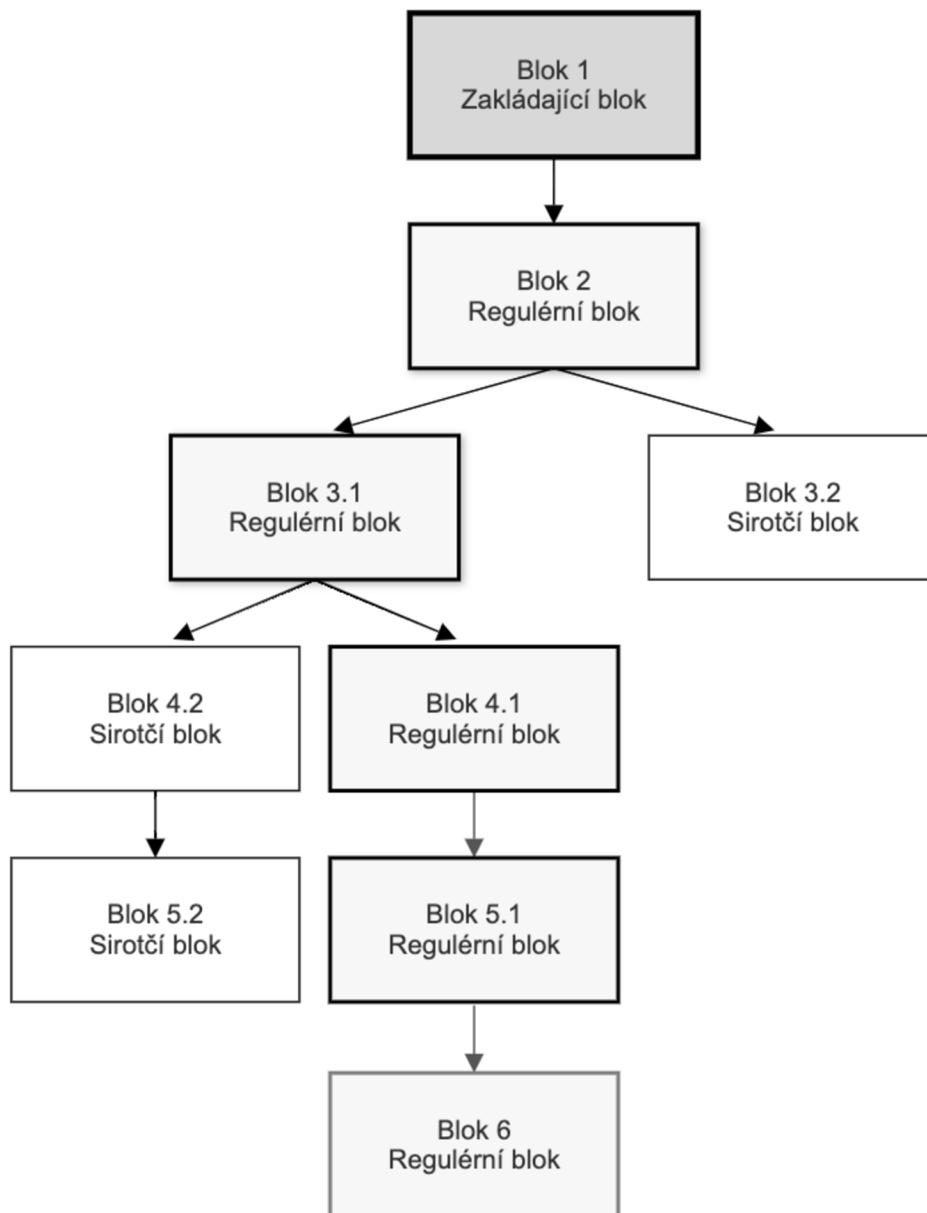
Zakládající blok

Singhla definuje zakládající blok (Genesis block) jako první blok každého blockchainu. Tento blok se vyznačuje tím, že oproti všem dalším vytvořeným blokům neobsahuje informaci o předchozím bloku.

Vidlice a sirotčí bloky

Na Obrázku 2 je znázorněn časově posloupný postup vytváření bloků v BT systému. Tvorba bloků vychází zakládajícího bloku označeného jako Blok 1. K tomuto bloku lze díky ukládané informaci dosledovat původ všech následujících bloků.

Při vytváření bloků 3.1 a 3.2 dochází k situaci nazývané jako vidlice a vytvoření sirotčího bloku 3.2.



Zdroj: Vlastní tvorba dle Banafy (2020)

Obr. 2 Řetězec bloků

Vidlice mohou dle Cromana (2016) nastat při:

- Změně protokolu daného blockchainu.

Změna protokolu může být provedena po domluvě uživatelů daného blockchainu. Tento nástroj se dle Banafy (2020) zpravidla používá

za účelem nápravy katastrofických bugů nebo pro nápravu po hackerském útoku.

- Vytvoření nového bloku 2 uživateli v téměř totožném čase.

Tato situace je řešena přidáváním bloků k jednomu z paralelně vzniklých bloků, čímž je vytvořeno delší vlákno a blok, který nenáleží k delšímu vláknu je opuštěn (stává se z něj sirotčí blok).

Banafa (2020) vidlice dále rozděluje na:

- Měkkou vidlici (Soft fork)

Měkká vidlice je aktualizace softwaru, která zajišťuje zpětnou kompatibilitu se starší verzí. To znamená, že účastníci, kteří neprovedli upgrade na nový software, se budou moci nadále účastnit ověřování a potvrzování transakcí.

Je relativně jednodušší implementovat měkkou vidlici, neboť upgrade software je vyžadován pouze od většiny uživatelů systému. Všichni účastníci, ať už se rozhodli aktualizovat svůj software nebo ne, budou i nadále schopní rozpoznávat nově vytvořené bloky a udržovat kompatibilitu se sítí.

Je však třeba poznamenat, že k jistému ovlivnění funkčnosti uživatele, který upgrade neprovedl, dochází. Příkladem měkké vidlice je pokud nově implementované pravidlo uvádí, že velikost bloku bude snížena oproti stávajícímu 1 MB (1000 kB) na 800 kB.

Uživatelé, kteří neprovedli upgrade budou i nadále schopní pozorovat, že nové příchozí transakce jsou platné. Problém dle Baucherelové (2020) nastane, když se těžaři s neaktuální verzí software pokusí těžit nové bloky. Tyto nově vytěžené bloky budou sítí odmítnuty a vynaložené prostředky na těžbu přijdou vniveč.

Měkké vidlice tedy představují postupný upgradovací mechanismus. Uživatelé, kteří ještě upgrade neprovedli, jsou k provedení aktualizace motivováni rizikem omezení funkčnosti vlastního uzlu.

- Tvrdou vidlici (Hard fork)

Pevné vidlice Banafa (2020) definuje jako aktualizaci softwaru, při níž není zajištěna zpětná kompatibilita se staršími verzemi. Aktualizace

software je vyžadována od všech uživatelů, neboť bez provedení upgrade není možné pokračovat v provozu ověřování a potvrzování nových transakcí. Toto opatření má za následek trvalou divergenci daného blockchainu.

Tvrdou vidlicí vznikají sirotčí bloky, případně sirotčí vlákna. Takto oddělená vlákna ale mohou v případě zájmu dané komunity pokračovat v existenci i nadále a pokračovat v těžbě. Jako příklad lze uvést vznik platformy Ethereum Classic po hackerském napadení původního blockchain kryptoměny Ethereum, kdy byla využita slabina v kódu systému DAO. Tato slabina byla dle Dhillona (2017) odstraněna za použití tvrdé vidlice a uživatelé, kteří nepřešli na vylepšenou verzi software pokračují v těžbě kryptoměny Ethereum Classic. Jako další příklad uvádí Singhal (2017) vytvoření Bitcoin Cash, který oproti původnímu Bitcoinu zvyšuje kapacitu bloku z 1 MB na 2 MB.

1.4 Konsenzuální protokoly

Konsenzuální protokol (také algoritmus) může být definován jako mechanismus pomocí kterého blockchainová síť dosahuje konsenzu. Blockchainy jsou dle Banafy (2020) vytvořeny jako distribuované systémy, a protože jednotlivé uzly nespolehají na centrální autoritu, musí mít schopnost dohodnout se na platnosti transakcí mezi sebou.

Zde vzniká potřeba využití konsenzuálních algoritmů, jejichž úkolem je zajistit, že všechny transakce v BT síti probíhají způsobem důvěryhodným pro všechny její účastníky.

V následujících bodech je uveden seznam vybraných konsenzuálních algoritmů. V závislosti na konkrétní aplikaci a případu použití blockchainu existuje ještě mnoho dalších algoritmů. Potencionálně je možné vytvářet další nové konsenzuální algoritmy.

Důkaz práce (Proof of Work)

Většina kryptoměn, včetně Bitcoinu, funguje na základě důkazu práce. U tohoto konsenzuálního algoritmu Singhal (2017) popisuje následující kroky:

- Uživatelé (dále těžaři) řeší kryptografické hádanky, aby „dolovali“ blok pro přidání do blockchainu.
- Tento proces vyžaduje obrovské množství energie a výpočetní náročnosti.
- Hádanky byly navrženy tak, aby byly složitě řešitelné. Jejich řešení je náročné na výpočetní kapacitu.
- Když těžař vyřeší hádanku, předloží svůj blok blockchainové síti pro ověření.

Dresher (2017) tvrdí, že samotná těžba potom slouží ke dvěma účelům:

1. K ověření oprávněnosti transakcí, případně k zamezení tzv. double-spendingu.
2. K vytvoření nové jednotky digitální měny jako odměny těžařům za provedení úkolu v bodu 1.

Těžař musí najít výsledek začínající určitým počtem nul. Čím větší je tento počet nul, tím obtížnější je pro těžaře najít výsledek a tím více početních operací bude muset provést, než jej najde.

Počet nul (a tedy obtížnost) je dle Dhillona (2017) přizpůsoben počtu těžařů v síti (a jejich počítačové kapacitě neboli hešovacímu výkonu), aby bylo jisté, že nalezení řešení, a tedy vytěžení jednoho bloku, bude trvat v průměru 10 minut.

Jakmile nějaký uzel nalezne výsledek, ostatní členové sítě mohou okamžitě zkontrolovat řešení.

Důkaz hodnoty (Proof of Stake)

Důkaz hodnoty dle Banafy (2020) virtualizuje celý proces těžby a nahrazuje jej těžaři s validátory, přičemž funguje takto:

1. Validátoři uzamknou některé ze svých jednotek odměny jako hodnotu.
2. Poté začnou ověřovat bloky. To znamená, že když se objeví blok, o kterém si myslí, že lze přidat do řetězce, potvrdí tuto domněnku tím, že na něj vsadí.
3. Pokud se blok připojí, pak validátoři dostanou odměnu úměrnou jejich vsazeným hodnotám.

Baucherelová (2017) zdůrazňuje, že narozdíl od důkazu práce, kde algoritmus odměňuje těžaře, kteří řešili matematické problémy s cílem ověřit transakce a vytváření nových bloků, v případě důkazu hodnoty je autor nového bloku vybírán

deterministickým způsobem v závislosti na jeho bohatství, definovaném také jako podíl. Neexistují tedy žádné blokové odměny (odměny za vytvoření bloku).

Dle Singhala (2018) jsou všechny jednotky digitální měny v případě použití důkazu hodnoty vytvořeny na počátku a jejich počet se nikdy nemění. To znamená, že jelikož v systému důkazu hodnoty neexistuje žádná bloková odměna, těžaři inkasují transakční poplatky. Tento typ konsenzuálního protokolu využívá například BT síť Ethereum.

Delegovaný důkaz hodnoty (DPoS)

Delegovaný důkaz hodnoty (dále DPoS) považuje Banafa (2020) za demokratizovanou variantu původního důkazu hodnoty. Stejně jako při důkazu hodnoty držitelé tokenů vkládají své tokeny do tohoto konsenzuálního protokolu.

Namísto pravděpodobnostního algoritmu použitého při důkazu hodnoty jsou držitelé tokenů uvnitř sítě DPoS dle Baucherelové (2020) schopni odevzdat hlasy úměrné jejich podílu. Držitelé tokenů takto jmenují delegáty do panelu svědků – tito svědci dále zabezpečují provoz BT sítě. V DPoS nemusí mít dle Dhillona (2017) delegáti velký podíl, ale jsou motivováni ke snaze vykonávat provoz sítě svědomitě, aby i napříště získali od uživatelů co nejvíce hlasů. DPoS poskytuje dle Baucherelové (2020) lepší škálovatelnost ve srovnání s PoW a PoS, jelikož se zde vyskytují zvolené uzly vyhrazené pouze k provozu daného blockchainu. Tvůrci bloků mohou být hlasováním kdykoliv přidáni nebo odebráni, což zamezuje jejich nečinnosti nebo podvodnému jednání. Banafa (2020) definuje DPoS jako polo-centralizovanou síť, což vnímá jako daň za její škálovatelnost.

Důkaz autority (Proof of Authority)

Systém PoA je v mnohém velmi podobným systému důkazu hodnoty, přičemž Baucherelová (2020) jej zařazuje spolu s DPoS jako jeho poddruh.

Banafa (2020) PoA popisuje jako systém, ve kterém pouze skupina předem vybraných autorit (nazývaných validátoři) zabezpečuje provoz daného blockchainu a je schopna produkovat nové bloky. Nové bloky na blockchainu se vytvářejí pouze tehdy, když validátoři dosáhnou supervětšiny. Identity všech validátorů jsou veřejné a ověřitelné jakoukoli třetí stranou. Validátorova veřejná identita tak plní roli důkazu hodnoty.

Jelikož jsou v sázce identity těchto validátorů, hrozba zničení jejich identity je motivuje k tomu, aby jednali v nejlepším zájmu dané sítě.

Fakt, že jsou validátoři zvolení předem představuje dle Baucherelové (2020) prvek centralizovanosti. To je tomuto systému často vytýkáno. Lze ovšem předpokládat, že tato polocentralizace je vhodná pro použití v soukromých (korporátních) BT sítích. Tento typ konsenzuálního algoritmu využívají relativně centralizovanější BT systémy jako např. Ripple.

Důkaz přiřazení (Proof of Assignment)

Podobně jako u DPoS se při metodě důkazu přiřazením dle Banafy (2020) stanoví několik důvěryhodných uzlů v dané síti, přičemž pouze tyto uzly uchovávají celou databázi. To umožňuje ostatním uživatelům připojit se do dané sítě bez potřeby vlastního prostoru k ukládání dat (úložiště).

Tolerance byzantské chyby (Byzantine Fault Tolerance)

Baset (2018) zastává názor, že BFT je v současnosti nejoblíbenějším konsenzuálním protokolem pro soukromé blockchainové platformy, přičemž je využívána například platformou Hyperledger Fabric.

Pro porozumění byzantskému algoritmu tolerance chyb, je nejprve nutné pochopit modelový problém byzantských generálů¹. Dhillon (2017) popisuje modelovou situaci skupiny byzantských generálů, z nichž je každý v čele jedné armády. Tyto armády dohromady obklíčily hrad a připravují se k útoku.

Aby hrad dobyli, musí zaútočit současně. Pokud se to nepodaří, selžou. Generálové ale vědí, že je mezi nimi alespoň jeden zrádce. Jak tedy zahájí úspěšný útok s alespoň jedním, neznámým, zrádcem ve svém středu? Tuto situaci označujeme jako byzantskou chybu.

1 Alegorii ke spolupráci generálů nucených k útoku na hrad vymyslel Leslie Lamport, který ve svém příkladu použil prve albánské generály. Ke změně na byzantské generály došlo na popud Jacka Goldberga tak, aby příměr nemohl být chápán jako úražka některého dosud existujícího národa (Lamport, 1982, strany 382-401)

Analogie je jasná: V jakémkoli distribuovaném výpočetním prostředí – blockchainu – existuje riziko, že by mohli způsobit tzv. zrádci neplechu. Spoléhaní BT sítě na komunitní konsensus vytváří prostor pro byzantskou chybu a znamená zvláště ožehavý problém pro každý blockchain.

Algoritmus Proof of Work sice dle Banafy (2020) obecně poskytuje řešení pro byzantskou chybu, ale nevýhody tohoto řešení jsou značné. Proto zde vstupuje do hry algoritmus Tolerance byzantské chyby. Ten je dle Dhillona (2017) považován za první praktické řešení k dosažení konsensu, které překoná byzantskou chybu. Konsensuální rozhodnutí je určeno na základě celkových rozhodnutí předložených všemi generály (uzly). Tento algoritmus je schopen řešit problém byzantské chyby bez vynaložení energie požadované důkazem práce, ale může být použit pouze na soukromém blockchainu, protože neumožňuje anonymitu uživatelů.

Důkaz spáleniny (Proof of Burn)

Algoritmus PoB se dle Holbrooka (2020) liší od algoritmu PoW tím, že neplýtvá energií. Skutečný výpočetní výkon tak není rozhodujícím faktorem zajišťujícím důvěryhodnost transakcí. Chtějí-li uzly při použití PoB vytvořit další bloky a získat odměnu, musí “spálit” (zničit) své tokeny. Banafa (2020) tvrdí, že při použití tohoto algoritmu si tak uživatel pokaždé, když se rozhodne zničit část svých tokenů, zpřístupní část virtuálního výpočetního výkonu, který mu dává možnost vytvářet další bloky. Platí tedy, že čím více žetonů spálí, tím vyšší je pravděpodobnost získání odměny.

Ostatní konsenzuální algoritmy

Mezi další konsenzuální algoritmy dle Banafy (2020) patří:

- důkaz uplynulým časem (Proof of Elapsed Time),
- důkaz aktivity (Proof of Activity),
- důkaz důležitosti (Proof of Importance),
- důkaz kapacity (Proof of Capacity).

1.5 Chytré kontrakty

Chytrý kontrakt je dle Beucherelové (2020) samostatně vykonávaná smlouva s podmínkami dohody mezi kupujícím a prodávajícím zapsanými přímo do kódu. Kód

a dohody v něm obsažené existují napříč distribuovanou a decentralizovanou BT sítí. Kód kontroluje provedení kontraktu, přičemž transakce jsou sledovatelné a nevratné. Chytré kontrakty umožňují provádění důvěryhodných transakcí a dohod mezi nesourodými, anonymními stranami bez potřeby centrální autority řídící právní systém nebo jakéhokoliv vnějšího donucovacího mechanismu.

Chytré smlouvy lze dle Rožmana a kol. (2019) označit jako nejvyužívanější aplikaci BT v současné době. Koncept chytrého kontraktu zavedl Nick Szabo, právní vědec a kryptograf v roce 1994, který dospěl k závěru, že kontrakty je možné převést do kódu (digitalizovat) a umožnit jejich spuštění v distribuované databázi.

Použití chytrých smluv namísto tradičních může dle Dhillona (2017) výrazně snížit transakční náklady. Nejoblíbenější BT platformou pro vytváření chytrých kontraktů je dnes Ethereum. Tato platforma podporuje funkci zvanou Turingovská úplnost, která umožňuje vytváření uzpůsobitelnějších a programovatelnějších chytrých kontraktů.

Chytré kontrakty Banafa (2020) popisuje jako automaticky spustitelné řádky kódu, který obsahuje předem určená pravidla a podmínky. Tento kód je uložen v BT systému. Pokud jsou určená pravidla a podmínky naplněny, kód se samostatně spustí a poskytne určitý výstup. V nejjednodušší podobě jsou chytré kontrakty programy, které běží podle formátu, který nastavil jejich autor.

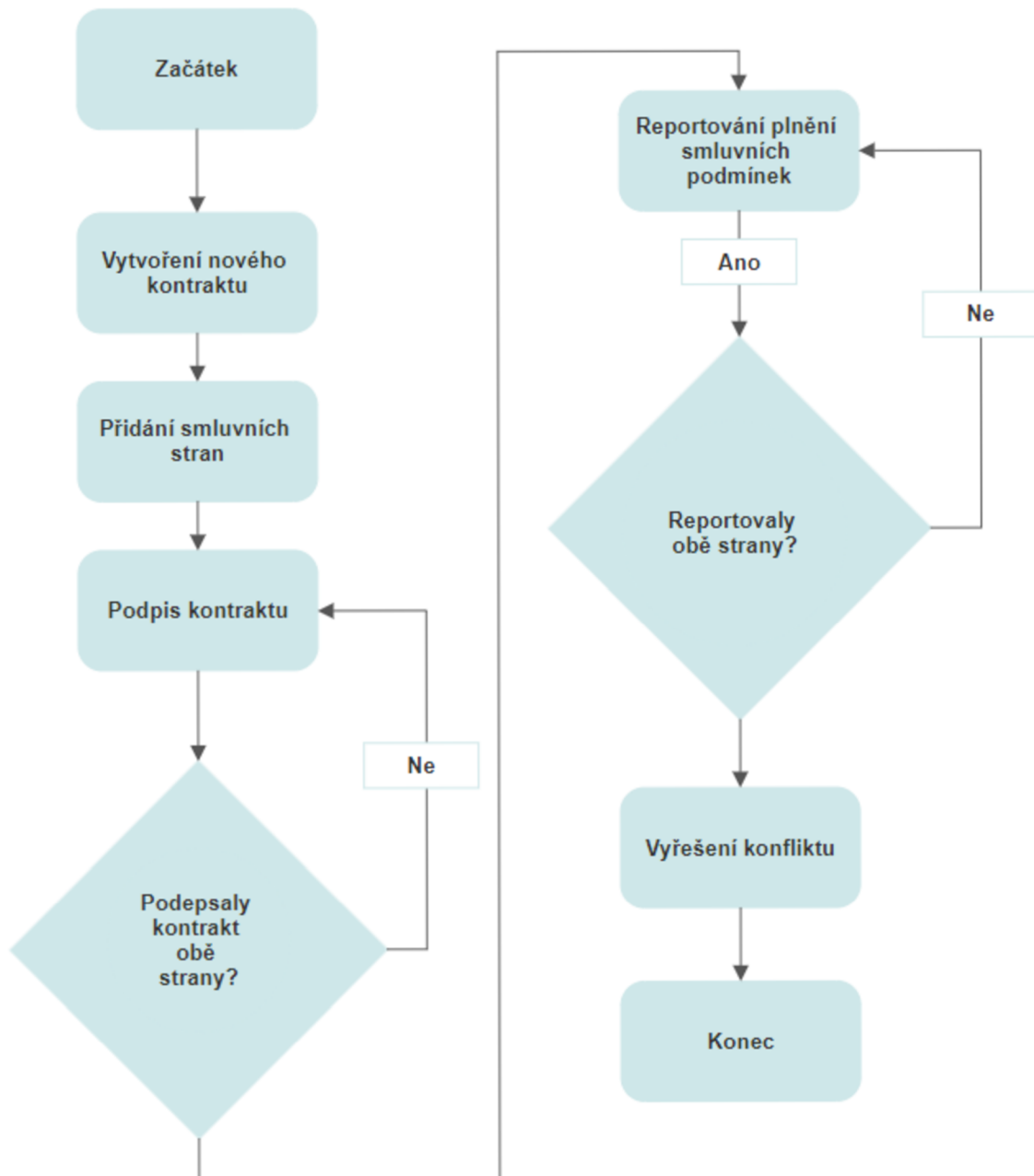
Nejlepší využití chytrých kontraktů v praxi vidí Baucherelová (2020) v rámci obchodní spolupráce. Chytrý kontrakt je použit k odsouhlasení podmínek ustanovených souhlasem obou zúčastněných stran. Tím se snižuje riziko podvodu a jelikož neexistuje zapojení třetí strany (např. notáře), dochází k úspoře nákladů.

Dhillon (2017) pozoruje, že chytré kontrakty obvykle fungují v prostředí, kde se vyskytují digitální aktiva vlastněné uživateli. V tomto prostředí díky chytrým kontraktům mohou uživatelé automaticky řídit vlastní majetek. Tato digitální aktiva jsou přerozdělována mezi uživateli na základě uzavřených chytrých kontraktů. Chytré kontrakty tak mají potenciál být naplňovány v reálném čase a tím dále šetřit náklady.

Mezi vlastnosti chytrých kontraktů dle Banafy (2020) patří:

- možnost vlastního ověření,
- možnost automatického spuštění,
- a odolnost proti neoprávněné manipulaci.

Na Obrázku 3 je znázorněn algoritmus chytrého kontraktu dle Rožmana a kol. (2019).



Zdroj: Rožman a kol., 2019

Obr. 3 Algoritmus chytrého kontraktu v blockchainovém prostředí

1.6 Architektura blockchainové databáze

Architektura blockchainu popsaná Minem (2019) zobrazená na Obrázku 3 se skládá z pěti modulů.

Modul zdroje dat

Modul zdroje dat popisovaný Minem (2019) pomáhá vytvářet blockchain jako sdílenou, distribuovanou databázi. Narozdíl od tradičních databází není použita vazba klient-server řízená určenou centrální autoritou (serverem). Při poskytování přístupu k databázím tedy není potřeba ověřování přihlašovacích údajů uživatele centrálním orgánem, který je často vystaven útokům hackerů a jiným neoprávněným zásahům. Místo toho všichni účastníci P2P sítě ověřují nově přidané bloky do blockchainu na základě konsenzuálního algoritmu, což znemožňuje manipulaci s daty. Drescher (2017) tvrdí, že každý uživatel má zajištěno, že data, která načítá, jsou nepoškozená a nepozměněná, od doby jejich zaznamenání do blockchainu. V tomto modulu lze data pouze zapisovat a číst prostřednictvím dotazů a vyhledávání. Není tedy možné data upravovat (aktualizovat) a odstraňovat.

Transakční modul

Tento modul umožňuje validaci stávajících a zápis nových transakcí. Transakce je dle Dhillona (2017) převodem hodnoty mezi prodávajícím a kupujícím, čímž se zároveň mění stav dat obsažených v bloku. Zatímco minulé záznamy v bloku musí vždy zůstat nepozměněné, nový záznam může dle Raye (2017) změnit stav dat z minulých záznamů. Nasazení tohoto modulu začíná v Minově (2017) modelu okamžikem uzavření dohody o transakci mezi kupujícím a prodávajícím. Po uzavření dohody je tato transakce vysílána do P2P sítě a těžaři (tj. uživatelé, uzly v této P2P síti) tuto transakci zaznamenají a zpracují do bloku s odměnami. Po tomto ověření těžaři rozešlou nový, nepozměnitelný blok do celé P2P sítě. V tomto modulu je vstup odkazem na výstup z předchozí transakce (např. výstup 1 na Obrázku 3). V jedné transakci je často uvedeno více vstupů. Všechny hodnoty vstupu nové transakce (např. Vstup 2 na Obrázku 3) se sčítají. Zde musí být celková hodnota vstupů vyšší nebo rovna celkové hodnotě výstupů.

Modul vytváření bloků

Modul vytváření bloků trvale zaznamenává transakční data do souboru zvaného blok. Pokud je nově vytvořený blok propojen s již existujícími bloky a následně organizován do lineární sekvence v průběhu času, je vytvořen blockchain – řetězec bloků. Bodhke (2020) uvádí, že nový blok nelze přidat do P2P sítě bez provedení těžby (tj. procesu

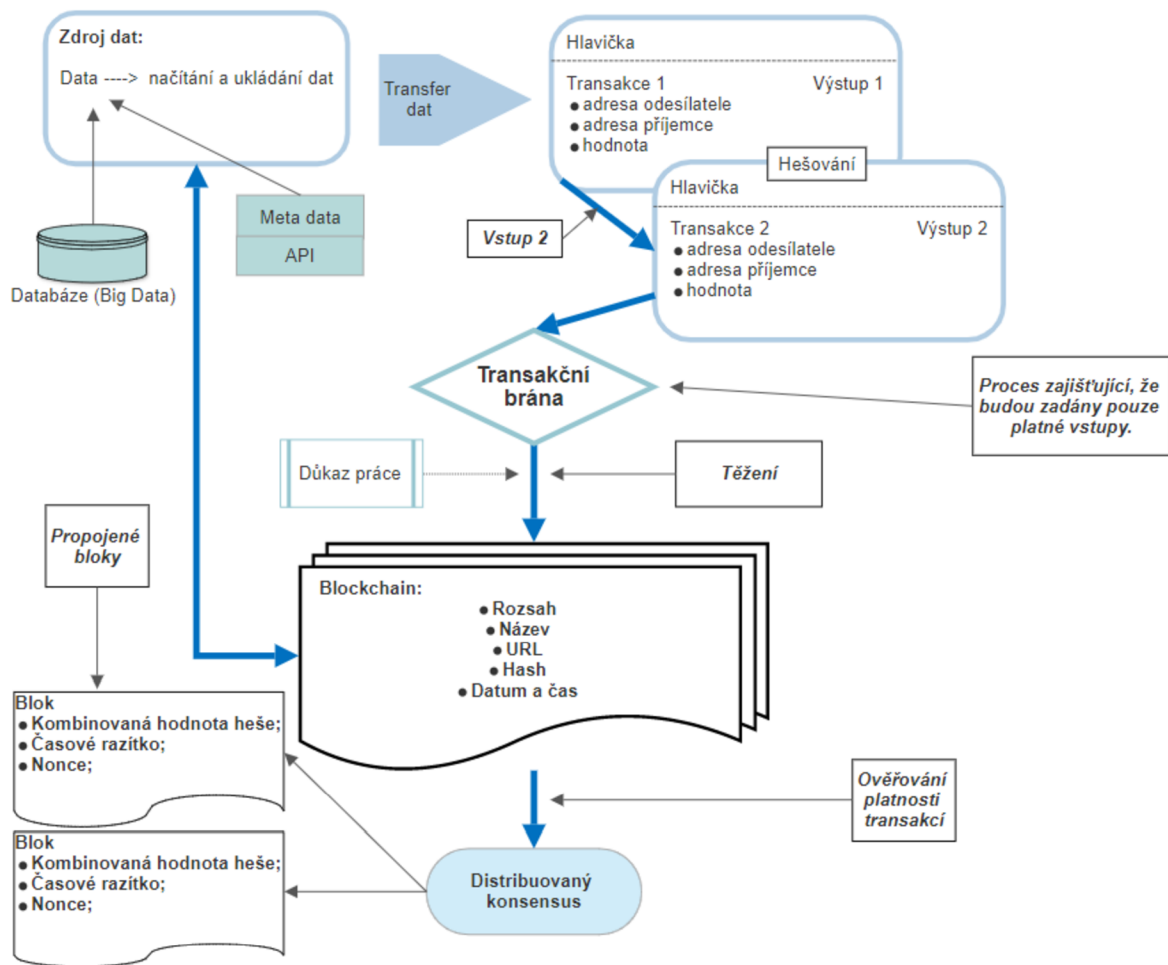
přidávání záznamů transakcí do veřejné distribuované databáze minulých transakcí - např. v případě konsenzuálního algoritmu PoW prostřednictvím řešení obtížných matematických úloh) nebo jiného způsobu ověření konsenzuálním algoritmem.

Modul konsenzuálního algoritmu

Tento model využívá jeden z konsenzuálních algoritmů (PoW, PoS, PoA, BFT a další) k potvrzování a ověřování transakcí. Tento modul je zásadní pro zachování nepozměnitelnosti transakčních dat zaznamenaných na blockchainu a pro zabezpečení transakcí. Beucherelová (2020) zdůrazňuje, že pro daný modul tak musí být vybrán optimální konsenzuální algoritmus tak, aby bylo zabráněno poškození transakčních dat zaznamenaných v blockchainu a aby byla zvolena akceptovatelná míra škálovatelnosti a centralizovatelnosti.

Modul připojení a rozhraní

Úloha tohoto modulu je dle Mina (2019) zjednodušení webového rozhraní pro uživatele. Využívána jsou rozhraní typu no-code tak, aby je mohli využívat i uživatelé bez programátorských/technických dovedností. Zároveň jsou díky tomuto modulu synchronizovány a integrovány všechny IT platformy, software (např. kryptopeněženky) a algoritmy potřebné pro blockchainové aplikace. Tento modul by uživateli měl poskytovat v reálném čase informace o stavu kontraktů a umožnit sledování transakcí.



Zdroj: Min, 2019

Obr. 4 Architektura blockchainové databáze

Návaznost do dodavatelských řetězců

Kooperativní partnerství v dodavatelském řetězci považuje Min (2019) za důležitý předpoklad pro úspěšnou implementaci BT sítě. Kooperativní partnerství nelze vytvořit bez sdílení společných strategických cílů (např. zmírňování rizik dodavatelského řetězce) a kolektivního sdružování zdrojů (např. investičních fondů v oblasti IT) mezi danými partnery. Kromě toho musí všichni partneři v celém dodavatelském řetězci sdílet transakční data, která mohou obsahovat informace o vlastnictví a jiné citlivé informace.

V kontextu BT sítě zaváděné do dodavatelského řetězce je ústřední společnosti P2P sítě dle Banafyho (2020) definice entita, která disponuje značnými zdroji, jež jí propůjčují vyjednávací sílu větší, než mají ostatní uživatelé daného blockchainu. Ostatními uživateli jsou dodavatelé a distributoři této ústřední společnosti. S využitím

svých zdrojů a odpovídající vyjednávací síly může ústřední společnost vést iniciativu k nasazení BT a pomoci svým obchodním partnerům zapojit se do blockchainové sítě. Jinými slovy, ústřední společnost je považována za zprostředkovatele při vytváření architektury BT a má možnost dotlačit partnery ve svém dodavatelském řetězci k zapojení do dané BT sítě. Jako typického zástupce ústřední společnosti uvádí Min (2019) velkou nadnárodní firmu, která disponuje strukturou výrobních a/nebo distribučních poboček, spolu s dobře zavedenou IT infrastrukturou a dostatečně edukovanými zaměstnanci. Dle Vitasek a kol. (2022) mohou kromě ústřední společnosti v P2P blockchainové síti hrát důležitou roli tzv. důvěryhodní partneři (např. certifikovaní dodavatelé) s oprávněním k vytvoření nebo přidání bloku do blockchainu.

2 Stávající využití technologie blockchain

Historicky první použití BT je spojeno s kryptoměnou Bitcoin, kterou lze označit za pilotní nasazení této technologie. Na základě úspěchu tohoto projektu se o technologické principy, z kterých Bitcoin a další kryptoměny vychází, začaly zajímat i společnosti z dalších odvětví. V této kapitole je pozornost věnována jak pilotnímu nasazení ve finančním sektoru, tak návazným nasazením v prostředí logistiky vybraných průmyslových odvětví.

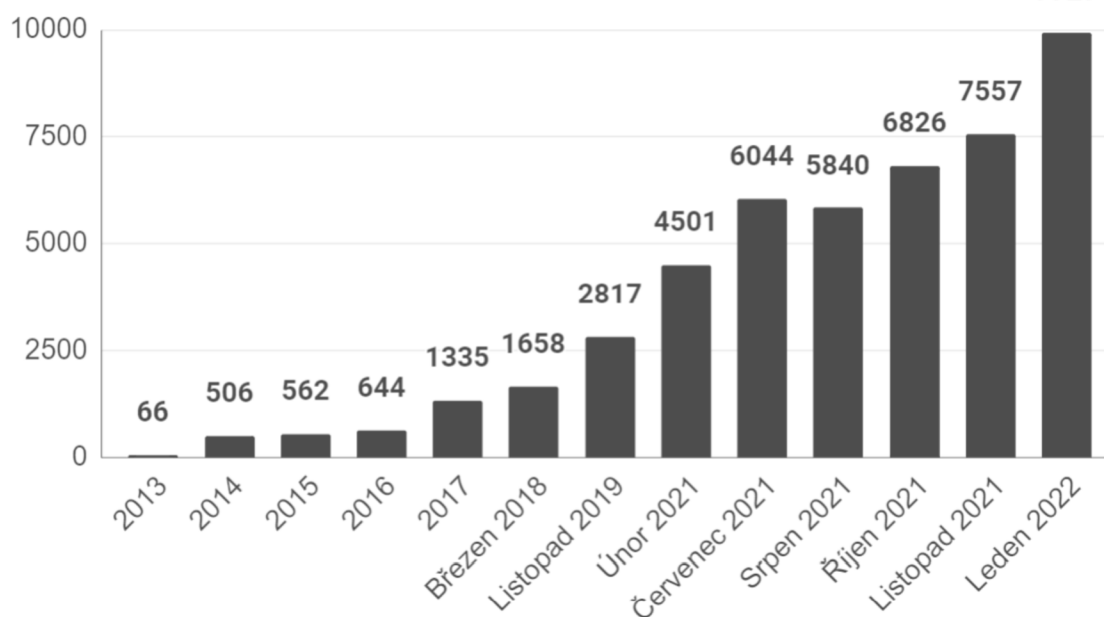
2.1 Finanční sektor

Technologie blockchain je od svého počátku spojena s finančnictvím a ideou kryptoměny Bitcoin. Za koncept této technologie je považováno pojednání Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System sepsané na 8 stranách formátu A4 virtuální osobností Satoshi Nakamotem v roce 2008. Tato představa popisuje využití blockchainové technologie pouze v platebním styku a shrnuje technologické předpoklady blockchainu popsané v předchozí kapitole. Popsán je zde princip využití blockchainu jako virtuálních peněz, jejichž správa nevyžaduje existenci centralizovaného bankovníctví.

Motivací k vzniku této měny byla myšlenka měnového systému bez centrální autority (centrální banky), která by prováděla regulaci trhu. Pravidla bitcoinu nebyla dle známých informací Böhmeho a kol. (2015) tvořena za účasti odborníků z oborů práva nebo finančnictví, nýbrž pouze techniky. Hodnota této měny je řízena pouze základními pravidly poptávky a nabídky.

Kryptoměny se těší enormní popularitě a jejich počet neustále stoupá, jak je ilustrováno na Obrázku 3. Jejich počet k lednu 2022 byl 9929 (Statista, 2022).

Vývoj počtu kryptoměn v letech 2013-2022



Zdroj: vlastní tvorba dle statistika.de

Obr. 5 Vývoj počtu kryptoměn v letech 2013-2022

Don Tapscott (2016) předvídá další digitální revoluci započatou právě kryptoměnou Bitcoin. Poslední proběhlou digitální revoluci definuje propojením počítačových a komunikačních technologií. Revoluční změny přicházející s blockchainem popisuje jako propojení matematiky, počítačového inženýrství, kryptografie a v neposlední řadě i behaviorální ekonomie.

Jako klíčový prvek vidí Tapscott (2016) P2P komunikaci a důvěru v ní. Na základě toho definuje 7 fundamentálních principů:

1. Integrita P2P sítě

Toto pravidlo je Tapscottem označováno jako nejpodstatnější. Jako prvotní přínos všeobecného rozšíření internetu chápe možnost komunikace. Internetové připojení v každé domácnosti si rychle získalo důvěru a umožnilo rychlou a kvalitní komunikaci na vnitrostátní i mezistátní úrovni.

Oproti tomu v případě finančních nástrojů je to s důvěrou u uživatelů složitější, jelikož „jde o peníze“. První společností, která tuto problematiku byla schopná reálně řešit byla společnost PayPal. I u ní,

jakož i u již dříve existujících společností jako Western Union nebo Visa, byla však vyžadována stoprocentní důvěra uživatelů v danou instituci. Okamžikem předání prostředků dané instituci uživatel ztratil nad penězi kontrolu a tu naopak získala daná společnost. Tím se ze zprostředkující společnosti stala centrální autorita, která ručí za provoz celé platební sítě. Vzniká tím závislost všech uživatelů na dané centrální autoritě. Centrální autorita v rámci svého dohledu zároveň ručí za vyloučení tzv. double-spend problému, kdy musí zaručit, že každá peněžní jednotka existuje v jednom okamžiku pouze na jednom místě. Systému důvěry v centrální instituci se s myšlenkou bitcoinového blockchainu Satoshi Nakamoto záměrně vyhnul. Dalším významným faktorem hovořícím pro všeobecnou důvěru je, že takto vzniklý blockchain je veřejný. Každý uživatel má tudíž možnost jej analyzovat Jsou zde k dispozici informace o všech proběhlých transakcích, velikostech převáděných částek, adresátovi i odesílateli. K 4. 4. 2022 činila velikost blockchainu Bitcoin 389,72 GB (Statista.de, 2022) a k 22. 4. 2022 16:11 bylo vytěženo 733 027 bloků (blockchain.com, 2022).

2. Distribuovaná moc

Tento princip Tapscott chápe jako distribuci moci mezi P2P uzly tak, že ani jeden uzel nemůže převládnout nad druhým, přičemž uzly reprezentují jednotlivé uživatele. Toto rozdělení moci je přitom možné i bez správy prováděné centrální autoritou, kterou jsou v tradičním monetárním systému banky. V blockchainovém systému má každý uzel totožnou úlohu jako jiné uzly. Systém tak není ohrožen vypadnutím jednoho z uzlů, neboť všechny jsou nahraditelné. Pokud se jeden nebo více uzlů pokusí systému podsunout jiné údaje, než které sdílí zbytek sítě, jsou tyto uzly jednoznačně identifikovatelné.

Teoretickým ohrožením sítě zůstává možnost tzv. 51 % útoku, kdy by se o změnu dat pokusila převládající většina. Tuto eventualitu řeší v návrhu prvního blockchainu už sám Nakamoto (2008). Předpokládá, že ekonomické náklady nutné pro provedení koordinované akce více

než 50 % uživatelů (uzlů) by převyšovaly potencionální zisk z takové operace.

3. Pobídka odměnou

Další Tapscottem identifikované pravidlo sloužící k udržení integrity sítě je odměna. Již Nakamoto (2008) předpokládal, že každý uzel v systému se bude chovat tak, aby přinesl prospěch primárně sám sobě. Bude-li tedy dostávat odměnu za provádění své činnosti, bude docházet k hromadění odměny pro jeho provozovatele a tím bude zajištěna motivace k dalšímu rozvoji.

Kritickým bodem této myšlenky je spuštění sítě, kdy potencionální účastníci (tj. uživatelé, uzly) nemají záruku, že síť udrží svou existenci, tzn. nemají garanci prospěchu. Toto vyřešil Nakamoto (2008) klesající výnosností. Na počátku existence blockchainu jsou tak odměny za vytváření nových bloků (těžení) nejvyšší a s přibývajícím časem se snižují. V protokolu Bitcoinu byla tak kupříkladu stanovena odměna za vytěžení 1 bloku v prvních 4 letech jeho existence 50 Bitcoinů. Vytěžení 1 bloku trvá zhruba 10 minut. Interval vytěžení jednoho bloku je stále stejný, každé 4 roky se ale odměna za jeho vytěžení snižuje o polovinu. V roce 2020 tak činila již pouze 6,25 BTC (tržní cena 1 BTC činila k 22. 4. 20 2 907 505 CZK).

4. Zabezpečení

Stabilita žádného systému nemůže být zaručena bez záruky bezpečí pro jeho účastníky. Tento pilíř je v systému blockchain zajištěn sadou kryptografických nástrojů na ochranu před spamem, phishingem, ransomwarem, malwarem, krádeží identity, podvody i samotným hackingem.

Síť blockchainu pro bitcoin je Nakamotem (2008) od svého počátku nastavena tak, že uživatel odpovídá za co nejméně bezpečnostních prvků.

V BT systému bitcoinu je bezpečnost uživatele a jeho profilu zajištěna pomocí asymetrické kryptografie. V případě bitcoinového protokolu je využita šifrovací metoda RSA. Tento systém ověřování využívá

2 klíče. První klíč je tzv. *privátní*. Ten slouží k provedení zašifrování odesílané zprávy a je znám pouze odesílateli.

V praxi se využívá náhodně generovaného alfanumerického kódu o velikosti 1024 nebo 2048 bitů, přičemž standard se dnes dle Singhala (2017) posouvá k delšímu, 2048bitovému klíči.

Druhý klíč je nazýván jako *veřejný*. Tento klíč slouží pro dešifrování zprávy na straně příjemce. Liu, Guo a Lin (2014) uvádí, že složitost a tím i délka veřejného klíče může být rozdílná.

Jako příkladu při popisu asymetrického šifrování se často využívají osoby Alice a Boba. Postup využití této metody dle Kaniewského a Wehnerové (2016) je následující:

- i. Alice napíše zprávu Bobovi.
- ii. Alice zašifruje zprávu pomocí svého privátního klíče a za použití veřejného klíče Boba, čímž vytvoří heš.
- iii. Alice odešle heš Bobovi.
- iv. Bob obdrží heš a prožene ho RSA algoritmem za použití svého privátního klíče. Pokud se vzniklý heš rovná veřejnému klíči, je zpráva k dispozici pro přečtení.

5. Soukromí

Pátým principem jmenovaným Tapscottem je soukromí. Jedná se o naplnění předpokladu pseudo-anonymního systému. Uživatelé spolu v prostředí bitcoinového protokolu sdílí pouze svou unikátní adresu. Tato adresa je jedinečná pro každého uživatele a viditelná pro všechny ostatní. Touto cestou je nahrazeno dnes běžné sdílení osobních údajů, které identifikují jednotlivce, jako je např. číslo identifikačního průkazu, biometrické údaje (otisk prstu/ sken duhovky), osobní e-mailová adresa nebo telefonní číslo. V BT systému Bitcoinu tak není nutné tyto údaje do systému vůbec přinášet, čímž se zcela eliminuje riziko jejich ztráty.

6. Dodržování autorských práv

Tapscott dále hovoří o principu zachování autorských práv, případně obecně práv uživatele. Základní myšlenkou je podpora ochoty lidí tvořit,

neboť jejich výtvořy jimi zůstanou autorsky podepsány, čímž se zajistí, že nebude možné, aby si je někdo neprávem přisvojil.

7. Začlenění

Posledním principem jmenovaným Tapscottem je princip začlenění všech zapojených účtů do sítě tak, aby vstupní podmínky byly co nejakceptovatelnější. Blockchain má predispozice ještě snížit vstupní bariéry pro podnikání, které už tak snížila existence a využití internetu. To se dle Tapscotta může podařit například eliminací poplatků za mikrotransakce, které jsou běžně odváděny bankovním institucím.

2.2 Těžební průmysl

Průkopníkem využití blockchainu v těžebním průmyslu je společnost MineHub, která v září 2021 vstoupila kanadskou TSX Venture burzu. Globální těžební trh dosáhl dle Bussmana (2021) v roce 2020 objemu 1,64 bilionu USD.

Prostřednictvím dodavatelského řetězce těžebního průmyslu dochází k přeměně surovin na nástroje a vybavení. Jedná se tak o zcela zásadní průmyslové odvětví s návazností do všech navazujících odvětví. Na globální dodavatelské řetězce v odvětví těžby měla v posledních letech zásadní vliv především epidemie COVID-19. Ve značné míře je stabilita dodavatelských řetězců ovlivněna i stále přísnějšími ekologickými předpisy a častějšími politickými či sociálními nepokoji. Tyto faktory jsou z pohledu podniků neovlivnitelné, a proto se v rámci zvýšení efektivity podniky v těžebním odvětví zaměřují na doposud špatně definované a neprůhledné procesy, které narušují dodavatelské řetězce na denní bázi, což má za následek miliardové ztráty příjmů a vyšší náklady.

Tento problém je navíc dle Bussmanova (2021) tvrzení stále větší, protože dodavatelské řetězce se každým dnem komplikují. Robustní a transparentní řízení dodavatelského řetězce je proveditelné za předpokladu využití nových způsobů automatizace zmíněných procesů, čímž se zajistí dostupnost jednoznačné, transparentní a nepozměnitelné informace (“jedné verze pravdy”) jednotlivým článkům dodavatelského řetězce. Cílem je dosáhnout toho, aby tato informace byla pro jednotlivé články plně důvěryhodná a přístupná v reálném čase.

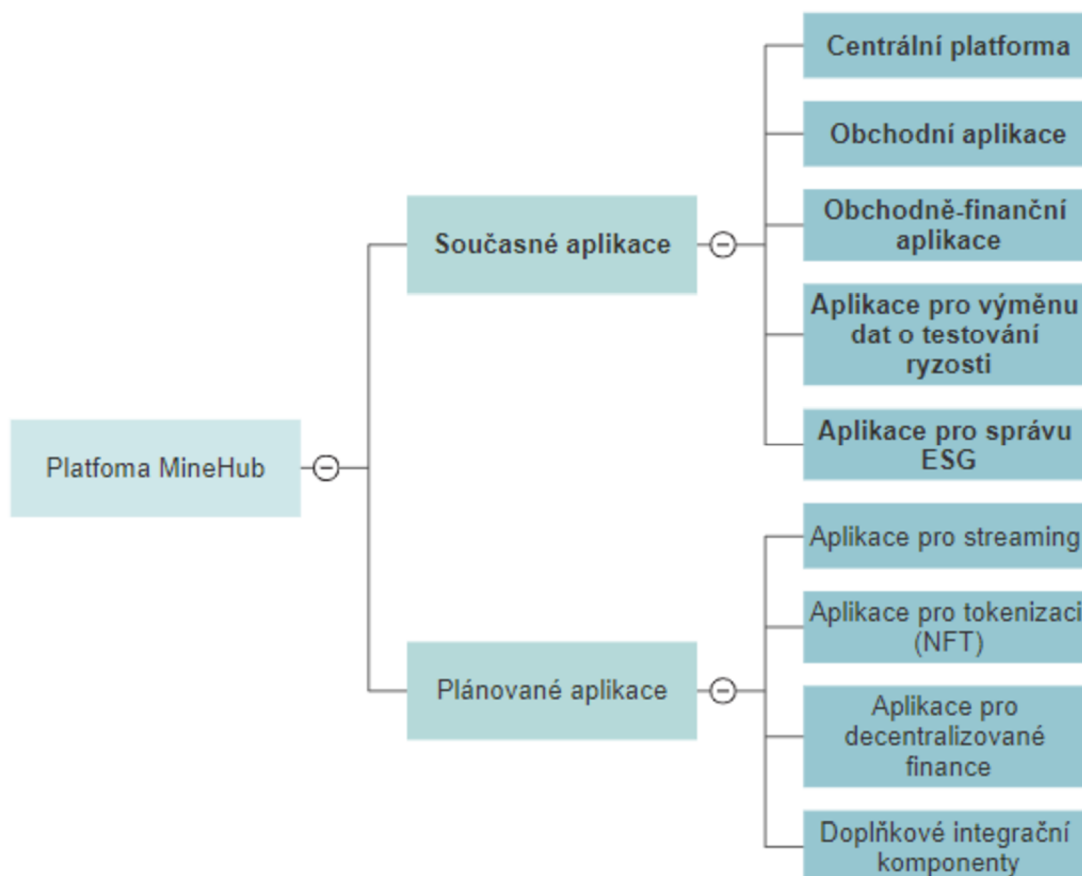
Jak uvádí White&Case (2019), platforma MineHub je vystavěná na blockchainové platformě IBM využívající standardy Hyperledger Fabric s otevřeným zdrojovým kódem. Jedná se o otevřený a soukromý typ blockchainu.

Platforma umožňuje zúčastněným stranám provádějících prodej, nákup, doručování a platby za náklady nerostů (dále aktéři těžebního trhu) bezpečnou spolupráci v reálném čase a spolehlivé sdílení elektronických informací. Bez možnosti využití této technologie se aktéři těžebního trhu museli spoléhat na zasílání papírových zpráv kurýry nebo na využívání e-mailu. Obě tyto metody komunikace jsou zranitelné vůči neoprávněnému zachycení zpráv a podvodům, v případě e-mailu i proti kybernetickým útokům.

V praxi využití blockchainu v tomto odvětví znamená, že těžaři zachytí provedenou těžbu nerostů a uzavřou digitální kontrakty s nákupčími, což pomůže zefektivnit obchodní operace, financování a logistiku. Dle závěrů White&Case (2019) může MineHub být využíván širokou škálou společností různých typů i velikostí:

- malými a středními podniky,
- velkými korporátními těžaři,
- obchodními domy,
- komoditními burzami,
- finančními institucemi,
- alternativními investory,
- streamery,
- logistickými společnostmi,
- a testery.

Dále to znamená, že MineHub poskytuje investorům do těžebního průmyslu, jako jsou držitelé licenčních poplatků a streameři, v reálném čase přehled o těžbě, prodeji a pohledávkách. Obrázek 6 zobrazuje aktuální podobu platformy MineHub včetně plánovaných aplikací.



Zdroj: minehub.com, 2022

Obr. 6 Platforma Minehub

Hypeledger Foundation (2021) ve své případové studii jmenuje tyto výhody BT řešení MineHub:

- řešení založená na blockchainu přinášejí efektivitu, bezpečnost a transparentnost ve všech aspektech řízení dodavatelského řetězce,
- využití dat a analýz dostupných díky blockchainovému řešení, digitalizace pracovních postupů a centralizace komunikace znamenají snížení nákladů, lepší kontrolu rizika, zvýšení příjmů a optimalizování zdrojů,
- poskytuje zveřejnění výkonnosti ESG a řízení rizika ESG pomocí automatického účtování emisí a sledovatelnosti ESG parameterů v reálném čase,
- umožňuje zvýšení přehledu díky sledování dodávek materiálu v reálném čase.

Platforma pro MineHub byla vytvořena ve spolupráci s implementační společností KrypC, která je certifikovaná nadací Hyperledger.

Spolupráce mezi subjekty probíhá tak, že Minehub definuje obchodní pravidla, která vyžaduje, a KrypC nakonfiguruje API, které zajistí požadovanou funkcionalitu (Hyperledger foundation, 2021).

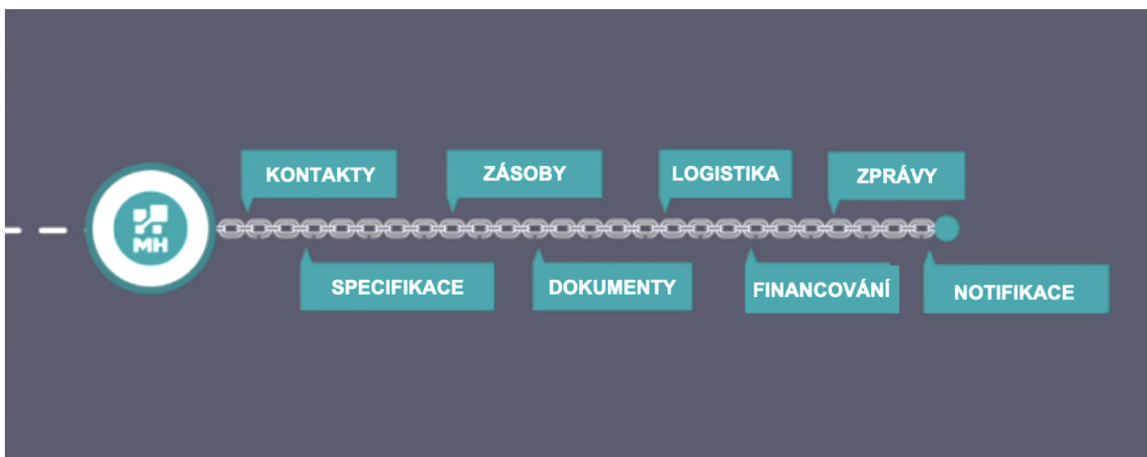
Pro KrypC je klíčovým konceptem pro dvouvrstvou platformu Hyperledger Fabric robustní kryptografie: „Platforma MineHub stojí na vrcholu dvouvrtvé Hyperledger Fabric a jejich bezpečnostních standardů. Pod ní se nachází zabezpečení cloudu,“ vysvětluje Jagannathan. *"Všichni v KrypC mají kryptografické znalosti, takže používáme všechny relevantní techniky PKI ("veřejný / soukromý klíč"), abychom udrželi komunikaci a data v bezpečí."* (Hyperledger foundation, 2021, str. 5).

Vzhledem k citlivé povaze informací v těžebním průmyslu má každý klient své vlastní úložiště dat pro sběr soukromých dat (PDC). Každý klient se rozhoduje, co s kým sdílet, a pouze tato data jsou sdílena s ostatními PDC. Velké společnosti mohou chtít svá vlastní vyhrazená prostředí, případně i soukromé cloudy. To však může být pro menší organizace cenově nedostupné.

Menší účastníci řešení Minehub proto získají své vlastní zabezpečené PDC ve sdíleném prostředí. Tento přístup zajišťuje stejné úrovně zabezpečení, jaké mají větší firmy, ale za nižší náklady. Jednou z výzev týkajících se soukromí je sdílení dat. Pokud společnost A sdílí data se společností B a společnost B sdílí data se společností C, každá osoba zná identitu pouze další osoby. Vystává tedy otázka: Pokud někdo v řetězci aktualizuje informace, jak to sdělit všem, aniž by bylo narušeno jejich soukromí?

Dle studie případové studie Hyperledger Foundation (2021) MineHub dokázal společně s inženýry KrypC navrhnout unikátní řešení tohoto problému. KrypC navíc nabízí plnou podporu API, která usnadňuje integraci na úrovni zákazníků MineHubu a pomáhá se škálovatelností platformy.

„Společnosti obvykle nabízejí dvouvrstvé blockchainové platformy, které jsou úzce propojeny s infrastrukturou,“ vysvětluje Jagannathan. *„Naším přístupem je použití datové báze ke správě PDC, díky čemuž jsou platformy jako Minehub flexibilnější a efektivnější.“* (Hyperledger foundation, 2021, str. 6). Obrázek 7 ilustruje systémovou grafiku MineHub.



Zdroj: vlastní tvorba, dle Hyperledger foundation, 2021

Obr. 7 Systémová grafika MineHub

MineHub se dle Hyperledger Foundation (2021) v budoucnu plánuje zaměřit na poskytování nástrojů pro správu dodržování ESG požadavků. Bez jasného přehledu o dodavatelském řetězci těžařské odvětví nemůže efektivně sledovat požadavky a tvořit požadované ESG reporty. MineHub si stanovil jako jednu ze svých priorit pomáhat společnostem s dekarbonizací a učinit významné pokroky v oblasti ESG nad rámec regulačních požadavků.

2.3 Zemědělství a potravinářství

Obor zemědělství a navazující potravinový průmysl je z povahy vyráběného zboží velmi náročný na logistiku. Výrobky v tomto průmyslovém odvětví zpravidla podléhají nedlouhé expiraci, přičemž prošlé výrobky nelze distribuovat zákazníkům. To vytváří v logistickém řetězi jednak tlak na dodržení dodacích lhůt, druhak to vyžaduje dodržování určených přepravních podmínek, jako je např. teplota nákladu. V této podkapitole budou představeny principy toku materiálu v tomto odvětví a uvedeny příklady současného využití technologie blockchain.

2.3.1 Tok materiálu v zemědělsko-potravinářském dodavatelském řetězci

Celosvětový potravinový řetězec je vysoce distribuovaný a založený na velkém množství jednotlivých aktérů, jako jsou dodavatelé, farmáři, zpracovatelé, distributoři, přepravní společnosti, velkoobchodníci, maloobchodníci a spotřebitelé. Kamilaris, Fonts, Prefaneta-Boldů (2019) popisují tyto hlavní fáze charakterizující generický zemědělsko-potravinářský dodavatelský řetězec:

1. Výroba

Produkční fáze představuje všechny zemědělské činnosti realizované v rámci farmy. Zemědělec využívá suroviny a organické materiály (hnojiva, semena, plemena zvířat a krmiva) k pěstování plodin a chovu hospodářských zvířat. V případě pěstování může mít v průběhu roku, v závislosti na cyklu plodin, jednu nebo více sklizní.

2. Zpracování

Tato fáze se týká přeměny, úplné nebo částečné, primárního produktu na jeden nebo více dalších sekundárních produktů. Následně se očekává fáze balení, kde může být každý obal jednoznačně identifikován pomocí kódu výrobní šarže obsahující informace jako je den výroby a seznam použitých surovin.

3. Distribuce

Po zabalení a označení je produkt uvolněn do distribuční fáze. V závislosti na produktu může být dodací lhůta nastavena v určitém rozsahu a může vyskytovat fáze skladování produktu.

4. Maloobchod

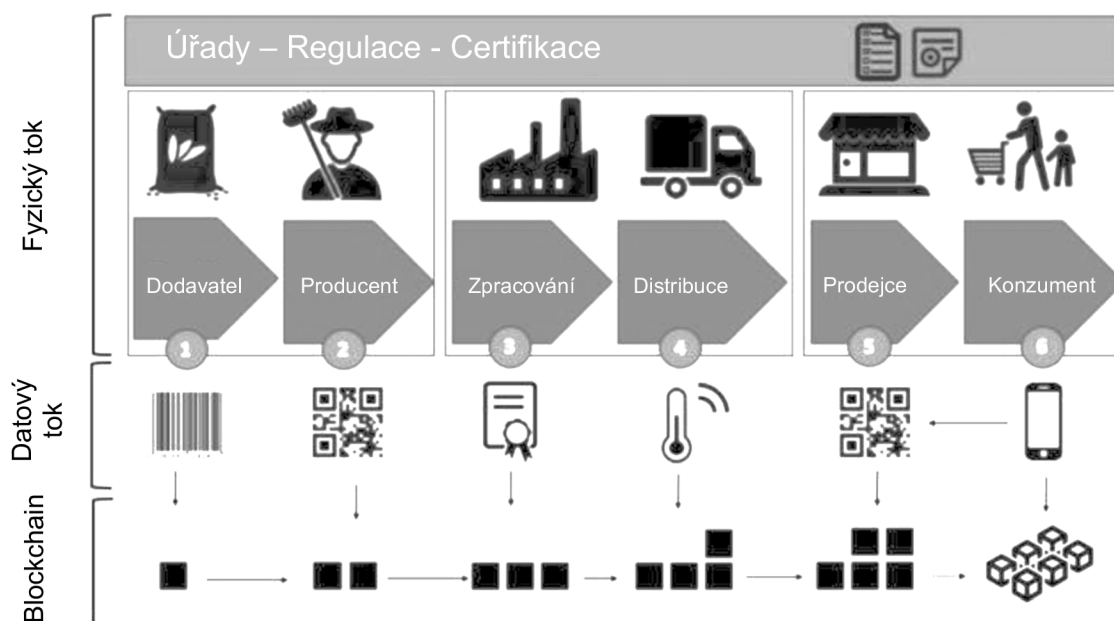
Na konci distribuce jsou produkty dodávány maloobchodníkům, kteří provádějí samotný prodej produktu. Koncovým článkem řetězce je zákazník, který v maloobchodu produkt zakoupí.

5. Spotřeba

Spotřebitel je konečným uživatelem řetězce, kupuje produkt a požaduje dohledatelné informace o standardech kvality, původu země, výrobních metodách apod.

Obrázek 8 (horní část, fyzický tok) od Kamilarise, Fontse a Prefaneta-Boldú (2019) ilustruje zjednodušenou verzi systému zásobování potravinami, jeho hlavní fáze a aktéry. Dle Kamilarise, Fontse a Prefaneta-Boldú (2019) současný systém vykazuje značnou neefektivitu a nespolehlivost. Výměna zboží je založena na složitých a na papírovou administrativu náročných vypořádacích procesech, přičemž tyto procesy nejsou příliš transparentní a vytvářejí vysoké riziko vzniku nedorozumění mezi

kupujícími a prodávajícími. Vzhledem k tomu, že transakce jsou náchylné k podvodům, je nutné zapojení zprostředkovatelů, což zvyšuje celkové náklady materiálových převodů. Odhaduje se, že náklady na provoz dodavatelských řetězců tvoří dvě třetiny konečných nákladů na zboží. Vzniká tak velký prostor pro optimalizaci dodavatelských řetězců efektivním snižováním provozních nákladů v administrativě.



Zdroj: Kamilaris, Fonts a Prefaneta-Boldú, 2019

Obr. 8 Zjednodušený tok materiálu v potravinářském průmyslu

Jako metoda pro zlepšení efektivity dodavatelského řetězce se tak nabízí technologie blockchain. Jako úspěšný příklad nasazení BT v potravinářství lze uvést, australskou společnost AgriDigital, která již v prosinci 2016 zprostředkovala první prodej 23,46 tun obilí na blockchainu. Za jediný rok byl prostřednictvím cloudového systému AgriDigital zprostředkován prodej více než 1,6 milionu tun obilí v objemu 360 milionů USD (AgriDigital, 2017).

Dle Tana a kol. (2018) úspěch AgriDigital posloužil jako inspirace pro potenciální využití této technologie v zemědělském dodavatelském řetězci.

Potenciální výhody přijetí blockchainu v potravinovém dodavatelském řetězci

Kromě obecných výhod zajištění bezpečnosti potravin, zlepšení efektivity a zrychlení v dodavatelském řetězci, může dle Tana a kol. (2018) přijetí blockchainu přinést další výhody.

- Výběr vhodnějších partnerů

Technologie blockchain pomáhá při rozšiřování podnikání, protože v momentě, kdy všechny strany vstoupí do blockchainu, může si každá strana svobodně vybrat, se kterým partnerem bude obchodovat. Společnosti proto možná již nebudou muset investovat tolik peněz do vyšetřování skutečného stavu zdrojů potravin (tj. svých obchodních partnerů). Navíc, protože veškerá obchodní historie bude uložena v řetězci, jak navrhuji Tieman a Darun (2017), účastníci dodavatelského řetězce mohou být hodnoceni z hlediska jejich výkonnosti. Ústřední společnost daného blockchainu bude toto hodnocení brát v úvahu a může si vybrat dodavatele, kteří nejvíce naplňují její požadavky.

- Prospěšnost zemědělcům

V potravinářském průmyslu, zejména pak zemědělsko-potravinářském, hraje mnoho společností roli pouhých zprostředkovatelů. Tyto obchodní a přechovávateľské společnosti si účtují obrovské poplatky za zprostředkovávání prodeje. Podle pilotního projektu pro IFPRI a asijské rozvojové banky v Uttarakhand (2009) citovaném v United News of India (2018) lze v případě přímého prodeje zemědělských produktů od producenta maloobchodníkovi ušetřit 25-35 % transakčních nákladů. Dle Kamilarise, Fonts a Prefaneta-Boldú (2018) United News of India navíc uvádí, že přítomnost více zprostředkovatelů je jedním z důvodů, proč je příjem indických farmářů o 30 % nižší než spotřebitelská cena. S ohledem na automatizovatelnost chytrých kontraktů a díky nepozměnitelnosti záznamů v řetězci v případě blockchainu není potřeba, aby banky poskytovaly ověřené služby. To znamená, že maloobchodníci mohou nakupovat přímo od farmářů, a tím snížit transakční náklady, čímž se zvýší zisky farmářů

i maloobchodníků. Farmáři jsou navíc často oběťmi cenového nátlaku a pozdních plateb faktur. Blockchain jim poskytuje legitimní možnost prodávat produkty za rozumnou cenu a přijímat platby včas.

- Usnadnění přímého prodeje spotřebitelům

Vzhledem k tomu, že maloobchodníci mohou nakupovat potraviny přímo od zemědělců, jsou i spotřebitelé dle Kamilarise, Fontse a Prefaneta-Boldú (2019) mnohem blíže výrobcí. To pomůže spotřebitelům dosáhnout nižších cen, třebaže to zároveň bude znamenat snížení tržeb maloobchodníků.

Tyto přínosy pro zemědělce a přiblížení spotřebitele výrobcí mohou ve výsledku výrazně přispět i k samotné kvalitě nabízených potravin u maloobchodníků.

Zavedení BT sítě je zároveň velkým benefitem pro konečného zákazníka, který má přístup k veškeré historii konzumovaného zboží (viz datový tok na Obrázku 8), což zvyšuje jeho důvěru v čerstvost a případnou lokálnost daného produktu.

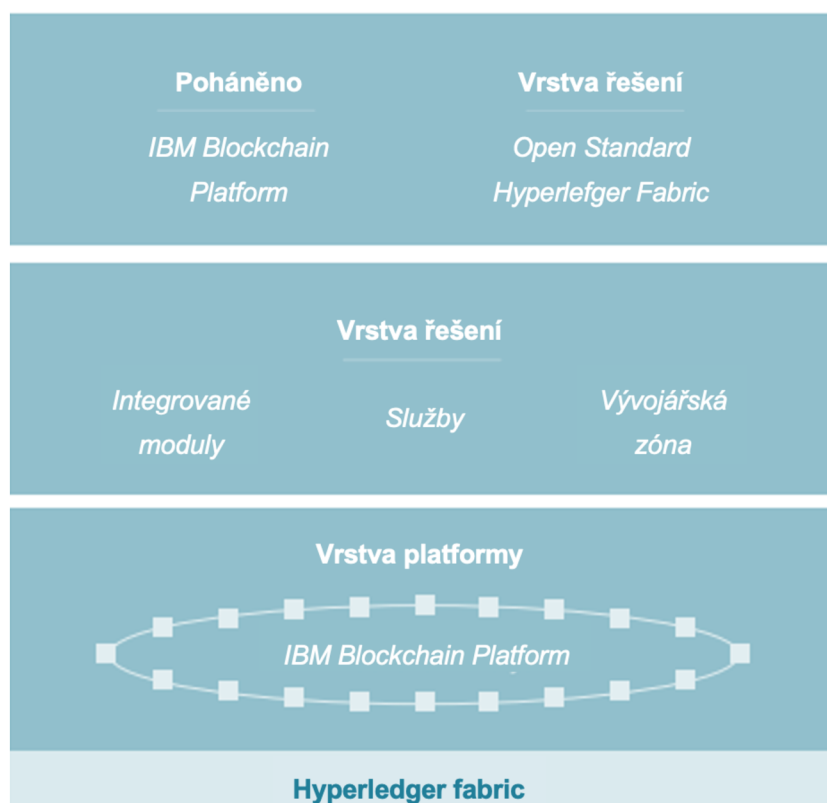
2.3.2 Využití blockchainu ve společnosti Wal-Mart

Hoffman (2021) v případové studii uvádí, že společnost Wal-Mart byla založena Samem Waltonem roku 1962. Jeho první prodejna byl malá i podle dobových měřítek a neprodávala potraviny, ale z firmy Wal-Mart nakonec vyrostl v největší prodejce potravin ve Spojených státech.

Wal-Mart vstoupil na burzu v roce 1970 a do roku 1980 dosáhl ročního obrátu 1 miliardy dolarů. Hoffman (2021) poukazuje na to, že během svého růstu Wal-Mart spustil několik dalších obchodních modelů, včetně Sam's Club v roce 1983 a prvního Wal-Mart Supercenter v roce 1988. V roce 1991 společnost otevřela svůj první mezinárodní obchod v Mexico City a v roce 2002 se Wal-Mart dostal na vrchol žebříčku největších světových společností Fortune 500. Tržby Wal-Martu dosáhly do roku 2017 téměř 500 miliard dolarů.

Dle Hoffmana (2021) Wal-Mart začal zvyšovat své investice do inovací v roce 2010. V roce 2016 společnost představila Culinary and Innovation Center a Walmart Pay, bezdotykový platební systém založený na mobilní aplikaci. O rok později pak společnost spustila Store No. 8, divizi technologické inkubace zaměřenou na „transformaci budoucnosti maloobchodu“.

Walmart se v roce 2016 rozhodl obrátit se s potřebou vylepšení transparentnosti původu potravin na společnost IBM, vyvíjející blockchainový systém IBM Food Trust postavený na platformě Hyperledger Fabric (IBM, 2019). Zobrazení infrastruktury systému IBM Food Trust je dostupné na Obrázku 9.



Zdroj: IBM Corporation (2019)

Obr. 9 IBM Food Trust architektura

„IBM nám nabídla Hyperledger Fabric. Analyzovali jsme Ethereum, projekt Burrow a další. Nakonec jsme se rozhodli využít Hyperledger Fabric, protože splňoval většinu našich potřeb pro blockchainovou technologii.“ prohlásil k procesu volby Karl Bedwell, technologický ředitel Wal-Martu. (Hyper Ledger 2021, str. 4)

Wal-Mart dle Hoffmana (2021) provedl 2 zásadní ověření konceptu pro zvýšení transparentnosti dodavatelského řetězce potravin. Uskutečnění přání společnosti implementovat blockchain do celého dodavatelského řetězce Wal-Martu do značné míry záviselo na úspěchu obou prvních pilotních programů. První projekt vystopoval původ manga pěstovaného pro Wal-Mart, jelikož toto ovoce bylo náchylné

ke kontaminaci listerií a salmonelou. Druhý se týkal čínského vepřového průmyslu, jehož produkce dlouhodobě trpěla problémy s důvěryhodností.

Výsledky pilotních projektů demonstrovaly dle Hoffmana (2019) mnohé ze příslibů technologie blockchain:

1. Rychlost

Hoffman (2021) popisuje, že experiment s mangem začal, když Frank Yiannas, viceprezident Wal-Martu pro bezpečnost potravin, koupil nakrájené mango v pobočce Wal-Mart a požádal svůj tým, aby určil jeho původ. Tým dospěl ke správné odpovědi po sedmi dnech. Na konci zavádění projektu Mango mohli analytici dodavatelského řetězce určit stejnou odpověď za 2,2 sekundy. Zkrácením času potřebného k poskytnutí podrobností o původu produktu by Wal-Mart mohl ušetřit miliony dolarů v nákladech vyplývajících ze stahování vadných produktů z prodejen a ztrátám pramenících z obav spotřebitelů ze zdravotní závadlosti potravin.

2. Důvěra

Největší světový producent a spotřebitel vepřového masa, Čína, se v rámci dodavatelského řetězce historicky těšila velmi nízké důvěryhodnosti. Pobočky Wal-Martu k těmto problému aktivně přispívaly. V roce 2011 čelil Wal-Mart dle Hoffmana (2021) silné kritice za nesprávné označování běžného vepřového masa jako organického. Nahráním certifikátů pravosti do blockchainu však společnost mohla tento problém velmi spolehlivě odstranit.

3. Reputace

Wal-Mart dlouho zakládal svou pověst na nízkých cenách. Společnost nebyla známá jako technologický lídr a navzdory své ekologické a filantropické práci nebyla známa ani jako lídr v oblasti transparentnosti nebo ochrany spotřebitelů. Dle Hoffmana (2021) by se Walmart díky partnerství s IBM mohl etablovat jako lídr na trhu maloobchodních technologií a v oblasti transparentnosti dodavatelského řetězce. Spotřebitelé by mohli začít uvažovat o Walmartu nejen jako o možnosti

s nejnižší cenou, ale také jako o inovativní společnosti, která se stará o zdraví svých zákazníků.

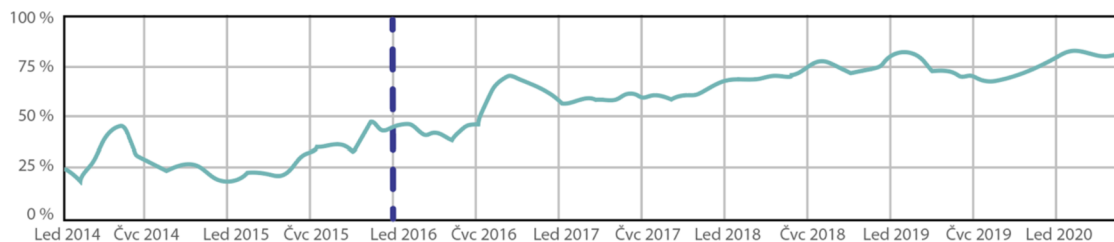
Park a Li (2021) uvádějí, že po úspěšném pilotním projektu pro dva výše zmíněné produkty požádal Wal-Mart všechny své dodavatele čerstvé listové zeleniny, aby používali implementovaný BT systém. Kromě toho společnost Wal-Mart rozšířila do konce roku 2018 BT síť o sledování původu potravin jako jsou jahody, kuřecí maso, jogurt a dětská výživa.

Tan a kol. (2018) tvrdí, že v současné době využití blockchainové technologie IBM Food Trust zlepšuje sdílení informací v zabezpečeném řetězci napříč celým dodavatelským řetězcem. Data uložená na veřejném blockchainu jsou přístupná všem a nelze s nimi manipulovat. To napomáhá ke zvyšování důvěry, bezpečnosti a transparentnosti v potravinovém dodavatelském řetězci Wal-Martu. Spotřebitelé jsou ze své perspektivy schopní pohodlně zjistit přesnější údaje o sledování jídla pomocí chytrých telefonů, což zvyšuje jejich důvěru v dané produkty.

Řešení IBM Food Trust se snaží podpořit spolupráci a bezproblémově propojit Wal-Mart se spotřebiteli, což ukazuje stakeholderům pozitivní přístup ke spolupráci a dosažení společenských zájmů (IBM, 2018). Proto je přijetí technologie blockchain pro Wal-Mart ideálním způsobem, jak využít kooperativních efektů prohloubením spolupráce napříč potravinářským průmyslem.

Dle Parka a Li (2021) přispělo nasazení systému IBM Food Trust k tomu, že Wal-Mart od roku 2016 vede v žebříčcích Centra pro biologickou diverzitu s nejmenším poměrem znehodnoceného jídla (poměr zlikvidovaného/prodaného jídla v tunách) mezi americkými supermarkety. Již v roce 2016 Wal-Mart dosáhl snížení odpadu likvidovaného na skládkách o 82 % na americkém a 71 % na celosvětovém trhu.

Park a Li (2021) vyzdvihují výrazný pozitivní dopad nasazení BT na hodnocení ESG udržitelnosti prováděné společností CSRHub, které od roku 2016 setrvale stoupá, jak je patrné z Obrázku 10.



Zdroj: Park, Li 2021

Obr. 10 Wal-Mart ESG rating 2014-2020

Mezitím proběhlo nasazení BT v oblasti nákladní přepravy v rámci kanadské odnože společnosti Wal-Mart.

Z pohledu Vitáskové a kol. (2022) je Wal-Mart dlouhodobě známý jako lídr v oblasti řízení dodavatelského řetězce. Ani toto prominentní postavení společnost nedokázalo izolovat od problému, který sužoval dopravní průmysl a logistické odvětví po celá desetiletí. Obrovské nesrovnalosti v datech fakturačního a platebního procesu nákladních dopravců vyžadovaly nákladné usilování o sladování informací a způsobovaly dlouhé zpoždění plateb. Wal-Mart Canada se tento problém rozhodl řešit nasazením BT sítě a vytvořením automatizovaného systému pro evidenci faktur a správu plateb od svých 70 partnerských nákladních dopravců.

Wal-Mart Canada dle Vitáskové a kol. (2022) doručuje ročně více než 500 000 zásilek do distribučních center a obchodů po celé Kanadě, a to jak pomocí své vlastní nákladní dopravy, tak i partnerských dopravců.

Samotná podstata přesunu obrovského množství zboží (z něhož se mnohé časem kazí) přes hranice, časová pásma a různá podnebí je obrovskou provozní výzvou. Každý dodávaný náklad vyžaduje sledovací datové body, jako jsou:

- místa zastávek,
- množství spotřebovaného paliva,
- a aktualizace teploty,

které je třeba nezávisle vypočítat a začlenit do každé faktury.

Jelikož těchto datových bodů, které je nutné zahrnout do faktury, je často více než 200, je jasně patrné, jak velké potíže nesrovnalosti v datech znamenají pro proces fakturace a placení. Protože 70 % faktur vyžadovalo kontrolu a manuální odsouhlasení,

docházelo ke zvýšeným transakčním nákladům a rostla nespokojenost dopravců čekajících na platby.

Analýza prováděná analytickým týmem Wal-Mart Kanada dle Vitasek a kol. (2022) identifikovala hlavní příčinu problému, kterou se ukázal fakt, že Wal-Mart Canada a jeho dopravci používali různé informační systémy. Přímá komunikace mezi těmito subjekty tak nebyla možná, což znamenalo nutnost manuálních schvalovatelských procesů, které jsou pracné, časově náročné a dochází při nich k chybám.

Walmart začal dle Vitáskové a kol. (2022) vážně uvažovat o blockchainu pro řízení dodavatelského řetězce na začátku roku 2016. Společnost Wal-Mart Canada navrhla automatizaci procesu vytvořením BT sítě, která by překonala problém nekompatibilních podnikových systémů a vytvořila by sdílenou "jednu verzi pravdy" pro všechny strany.

V této fázi se společnost musela vyrovnat s rizikem plynoucím z faktu, že blockchainová technologie dosud nebyla použita pro takto kritickou funkci v obchodním procesu velké komerční společnosti. Dále bylo potřeba uskutečnit volbu mezi veřejnou BT sítí po vzoru kryptoměn nebo soukromou BT sítí.

Pro konzultaci vhodného řešení se Wal-Mart Canada obrátil na společnost DLT Labs, která spolupracuje s IBM. Pro Wal-Mart Canada implementace BT řešení dle Vitáskové a kol. (2022) slibovala řadu výhod, včetně snížení rizik výskytu chyb v dodavatelském řetězci v krátkodobém i dlouhodobém horizontu. V dané době ale bylo k dispozici jen málo podnikových BT aplikací, zejména pak v měřítku vyžadovaném společností velikosti Wal-Martu. Vzhledem k absenci spolehlivé reference společnost věděla, že bude potřebovat důvěryhodného partnera ze svého dodavatelského řetězce, který bude plnit roli pilotního partnera a bude se aktivně podílet na vývoji nového řešení.

Pro tyto účely se k týmu pověřenému rozvojem sítě připojil Bison Transport, jeden z partnerských dopravců Wal-Mart Canada. Pilotní verze blockchainu, která zpočátku zahrnovala pouze Wal-Mart Canada a Bison Transport, byla spuštěna v lednu 2019. Uvedení do provozu bylo úspěšné a v březnu 2021 byla síť nazvaná DL Freight spuštěna pro zbývajících 69 partnerských dopravců. Systém průběžně shromažďuje informace na každém kroku — od nabídky volné kapacity dopravce až po potvrzení dodání a schválení platby. Tyto informace jsou automaticky zachycovány

a synchronizovány v reálném čase a jsou viditelné pouze pro strany zapojené do transakce. Jedná se tedy o příklad otevřeného soukromého blockchainu.

Podle všech měřítek je nasazení systému DL Freight ohromným úspěchem. Před jeho nasazením bylo sporných či obsahovalo chyby více než 70 % faktur. Dnes má méně než 1 % faktur nesrovnalosti a tyto spory lze v systému snadno označit a rychle vyřešit. Dny, kdy platby trvaly týdny nebo měsíce jsou pryč a dopravci nyní dostávají platby za doručení v rámci splatnosti faktur.

Vitásková a kol. (2022) na základě úspěšné implementace blockchainu ve společnosti Wal-Mart Canada doporučují 5 bodů, na které je třeba se při implementaci této technologie zaměřit.

1. Zapojení klíčových stakeholderů

Účast společnosti Bison Transport, disponujícím jedním z největších vozových parků nákladních vozidel v Severní Americe, umožnila projektovému týmu získat perspektivu problémů z pohledu dopravců. Implementační tým tak zjistil, jaké problémy identifikované dopravci je třeba vyřešit. To zajistilo, že řešení bude funkční nejen pro Wal-Mart, ale také pro jeho logistické partnery.

2. Analýza výhod a rizik soukromého vs. veřejného blockchainu

K veřejné BT síti se může připojit kdokoli, aniž by žádal o povolení. Umožňuje tedy neomezené prohlížení na ní uložených informací, eliminuje prostředníky a funguje nezávisle na jakékoli autoritě. Je vhodná pro poskytování digitálních spotřebitelských nabídek (např. NFT), kryptoměny a certifikaci informací, jako jsou tituly nebo profesní certifikáty.

Soukromé BT sítě, které vyžadují, aby strana měla povolení se k nim připojit, jsou pro komerční podniky mnohem vhodnější, protože přístup je omezen na ověřené stakeholdery. Konkrétní informace, které si vyměňují, mohou vidět pouze strany, které přímo spolupracují. To lépe vyhovuje bezpečnostním požadavkům na průmyslové úrovni. Z těchto

důvodů se Wal-Mart rozhodl použít soukromou síť postavenou na open-source platformě Hyperledger Fabric.

3. Dohoda na obchodních pravidlech a kalkulacích

Každý komplexní podnik má fixní i variabilní procesy a náklady, které nejsou stejné pro jakékoliv dvě společnosti. Základním předpokladem pro vytvoření BT sítě je přimět strany, aby souhlasily se všemi výpočty a obchodními pravidly, které bude síť používat.

Pro Wal-Mart a jeho dopravce to znamenalo pracovat s jedinečnými daty každého dopravce (jméno dodavatele, platební podmínky, trvání smlouvy a všeobecné podmínky), které jsou kombinovány s hlavními řídicími tabulkami, obsahujícími informace jako jsou sazby za palivo a daňové sazby. Stakeholderi se musí dohodnout na vzorcích, které bude blockchain používat k výpočtu každé faktury.

Blockchain DL Freight syntetizuje všechny datové body v reálném čase pro každou jednotlivou dodávku, přičemž bere v úvahu informace, jako jsou náklady na palivo, ujeté kilometry a zpoždění na místě dodání. Systém neustále vytváří průběžnou fakturu, do které se v reálném čase s narůstajícími náklady přidávají další položky (nebo dochází k aktualizaci již existujících položek).

4. Zabudování kontrolních mechanismů

BT síť umožňuje zabudování automatických kontrol sloužících jak pro prevenci chyb, tak pro identifikaci příležitostí ke zvýšení výkonu. Například informace dopravce o ujetých mílích a spotřebovaném palivu se automaticky porovnávají s daty internetu věcí (IoT) hlášenými z nezávislých zařízení na kamionech a jakákoliv nesrovnalost je okamžitě zvýrazněna.

Výsledkem těchto kontrol je samoučící se systém. Vzhledem k tomu, že mezi identickými počátečními a koncovými body v průběhu času cestuje více dopravců, historie výkonu dopravců se shromažďuje a automaticky porovnává s každou další cestou, což pomáhá

společnosti Wal-Mart i dopravcům optimalizovat jejich provoz (například identifikovat méně výkonné dopravce).

Finanční dopad kontrolních mechanismů přesahuje úroveň plateb. Systém automatizuje všechny finanční výpočty a průběžně je aktualizuje v průběhu celého procesu. Díky tomu lze zautomatizovat jakoukoli finanční službu, např. platbu splatných faktur dopravci, protože BT systém eliminuje využitím chytrých kontraktů potřebu schvalovacího procesu, ve kterém se zjišťuje, zda faktura neobsahuje nesrovnalosti a je připravená k proplacení. To umožňuje vysoce efektivní řízení pracovního kapitálu a vytváří trh pro finanční instituce, které nyní mohou zprostředkovávat platby v jakékoli fázi dodavatelského řetězce.

5. Zřící se ambice nahradit tradiční IT systémy

Zatímco tradiční IT systémy mohou být starší a rigidní, téměř vždy mají jedinečné silné stránky a data, která uchovávají, jsou cenná. Úkolem nově zavedené BT sítě tak není nahradit existující IT systémy u stakeholderů, nýbrž na tyto systémy navázat. Tato schopnost BT systémů je jednou z jejich zásadních výhod.

Za největší přidanou hodnotou BT platformy Vitasek a kol. (2022) považují bezprecedentní úroveň důvěry, kterou mezi Wal-Mart Canada a jejími dopravci vytvořila transparentnost celého dodavatelského řetězce. Původním cílem iniciativy bylo odstranit spory a plýtvání prostředky. BT řešení zároveň poskytlo Wal-Martu a jeho partnerům v dodavatelském řetězci poznatky, které vedly k zásadním provozním zlepšením.

Vitasek a kol. (2022) zdůrazňuje, že logistické oddělení je nyní například schopné určit, které konkrétní trasy jsou nejbezpečnější nebo nejlepší z hlediska času a spotřeby paliva, a optimalizovat přepravu dle vozidla, trasy, hmotnosti nákladu, a dokonce i optimálního času jízdy (tzn. ve dne nebo v noci). BT systém také pomohl zvládnout obrovskou výzvu sladit příjezd velkého množství kamionů v jeden okamžik. Neustálou aktualizací a automatickým sdílením očekávaných časů

příjezdu kamionů s distribučními centry nebo prodejny lze dodávky lépe koordinovat.

Na uvedených příkladech využití technologie blockchain společností Wal-Mart je dobře patrné, pro jaké podnikové procesy se hodí využití soukromého blockchainu (DL Freight pro logistickou divizi v Kanadě) a pro jaké naopak veřejného, jako je IBM Food Trust, využívaného spotřebiteli pro kontrolu původu potravin.

2.4 Lodní doprava

Vzhledem ke své těžkotonážní povaze podléhá lodní doprava značné setrvačnosti a vyžaduje pečlivé plánování, neboť kontejnerové lodě dopravují zboží na plavbách trvajících v řádech týdnů. Flexibilita v rámci tohoto odvětví tak není vysoká. V této kapitole budou popsány svízele současné lodní dopravy v rámci globálních řetězců a následně bude detailní pozornost věnována aplikaci blockchainové databáze pro správu těchto globálních dodavatelských řetězců, kterou nasadily společnosti IBM a Maersk.

2.4.1 Globální dodavatelské řetězce v lodní dopravě a jejich problémy

Prostřednictvím globálních dodavatelských řetězců (dále GSC) jsou zajišťovány dodávky přibližně 90 % veškerého zboží (Port Technology, 2017) a v roce 2017 jejich hodnota činila 17,73 bilionu USD (Světový statistický přehled 2018).

Podle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) mají GSC tyto 3 hlavní fáze:

1. Export zboží

Zboží určené k vývozu je zabaleno na palety a uloženo do kontejnerů na místě výroby v zemi původu. Kontejnery jsou poté přepravovány nákladními vozy nebo vlaky do námořního přístavu (označovaného jako přístav původu). Zde musí od místních úřadů získat povolení k vývozu, načež je provozovatel přístavního terminálu naloží jeřábem na kontejnerové lodě.

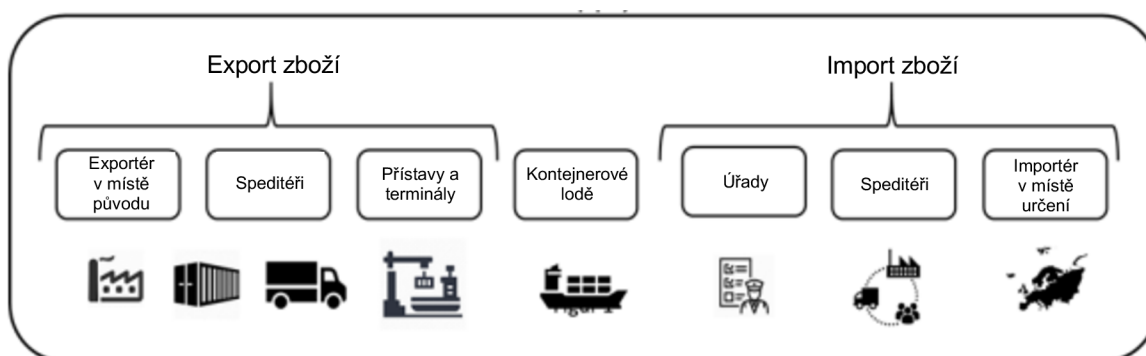
2. Přeprava po moři

Fáze plavby na kontejnerových lodích do země určení.

3. Import zboží

Před příjezdem do přístavu určení jsou kontejnery odbaveny lokální bezpečnostní službou. Po příjezdu jsou vyloženy z kontejnerové lodi provozovatelem přístavního terminálu, místní úřady (celní správa) povolí dovoz a poté mohou být naloženy na kamiony, vlaky, případně na čluny, pro dokončení přepravy prostřednictvím speditérů do konečné destinace.

Ilustrace průběhu GSC v lodní dopravě je zobrazena na Obrázku 11.



Zdroj: Jensen, Hedman a Henningsson (2019)

Obr. 11 Globální dodavatelské řetězce v lodní dopravě

GSC v lodní dopravě dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) trpí zejména těmito třemi problémy, které jsou příčinou jejich neefektivity.

1. Administrativní náklady

Roční administrativní náklady, vzniklé převážně zpracováním dokumentů, Anderson a Van Wincoop (2004) odhadují na přibližně 257 miliard USD, tzn. zhruba 22 % prodejní ceny všeho zboží procházejícího dodavatelskými řetězci.

2. Nepředvídatelná doba dodání

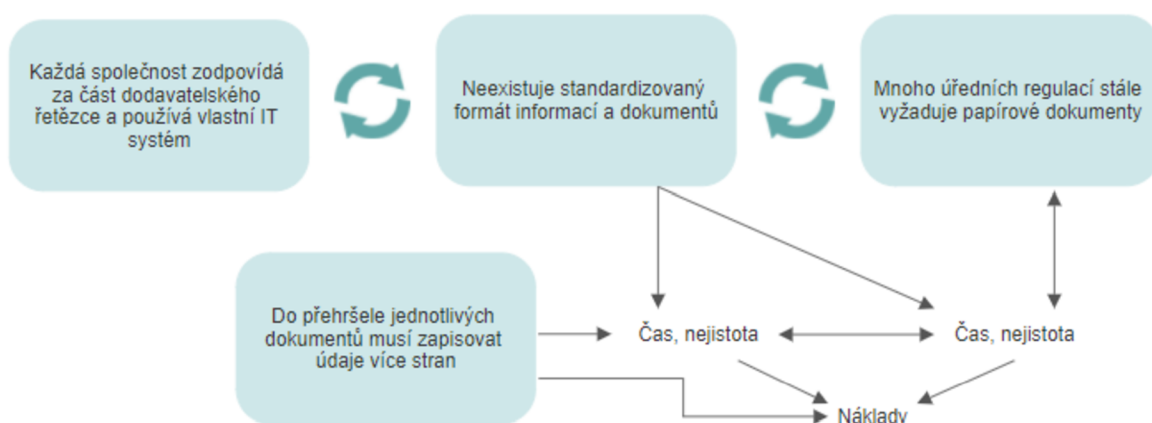
Obvykle nejsou skutečné časy doručení zboží známy až do okamžiku, kdy je zboží zpracováno ze strany úřadů, dopravců, provozovatelů terminálů, speditérů, případně bank. To nastává nejdříve 3 až 4 dny po příjezdu kontejneru do cílového přístavu. Kromě toho jsou v průměru tři z deseti kontejnerových lodí zpožděny o více než jeden den ve srovnání

s předpokládanou dobou příjezdu (běžně udávanou 3 týdny předem). To vytváří vysoký stupeň nejistoty.

3. Neagilní bezpečnostní procedury

Obavy o bezpečnost vedly k zavedení komplexních monitorovacích schémat, která zpomalují tok dodavatelského řetězce.

Pro výše popsané problémy v GSC lodní dopravy Jensen, Hedman a Henningsson (2019) identifikují 4 hlavní příčiny zobrazené na Obrázku 12.



Zdroj: Jensen, Hedman a Henningsson (2019)

Obr. 12 Příčiny komplikací v GSC s následky pro dodavatelské řetězce

1. Společnosti používají každá svůj vlastní IT systém pro správu dodavatelského řetězce

GSC zahrnuje velký počet účastníků. V případě přepravy zboží v kontejnerech z Keni do Evropy je to více než 30 účastníků. Každý účastník GSC má svůj vlastní IT systém pro sledování kontejnerů a toku dokumentů. Dokumenty běžně nedoprovázejí zboží, ale jsou zasílány samostatně kurýry – např. letecky. Přestože se jednotlivým účastníkům v průběhu let podařilo zlepšit své interní systémy, výše uvedené problémy jsou primárně spojeny s neefektivním tokem informací mezi jednotlivými partnery v dodavatelském řetězci.

Tento informační tok se běžně sestává z papírových dokumentů ověřovaných odpovědnými stranami, které potvrzují, že zasílané zboží

je v souladu s mezinárodními a národními zákony a normami. Přestože digitální informace pokrývající každý aspekt přepravy zásilky již existují, jsou obvykle uloženy pouze lokálně v IT systému každého účastníka GSC. Účastníci GSC nemají příliš možností a žádnou motivaci pro sdílení svých důvěrných digitálních dat. Je tomu tak zejména proto, že velká část z těchto dat jsou obchodně citlivé údaje a jejich neopatrné sdílení by mohlo ovlivnit tržní ceny nebo upozornit na nezákonné aktivity.

2. Neúspěšné pokusy o standardizaci dokumentů

Další příčinou neefektivity je, že dosud neexistuje žádný obecně uznávaný standard pro dokumenty týkající se obchodu na této úrovni. Absence norem znemožnila dostatečnou integraci účastníků GSC a vede k neshodám ohledně formátu a výkladu dokumentů souvisejících se zbožím, které cestuje po celém světě. Současná papírová forma dokumentace vytváří bezpečnostní rizika, způsobuje vysoké náklady a zapříčiňuje nejistotu týkající se dodacích lhůt. Problémy způsobené papírovou obchodní dokumentací jsou známé přinejmenším od roku 2000. Evropská unie (EU) se pokusila tyto problémy řešit například projektem ITAIDE (Informační technologie pro přijetí a inteligentní design pro elektronickou veřejnou správu) (Evropská Komise, 2010). Tento ani další projekty s cílem vytvoření společné informační infrastruktury nedokázaly přilákat globální zájem. Na mezinárodní úrovni vyvinula Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) normy dokumentů pro kontejnerovou přepravu ISO 9735 již v roce 1988. Funkčními standardy elektronické komunikace jsou X12 Electronic Data Interchange (EDI) a Context Inspired Component Architecture (CICA), vyvíjené ASC X12 od roku 1979 (ASCX 12, 2014).

Přestože jsou tyto normy jednoduše použitelné, dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) pouze málo z účastníků GSC jich, byť jen částečně využívá. Kromě úsilí standardizačních orgánů se někteří účastníci GSC (zejména velké přepravní agentury) pokusily vyřešit problém nedostatečné integrace rozvojem velkých centralizovaných

informačních infrastruktur a dohodou na standardech v jejích rámci. Tyto snahy měly pouze omezený úspěch. Jedním z příkladů může být INTTRA Ocean Trade Platform¹⁴, platforma pro elektronickou výměnu informací založená na EDI, která podporuje rezervace a pokyny pro přepravu pro námořní obchod.

3. Mnohé z dokumentů vyžadují zápis informací mnoha účastníky GSC

Námořní přeprava v dnešní době neznamená pouze přesun kontejneru z místa A na místo B, ale vyžaduje zároveň s kontejnerem přesunout více než 100 příslušných druhů papírových dokumentů. Mezi tyto klíčové dokumenty patří různé dodací listy, balicí listy, osvědčení o původu, obchodní faktury a vývozní licence. Jednotlivé organizace již digitalizovaly mnoho dokumentů a používají digitální verze interně k dosažení provozní efektivity. K elektronické výměně dat s ostatními účastníky GSC dochází dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) stále pouze velmi zřídka. GSC tak proto nadále spoléhají na rozsáhlé využívání velkého množství papírových dokumentů v kombinaci s e-maily, faxy a telefonními hovory.

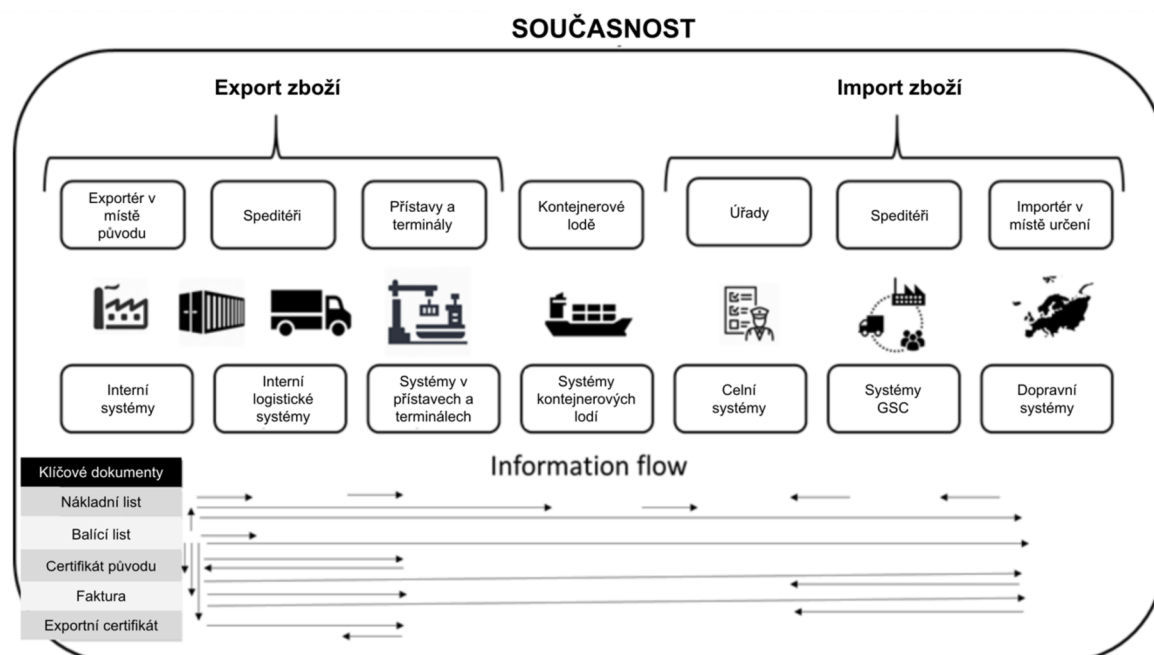
4. Mnoho předpisů stále vyžaduje papírové dokumenty

Další komplikací je, že místní úřady často vyžadují pro dostatečnou průkaznost dokumentu papírovou formu opatřenou fyzickými razítky a podpisy. Tyto dokumenty ke konkrétnímu kontejneru navíc v prostředí celních kontrol musí být k předložení do 15 minut od vyžádání zástupcem místního úřadu. Toto se týká i stále platných nařízení Evropské unie (Evropské hospodářské společenství, 1960).

Tyto dokumenty jsou dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) zasílány samostatně prostřednictvím leteckých kurýrů v době, kdy se kontejner se zbožím plaví po moři. Chybějící nebo nesprávný papírový dokument může doručení kontejneru zdržet o dny nebo i týdny.

Obrázek 13 ilustruje tok papírových dokumentů v rámci GSC v lodní dopravě pouze

pro 5 z požadovaných 100 dokumentů na příkladu 1 kontejneru čerstvých řezaných růží putujících z východní Afriky do Evropské unie.



Zdroj: Jensen, Hedman a Henningsson (2019)

Obr. 13 Tok papírových dokumentů v rámci lodní kontejnerové přepravy

Podle Port Technology (2017) bylo v roce 2017 odesláno více než 200 milionů TEU. Námořní doprava představovala 90 % celosvětového obchodu a kontejnerový průmysl zodpovídal za většinu tohoto provozu.

Podle Stokel-Walkera (2017) působily podvody v administraci v odvětví námořní dopravy ztráty ve výši 600 miliard USD ročně. Společnosti kvůli informační neefektivitě papírové dokumentace měly chabý přehled o stavu zboží, které se pohybovalo dodavatelským řetězcem. Komunikace mezi jednotlivými firmami byla často komplikovaná a nákladná.

2.4.2 Maersk, IBM a vývoj TradeLens

Původní operace společnosti Maersk se v první polovině 20. století soustředily na tzv. trampový obchod, který zahrnoval lodě, které neměly žádný pevný rozvrh a přepravovaly náklad na vyžádání zákazníků v přístavu. Na počátku 60. let se Maersk začal angažovat v oblasti těžby ropy a zemního plynu, pročež byla založena dceřiná společnost Maersk Oil. Během tohoto období začal také Maersk používat standardní 20stopý přepravní kontejner. Formát kontejneru podstatně snížil náklady na přepravu

zboží. Přestože energetická divize tvořila v roce 2016 23 % příjmů společnosti, Maersk se rozhodl přeorientovat pouze na svou divizi přepravy a logistiky. Maersk k tomuto datu působil ve více než 130 zemích a zaměstnával více než 88 000 lidí. Společnost pro rok 2017 vykázala roční tržby téměř 31 miliard USD. Nejvýznamnější obchodní jednotkou byla Maersk Line, největší kontejnerová přepravní společnost na planetě. V roce 2017 svěřilo Maersk Line doručování svého nákladu do téměř 350 přístavů napříč zeměkouli téměř 60 000 zákazníkům. Maersk zároveň provozoval i speditérskou společnost Damco, která poskytovala dodatečné služby včetně celního zprostředkování a řízení dodavatelského řetězce (Maersk 2016-2022).

V roce 2014 začaly dle Lala a Johnsona (2018) Maersk a IBM spolupracovat na zkoumání vlivu procesů souvisejících s papírovou administrativou na dodavatelské řetězce. Společnosti chtěly prozkoumat, zda by technologie IBM mohla pomoci vyřešit některé z problémů, které sužovaly globální obchod.

„Naše odvětví se stále silně spoléhalo na fyzické dokumenty, papíry a známky. Důvodem bylo to, že ve srovnání s mnoha technologiemi, které byly k dispozici v minulosti, to byl vlastně nejbezpečnější způsob podnikání. Vykazovaly větší odolnost vůči podvodům.“ popsal Vincent Clerc, ředitel obchodního oddělení Maersk (Lal, Johnson, 2018, str. 4).

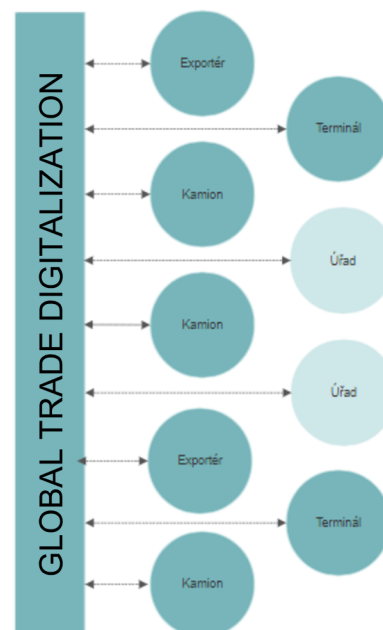
Již předtím IT oddělení Maersku dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) začalo s vývojem platformy SIP (Shipping Information Pipeline) pro sdílení informací mezi účastníky GSC. Na tuto iniciativu po zahájení spolupráce s IBM navázal vývoj PT (Paperless Trade initiative), která již byla postavená na blockchainové technologii.

V březnu 2017 Maersk a IBM oznámily, že plánují vytvořit platformu Global Trade Digitalization (GTD) pro celé odvětví nákladní lodní přepravy (viz Obrázek 14).

SOUČASNOST



BUDOUCNOST



Zdroj: vlastní tvorba, dle Lal, Johnson 2018

Obr. 14 GTD Výchozí a plánovaný stav

Tato platforma by organizacím poskytla bezpečné digitální řešení pro výměnu elektronických dokumentů a umožnila by větší transparentnost a přehlednost v dodavatelském řetězci.

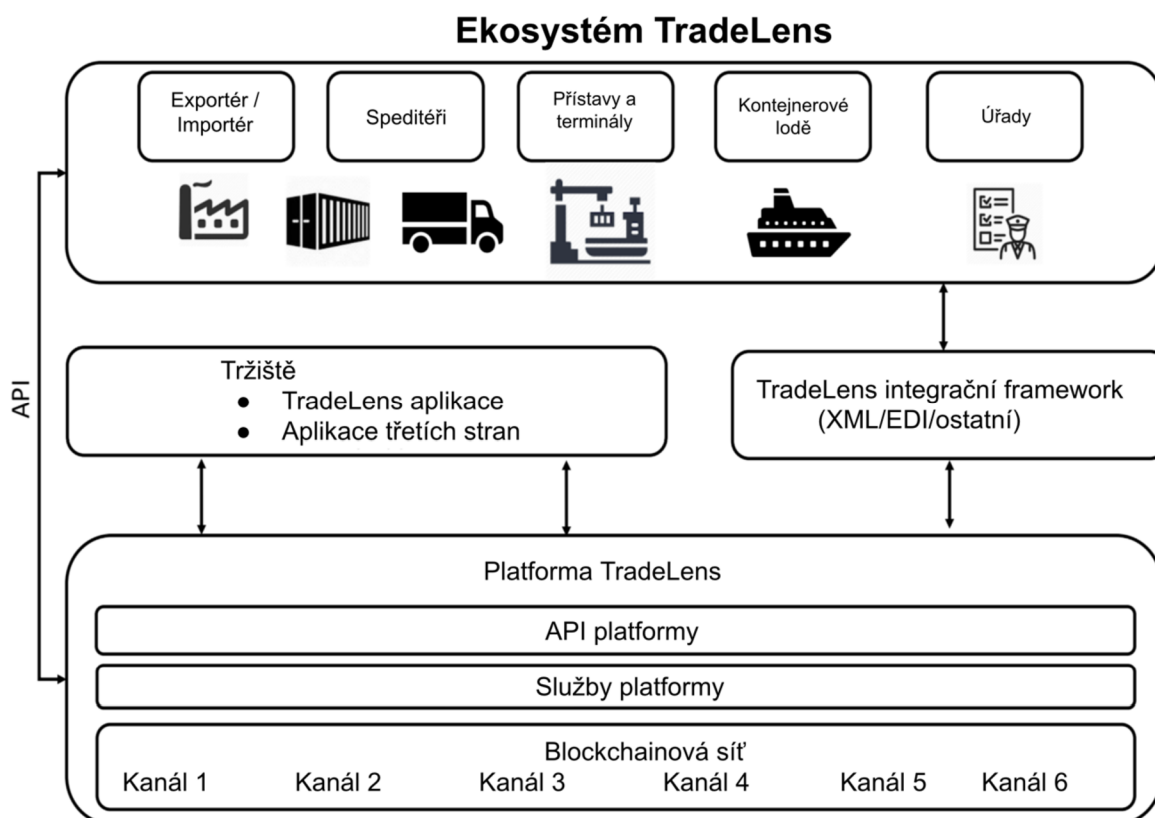
Tým společnosti Maersk se dle Lala a Johnsona (2018) domníval, že využití BT by mohlo pomoci zprůhlednit často matoucí dodavatelský řetězec. Blockchain by fungoval jako distribuovaná databáze, která by všem účastníkům globálního obchodu poskytla přístup k „jediné verzi pravdy“. Maersk a IBM se rozhodly spustit tuto novou platformu formou nezávislého společného podniku (joint-venture).

Lal a Johnson (2018) uvádí, že Maersk a IBM provedly řadu testů, ve kterých sledovaly přepravu množství různého zboží skrze mnoho tras. Společnosti chtěly podrobněji porozumět všem datovým bodům spojeným s přepravou zboží a dokumentům, které zboží doprovázejí. „*Nebylo příliš složité identifikovat, že globální dodavatelské řetězce jsou neefektivní. Dozvěděli jsme se, že problémy se vyskytovaly i tam, kde existovaly spolehlivé informace. Lidé měli problémy na mnoha místech v celém dodavatelském řetězci. Mnohokrát byly informace dostupné v místě původu, ale ne v místě určení. Byly chvíle, kdy se náklad zpozdil, i když byla dokumentace k dispozici. Prostě to nebylo ve správných rukou. Necháпали jsme, do jaké míry to může být velmi běžné.*“

komentoval vývoj testování Mike White, ředitel GTD za Maersk (Lal, Johnson, 2018, str. 4).

Po dokončení důkladného testovacího a vývojového procesu byl tým GTD 11. prosince 2018 schopen ohlásit, že jeho produkt bude komerčně dostupný pod značkou TradeLens. Toto řešení bude vlastněno a provozováno nově založenou společností stejného jména.

Základní komponenty TradeLens jsou stejné jako u iniciativy GTD (Obrázek 14), přičemž platforma SIP sleduje události a související informace o událostech a síťPT slouží pro autorizaci a kontrolu přístupu. Na Obrázku 15 je znázorněna architektura TradeLens.



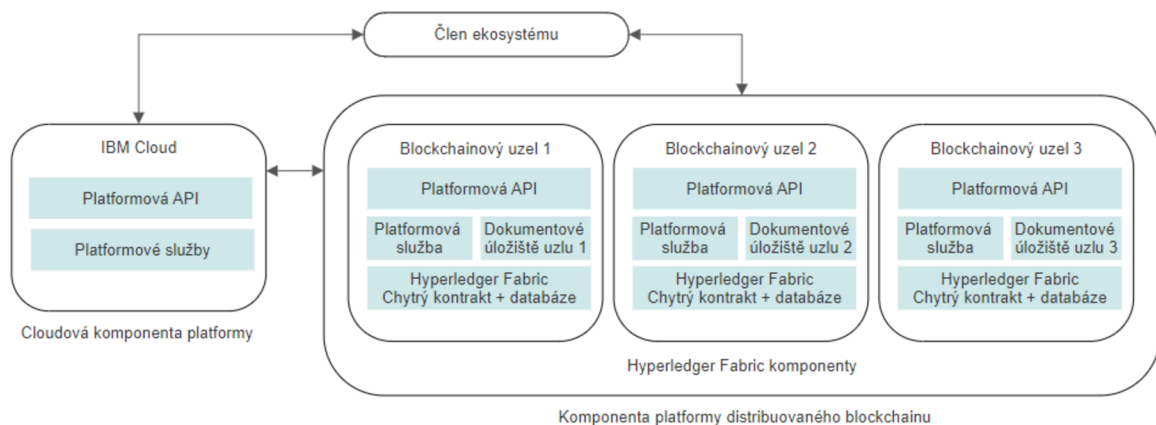
Zdroj: Jensen, Hedman a Henningsson (2019)

Obr. 15 Architektura TradeLens

Na ilustraci je patrné, že uživatelé ve vytvořeném ekosystému přistupují do společné BT databáze pomocí vlastních IT systémů prostřednictvím rozhraní API a/nebo skrze vyhrazené aplikace. Platforma TradeLens zahrnuje:

- platformní komponenty (platformní služby a platformová API)
- sadu distribuovaných uzlů blockchainu, které používají komponenty platformy,
- komponentu pro ukládání dokumentů.

Funkci databáze a chytrých kontraktů zajišťuje BT síť TradeLens komponenta Hyperledger Fabric30. Konsenzuální algoritmus je zajišťován komponentou Hyperledger Fabric Consensus (viz Obrázek 16), který detailněji zobrazuje komponentu blockchainu.



Zdroj: Jensen, Hedman a Henningsson (2019)

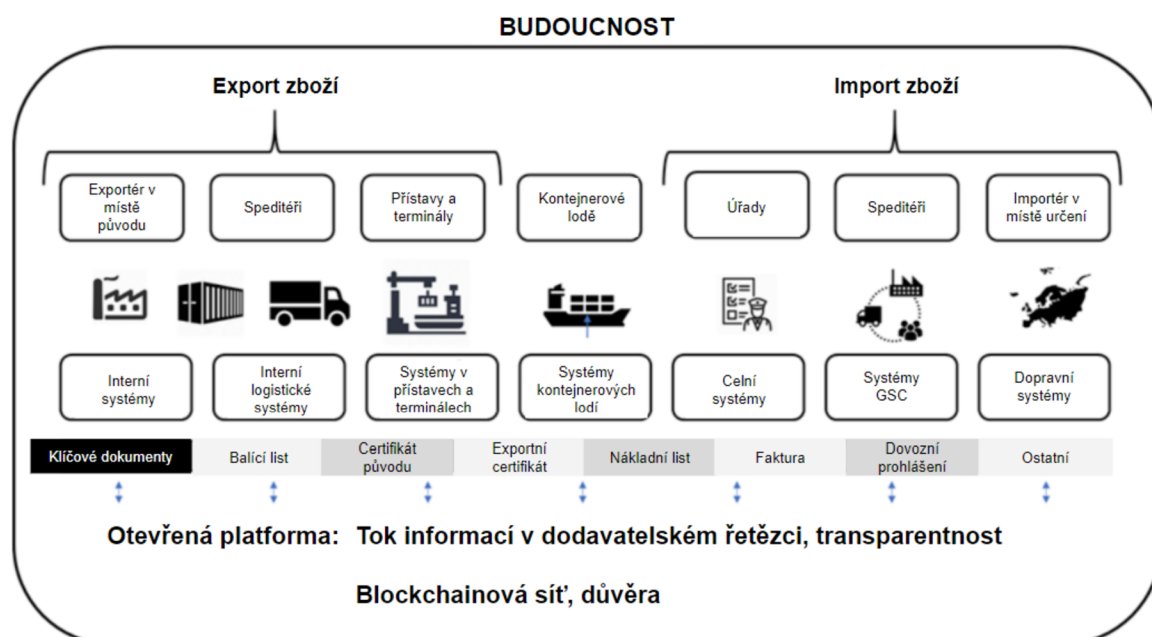
Obr. 16 Rozvržení blockchainové komponenty TradeLens

Jednotlivé uzly distribuovaného blockchainu mohou být hostovány a spravovány buď TradeLens nebo jiným uživatelem sítě (např. místní autoritou nebo námořním přepravcem) (Hyperledger, 2022). Tento přístup usnadňuje odstup mezi účastníky sítě, kteří mohou být v konkurenčním vztahu. Každý uzel obsahuje komponenty platformy blockchain spolu s vyhrazeným úložištěm dokumentů pro daný uzel. Pro společnost hostující každý uzel je vytvořen kanál Hyperledger Fabric a citlivé informace jsou distribuovány pouze těm uzlům, které se účastní daného kanálu.

Zabezpečená správa uživatelské autorizace zaručuje, že jednotliví účastníci mají přístup pouze k těm informacím, na která mají oprávnění. Dokumenty jsou uloženy pouze na jednom uzlu. Ostatní uzly na kanálu k nim mohou mít přístup na základě oprávnění.

TradeLens do budoucna přislíbujee možnost integrace s tradičními IT systémy, jako jsou např. ERP nebo systémy pro správu dodavatelských řetězců či skladového hospodářství. Zároveň jsou vítány snahy třetích stran vyvíjet nové aplikace pro toto

prostředí prostřednictvím standardu REST API. Budoucí vizi TradeLens jako otevřené a veřejné platformy ilustrují Jensen, Hedman a Henningson (2019) na Obrázku 17.



Zdroj: Jensen, Hedman a Henningson (2019)

Obr. 17 Vize TradeLens jako otevřené platformy

Významnou funkcionalitou sítě TradeLens jsou dle Botchieho a kol. (2022) chytré kontrakty, které zúčastněným stranám umožňují ulevit z tzv. vyjednávacích nákladů. Ty jsou v praxi velmi vysoké, neboť zahrnují intenzivní komunikaci mezi partnery a zároveň vyžadují aktivní monitoring trhu. Transparentnost, sledovatelnost a přesnost BT platformem může zeefektivnit uzavírání kontraktů a zároveň pomoci eliminovat chyby způsobené lidským úsudkem. To zajistí snížení nákladů na vyjednání i provozování kontraktu.

Dle Nayaka a Dhaiguda (2019) Maersk dokázal díky systému TradeLens ušetřit miliardy dolarů za několik málo let provozu.

Ačkoli TradeLens funguje a zefektivňuje procesy zúčastněných stran, tempo jeho přijímání dalšími účastníky GSC je dle Jensena, Hedmana a Henningssona relativně pomalé. Jelikož TradeLens je plně implementované a produkčním provozem ověřené řešení, důvody pro ostýchavost v jeho zavádění neleží v technické rovině.

Studie Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) identifikovala dva vzájemně související důvody, které jsou zodpovědné za pomalé nasazování platformy TradeLens dalšími účastníky GSC v lodní dopravě:

1. Obavy z nové technologie

První důvod se týká použití technologie blockchain jako součásti TradeLens. Dilema při komercializaci TradeLens spočívá v tom, že se potenciální účastníci zdráhají udělat první krok, a to sice implementovat řešení SIP dříve, než bude existovat funkční BT infrastruktura, ke které je možné jej připojit. Problém je, že nasazení SIP je podmínkou pro stabilizaci blockchainového řešení.

Vedle toho existuje komplikace s chybějícími standardy pro obchodní data. Existující komerční systémy (ERP) nedisponují rozhraním pro export do a import ze SIP. Nasazení SIP tak vyžaduje úpravy stávajících IT systémů potencionálních účastníků.

Dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) tyto standardy navíc v současné době neexistují ani v síti TradeLens, která si potřebu nových nebo upravených standardů uvědomuje a pracuje na nich. Zatím ovšem k dispozici nejsou a neexistence univerzálního standardu tak činí úpravy stávajících IT systémů pro potencionální zákazníky prakticky nemožné. Nastává tedy situace, ve které nikdo nechce riskovat investice do technologické infrastruktury, která se nemusí uchytit.

Klíčové pro rozvoj TradeLens je zapojení kritického množství účastníků, což nastartuje síťové efekty a podpoří nasazení u zbývajících účastníků GSC. Než se to podaří, bude růst pomalý. Jedná se o klasický problém, kterému čelí uživatelé nové komunikační technologie: nová technologie získává hodnotu teprve v momentě, kdy je přijata ostatními.

2. Nedůvěra v bezpečnost blockchainu

Druhý důvod pomalého přijetí souvisí s neochotou účastníků důvěřovat v blockchainové řešení jako takové. Potencionální účastníci se zdráhají vložit důvěru v to, že blockchainové řešení bude soukromé a uvěřit že

bude zajištěn přístup k jejich důvěrným dokumentem pouze oprávněným stranám.

Studie Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) identifikovala tyto dílčí důvody související s bezpečností sítě, proč se potencionální účastníci zdráhají zapojit se do blockchainového řešení:

- Mnozí z potencionálních účastníků jsou navzájem konkurenty, tudíž jsou z podstaty skeptičtí ke sdílení jakýchkoliv svých dat, a to zejména prostřednictvím otevřeně působící blockchainové platformy.
- Někteří klíčoví uživatelé místních úřadů nemají odvahu činit zásadní technologická rozhodnutí z obav o zachování svého zaměstnání.
- Místní regulace (např. výše zmiňované předpisy EU) obecně blokuje nasazení digitalizovaného řešení, neboť vyžadují papírovou dokumentaci.

O připojení celních a jiných orgánů místních vlád do systému rozhodují místní vlády. Do roku 2019 se k TradeLens dle Jensena, Hedmana a Henningssona (2019) přidaly pouze orgány Saudské Arábie, Kanady a Ruska. Klíčoví hráči, jako jsou USA a EU, zatím síť pouze testují. I v dimenzi samosprávných orgánů platí, že přijetí bude pravděpodobně pomalé, dokud nezačnou fungovat síťové efekty (dokud se nepřipojí kritické množství účastníků).

Maerskem a IBM vyvinuté řešení TradeLens je postavené na platformě Hyperledger. Jedná se o soukromou a otevřenou blockchainovou síť. Ustřední společností je zde TradeLens, joint-venture Maersk a IBM.

Z analýzy výše plyne, že důvěra v technologickou podstatu BT hraje klíčovou roli pro zapojení účastníků do daného systému. V tomto ohledu se BT potýká s univerzálním problémem každé nové technologie. I přes tyto komplikace TradeLens již nyní umožňuje globálním partnerům sdílet data v reálném čase, spolupracovat a využívat výhod digitalizace v globálním obchodu a vytvářet příležitosti pro strategické inovace, efektivitu a růst.

3 Potenciál využití blockchainu v logistice

Z analýzy stávajícího využití BT v logistických procesech plyne, že tato technologie znamená pro správu dodavatelských řetězců zásadní přínosy, ale její nasazení v praxi není bezproblémové a potýká se „porodními bolestmi“ obvyklými u většiny nových technologií tohoto měřítka. V této kapitole budou rozpracovány klíčové vlastnosti BT, jejich konkrétní přínosy pro vylepšení správy dodavatelských řetězců a rovněž bariéry, komplikující nasazení BT v momentální logistické praxi. Tato analýza bude provedena za použití metody SWOT.

3.1 Klíčové vlastnosti BT pro využití v logistice

BT disponuje několika klíčovými vlastnostmi a možnostmi, které jí činí přínosnou pro nasazení v logistických procesech. V této podkapitole budou popsány možnosti konkrétních přínosů této technologie při nasazení v logistických procesech.

1. Chytré kontrakty

Jedním z prvních kroků, které vyvolávají činnosti v rámci dodavatelského řetězce, je vytvoření smlouvy. Smluvní spory vyplývající z podvodu, nedorozumění nebo nesplnění podmínek mohou nejen zničit partnerství v rámci dodavatelského řetězce, ale také narušit činnosti dodavatelského řetězce jako takového a prodloužit dobu dodání zboží konečnému zákazníkovi o dobu řešení smluvního problému.

K řešení těchto problémů by dle Irannezhada (2020) mohlo výrazně přispět nasazení chytrých kontraktů, počítačových protokolů v rámci BT sítě, které umožní snadnější vyjednání kontraktu, spolehlivé ověření plnění podmínek nebo případně efektivní vynucení smluvních závazků pomocí automatických smluvních doložek (např. zajištění, kauce, vymezení vlastnických práv). Realizace smluvního vztahu tak může být dle Szaba (1997) plně automatizována.

Chytré kontrakty dle Rožmana (2019) disponují jednak samoověřovací funkcí, druhak i prostředky k automatickému vymáhání smluvních podmínek v blockchainovém prostředí za využití zástavního práva. Díky samoověřovacím

funkčním odpadájí náklady na sledování plnění smluvních podmínek, které jsou u tradičních smluv značně vysoké.

Conley (2018) tvrdí, že automatické vymáhání smluvních podmínek vede k efektivnějšímu dodržování smluv a potencionálně zkracuje a zpřehledňuje smluvní konflikty mezi zúčastněnými stranami. Chytré kontrakty totiž umožňují směnít peníze, majetek, akcie nebo cokoli hodnotného transparentním a nekonfliktním způsobem a zároveň se vyhnout službám prostředníka.

Singhal (2017) zastává názor, že dalším účinkem nasazení chytrých kontraktů je zkrácení trvání všech úkonů v rámci smluvního vztahu, tedy vyjednání smlouvy, sledování i vymáhání jejího plnění. Toto časové zefektivnění je dalším přispěním k zmenšení nákladů na vydržování smluvních vztahů.

Další benefitem je dle Dreschera (2017) důvěryhodnost uzavřených smluv podpořená transparentností BT sítě. Sdílená databáze umožňuje odhalit případné pokusy o podvod v reálném čase.

Caldarelli a Ellul (2021) zmiňují funkce BT věštkyň (blockchain Oracle), která poskytuje možnost napojit chytré kontrakty na zdroje informací vně BT systém. Zdroji informací mohou být jiné IT systémy (např. rejstříky veřejných institucí nebo systémy spravující tržní informace), libovolné aplikace, datové body zpřístupněné pomocí IoT nebo separátní analytické nástroje.

Využití smluvních kontraktů nabízí zjednodušení procesů a uspoření časových i finančních nákladů v oblastech:

- vyjednávání kontraktů,
- monitorování plnění smluvních podmínek,
- vymáhání smluvního plnění.

Tato automatizace dle Dhillona (2017) navíc může působit synergicky spolu s návaznými činnostmi obchodního plánování. To znamená například, že na automaticky verifikované plnění smluvních položek mohou navazovat jiné automatizované procesy v rámci podnikových systémů, např. objednání dalšího zboží, uskutečnění platby za danou

službu nebo dokonce automatického navázání dalšího chytrého kontraktu.

2. Sledování aktiv v dodavatelském řetězci

Min (2017) připomíná, že jakmile jsou aktiva (hmotná i nehmotná) - zaznamenána v BT síti, údaje o jejich vlastnictví jsou nepozměnitelné, pokud změnu neověří jejich vlastníci. Historické záznamy v plně digitální databázi vlastnictví v blockchainu nelze pozměnit, a tudíž nelze upravit historii vlastnictví.

BT síť funguje jako obecně přístupná databáze, která trvale sleduje a zaznamenává všechny aktivity související s jednotlivými položkami v dodavatelském řetězci. Vzniklá databáze tak nabízí přehled o kompletní historii jednotlivých položek, se kterou nemůže být manipulováno. Tím se výrazně usnadňuje sledování zboží, které se v řetězci pohybuje a mění majitele.

Dle Greena (2017) lze BT tedy využít ke sledování zásilek v rámci globálních logistických operací. Schopnost BT sledovat zásilku (tj. majetek) může snížit riziko ztráty a poškození během přepravy. Spolehlivost BT zajištěná kryptografickými nástroji prakticky znemožňuje komukoli manipulovat s přepravními štítky nebo nesprávně umístit zásilky během přepravy.

3. Bezchybné a rychlejší plnění objednávek

Díky plně elektronickým a snadno přístupným záznamům o zákaznících může dle Singhala (2017) BT urychlit procesy plnění objednávek v celém dodavatelském řetězci rychlým potvrzením kredibility zákazníků, kontrolou stavu vlastních zásob, ověřováním dalších finančních údajů a přehledem či automatických upozornění na stav objednávky (zásilky) v reálném čase.

To omezuje vytváření chyb při vyřizování objednávek a celkově urychluje proces dodání koncovému zákazníkovi od okamžiku objednání. K důvěře v dodací termíny přispívá i transparentnost BT

databáze, která zákazníkům (objednatelům dodací služby) umožňuje kdykoliv nahlédnout do databáze a zkontrolovat stav objednávky.

4. Kybernetická bezpečnost

Kyberkriminalita je v posledním desetiletí na vzestupu (Statista, 2022). Rostoucí hrozba kybernetické kriminality může dle Mina (2019) ochromit aktivity dodavatelského řetězce v roztažené síti dodavatelského řetězce. Navzdory nesčítelným snahám (např. antivirové nebo antimalwarové software, ochrana hesly, vícefaktorová ověřování, opatření pro upozornění na kyberhrozby) se s takovou hrozbou vypořádat, se riziko kyberzločinu nikdy nezmenšilo.

V tomto ohledu může být BT díky svým inherentním vlastnostem a podstatě založené na kryptografii velkým přínosem. Princip end-to-end šifrování prakticky odstraňuje možnost narušení integrity dat v rámci jejich přenosu, který navíc probíhá napřímo v rámci P2P sítě. BT je tak vynikajícím nástrojem pro zmírnění rizika kybernetické kriminality a hackingu. Díky těmto vlastnostem je BT spolehlivá pro zaznamenávání nejen výše zmíněných dat o přepravovaném zboží, ale i platebních a dalších finančních záznamů, a to v nepozměnitelné formě, která zároveň odpovídá auditním požadavkům.

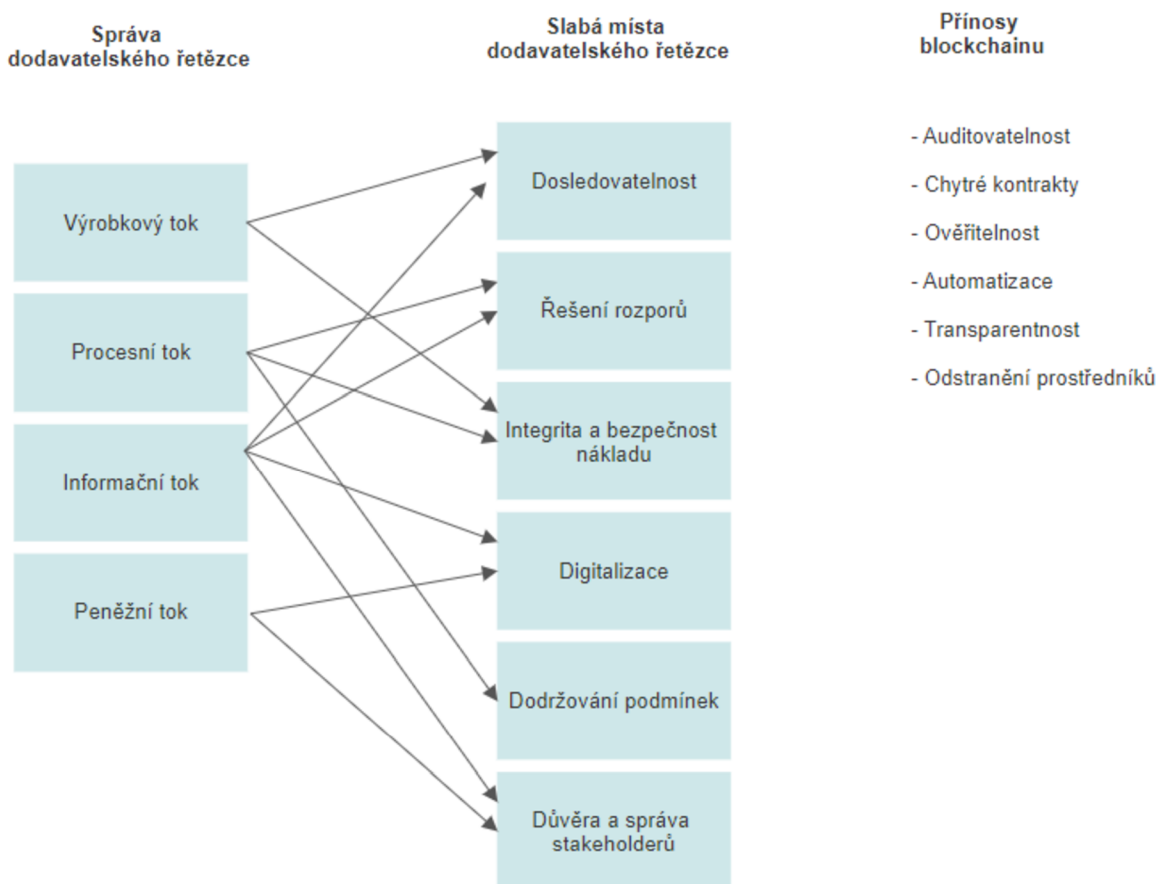
5. Transparentní dostupnost dat v reálném čase

Přístupnost veškerých dat zaznamenávaných na tzv. datových bodech v rámci dodavatelských řetězců znamená několik synergických efektů:

- zvýšení flexibility dodavatelských řetězců,
- zvýšení důvěry mezi jednotlivými články dodavatelských řetězců,
- zvýšení důvěry zákazníků v dodavatelské řetězce a původ zboží,
- spolehlivá auditní stopa zpřístupnitelná místním úřadům.

Všechny tyto efekty mají na práci s daty zjednodušující účinek, díky čemuž dochází zároveň ke snížení nákladů a ke zvyšování důvěry mezi články dodavatelských řetězců.

Přehled využití vlastností BT pro adresování “bolavých bodů” dodavatelských řetězců nabízí na Obrázku 18 Chang, Iakovou a Shi (2019):



Zdroj: Chang, Iakovou, Shi 2019

Obr. 18 Vlastnosti BT adresující bolavé body dodavatelských řetězců

3.2 Vyhodnocení využití BT v logistice – SWOT analýza

Na základě zjištěných a výše popsaných informací byla provedena analýza metodou SWOT v Tabulce 2. Bylo identifikováno 7 silných stránek, 2 příležitosti, 3 slabé stránky a 4 hrozby. Analýza tak potvrdila, že pro nasazení blockchainové technologie v logistických procesech převažují přínosy nad riziky. Rizika pro nasazení této technologie ale existují a není radno je podceňovat.

Tab. 2 SWOT Analýza

Silné stránky	Příležitosti
<p>S1 Odstranění nákladů na papírovou administraci</p> <p>S2 Odstranění nákladů na smluvní vztahy</p> <p>S3 Zvýšení důvěry ve vztahu dodavatel x zákazník</p> <p>S4 Zvýšení důvěry mezi partnery SC</p> <p>S5 Zvýšení flexibility SC</p> <p>S6 Zvýšení odolnosti SC</p> <p>S7 Zlepšení zabezpečení SC</p>	<p>O1 Rozvoj automatizace a rozmach IoT</p> <p>O2 Pandemická krize COVID-19 a její dopad na fungování dodavatelských řetězců</p>
Slabé stránky	Hrozby
<p>W1 Problém kritického množství uživatelů</p> <p>W2 Nutnost dosažení shody na odvětvových standardech</p> <p>W3 Vstupní náklady pro účastníky</p>	<p>T1 Nepřipravenost IT infrastruktury dodavatelů</p> <p>T2 Obavy z nové technologie</p> <p>T3 Neochota ke sdílení dat</p> <p>T4 Chybějící interoperabilita</p>

3.2.1 Silné stránky

Z analýzy stávajících využití BT v logistických procesech byly identifikovány tyto silné stránky BT řešení:

S1 Odstranění nákladů souvisejících s papírovou administrací

Papírová administrace spojená s přepravou zboží představuje dnes pro společnosti velkou nákladovou položku. Odstranění nebo zásadní redukce těchto nákladů přinese firmám velký ekonomický přínos a zároveň zásadně přispěje k hodnocení udržitelnosti daných firem, což má v dnešním právně-regulatočním prostředí rovněž zásadní význam pro ekonomicky zdravý vývoj společností.

S2 Odstranění nákladů na smluvní vztahy

Zvýšení efektivity v navazování, kontrolování a vymáhání smluvních závazků je velkým přínosem pro fungování jakékoliv společnosti. Firmy získávají nástroj, který jednak šetří personální náklady a druhak umožňuje automatizaci dosud manuálně řízených procesů. Tím se umožní jednak zásadní zrychlení řečených procesů, a zároveň i v podstatě úplné odstranění chybovosti v daných procesech, které jsou mnohdy zdrojem návazných prodlev v dodavatelském řetězci. Tyto prodlevy jsou dále zdrojem návazných ekonomických, ale i technologicko-výrobních potíží. Např. dojde-li ke smluvnímu sporu ohledně smluvené kvality přepravovaného plechu. Importér musí daný plech zadržet do doby vyjasnění sporu s nekomunikujícím partnerem z rozvojové země a objednatel, kupříkladu výrobce automobilů, nemá materiál pro výrobu karoserií, nemůže tudíž vyrobit a dodat vůz objednaný spotřebitelem.

S3 Zvýšení důvěry ve vztahu dodavatel x zákazník

Větší přehled zákazníka o stavu toku materiálu v dodavatelském řetězci může pozitivně přispět k jeho důvěře v danou společnost. Toto se primárně týká potravinářského průmyslu (viz nasazení IBM Food Trust v rámci Wal-Mart USA), ale může mít význam i v libovolném dalším odvětví, např. spotřebitel z příkladu v předchozím bodě díky jednoznačně důvěryhodné a snadno dostupné informaci o viníkovi prodlení nezanevře na danou automobilku.

S4 Zvýšení důvěry mezi partnery SC

Zvýšení důvěry se týká i vztahu mezi partnery v rámci jednoho dodavatelského řetězce, neboť potencionálně mají k dispozici řetězec informací až ke vstupu dané položky do odvětví na úrovni suroviny.

Např. automobilka z předchozího případu se tudíž může ujistit, že na vině není importér, nýbrž exportér z rozvojové země a nebude tak motivována rozvázat dodavatelský vztah s importérem. Může na něj ale například zatlačit s požadavkem, aby import probíhal ze spolehlivějšího právně-regulatorního prostředí.

S5 Zvýšení flexibility dodavatelského řetězce

Vzhledem k okamžitému přehledu o stavu nejen zboží, ale i přepravních médií díky vstupům prováděným na datových bodech, je možné na tato data ihned reagovat a to jak manuální zásahem operátora, tak prostřednictvím nastavení systému chytrých

kontraktů. Ty mohou na případné nesrovnalosti v materiálním toku reagovat automaticky a provádět vyvažování. Např. pokud je na některém stanovišti zjištěna vyšší než přípustná teplota v nákladovém prostoru kamionu převážející vejce, může chytrý kontrakt skrze BT síť a za předpokladu, že je chladicí systém v kamionu zapojen do IoT, automaticky snížit teplotu. Všechny tyto činnosti se odehrají bez jakékoliv zapojení operátora.

S6 Zvýšení odolnosti dodavatelského řetězce

Dnešní GSC jsou z hlediska plánování postaveny často velmi rigidně. Obvyklou praxí je velmi neflexibilní a nedynamické plánování, které je velmi náchylné na otřesy způsobené nepředvídatelnými událostmi, které se objeví vně GSC systém (pandemie, politické události apod.). K těmto otřesům dnešní metodika správy dodavatelských řetězců přistupuje reaktivně, tzn. za pomoci metod krizového managementu. BT sítě nabízejí technologicko-metodické možnosti, jak v P2P prostředí vysledovat rizika a včasným upozorněním zdůraznit riziko problému před jeho skutečným výskytem. To umožňuje prediktivní přístup ke správě rizik.

S7 Zlepšení zabezpečení dodavatelského řetězce

BT síť je odolná proti hackerům, neoprávněné manipulaci a disponuje nepozměnitelnou databází. BT síť také nabízí náhled do distribuované databáze obsahující záznamy všech transakcí pro všechny uživatele v P2P síti, přičemž tyto historické záznamy zůstávají navždy zaznamenány v původním stavu a jsou tak plně důvěryhodné.

V rámci globálních dodavatelských řetězců jsou obsaženy interakce:

- mnoha druhů obchodních operací prováděných,
- mnoha druhy subjektů napříč,
- mnoha různými zeměmi (a tedy regulačními a obecně právními prostředími).

Množství možných a prováděných interakcí mezi velkým počtem subjektů za různých podmínek, daných mnoha různými prostředími, znamená, že jsou dodavatelské řetězce velmi zranitelné. Změna jakéhokoliv ze zmíněných faktorů může dodavatelské řetězce v kterémkoliv bodě narušit, přičemž toto bodové narušení vyvolá setrvačností efekt ovlivňující všechny následné články daného řetězce.

BT umožňuje díky principu nepozměnitelnosti záznamů v distribuované databázi přinést do tohoto košatého systému prvek stability. Sdílená data jsou nepozměnitelná a jejich uložení v databázi je tak zcela bezpečné. Díky kryptografickým metodám jsou data bezpečná proti napadení zvenčí i proti případnému pozměnění účastníky sítě s nekalými úmysly.

To spolu s prvkem transparentnosti znamená, že tato data jsou přístupná všem autorizovaným uživatelům BT sítě, což zvyšuje vzájemnou důvěru.

3.2.2 Slabé stránky

Z analýzy stávajících využití BT sítí v logistických procesech byly identifikovány tyto slabé stránky BT řešení:

W1 Problém kritického množství uživatelů

Do zapojení určitého množství partnerů z daného dodavatelského řetězce jako účastníků BT sítě není systém zcela využitelný. Stávající uživatelé sice mohou ukládat svá data do existující BT databáze, ovšem není využito efektu přístupu ostatních článků dodavatelského řetězce a zároveň již zúčastněné společnosti nemají přístup k datům dosud nezúčastněných. Vzhledem k tomu není možné digitalizovat výměnu dat, takže ta musí stále probíhat paralelně v papírové formě. Dokud nejsou zapojeny do BT sítě obě smluvní strany, není ani možné nasazení chytrých kontraktů.

W2 Nutnost dosažení shody na odvětvových standardech

Předpokladem nasazení BT je shoda na parametrech dané BT sítě. Jelikož primárním účelem implementace BT je unifikace procesů pro zvýšení jejich efektivity, je nutnou podmínkou dosažení jednotné metodiky v rámci vytvořeného BT systému. Vzhledem ke slabé úrovni standardizace v GSC je tento předpoklad pro většinu společností významnou komplikací, protože je od nich vyžadován přechod na jiné standardy, než které v současnosti využívají. To je problém i z toho důvodu, že interní standardy bývají navrženy na míru procesům dané společnosti. Nalezení 100% shody na společných standardech v rámci GSC je takřka nemožné, tudíž bude ze strany mnoha společností vyžadováno přizpůsobení se standardům, které pro ně nejsou přirozené. To snižuje motivaci a ochotu k připojení se k vytvářenému BT řešení.

W3 Vstupní náklady pro účastníky

Ani zavedení technologie BT není bez nákladů, neboť potenciální účastníci BT sítě musí přizpůsobit své IT systémy k připojení na BT. To se týká především přizpůsobením standardům platným v BT síti. Určité náklady představuje i vývoj a implementace aplikačních konektorů, náklady na samotné připojení nejsou zásadní.

3.2.3 Příležitosti

Z analýzy stávajících využití BT v logistických procesech byly identifikovány tyto příležitosti umožňující podporu rozvoje BT řešení:

O1 Rozvoj automatizace a rozmach IoT

Rozvoj automatizace výroby za použití robotických nástrojů spolu s využitím IoT dramaticky rozšiřuje síť datových bodů, tedy potenciálních datových vstupů do BT sítě. Tyto datové vstupy mohou pro BT síť plnit roli tzv. blockchainové věštkyně (BT Oracle), tzn. datového vstupu vně BT systému. Čím více těchto vstupů BT síť má, tím více využití nabízí. Datové vstupy jsou relevantní především pro funkcionalitu chytrých kontraktů, které je mohou využít pro:

- spuštění vyjednávacího procesu pro nový kontrakt (např. indikace senzoru značícího kritický stav zásoby určitého dílu a návazné automatické objednání),
- sledování plnění podmínek platného kontraktu (např. kontrola teploty hlášené čidly z nákladního prostoru kamionu přepravujícího potraviny),
- vymáhání podmínek platného kontraktu (např. kontrolní čidlo ve válcovně zjistí nadlimitní počet defektů, načež BT systém automaticky odešle výtku dodavateli),
- automatické potvrzení ukončení kontraktu a provedení platby (např. váhové čidlo po návozu suroviny potvrdí správné množství, načež chytrý kontrakt provede automatickou platbu dodavateli).

O2 Pandemie COVID-19 a její dopad na fungování GSC

Pandemie COVID-19 je těžkou zkouškou pro již tak napínané a neefektivitou trpící GSC. Tato situace vytváří kromobyčejný tlak na zvýšení všeobecné efektivity těchto řetězců. Koronavirová pandemie navíc z hygienických důvodů ještě více komplikuje stále převládající papírovou administrativu, jejíž spolehlivé nahrazení BT sítě umožňují. Kvůli nepředvídatelnosti hygienických opatření určovaným státními orgány nezávisle v každém státě, který tvoří prostředí pro tok GSC, se zvyšuje tlak na

vylepšení flexibility GSC tak, aby materiálové toky byly přizpůsobitelnější měnícím se podmínkám. Zároveň s tím se zvyšuje tlak na odolnost GSC stále méně předvídatelným rizikům.

Pandemická krize je tak možné vnímat jako ideální nástroj pro motivaci firem zapojit se rozvoje BT sítí, neboť ty zejména díky vysoké flexibilitě a odolnosti znamenají vhodný nástroj pro boj s pandemií nebo jinými nepředvídatelnými událostmi.

3.2.4 Hrozby

Z analýzy stávajících využití BT v logistických procesech byly identifikovány tyto faktory ohrožující rozvoj BT řešení:

T1 Nepřipravenost IT infrastruktury dodavatelů

Hrozbou pro plynulé zavádění BT sítí u menších článků struktury GSC (tedy nikoliv ústředních společností) je stav podnikové IT infrastruktury. V IT systémech je jednak nutné docílit standardizace tak, aby formát výstupních dat z podnikových IT systémů byla kompatibilní s datovými formáty užívanými v rámci BT sítě. Provedení takovéto standardizace vyžaduje jednak vysoké náklady, a druhá často i zásadní změny metodiky, na které podniky nejsou připraveny a znamenají pro ně velkou organizační zátěž. Vedle toho je nezbytně nutné investovat i do vývoje konektorů mezi podnikovými systémy a BT sítí. Tyto konektory nejsou v současné době standardizovány, neboť pro každý podnikový IT systém je třeba vlastní konektor.

T2 Obavy z nové technologie

Bariérou pro zavedení BT v systému dodavatelských vztahů je často neochota potencionálních účastníků vynaložit nezbytné náklady nutné pro úpravu vlastního IT řešení tak, aby bylo možné uskutečnit zapojení do odvětvového BT řešení. Tato neochota plyne z toho, že potencionální účastníci nemají plnou důvěru v to, že se platforma na bázi BT uchytí jako odvětvový standard, což má cyklický efekt (nedůvěra v uchycení -> nezapojení kritického množství účastníků -> neuchycení BT).

T3 Neochota ke sdílení dat

Neochota ke sdílení dat úzce souvisí s implicitní nedůvěrou v BT jako takovou. Blockchain předchází pověst otevřené platformy a u mnoha potencionálních účastníků a laické veřejnosti dochází ke sjednocování těchto pojmů např. s Bitcoinem. To poté vyvolává mylný dojem absolutní transparentnosti („všichni vidí všechno“), přestože

v soukromém blockchainu existuje transparentnost pouze selektivní („přístupné je to, k čemu má uživatel autorizaci“).

V rámci GSC existuje mnoho subjektů ve vzájemně konkurenčním vztahu. Tato vnitro systémová rivalita vede k obavám ke sdílení jakýchkoliv dat, a to zejména v typu databáze, kterou předchází příslib všeobecné transparentnosti.

T4 Chybějící interoperabilita

V současné době neexistují standardy elektronické komunikace mezi BT platformami. Navázání komunikace mezi různými BT sítěmi je tak velmi komplikované. Zajištění interoperability mezi jednotlivými sítěmi tak, aby BT sítě mohly být zaváděné na co nejnižší úrovni (i vnitropodnikové) a zároveň byla zajištěna možnost využití chytrých kontraktů mezi BT systémy tak zůstává klíčovou podmínkou pro další rozmach implementací BT sítí.

3.2.5 Adresnost komponentů SWOT

V následujícím textu bude pozornost věnována interakci jednotlivých bodů z oblasti silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb definovaných v úvodní fázi SWOT analýzy. Analyzovány budou souvislosti daných bodů, přičemž bude stanoveno, v jakém vztahu k sobě určené body figurují.

Prezentován bude výběr kombinací bodů, které:

- nabízejí pozitivní synergii (Silné stránky vs. Příležitosti),
- představují nástroj usnadňující nasazení BT (Silné stránky vs. Hrozby),
- znamenají negativní synergii (Slabé stránky vs. Příležitosti),
- tvoří nebezpečí pro aplikaci BT technologie (Slabé stránky vs. Hrozby).

Silné stránky vs. Příležitosti

Vliv rozvoje IoT a automatizace na odstranění nákladů na smluvní vztahy

Rozšíření možného využití chytrých kontraktů je podpořen stále vzrůstajícím počtem datových vstupů do BT sítí díky rozvoji IoT. V praxi to znamená stále zvyšující se počet datových bodů v logistických procesech, tzn. umístování senzorů napojených na internet a předávajících do systému aktuální data v reálném čase.

Vliv rozmachu IoT na důvěru ve vztahu dodavatel x zákazník

Vliv rozvoje IoT může mít pozitivní dopad na důvěru v rámci vztahu zákazníka a dodavatele, jelikož zákazník tak získává v rámci BT sítě přístup ke strojově získaným, a tedy nemanipulovatelným a přesným, datům přímo zevnitř dodacího procesu. Jelikož si zákazník takto může snadno ověřit důvěryhodnost dat poskytovaných dodavatelem, bude dodavatel poskytovat důvěryhodná data.

Vliv rozmachu IoT na důvěru mezi partnery SC

Podobně jako ve vztahu mezi zákazníkem a dodavatelem může masivní nasazení automatizovaných senzorů výrazně přispět k větší transparentnosti ve vztahu jednotlivých partnerů dodavatelských řetězců. Partnerům se nabízí dokonalý souvislý přehled o průběhu nákladu řetězcem a mohou tedy identifikovat případné nesrovnalosti v nakládání se zbožím. To umožňuje omezení průběžných kontrol, neboť je vždy zcela jasně zpětně dohledatelné, kdy a na jakém místě dodavatelského řetězce došlo k znehodnocení zboží. Tím odpadají i možné konflikty mezi jednotlivými partnery v rámci SC.

Vliv pandemické krize COVID-19 na zlepšení flexibility, odolnosti a zabezpečení dodavatelských řetězců

Pandemie COVID-19 představuje komplikace pro fungování GSC, neboť zcela odhaluje jejich slabá místa. Ze stejného důvodu právě proto může působit jako motivační faktor pro zavedení BT systémů, nabízí spolehlivé řešení, jak tato slabá místa ošetřit. To se týká především faktorů stability dodavatelské řetězce vyjádřených v bodech S5, S6 a S7 jako flexibilita, odolnost a zabezpečení. Představa stabilních a nevyhýlitelných dodavatelských řetězců, na které je navázána výroba a dodávky koncového zboží byla klíčovým prvkem globalizace obchodních vztahů. Tomuto prvku pandemie zasadila ničující demoralizační ránu a je tudíž v zájmu ekonomické stability podniků, které jsou na GSC navázané, podpořit technologie, které větší odolnost, flexibilitu a bezpečnost GSC zajistí.

Silné stránky vs. Hrozby

Snížení obav z nových technologií pomocí zvýšení důvěry mezi partnery SC

Silnou stránkou BT systémů je selektivní transparentnost dat, tzn. že účastníci BT sítě mohou sami určit, co s ostatními sdílejí za informace a co ne. I mezi konkurenty tak může dojít ke sdílení dat, která nejsou zcela důvěrná, ale která přispějí k vybudování

důvěry mezi těmito články dodavatelského řetězce. Toto může u členů SC, kteří mají obavy z pověstí o transparentnosti BT řešení pomoci tyto obavy překonat.

Kompenzace investic do IT infrastruktury snížením administrativních nákladů

Nutné náklady na přizpůsobení existující infrastruktury pro napojení do BT sítě mohou být vykompenzovány úsporou nákladů na správu certifikací, dovozních povolení a další nyní výhradně v papírové verzi probíhající administrace. Díky zavedení chytrých kontraktů může dojít i k významné úspoře nákladů na správu smluvních stavů.

Slabé stránky vs. Příležitosti

Tlak na zapojení účastníků do BT sítí způsobený pandemickou krizí

Globální pandemická krize může mít silný motivační efekt na veskrze menší subjekty váhající z rozličných důvodů nad připojením k BT platformám. Tyto subjekty trpí krizí GSC relativně nejvíce, neboť nedisponují kapitálovými rezervami větších společností. Výhody BT sítí eliminující dopady pandemické krize tak pro ně mohou být velmi lákavé. Zapojení těchto subjektů je zásadní pro dosažení kritického množství uživatelů, které zajistí optimální fungování BT systémů.

Tlak na unifikaci odvětvových standardů způsobený pandemickou krizí

Motivační efekty vyvolané pandemickou krizí mohou mít pozitivní vliv na ochotu zúčastněných stran dospět ke shodě na odvětvových standardech, což je jeden z dosud nenaplněných předpokladů širokopásmového zavedení BT systémů v rámci GSC.

Motivace investovat do přechodu na BT řešení způsobená pandemickou krizí

Motivace vymanit se ze zranitelnosti způsobenou nestabilitou GSC, která se plasticky projevuje v období pandemické situace může mít dostatečně vysoká na to, aby pomohla překlenout nechuť firem investovat prostředky do předpokladů nutných pro zapojení k BT síti.

Slabé stránky vs. Hrozby

Vliv nepřípravených IT infrastruktur u dodavatelů na dosažení kritického množství uživatelů

Nepřípravenost IT infrastruktur je nepříjemnou překážkou pro zapojování firem do BT sítí a tudíž ohrožuje dosažení kritického množství uživatelů. Jedná se nejen o ekonomický (nákladový) problém, nýbrž i o organizační. Jako takový bude pro svoje řešení vyžadovat, i v případě dostatečné motivace, především čas, který podniky k provedení potřebných změn budou potřebovat.

Vliv nepřípravených IT infrastruktur u dodavatelů na dosažení kritického množství uživatelů

Problém nepřípravenosti IT infrastruktur jednotlivých podniků silně souvisí s nevyužíváním odvětvových standardů formátu dat ze stran řečených podniků. V praxi tyto systémy užívají vždy vlastní standardy, které byly v rámci IT systémů vytvořeny za nemalých investic a podniky se jich nechtějí vzdát.

Vliv obav z nové technologie na unifikaci odvětvových standardů

Nedůvěra v novou technologii, specificky v to, že se z BT sítí stane nový standard, mohou ovlivňovat ochotu firem přecházet na nově unifikované standardy, neboť mohou mít obavy z toho, aby se nejednalo o zbytečnou investici.

Vliv neochoty ke sdílení dat na dosažení kritického množství uživatelů

Neochota sdílet data způsobuje, že není dosaženo kritického množství uživatelů, které je hranicí pro to, aby sdílení dat v rámci BT systému bylo skutečně efektivní.

Nepřípravenost IT infrastruktur zapříčiňující vysoké vstupní náklady

Nepřípravenost IT struktur potencionálních účastníků BT sítí je přímo zodpovědná za vstupní náklady firem, které o připojení k BT sítím uvažují. Tyto náklady jsou o to větší, čím starší IT systémy jsou ve firmách využívány. Paradoxně tak může docházet k situacím, kdy firmy, které IT řešení implementovaly dříve, mají vyšší potencionální náklady pro vstup do BT sítě než společnosti, které disponují novější, modernější infrastrukturou. Vstupní náklady se sestávají jak z přizpůsobení vnitřních procesů, tak z vývoje potřebných aplikačních konektorů.

Chybějící interoperabilita vedoucí k dalším nákladům při zavádění

Další vstupní náklady pro účastníky vznikají v případě ambice propojení více BT platforem mezi sebou navzájem.

3.3 Potenciál budoucího vývoje BT

Technologie blockchainových databází nabízí celou škálu klíčových vlastností a možností, které jí činí vhodnou pro použití v logistických procesech, a to zejména na úrovni správy dodavatelských řetězců. Její klíčové vlastnosti, jako je selektivní transparentnost či bezpečnost dat zabezpečená pokročilou kryptografií, umožňují vytváření komplexních systémů pro správu dat, které jsou násobně efektivnější než dosud používané praktiky.

K vyšší efektivitě logistických procesů mohou také zásadně přispět chytré kontrakty. Pokud je tento nástroj zaveden ve fungujícím BT prostředí, jedná se o obrovský automatizační přínos, který umožní nahradit spoustu rutinních a dosud manuálně prováděných procesů při přepravě zboží či materiálu.

Praktické využití BT v logistických procesech se tak v blízké době dá očekávat zejména v rámci masivních odvětvových platforem typu TradeLens pro lodní dopravu. Příklad inovativního řešení kanadské divize retailového řetězce Wal-Mart ale ukazuje, že toto řešení je dostupné i pro menší subjekty, které spravují komplikované logistické procesy. Lze předpokládat, že na podobné úrovni je tedy zavedení BT možné i v tuzemském prostředí. Pro tyto účely již byla zřízena platforma Blockchain Republic navazující na iniciativu EBSI (EBSI, 2022). V současné době se tato organizace zaměřuje zejména na diskuzi a propagaci BT v Česku. Konkrétní plány nasazení této technologie v českém prostředí v tuto chvíli nejsou známy.

Jako u každé nové technologie i zavádění BT provází komplikace způsobené kromě jiného nutnými vstupními náklady, neochotou měnit zaběhlé pořádky či obavami z uchycení nové technologie jako nového standardu.

V následujících odstavcích je poskytnut náhled 4 eventualit, které by mohly zavádění BT v logistických i jiných procesech v budoucnu zásadně ovlivnit.

Zapojení státních orgánů

Problém dosažení kritického množství uživatelů by mohl být řešitelný dohodou o hromadném zapojení státních orgánů do systémů. Taková dohoda by byla možná pomocí politické shody a zajistila by jak samotné zapojení velkého počtu nových účastníků do BT sítě (samotných orgánů státních správ), tak zvýšení důvěry u ostatních, soukromých, potencionálních účastníků.

Vytvoření meziodvětvových platforem

V současné době probíhá nebo je uvažováno nasazení BT v rámci dodavatelských řetězců nadnárodních firem s velkým dosahem, nebo lépe v rámci celých jednotlivých odvětví. Skutečného potenciálu BT bude ale dosaženo teprve, až dojde k nasazení této technologie napříč jednotlivými odvětví, např. těžební + lodní přeprava + strojírenská výroba (například automotive). Tím dojde k absolutnímu propojení dodavatelských řetězců, ve kterých bude vyhledatelná cesta od samotného výrobku „na pultu“, až po „díru v zemi“, ze které byly vytěženy suroviny použité na jeho výrobu.

Prolomení šifer

Prolomení užívaných šifrovacích protokolů by pro využití BT znamenalo fatální ránu. Dá se předpokládat, že po objevení nástroje na prolomení dnešních 2048bitových RSA šifer by se šifrování BT rychle přizpůsobilo novému standardu. Provedení složitějšího zašifrování z technické podstaty není problém. Složitější šifrování by mohlo potencionálně vést k celkovému zpomalení sítí, ale pokud bude zachován exponenciální vývoj navyšování výpočetní kapacity dle Moorova zákona² nebo pokud by skokově byla k dispozici výrazně vyšší výpočetní kapacita (například kvantový počítač), bude to zvládnutelné.

Změna šifrování by ovšem znamenala změnu protokolů, která by zabrala nějaký čas. Mezitím by mohly být napáchány značné škody. To jak materiální, tak zejména na důvěře v relativně novou blockchainovou technologii jako takovou.

2 Gordon Moore v roce 1965 předpověděl: „počet tranzistorů, které mohou být umístěny na integrovaný obvod, se při zachování stejné ceny zhruba každých 18 měsíců zdvojnásobí.“ (Moore, 1965)

Kolaps kryptoměn

Kolaps kryptoměn, který z důvodu potencionálních (v několika případech již otevřeně avizovaný) zásahů se stran regulačních orgánů (národních vlád) nelze vyloučit, by mohl znamenat zásadní ránu v obecnou důvěru v blockchainovou technologii. Třebaže podstata BT sítí v logistice (pro správu dodavatelských řetězců) sdílí s kryptoměny pouze technologický základ (přesněji je jimi na technické úrovni inspirována), ve vnímání většiny lidí se tyto pojmy prolínají. Ztratí-li tedy důvěry v kryptoměny, ztratí důvěru v blockchain obecně. To může být zásadní problém pro dosažení kritického množství účastníků v BT sítích dodavatelských řetězců jak z hlediska vůle či motivace jednotlivých soukromých potencionálních účastníků (firem), tak zejména pro zapojení místních orgánů, které jsou ovládány státní mocí, jež je ještě ve větším měřítku ovlivňována a řízena laickým veřejným míněním.

Závěr

Technologie blockchain umožňující implementaci bezpečné, spolehlivé a zároveň pro všechny články dodavatelského řetězce transparentní decentralizované databáze je považována za budoucnost logistického oboru. Tato technologie je odpovědí na mnoho problematických míst současných dodavatelských řetězců a nabízí efektivní nástroj pro jejich eliminaci. Mezi hlavní výhody patří možnost zápisu informace k jednomu kusu zboží všemi účastníky dodavatelského řetězce v reálném čase do distribuované databáze, kde je informace k dispozici všem ostatním účastníkům. Spolu s dalšími inherentními vlastnostmi této technologie se jedná o velmi efektivní a technologicky nadřazené řešení svízelných globálních dodavatelských řetězců, které se potýkají s přílišnou, zastaralou administrativou a nízkou mírou flexibility.

Tato práce přináší komplexní pohled na využití blockchainové technologie v logistických procesech. Předpoklady SWOT analýzy vychází z důkladného studia podstaty blockchainové technologie a navazující rozsáhlé analýzy stávajícího využití v rámci logistických procesů různorodých průmyslových odvětví. BT je posouzena jako vhodné řešení pro nasazení v logistických procesech, neboť z podstaty svého řešení nabízí pro logistiku nové možnosti zapojení a datové informovanosti všech stran dodavatelských řetězců, včetně samotného zákazníka.

Nasazení BT řešení pro logistický proces má významný přesah i do ostatních oblastí v řízení podniku, neboť hlavním přínosem je přístupnost veškerých dat v reálném čase. Tyto informace z materiálového toku jsou využitelné ve fázích výroby i odbytu a spolu s využitím funkcionality chytrých kontraktů nabízejí rozšířené možnosti automatizace téměř všech podnikových procesů.

Autor do budoucna předpokládá rozvoj nasazení BT řešení, jelikož identifikované slabiny jsou překonatelné a silné stránky řečeného technologického řešení je převyšují. I přesto se tato technologie potýká s komplikacemi ohledně jejího nasazení v praxi, na něž se bude nutné při implementacích zaměřit. Tyto komplikace vyplývají především z faktu, že je od mnoha jednotlivých článků dodavatelských řetězců vyžadován přechod na novou, jednotnou, platformu na bázi blockchainu. Po iniciativě a vývoji této platformy ze strany tzv. ústřední společnosti je dále potřeba přesvědčit ostatní články řetězce k připojení, což může být složité, neboť to

u jednotlivých článků dodavatelských řetězců vyžaduje procesní změny a investice do IT infrastruktury.

Technologie blockchainu pro využití v logistických procesech se nyní nachází na přechodu vývojové a zaváděcí fáze, dá se tedy očekávat přibývající počet reálných nasazení. Velkým krokem kupředu by byla iniciativa státních nebo nadnárodních orgánů (EU), které by nasazení této technologie podpořily, žel k takovýmto krokům prozatím schází identifikovatelná politická vůle.

Seznam literatury

- A. P. Moller-Mærsk Group [online]. Kodaň: A. P. Moller-Mærsk Group, 2022 [2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.maersk.com/about>About>
- AgriDigital [online]. Sydney: AgriDigital, 2022 [2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.agridigital.io/>
- ANDERSON, James E. a Eric VAN WINCOOP. Trade Costs. *Journal of Economic Literature*. 2004, **42**(3), 691-751.
- ASCX 12 [online]. McLean: Accredited Standards Comittee X12, 2014. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20140927153741/http://www.x12.org/x12org/about/index.cfm>
- BANAFI, Ahmed. Blockchain Technology and Applications. Aalborg: River Publishers, 2020. ISBN 9788770221061.
- BASET, Salman A., GAUR, Nitin, DESROSIERS, Luc, NOVOTNÝ, Petr, RAMAKRISHNA, Venkatraman a Anthony O'DOWD. *Hands-On Blockchain with Hyperledger: Building Decentralized Applications with Hyperledger Fabric and Composer*. Birmingham: Packt Publishing, 2018. ISBN 9781788994521.
- BAUCHEREL, Kate. *Blockchain hurricane: the origins, application, and future of blockchain and cryptocurrency*. New York: Business Expert Press, 2020. ISBN 9781951527372.
- Blockchain.com [online]. Luxembourg City: Blockchain.com, Inc., 2022 [2022-04-22]. Dostupné z: <https://www.blockchain.com/btc/blocks?page=1>
- BODKHE, Umesh, TANWAR, Sudeep, PAREKH, Karan, KHANPARA, Pimal, TYAGI, Sudhanshu, KUMAR, Neeraj a Mamoun ALAZAB. Blockchain for Industry 4.0: A Comprehensive Review. *IEEE Access*. 2020, **8**, 79764-79800.
- BÖHME, Raine, CHRISTIN, Nicolas, EDELMAN, Benjamin a Tyler MOORE. Bitcoin: Economics, Technology and Governance. *The Journal of Economic Perspectives*. 2015, **29**(2), 213-238.
- BOTCHIE, David, CHEM, Weifeng, BRAGANZA, Ashley a Hongdan HAN. A transaction cost perspective on blockchain governance in global value chains. *Strategic Change*. 2022, **31**(1), 75-87.

BUSSMAN, Arnould Star, Mining and Metals Blockchain Platform MineHub Technologies Commences Trading on TSX Venture Exchange [online]. Toronto: Newsfile Corp., 2021 [2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.newsfilecorp.com/release/95577>

CALDARELLI, Giulio a Joshua ELLUL. The Blockchain Oracle Problem in Decentralized Finance—A Multivocal Approach. *Applied Sciences*. 2021, **11**(16), 7572.

CONLEY, Ryan. Smart Contracts: Blockchain's Lawyer-Killer?. *Bigger Law Firm Magazine*. 2018.

CROMAN, Kyle, DECKER, Christian, EYAL, Ittay, GENCER, Adem Efe, JUELS, Ari, KOSBA, Ahmed, MILLER, Andrew, SAXENA, Prateek, SHI, Elaine, GÜN SIRER, Ermin, SONG, Dawn a Roger WATTENHOFFER. On Scaling Decentralized Blockchains. *Financial cryptography and data security*. 2016, **1**, 106-125.

DHILLON, Vikram, METCLAF, David a Max HOOPER. *Blockchain Enabled Applications: Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make it Work for You*. Berkeley: Apress, 2017. ISBN 1484230809.

DRESCHER, Daniel. *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*. Berkeley: Apress, 2017. ISBN 9781484226032.

EBSI [online]. Brusel: Evropská komise, 2022 [2022-03-23]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/CEFDIGITAL/EBSI>

European Economic Community [online]. Brusel: Evropské hospodářské společenství, 1960. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A31960R0011>

Fact sheet on the EU-funded ITAIDE research project [online]. Brusel: Evropská komise, 2010. Dostupné z: http://cordis.europa.eu/project/rcn/79327_en.html

GREEN, Adam. Will blockchain accelerate trade flows? *The Financial Times*. 2017.

HOFFMAN, Andrew. Walmart's Blockchain Quest: Integrating New Technology into a Complex Supply Chain. *Harvard Business Review*. 2021.

HOLBROOK, Joseph. *Architecting enterprise blockchain solutions*. Indianapolis: Sybex, 2020. ISBN 1119557690.

Hyperledger Fabric [online]. Armonk: Hyperledger Foundation, 2022 [2022-03-22].

Dostupné z: <https://www.hyperledger.org/use/fabric>

Hyperledger Fabric Case Study How Walmart rought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric [online]. Armonk:

Hyperledger Foundation, 2022 [2022-03-22]. Dostupné z:

[https://www.hyperledger.org/wp-](https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2019/02/Hyperledger_CaseStudy_Walmart_Printable_V4.pdf)

[content/uploads/2019/02/Hyperledger_CaseStudy_Walmart_Printable_V4.pdf](https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2019/02/Hyperledger_CaseStudy_Walmart_Printable_V4.pdf)

Hyperledger Fabric Case Study Managing the Metal and Mining Industry's Supply Chain wth Hyperledger Fabric [online]. Armonk: Hyperledger Foundation, 2022

[2022-03-22]. Dostupné z: [https://www.hyperledger.org/wp-](https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2021/12/Hyperledger_CaseStudy_KrypC_Minehub_Printable_121321.pdf)

[content/uploads/2021/12/Hyperledger_CaseStudy_KrypC_Minehub_Printable_121321.pdf](https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2021/12/Hyperledger_CaseStudy_KrypC_Minehub_Printable_121321.pdf)

Hyperledger Fabric wiki [online]. Armonk: Hyperledger Foundation, 2020 [2022-03-22]. Dostupné z:

<https://wiki.hyperledger.org/display/LMDWG/Byzantine+Fault+Tolerant+Consensus>

CHANG, Yanling, Eleftherios IAKOVOU a Weidong SHI. Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*. 2020, **58**(7), 2082-2099.

CHUEN, David Lee Kuo. *Handbook of digital currency: bitcoin, innovation, financial instruments, and big data*. San Francisco: Academic Press, 2015. ISBN 0128023511.

IANSITI, Marco a Karim R. Lakhani. *The truth about blockchain*. *Harvard Bussines Review*. 2017, Leden-Únor, 118-127.

IBM Annual Report 2018 [online]. Armonk: International Business Machines Corporation, 2018 [2022-03-22]. Dostupné z:

https://www.ibm.com/annualreport/assets/downloads/IBM_Annual_Report_2018.pdf

IBM Food Trust [online]. Armonk: International Business Machines Corporation, 2022 [2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/downloads/cas/8QABQBDR>

IRANNEZHAD, Elnaz. Is blockchain a solution for logistics and freight transportation problems? *Transportation research Procedia*. 2020, **48**, 290-306.

JENSEN, Thomas, Jonas HEDMAN a Stefan HENNINGSSON. How TradeLens Delivers Business Value With Blockchain Technology. *MIS Quarterly Executive*. 2019, **18**(4), 221-243.

KAMILARIS, Andreas, FONTS, Agusti a Francesc X. PRENAFETA-BOLD'Y. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*. 2019, **91**, 640-652.

KANIEWSKI, Jdrzej a Stephanie WEHNER. Device-independent two-party cryptography secure against sequential attacks. *New Journal of Physics*. 2016, **18**(5), 55004.

LAL, Rajiv a Scott JOHNSON. Maersk: Betting on Blockchain. *Harvard Business Review*. 2018.

LAMPORT, Leslie, SHOSTAK, Robert a Marshall Pease. The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*. 1983, **4**(3), 382-401.

LIU, Chenglian, Yongning GUO a Juan LIN. Security analysis of RSA cryptosystem algorithm and it's properties. *AIP Conference Proceedings*. 2014, **1618**(1).

MASSESSI, Demiro. *Public Vs Private Blockchain In A Nutshell* [online]. Cork: VeraSAfe Ireland Ltd.. 2018 [2022-03-22]. Dostupné z: <https://medium.com/coinmonks/publicvs-private-blockchain-in-a-nutshell-c9fe284fa39f>

MIN, Hokey. Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. *Business Horizons*. 2019, **62**(1), 35-45.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [online] 2008, [2022-03-22]. Neznámé místo: bitcoin.org. Dostupné z: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

NARAYANAN, Arvind, BONNEAU, Joseph, FELTEN, Edward, MILLER, Andrew a Steven FOLDFEDER. *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*. Princeton: Princeton University Press, 2016. ISBN 9780691171692.

NAYAK, Gurudutt a Amol S. DHAIGUDE. A conceptual model of sustainable supply chain management in small and medium enterprises using blockchain technology. *Cogent Economics & Finance*. 2019, **7**(1), 1667184.

PARK, Arim a Huan LI. The Effect of Blockchain Technology on Supply Chain Sustainability Performances. *Sustainability (Basel, Switzerland)*. 2021, **13**(4), 1726.

PORT TECHNOLOGY INTERNATIONAL TEAM. Global Container Shipping to Pass 200 Million TEU in 2017. *Port Technology*. 2017, Prosinec.

RAY, Shaan. *Blockchain versus traditional databases* [online]. USA: ARTMAP INC., 2017 [2022-03-22]. Dostupné z: <https://hackernoon.com/blockchains-versus-traditional-databases-c1a728159f79>

ROŽMAN, Nejc, VVRABIČ, Rok, CORN, Marco, POŽRL, Tomaž a Janez DIACI.

RYAN, Jake. Who Writes the Rules of a Blockchain. *Harvard Bussines Review*, 2021.

SINGHAL, Bikramaditya, Gautam DHAMEJA a Priyansu S. PANDA. *Beginning Blockchain: A Beginner's Guide to Building Blockchain Solutions*. Berkeley: Apress, 2018. ISBN 9781484234433.

Statista.de [online]. Hamburg: Statista GmbH, 2020 [2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.statista.com/markets/424/topic/1065/cyber-crime/#overview>

Statista.de [online]. Hamburg: Statista GmbH, 2020 [2022-04-22]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/647523/worldwide-bitcoin-blockchain-size/>

STOKEL-WALKER, Chris. *The Blockchain Will Save Healthcare and Shipping Billions of Pounds* [online]. Velká Británie: Conde Nast Digital UK [2022-03-22].

Dostupné z: <http://www.wired.co.uk/article/blockchain-ibm-hyperledger-business>

SZABO, Nick. Smart Contracts: Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *Firts Monday*. 1997, **2**(9).

TAN, Bowen, YAN, Jiaqi, CHEN, Si a Xingchen LIU . The Impact of Blockchain on Food Supply Chain: The Case of Walmart. *International Conference on Smart Blockchain SmartBlock 2018*. 2018, 167-177.

TAPSCOTT, Don a Alex TAPSCOTT. *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. New York City: Portfolio/Penguin, 2016. ISBN 9780241237854.

United States: White & Case Advises MineHub on New Mining and Metals Technology Platform [online]. Londýn: MENA Report [2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/2306277197?parentSessionId=bBhrraNyTeC0CD>

NZkmQpNY%2B7tn2zAAqgw32QBkDwYxw%3D&pq-
origsite=summon&accountid=119841

VITASEK, Kate, BAYLISS, John, OWEN, Loudon a Neeraj Srivastava-How Walmart Canada Uses Blockchain to Solve Supply-Chain Challenges. *Harvard Business Review*. 2022.

WARKENTIN, Merrill a Craig ORGERON. Using the security triad to assess blockchain technology in public sector applications. *International Journal of Information Management*. 2020, **52**, 102090.

World Trade Statistical Review 2018 [online]. Ženeva: World Trade Organization, 2018 [2022-03-22]. Dostupné z: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2018_e/wts2018_e.pdf

Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma vytvoření nového bloku na příkladu Bitcoinu	19
Obr. 2 Řetězec bloků	20
Obr. 3 Algoritmus chytrého kontraktu v blockchainovém prostředí	28
Obr. 4 Architektura blockchainové databáze	31
Obr. 5 Vývoj počtu kryptoměn v letech 2013-2022.....	34
Obr. 6 Platforma Minehub	40
Obr. 7 Systémová grafika MineHub.....	42
Obr. 8 Zjednodušený tok materiálu v potravinářském průmyslu	44
Obr. 9 IBM Food Trust architektura	47
Obr. 10 Wal-Mart ESG rating 2014-2020	50
Obr. 11 Globální dodavatelské řetězce v lodní dopravě.....	56
Obr. 12 Příčiny komplikací v GSC s následky pro dodavatelské řetězce.....	57
Obr. 13 Tok papírových dokumentů v rámci lodní kontejnerové přepravy	60
Obr. 14 GTD Výchozí a plánovaný stav	62
Obr. 15 Architektura TradeLens	63
Obr. 16 Rozvržení blockchainové komponenty TradeLens.....	64
Obr. 17 Vize TradeLens jako otevřené platformy	65
Obr. 18 Vlastnosti BT adresující bolavé body dodavatelských řetězců.....	72

Seznam tabulek

Tab. 1 Srovnání typů blockchainu a využití v reálných systémech	16
Tab. 2 SWOT Analýza.....	73

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Jiří Krejčí		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců		
NÁZEV PRÁCE	Potenciál využití technologie blockchain v logistice		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Tomáš Malčic, PhD.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2021/2022
POČET STRAN	95		
POČET OBRÁZKŮ	18		
POČET TABULEK	2		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tato práce se zabývá analýzou využití technologie blockchain v logistických procesech. Technologie blockchain je představena se zaměřením na aspekty, které svědčí pro použití v oboru logistiky. Pro analýzu stávajícího nasazení blockchainové technologie v logistických procesech v rámci zkoumaných průmyslových oborů těžby, potravinářství a zemědělství a lodní dopravy jsou využity zejména případové studie. Na komplexní analýzu využití blockchainové technologie navazuje SWOT analýza, která zkoumá nasaditelnost blockchainové technologie v logistických procesech. Závěrem práce je konstatováno, že blockchainová technologie má všechny předpoklady k úspěšnému využití v logistice, ale její zavedení bude vyžadovat překonání existujících bariér v dodavatelských řetězcích.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Blockchain, logistika, dodavatelské řetězce, distribuovaná databáze		

ANNOTATION

AUTHOR	Jiří Krejčí		
FIELD	Specialization International Supply Chain Management		
THESIS TITLE	The potential use of blockchain technology in logistics		
SUPERVISOR	Ing. Tomáš Malčic, PhD.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2021/2022
NUMBER OF PAGES	95		
NUMBER OF PICTURES	18		
NUMBER OF TABLES	2		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>This thesis deals with the analysis of the use of blockchain technology in logistics processes. Blockchain technology is introduced with a focus on aspects, that prove its use in the field of logistics. Case studies in particular are used to analyze the current use of blockchain technology in logistics processes within the researched industries of mining, food and agriculture and shipping. The comprehensive analysis of the use of blockchain technology is followed by a SWOT analysis, which examines the deployability of blockchain technology in logistics processes. The conclusion of the thesis is that blockchain technology has all the prerequisites for successful use in logistics, but its implementation will require overcoming existing barriers in supply chains.</p>		
KEY WORDS	Blockchain, logistics, supply chain, distributed ledger		