

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Cloud computing v sektoru malých a středních podniků

Adam Novotný

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Novotný

Informatika

Název práce

Cloud computing v sektoru malých a středních podniků

Název anglicky

Cloud computing in small and medium sector

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce bude na základě studia odborné a vědecké literatury a sekundárních literárních zdrojů zpracovat teoretickou část bakalářské práce, která vytvoří základ pro specifikaci množiny aspektů. Dílčím cílem bude na základě stanovených aspektů vybrána a porovnána cloudová řešení doporučená pro malý a střední podnik a navrženo technické řešení a zpracováno ekonomické zhodnocení.

Metodika

Bakalářská práce bude řešena na bázi studia odborné a vědecké literatury. Pomocí získaných poznatků bude objasněn pojem cloud computing a věci s ním spojené. Budou stanovena kritéria, která budou důležitá pro porovnání jednotlivých služeb poskytujících cloud computing. Výsledkem bude vytvoření optimálního návrhu řešení a implementace ve zvolených podnicích s jejich ekonomickým a technickým porovnáním.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

cloud, cloud computing, úložiště, sektor malých a středních podniků, ICT, Bezpečnost dat, SaaS

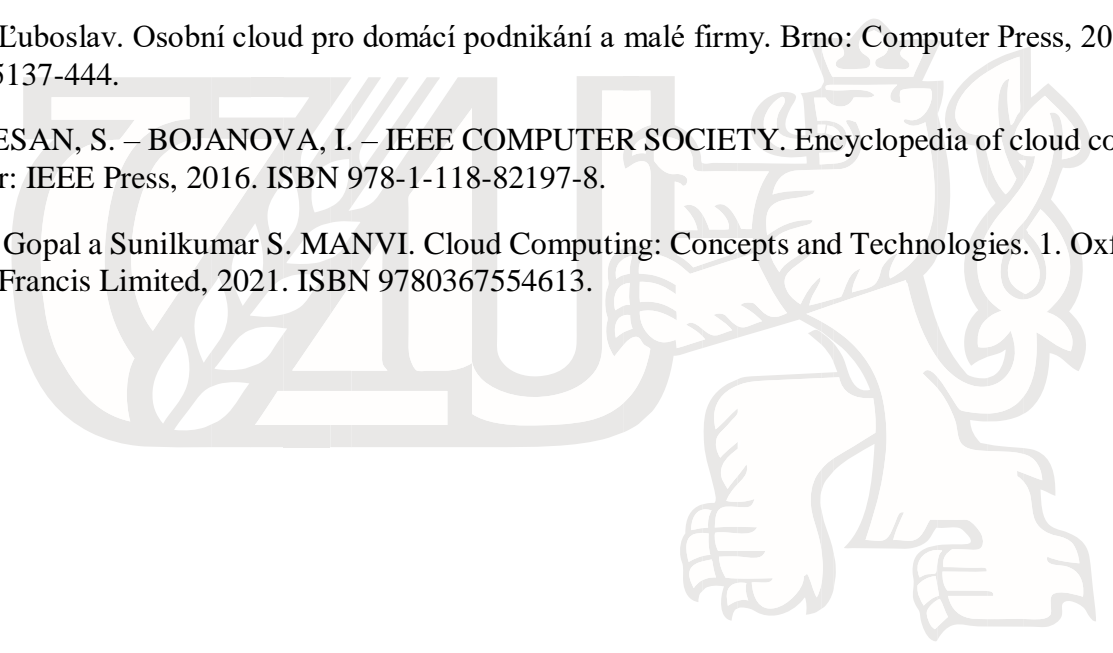
Doporučené zdroje informací

ERL, Thomas, Ricardo PUTTINI a Zaigham MAHMOOD. Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture. 1. New York City: Pearson, 2013. ISBN 9780133387520.

LACKO, Ľuboslav. Osobní cloud pro domácí podnikání a malé firmy. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-802-5137-444.

MURUGESAN, S. – BOJANOVA, I. – IEEE COMPUTER SOCIETY. Encyclopedia of cloud computing. Chichester: IEEE Press, 2016. ISBN 978-1-118-82197-8.

SHYAM, Gopal a Sunilkumar S. MANVI. Cloud Computing: Concepts and Technologies. 1. Oxfordshire: Taylor & Francis Limited, 2021. ISBN 9780367554613.



Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce doc. Ing.

Edita Šilerová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 25. 8. 2021

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 10. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Cloud computing v sektoru malých a středních podniků" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Edita Šilerová, Ph.D. za pomoc a vedení bakalářské práce. Rád bych také poděkoval mojí rodině za podporu během celého mého studia. V neposlední řadě patří poděkováním také firmám SABO Mobile IT s.r.o. a SOVTO s.r.o. za možnost spolupráce.

Cloud computing v sektoru malých a středních podniků

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na neustále se vyvíjející cloud computingové služby. Zejména na praktické využití v oblasti malých a středních podniků. Zde to může být jedním z nejvýznamnějších způsobů využití ICT.

Cílem práce je nejprve charakterizace problematiku cloud computingu v teoretické části. Ta pojednává o historii a definici jako takové, hlavních výhodách a nevýhodách, různých typech a možnostech dělení služeb. Mimo cloud computingu se zabývá také virtualizací a věcmi s ní spojenými, neboť virtualizace je nedílnou součástí cloud computingu.

Také na základě této charakterizace je v praktické části práce vytvořena množina aspektů, sloužící pro efektivní a přehledné navrzení technického řešení, pro vybrané podniky. Mimo jiné jsou v praktické části představeni nejvýznamnější poskytovatelé cloud computingu a vybrané podniky. Pro tyto podniky je dle jejich aktuálního stavu a potřeb navrženo optimální technické řešení cloud computingových služeb. K technickému řešení je přidáno také ekonomické zhodnocení a daná řešení jsou mezi sebou navzájem porovnána.

Klíčová slova: cloud, cloud computing, úložiště, sektor malých a středních podniků, ICT, Bezpečnost dat, SaaS, container

Cloud computing in small and medium sector

Abstract

This Bachelor thesis focuses on the constantly developing cloud computing services. Especially for practical use in sector of small and medium companies. In this sector it may be one of the most important ways of ICT usage.

The purpose of this thesis is at firstly characterize the topic of cloud computing in the theoretical part. It with history and definition as such, main advantages and disadvantages, different types and possibilities of division of services. In addition to cloud computing, is the thesis also focuses on virtualization and related topics as virtualization is an integral part of cloud computing.

Also, on the basis of this characterization, are in practical part created a set of aspects, which are used for efficient and clear design of technical solutions for selected companies. The practical parts also introduce the most important providers of cloud computing and selected companies. The optimal technical solution for cloud computing services is designed for these companies according to their current situation and needs. Apart from the technical solution is also added an economic evaluation and the given solutions are compared between one another.

Keywords: cloud, cloud computing, storage, sector of small and medium companies, ICT, data security, SaaS, container

Obsah

1 Úvod	13
2 Cíl práce a metodika.....	14
3 Cloud computing.....	15
3.1 Počátky	15
3.2 Definice	16
3.2.1 Výhody cloud computingu	18
3.2.1.1 Náklady	19
3.2.1.2 Rychlost.....	20
3.2.1.3 Globální rozměr	20
3.2.1.4 Produktivita	21
3.2.1.5 Výkon.....	21
3.2.1.6 Spolehlivost	22
3.2.1.7 Zabezpečení.....	23
3.2.2 Nevýhody cloud computingu.....	25
3.3 Rozdělení cloud computingu	27
3.3.1 Typy modelů nasazení.....	28
3.3.1.1 Veřejný	28
3.3.1.2 Soukromý	29
3.3.1.3 Hybridní.....	29
3.3.1.4 Komunitní.....	30
3.3.2 Distribuční modely.....	31
3.3.2.1 IaaS.....	31
3.3.2.2 PaaS.....	32
3.3.2.3 SaaS.....	32
3.3.2.4 Ostatní	34
3.4 Virtualizace	35
3.4.1 Výhody	36
3.4.2 Virtuální stroj.....	37
3.4.3 Hypervisor	38
3.4.4 Třídy virtualizace	40
4 Vlastní práce	41
4.1 Sektor malých a středních podniků	41
4.1.1 Cloud computing v podnicích.....	41

4.2	Nejvýznamnější poskytovatelé cloud computingu	42
4.2.1	AWS	45
4.2.2	Microsoft	47
4.2.3	Google	49
4.3	Seznámení s vybranými podniky	50
4.3.1	První podnik.....	50
4.3.2	Druhý podnik	51
4.4	Aktuální stav využití cloud computingu ve vybraných podnicích.....	51
4.4.1	První podnik.....	51
4.4.2	Druhý podnik	52
4.5	Stanovení potřeb a určení cílů podniků	53
4.5.1	První podnik.....	53
4.5.2	Druhý podnik	53
4.6	Navržení optimálního technického řešení	54
4.6.1	První podnik.....	54
4.6.1.1	Služby ECS a EKS	55
4.6.2	Druhý podnik	57
5	Výsledky a diskuse	59
5.1	Ekonomické zhodnocení	59
5.1.1	První podnik.....	59
5.1.2	Druhý podnik	60
5.2	Rozdíl mezi podniky	60
6	Závěr	62
7	Seznam použitých zdrojů	64

Seznam obrázků

Obrázek č. 1. - Nejvýznamnější technologie tvořící Cloud computing dle NITS [4].....	18
Obrázek č. 2. - Hypervisor typ 1 (nativní) [39]	39
Obrázek č. 3. - Hypervisor typ 2 (hostovaný) [39]	40
Obrázek č. 4. - zastoupení cloud computingových poskytovatelů na trhu roku 2020 [40].	43
Obrázek č. 5. - zastoupení cloud computingových poskytovatelů na trhu roku 2021 [41].	44
Obrázek č. 6. – porovnání architektur služeb EKS a ECS [44]	56

Seznam tabulek

Tabulka č. 1. - SWOT analýza cloud computingu z pohledu klientů	42
Tabulka č. 2. - bodové ohodnocení poskytovatele AWS	47
Tabulka č. 3. - bodové ohodnocení poskytovatele Microsoft.....	48
Tabulka č. 4. - bodové ohodnocení poskytovatele Google.....	50

Seznam použitých zkratk

- cloud = cloud computing
- IT = informační technologie
- ICT = Information and Communication Technologies
- HW = hardware
- SW = software
- AWS = Amazon Web Services
- GCP = Google Cloud Platform / Gcloud
- IaaS = Infrastructure as a Service
- PaaS = Platform as a Service
- SaaS = Software as a Service
- BaaS = Backup as a Service
- MaaS = Monitoring as a Service
- CaaS = Communication as a Service
- OS = operační systém
- API = Application Programming Interface
- http = Hypertext Transfer Protocol
- https = Hypertext Transfer Protocol Secure
- SOAP = Simple Object Access Protocol

- NIST = Národní Institut Standardů a Technologii
- CRM = Customer Relationship Management
- ERP = Enterprise Resource Planning
- OPEX = celkové náklady
- CAPEX = kapitálové výdaje
- TCO = Celkový náklad na vlastnictví
- UPS = Nepřerušitelný zdroj energie
- HA = vysoká dostupnost
- ITSC = IT Service Continuity
- RPO = Recovery Point Objective
- RTO = Recovery Time Objective
- SLA = Service-level agreement
- DRP = Disaster Recovery Plan
- CBT = changed block tracking
- CDP = Continuous Data Protection
- DLP = Data Leakage Prevention
- VPN = virtual private network
- VPS = virtual private server
- IPS = Intrusion Prevention Systems
- ISMS = Information security management systém
- HPC = high-performance computing
- VoIP = Voice over Internet Protocol
- PVM = Parallel Virtual Machine
- MPI = Message Passing Interface
- VMM = virtual machine monitor
- SME = Small and Medium Enterprise
- SMB = Small and Medium Business
- EC2 = Amazon Elastic Compute Cloud
- RDS = Amazon Relational Database Service
- FWS = Amazon Fulfillment Web Service
- SQS = Amazon Simple Queue Service
- SNS = Amazon Simple Notification Service

- VPC = Amazon Virtual Private Cloud
- FPS = Amazon Flexible Payments Service
- S3 = Amazon Simple Storage Service
- EBS = Amazon Elastic Block Storage
- CDN = Content Delivery Network
- BI = Business Intelligence
- HMI = human-machine interface
- IoT = internet of things
- UX = user experience
- UI = user interface
- DPA = digital planning assistant
- DDoS = Distributed Denial of Service
- WAF = Web Application Firewall
- CI/CD = Continuous Integration/Continuous Delivery
- ELB = Elastic Load Balancer
- ALB = Application Load Balancer
- GCR = Google Cloud Registry
- vCPU = central processing unit

1 Úvod

Cloud computingové služby jsou jedny z nejrozsáhlejších v oblasti ICT. V dnešní době jsou tak rozsáhlé, že se s nimi musel setkat prakticky každý. Ne každý o tom však ví, že něco jako cloud computing používá, neboť takovými službami mohou být běžné věci jako například e-mail. Neustále se vyvíjí a přináší s sebou nové možnosti využití, které jsou zejména pro podniky často velikými výhodami. Právě v této profesionální oblasti využití je mnoho různých nabídek služeb, které mohou být velice sofistikované.

Hlavními částmi, z kterých se skládá tato bakalářská práce, jsou teoretická část, praktická část a závěrečné shrnutí.

Teoretickou část práce autor věnuje na základě studia odborné a vědecké literatury a sekundárních literárních zdrojů popsání cloud computingu jako takového a virtualizace. Cloud computing popisuje od jeho počátků, přes definici, zásadní výhody a nevýhody až po jeho dělení dle dvou možností. Virtualizaci pak autor zmiňuje jako nedílnou součást cloud computingu. Zmiňuje zde také hypervisor a možnosti dělení. Tato část bakalářské práce vytvoří také základ pro stanovení množiny aspektů, ze které se bude vycházet v další části práce.

Tou je praktická část. V ní autor vytváří nové efektivní technické řešení pro vybrané podniky. Nejprve definuje sektor malých a středních podniků včetně SWOT analýzy z jejich pohledu na cloud computing. Dále aby bylo z čeho vybírat, autor definuje top 3 dnešní poskytovatele cloud computingu, včetně jejich nabízených služeb. Každému poskytovateli je vytvořena tabulka bodového ohodnocení s aspekty vycházejícími z teoretické části. Následně jsou vybrané a popsány dva podniky. Pomocí dotazování se zaměstnanci je stanoven aktuální stav každého z podniků, z něhož dále vychází potřeby a cíle. Na základě těchto informací autor práce navrhl pro oba podniky optimální technické řešení.

V poslední části s názvem výsledky a diskuse autor ještě zpracuje ekonomické zhodnocení technických řešení pro oba podniky. Následně stanoví odlišnosti mezi podniky a porovná mezi sebou navržená řešení.

2 Cíl práce a metodika

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce bude na základě studia odborné a vědecké literatury a sekundárních literárních zdrojů zpracovat teoretickou část bakalářské práce, která vytvoří základ pro specifikaci množiny aspektů. Dílčím cílem budou na základě stanovených aspektů vybrána a porovnána cloudová řešení doporučená pro malý a střední podnik a navrženo technické řešení a zpracováno ekonomické zhodnocení.

Metodika

Bakalářská práce bude řešena na bázi studia odborné a vědecké literatury. Pomocí získaných poznatků bude objasněn pojem cloud computing a věci s tím spjaté. Budou stanovena kritéria, která budou důležitá pro porovnání jednotlivých služeb poskytujících cloud computing. Výsledkem bude vytvoření optimálního návrhu řešení a implementace ve zvolených podnicích s jejich ekonomickým a technickým porovnáním.

3 Cloud computing

3.1 Počátky

Cloud computing je nová technologie přicházející se stále rostoucím světem informačních technologií, tudíž první zmínky o principu cloud computingu nebudou tak staré. První záznam pochází z 50. let minulého století, konkrétně z roku 1961 a je jím zmínka od profesora Johna McCarthy z prestižní americké univerzity MIT. Výrok pojednává o myšlence, že sdílení počítačových technologií by mohlo fungovat pomocí stejné logiky jako například sdílení el. energie, kdy si většina spotřebitelů platí u různých společností, vyrábějících el. energii, avšak téměř nikdo si ji nevyrobí sám doma. Jeho úvaha byla dosti trefná. Přesně tak totiž dnes cloud computing funguje. Tím vlastně předpověděl, jak by měl cloud computing v dnešní době fungovat. Používá rysy jako flexibilita, online přístup, představa nekonečné zásoby, poskytování všech služeb apod.

V roce 1967 se americká firma IBM pokusila o virtualizaci na mainframech neboli o virtuální stroj. Virtuální stroj je software pro vytváření virtualizovaného prostředí mezi počítačovou platformou a OS, kde uživatel pracuje se softwarem ve virtuálním prostředí. První virtuální stroj byl tedy od IBM CP-40. Již o 5 let později mohli uživatelé spouštět operační systém CMS, který byl celkem jednoduchý, interaktivní a pouze pro jednoho uživatele, na jeho nástupci VM-CP.

Avšak podle knižního zdroje Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture se ještě v roce 1969 Leonard Kleinrock uvedl výrok: „V tuto chvíli je počítačová síť v raném vývoji, ale jak se stane sofistikovanější, budeme pravděpodobně vidět šíření veřejných služeb“. Leonard Kleinrock pracoval v agentuře Advanced Research Projects Agency (ARPA) Network (NET), firemní název spíše známý jako ARPANET. Pracoval zde jako hlavní vědec, který vynalezl internet. Nutno říct, že se Kleinrock v roce 1969 nemýlil. Začalo se tomu tak dít zhruba od poloviny devadesátých let. Veřejné služby začali využívat vyhledávače, tehdy populární Google a Yahoo!, e-mailové služby jako Gmail nebo Hotmail, veřejné publikační platformy a sociální sítě jako Myspace nebo dnes všem známý Facebook a YouTube. [1]

Avšak pojem cloud computing jako takový uvedl ve své přednášce až profesor Ramnath Chellap až v roce 1997. Výraz cloud, v překladu oblak, pochází ze schématu telekomunikačních sítí, kde jsou koncová zařízení připojena k oblaku vyjadřujícímu internet.

Vzhledem k tomu, že utility computing s internetem také pracuje, sjednotil profesor Ramnath Chellap do slovního spojení cloud computing, které se používá dodnes.

Zásadní událost v oblasti cloud computingu byla v roce 1999 vznik společnosti Salesforce.com. Tato firma se proslavila v oblasti cloud computingu především prvenstvím v poskytování přístupu ke své aplikaci přes webové stránky. [1]

O tři roky později, v červenci roku 2002, uvedla společnost AWS (Amazon Web Services) jako první nabízené služby přes cloudové rozhraní. Tato první beta verze byla zaměřena na vývojáře, nabízela SOAP a XML uživatelsky přívětivé rozhraní. Pro kladné ohlasy vývojářů sklídila první služba AWS veliký úspěch a odstartovala vývoj dalších cloudů. [1]

3.2 Definice

Přesto, že je cloud relativně novou technologií v oblasti IT, najdeme v dnešní době nespočetné množství definic základního principu cloudu. Web Management Mania například uvádí *„Cloud je využívání software nebo hardware formou služeb a prostřednictvím internetu v současnosti představuje jeden z nejdůležitějších trendů v IT, na který přecházejí i největší poskytovatelé podnikového software. z pohledu zákazníka se díky cloud computingu nemusíme starat o žádné své servery a s tím spojené věci, ale prostě to, co potřebujeme (software, diskový prostor – úložiště atd.) nakoupíme formou služby. Poskytovatel se pak postará o případné složení této služby z více dílčích služeb – například aplikací (software), výpočetního výkonu, datových úložišť, infrastruktury – z více cloudových dílčích poskytovatelů.“* [2]

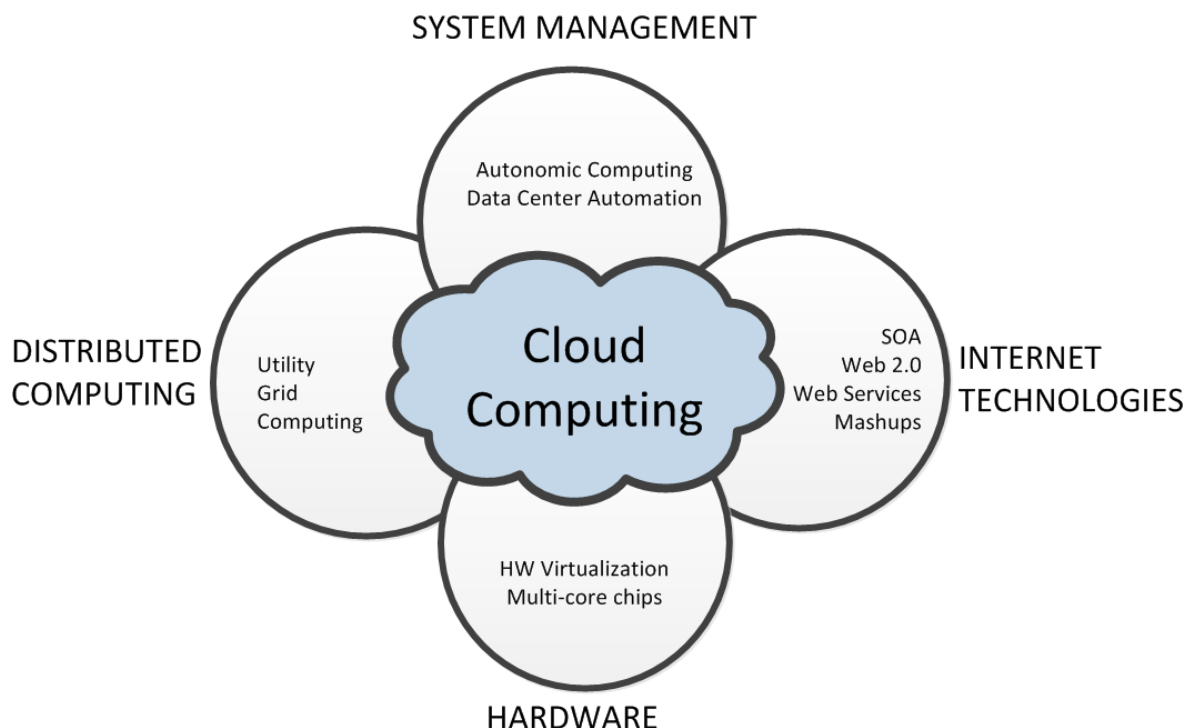
Další definici cloudu se zajímavým příkladem uvádí web Správa Sítě takto: *„Cloud (anglicky mrak) neboli cloud computing je označení pro specializovanou internetovou službu, která je dostupná z jakéhokoli místa. Princip tkví v tom, že poskytovatel cloudových služeb nabízí sdílení a používání všeho od infrastruktury IT (např. server, backup, firewally atd.), vývojové a aplikační platformy (např. databázový server) až po software (např. CRM systém, ERP systém, poštovní server atd.). Uživatel si vybere nějakou službu, kterou prostřednictvím klientské aplikace používá vzdáleně na svém zařízení (tablet, notebook, smartphone nebo i počítač). Odpadá jakákoli instalace. Řada lidí tak ani netuší, že už dávno využívají možnosti cloudu. Krásným příkladem cloud computingu je poštovní klient ve webovém prohlížeči, jako je Seznam.cz či Gmail od Google.“* [3]. z tohoto příkladu lze snadno pochopit, jak moc je cloud rozšířenou technologií. Lze říci, že téměř každý člověk

v dnešní době používá e-mail ve webovém prohlížeči, tedy téměř každý člověk se v dnešní době s cloud computingem již setkal.

O sumarizaci všech definic do jedné se pokusil Národní Institut Standardů a Technologií (NIST). Institut zřídilo ministerstvo obchodu Spojených států roku 1901. Jedná se o vědecké laboratoře s účelem rozvoje inovací a průmyslové konkurenceschopnosti pomocí zlepšování vědeckého měření, standardů a technologií. Sumarizace definic cloud computingu v podání NIST tedy zní takto: „*Cloud computing je model. Který umožňuje být přístupný bez omezení a překážek. Dle potřeb uživatele přístupný ke sdíleným konfigurovatelným výpočetním zdrojům (jako například sítě, servery, uložště, aplikace a služby), které můžou nabídnout rychlé poskytnutí a spuštění s minimální nutnou správou nebo interakci poskytovatele služby. Tento cloudový model je složen z pěti základních charakteristik, tří modelů služeb a čtyř modelů nasazení.*“ [4]

Mimo to NIST také uvádí že cloud computing tvoří jednotlivé nejvýznamější technologie jako HW, internetové technologie, systémový management a zprostředkovaný computing (zpracování dat) viz obrázek č. 1.

Obrázek č. 1. - Nejvýznamnější technologie tvořící Cloud computing dle NITS [4]



Uvedené i neuvedené definice cloudu lze shrnout do poznatku, že se jedná o model v oblasti IT, umožňující provádění velkého množství služeb prostřednictvím síťového přístupu většinou bez nutné instalace přímo do zařízení. v oblasti IT, převážně při práci s internetovým prohlížečem, je víceméně všudypřítomný. V běžné praxi se setkáme s využitím cloudu od e-mailových schránek po virtuální serverovou instanci od Amazonu. Možností využití cloudu je nespočet, přičemž uživatel většinou platí poskytovateli za kompletní zprostředkování všech cloudových služeb. Ten již dle požadavků vše zprostředkuje, což přináší uživateli značné usnadnění.

3.2.1 Výhody cloud computingu

Cloud tedy přináší firmám i běžným uživatelům nejen značnou úsporu času, ale také financí. Jak uvádí společnost Microsoft: „Obvykle platíte jenom za cloudové služby, které skutečně využijete, což pomáhá snižovat provozní náklady, efektivněji provozovat infrastrukturu a škálovat s ohledem na měnící se obchodní potřeby.“ [5]. Výhod je ale daleko víc, než by se na první pohled zdálo. V následujících bodech budou popsány nejvýznamnější výhody cloudu.

3.2.1.1 Náklady

Pořízení vlastní infrastruktury bývá nákladné, a navíc se musí v účetnictví odepisovat. Proto může být zejména pro malé a střední podniky nereálné jej pořídit v dostatečné míře. Cloud eliminuje tyto investiční náklady potřebné k nákupu HW a SW, které jsou daleko obsáhlejší, než by lidé mohli čekat. Mnoho podniků by potřebovalo zřídit vlastní datová centra, která potřebují pro svůj provoz, například serverové skříně, chlazení HW, zdroje neustálé dodávky elektřiny a v neposlední řadě zaměstnance spravující infrastrukturu. Nyní už je zřetelné, že vybudování vlastní infrastruktury by bylo pro menší a střední sektor zničující. Klientovi se navíc naskytuje možnost rychlé reakce s ohledem na potřeby, například v rámci snížení/zvýšení kapacity, množství služeb nebo třeba výkonu, a tím také značné snížení nákladů. Klient zkrátka platí jen za to, co opravdu potřebuje a ví kolik zaplatí.

Webový portál Hospodářské noviny uvedl úspory nákladů a všeobecné finanční úspory pomocí užití cloudu ze třech pohledů. Těmito třemi pohledy jsou Cash Flow aspekt, provozní efektivita a synergie a zohlednění kvality řešení.

Prvním pohledem je tedy Cash Flow aspekt. Ten pojednává o možnosti platit při nákupu cloud computingových služeb kupuje za měsíční cenu služby namísto jednorázové investice do statické infrastruktury, jako jsou servery, storage, networking apod. Z pohledu Cash Flow klient zaplatí v prvním roce například jen 350 tisíc korun rozložených do měsíčních plateb za služby (OPEX) namísto 1 milionu za CAPEX. Služby navíc odpovídají konfiguraci, kterou si klient definuje na začátku a má možnost ji měnit v průběhu podle vývoje jeho nároků na IT zdroje. Náklady na služby jsou navíc snadno predikovatelné. Dopad Cash Flow je podle těchto faktorů při nákupu služby jednoznačně pozitivní. [6]

Druhý pohled pojednává o Provozní Efektivitě a Synergii. Ten pojednává o potřeba započíst u klienta všechny interní náklady při výpočtu TCO na vlastněnou infrastrukturu, kterou porovnáváte s nákupem služby. Těmito interními náklady jsou například cena za vlastní datové centrum včetně klimatizace, cena energie za IT i non IT, UPS a všechny redundance v rámci odpovídajících úrovní daného datového centra. Dále je nutno započítat také náklady na zaměstnance IT, kterých musí mít klient celou řadu dle různých odborností jako například databáze, OS, networking, servery, disková pole apod. I když náklady u využití zaměstnanců by měly být nižší než u operátorů, přičemž náklady na jejich mzdy, udržení odbornosti apod. jsou vysoké. Pro sektor malých a středních podniků je také důležitá nákupní cena komponent, respektive větší možnost slevy cloud operátora u dodavatelů.

V neposlední řadě zde hraje roli také aspekt dimenzování a škálovatelnosti infrastruktury. Jedná se tedy o to, že formou služby si klient objedná jen výkonové parametry, které v daný okamžik potřebuje. V případě potřeby při rozšíření tak nemusí investovat do celé HW komponenty, ale formou cloud computingové služby pouze doobjednat jen nově požadované výkonové jednotky. [6]

Poslední pohled pak popisuje finanční úspory z pohledu Zohlednění kvality řešení. Kvalita může být odlišná buď v jednotlivých aspektech řešení, například servery nebo disková pole, při čemž z pohledu optimalizace nákladů koncoví klienti zpravidla volí jiné komponenty než operátoři. Většinou kupují kombinaci kvalitních produktů a doplňují je o levnější prvky. To velcí operátoři díky vnitřním procesům a definovaným SLA nedělají. Druhý pohled, který zohledňuje kvalitu je přímo architektura cloud computingového řešení, kdy operátoři důrazně dodržují design HA, což zpravidla znamená, že operátor disponuje všemi komponenty dvakrát a často je redundance více než dvojnásobná. V neposlední řadě má operátor 24/7 dohled na infrastrukturu, což není typické pro malá datová centra. [6]

3.2.1.2 Rychlost

Další výhodou cloud computingu je rychlost, zejména značné urychlení nasazení SW. V dnešní době je u některých SW dokonce možné prakticky okamžité nasazení, což se nedá říct o zřízení již zmíněného vlastního HW a SW. Kromě rychlosti nasazení cloud umožňuje okamžité reakce dle aktuálních požadavků. Vše si klient řídí sám a může si veškeré parametry upravit dle vlastních potřeb. Okamžitě také přicházejí aktualizace a nové dostupné aplikace. Rychlost celkově eliminuje podnikům tlak plánování kapacit a zlepšuje jim flexibilitu.

3.2.1.3 Globální rozměr

V dnešní době je již cloud tak světově rozšířenou technologií, že má klient možnost výběru z mnoha konkurenčních poskytovatelů cloud computingu. Snáze si tak klient najde nabídku, která mu bude vyhovovat, ať už se to týká škály poskytovaných služeb, ceny, smluvních podmínek, nebo dalších parametrů. Poskytovatelé cloud computingových služeb s postupem času stále rozšiřují své působení na území dalších a dalších států.

Zároveň se na trhu také objevují plně automatizované cloudy se schopností elastické škálovatelnosti. Společnost Microsoft popisuje elastický computing jako schopnost rychle se rozšiřovat, případně rychle omezovat prostředky počítačových zpracování jako úložiště

snažíci se splnit proměnlivé požadavky a paměť. Klient by si přitom neměl dělat starosti plánováním kapacit a technických prací při využití ve špičce. Běžně řízený nástroj pro správu systému elastický computing se stará o to, aby počet přidělených prostředků byl shodný jako počet aktuálně požadovaných prostředků. To vše zajišťuje bez přerušení provozu. Cloudová elasticita zajišťuje, že se klient vyhne platbám za nevyužitou kapacitu nebo neaktivní prostředky a nemusí mít starost s investicemi do nákupu, nebo údržby jiných prostředků a vybavení. Pro klienta v případě zájmu o elastický cloud computing je vhodné brát v potaz zabezpečení a omezené možnosti kontrol. Na druhou stranu však poskytuje mnoho výhod. A to například efektivnost oproti obvyklé infrastruktuře, automatizovanost, která eliminuje nutnost spoléhat se na neustálou přítomnost správců, trvalou dostupnost služeb a další. [7]

Jedná se tedy o otevřenou platformu, kterou podporuje pouze hypervisor, jehož význam bude vysvětlen níže. Ti by měli pomáhat klientům budovat privátní a veřejné cloudy tak, aby odpovídaly nejnovějším trendům v oblasti cloud computingu. Důraz se pak klade na základní parametry, a to automatizovanost, elasticitu, škálovatelnost a efektivitu.

3.2.1.4 Produktivita

Na výhody z hlediska produktivity můžeme opět nahlížet z několika pohledů. O prvním pohledu pojednává web společnosti Microsoft následovně: „*Místní datová centra obvykle vyžadují hodně práce kolem, jako jsou nastavení hardwaru, opravy softwaru a další časově náročné úkoly správy IT. Cloud computing odstraňuje potřebu řady těchto činností, takže IT týmy můžou ušetřený čas věnovat důležitějším obchodním cílům.*“ [8]. Zde se tedy opět jedná o výhody spojené s eliminací výstavby již zmíněných vlastních datových center.

Druhý pohled se zaměřuje na produktivitu cloudů z pohledu kooperace v reálném čase. „*Z hlediska produktivity práce je obrovskou výhodou cloudových aplikací možnost kooperace v reálném čase na dokumentech. Jediný dokument, tabulku či prezentaci může mít otevřeno hned několik zaměstnanců najednou. Nikdo nečeká na aktuální verze posílané jako přílohy, odpadá zmatek a zbytečné prostoje z porovnávání dokumentů.*“ [9]

3.2.1.5 Výkon

Klient má opět velikou výhodu v použití cloudů oproti zřízení vlastního datového centra. V prostředí IT totiž platí tzv. Moorovo pravidlo, jehož původní znění je následovné: Počet tranzistorů, které mohou být umístěny na integrovaný obvod, se při zachování stejné

ceny zhruba každých 18 měsíců zdvojnásobí. Toto původní znění, vyslovené roku 1965, se v průběhu času muselo pozměnit. V dnešní době se již neuvádí 18 měsíců pro zdvojnásobení výkonu procesorů. Uvádí se, že se vývoj dnešních procesorů zpomalil zhruba na 2 roky pro zdvojnásobení výkonu. I tak je znění stále velice přesné a pravdivé. Pro podniky z něj vyplývá, že při zřízení vlastního datového centra by pro držení se stále nejnovějších trendů a nejvýkonnějších procesorů by musel podnik zhruba každé 2 roky obměnit HW vlastního datového centra, což by bylo velice nákladné a neefektivní. Oproti tomu největší služby cloudu bývají zpravidla provozovány v globální síti dobře zabezpečených datových center. Tyto datová centra se drží nejnovějších trendů, aniž by se o ně klient musel starat. Bývají pravidelně obměňovány za nejnovější, častokrát mnohem rychlejší a efektivnější výpočetní HW. v případě, že by klient snad nepotřeboval veškerý výkon, může opět efektivně a flexibilně reagovat na změnu stavu upravením parametrů od dodavatele, a tím například snížit náklady.

3.2.1.6 Spolehlivost

Co se spolehlivosti týče, je třeba si nejprve stanovit co si pod ní představit. U cloudu budeme považovat za relevantní ukazatele spolehlivosti možnost a pravidelnost zálohování dat, způsob a rychlost zotavení po havárii a kontinuitu podnikových aplikací. Zejména řízení kontinuity činností podniku (business continuity management) a obnova po havárii (disaster recovery) se začaly uplatňovat ve velkém až relativně nedávno. Do nedávna byly totiž tyto procesy považovány za zbytečné, využitelné jen pro úzkou škálu klientely. V dnešní době však významní dodavatelé cloudu začali zmíněné procesy zařazovat do běžného provozu cloudu a stále se snaží přicházet s efektivnější ochranou svých dat a zabezpečením před výpadkem IT.

Existují již i aplikace, schopné tyto problémy řešit s možnou implementací na všechny typy cloudu. Jsou jimi například aplikace Azure od společnosti Microsoft, nebo třeba Veeam Backup & Replication.

Jako příklad autor práce uvede službu společnosti Microsoft. Ta definuje svoji cloud computingovou službu jako schopnou zálohování dat, jejich následně možné zotavení po případné havárii a umožňující podnikové aplikace, jelikož data se mohou zrcadlit na více redundantních webech v síti poskytovatele cloud computingu. Tyto funkce by měly sloužit k tomu, aby klientská data nebyla ztracena a nijak zneužita. Aplikace by tak měly zůstat i přes havárie serveru, výpadky napájení či přírodní katastrofy stále dostupné. Klientská data

je možno chránit a obnovovat tak, že se zálohují do Microsoft Azure. K tomuto slouží služba Azure backup, která je jednoduchá, snižuje klientům náklady na infrastrukturu a také poskytuje kvalitní zabezpečovací mechanismy sloužící k ochraně klientských dat před ransomwarem. V jednom řešení lze chránit dokumenty běžící v Azure i lokálně v OS jako Windows, Linux, VMware nebo Hyper-V. Aplikace běžící v Azure mají tak zajištěnou kontinuitu podnikových prostředí. Je nabízeno i testování zotavení po havárii skrze Azure Site Recovery. Také je nabízena možnost replikování lokálního virtuálního počítače VMware, Hyper-V a fyzických serverů do Azure tak, aby byly dostupné v případě že dojde k výpadku základní lokality. V případě možnosti opětovného spuštění pak obnovit úlohy zpět do základní lokality. [10]

S pomocí aplikace Veeam Backup & Replication bych podrobněji vysvětlil za použití citovaných příkladů z webu Reseller Magazine OnLine, jaké funkce mohou například tyto aplikace nabízet. První funkcí, kterou bych zmínil, je zotavení po havárii s funkcí nepřetržité ochrany dat (CDP): „*Eliminuje prostoje a minimalizuje ztrátu dat u Tier-1 VMware úloh s integrovaným CDP a umožňuje dosáhnout okamžitých obnov do nejnovějšího stavu nebo požadovaného bodu v čase poskytováním nejlepších cílů bodů obnovení (RPO).*“ [11]. Druhou základní funkcí je spolehlivá ochrana proti ransomwaru: „*Umožňuje uchovávat data v bezpečí díky neměnným, proti ransomwaru chráněným zabezpečeným linuxovým úložištím pro zálohování, odpovídajícím regulacím SEC 17a-4(f), FINRA 4511(c) a CFTC 1.31(c)-(d), která zabrání zašifrování ransomwarem i náhodnému nebo úmyslně škodlivému smazání; založeným na standardních serverech bez jakéhokoli závislosti na výrobci.*“ [11]. Mimo tyto dvě zmíněné nabízí aplikace spoustu dalších funkcí a možných řešení, jako je například Zálohování s nativní podporou cloudu integrované pro AWS, Azure a Google, Zálohování s nativní podporou Kubernetes apod.

3.2.1.7 Zabezpečení

V dnešní době téměř každý poskytovatel cloudových služeb nabízí škálu zabezpečovacích zásad, metod, kontrolních prvků a technologií, které napomáhají zvýšení bezpečnosti dat před potencionálními hrozbami a útočníky.

K zabezpečení je třeba přistupovat komplexně. Pro minimalizaci externích i interních rizik sestavila společnost T-Systems od společnosti T-Mobile souhrn dvanácti pravidel, kterými by se poskytovatelé měli řídit. Jsou jimi „*identity management a kontrola přístupu, organizace infrastruktury a zabezpečení komunikace s cloudem, IT systémy v datových*

centrech, bezpečná komunikace v cloudu a delegace služeb, ochrana IT systémů na straně poskytovatele služby, fyzická bezpečnost datového centra, organizace a bezpečná správa cloudu, správa a dostupnost služeb, Smlouvy, integrace a migrace procesů, správa bezpečnosti a zranitelností, bezpečnostní reporting a správa incidentů, správa požadavků a compliance.“ [12]. Těchto dvanáct bodů bych stručně rozepsal.

První pojednává o rizicích spojených s vlastními zaměstnanci. Rizika zde jsou vědomá i nevědomá. Pro eliminaci těch nevědomých bývají zaměstnanci podrobně zasvěcováni do zásadních principů bezpečnosti. Pro eliminaci vědomých rizik jsou zaváděny systémy pro striktní kontroly identity zaměstnanců. Práva jsou přidělována tak, aby každý zaměstnanec měl přístup pouze k datům a informacím nezbytně potřebným k práci. Pro tyto účely lze použít DLP SW, který poskytuje aktivní monitoring nežádoucích a potenciálně ohrožujících aktivit.

Pro zabezpečení komunikace s cloudem lze datové přenosy šifrovat a vzdálený přístup uživatelů zajistit pomocí zabezpečené VPN. Zároveň je vhodné, aby poskytovatel používal kvalitní internetové připojení, včetně prioritizace, load balancingu a komprese dat.

Záhodno pro poskytovatele také bývá ověřit si kvalitu datového centra. Zejména aby byli uživatelé správně oddělováni a každý se dostal pouze ke svým datům. Důležité je, aby byly bezpečnostní prvky a systémy, jako je například detekce neoprávněného přístupu firewall s IPS, implementovány přímo do datových center. Kromě SW stránky zabezpečení datových center je také záhodno ochránit před HW potenciálním nebezpečím, jako je úmyslné poškození osobou nebo přírodní katastrofy.

Poskytovatelé nyní používají také dedikovaný systém ISMS pro organizaci procesů, kontrolu přístupu a distribuci úkolů mezi svými zaměstnanci. Použití systému ISMS mimo jiné opravňuje poskytovatele prokazovat se mezinárodní certifikací ISO/IEC 27001. Další certifikát, na který je dobré hledět, je ISO/IEC 2700 či ISO 27001, který poskytovatel získá zařazením do své nabídky kvalitní strategii risk managementu, která mu umožňuje definovat potenciální rizika i postup pro jejich minimalizaci. Kromě těchto certifikací je také velice ceněná garantovaná smlouva mezi poskytovatelem a klientem SLA. Pro zajištění musí poskytovatel nabízet například plnou redundanci.

Mimo tento stručný výčet zmíněných dvanácti bodů bezpečnosti se v dnešní době hodně mluví o způsobech rolí identit a autentizace v cloudech. Správa identit a autentizační služby představují pro cloudy zásadní prvky bezpečnosti. Web Publi.cz uvádí: „*Ochrana identit zajišťuje integritu a důvěrnost dat a aplikací a současně je zpřístupňuje*

autorizovaným uživatelům. Podpora výše zmíněných funkcí jak pro uživatele, tak pro jednotlivé části infrastruktury, je nedílnou součástí všech typů Cloudu. z pohledu řízení přístupu do Cloudu je třeba se soustředit na silnou a granulární autentizaci.“ [13].

Autentizaci pak web Publi.cz dělí na silnou a granulární. K silné uvádí: „Pokud má cloud sloužit k provozu podnikových aplikací, je třeba využít silnější autentizaci uživatelů místo již dávno překonaného uživatelského jména a statického hesla. Doporučením v této oblasti je použití již ověřených technologií pro silnou autentizaci (multifaktorová autentizace na bázi jednorázového hesla), federovanou (delegovanou) identitu pro důvěryhodné sdílení identit mezi různými subjekty, a „risk-based“ autentizaci založenou na chování uživatele, kontextu a mnoha dalších faktorech. Vhodnou kombinací a vrstvením těchto autentizačních metod lze zajistit jak dodržení bezpečnostních SLA, tak jednoduchost použití pro všechny typy uživatelů.“ [13]

A granulární: „V Cloudu, zejména v tom veřejném určeném pro podnikové aplikace, je nutné velmi granulárně řídit jednotlivá přístupová práva uživatelů a jejich skupin, ideálně na bázi jejich rolí v podniku. Tím hlavním důvodem je zde ochrana citlivých dat jednotlivých nájemců v rámci veřejného Cloudu a s tím úzce související dodržení příslušných zákonů a předpisů.“ [13]

Pokud má klient ověřeno, že jeho poskytovatel cloudu splňuje většinu těchto bezpečnostních prvků, můžeme určitě zařadit bezpečnost mezi výhody.

3.2.2 Nevýhody cloud computingu

Z globálního hlediska představují nevýhody použití cloudu spíše minoritní zastoupení oproti výhodám, zejména pro malý a střední sektor. Přesto je dobré si probrat i nevýhody. Pro některé klienty by mohly být rozhodující. Povětšinou se jedná o stejné body, které jsou zmíněny v sekci výhod, což může být lehce matoucí, ale skutečně tomu tak je. Jeden aspekt může mít své světlé i stinné stránky. Záleží pak na spoustě individuálních požadavků a konfigurací, co bude nakonec pro klienta nejvýhodnější a nejefektivnější cestou.

Hned první aspekt, kterým jsou náklady, zmíněný u výhod, je právě duplicitní a může představovat jak výhody, tak i nevýhody. Web Publi.cz pojednává o žádných či malých úsporách z rozsahu: „zejména větší firmy mohou při realizaci IT infrastruktury a software svépomocí dosáhnout zajímavých úspor z rozsahu. Poskytovatel Cloud computingu však často poskytuje obdobnou cenu při 50 uživateli jako při 150 uživateli“ [14]. Tuto

výhodu však střední, a zejména malý sektor nemá moc šanci pocítit. Dále pak web pojednává o tom, že někdy ceny cloudových služeb mohou být dražší, než by byla realizace svépomocí. Zejména v případě pronájmu infrastruktury, v případě zřízení vlastního datového centra by toto pravděpodobně neplatilo. Tento aspekt popisuje web následovně: *„cena u Cloud computingu může být samozřejmě i vyšší než cena při realizaci svépomocí, zejména pak z dlouhodobého hlediska. To se týká zejména pronájmu infrastruktury, kde existuje určitá přírůžka za to, že je možné dynamicky měnit její kapacitu i za to, že poskytovatel Cloud computingu ve formě SLA garantuje obvykle poměrně vysokou (nejčastěji 99,9 %) dostupnost, za jejíž nedodržení je sankcionován (obvykle slevou na měsíčním/ročním paušálu).“* [14]

Další nevýhodou je závislost klienta na poskytovateli, a to z několika pohledů. Za prvé klient ztrácí plnou kontrolu nad svým softwarem a jeho verzemi. Je vhodné, aby klient navzdory automatizovanosti stále sledoval a kontroloval svůj software. Dalším aspektem je důvěra k poskytovateli. Z tohoto pohledu je vhodné vybírat z top vyhlášených známých poskytovatelů a zmírnit tak možnost například krachu poskytovatele nebo dalších ohrožujících faktorů. Dále v závislosti na poskytovateli má klient k dispozici většinou méně funkcí než v případě desktopových aplikací. Tento nedostatek nezpůsobují servery v datových centrech, ale protokoly http nebo https. Je nutno říct že tento nedostatek je v dnešní době opravdu minimální díky technologiemi pro vývoj interaktivních webových aplikací a stále se daří postupem času nedostupné funkce přidávat. Za nevýhodu se závislostí na poskytovateli můžeme považovat také legislativu. Zejména v případech kdy klient a poskytovatel sídlí na území jiného státu mohou vznikat komplikace v závislosti na odlišných právních normách či různých normách s nakládáním a uchováním osobních dat a jejich ochrany. [15]

Další aspekt, který je třeba považovat zároveň za nevýhodu, je bezpečnost. Oproti zřízení vlastního datového centra je využití cloudu jednoznačně rizikovější, neboť svěřujete data poskytovateli. Toto popisuje web cs.eyewater.com z pohledu důvěry poskytovateli: *„Před přijetím této technologie byste měli vědět, že se vzdáváte všech citlivých informací vaší společnosti poskytovateli cloudových služeb třetích stran. To může potenciálně ohrozit vaší společnost. Proto si musíte být naprosto jisti, že si vyberete nejspolehlivějšího poskytovatele služeb, který bude vaše informace plně zabezpečené.“* [16]. Mimo to jde však i o externí útoky, neboť se veškerá data přenášejí přes internet, což web cs.education-wiki.com popisuje takto: *„Hackeri v současné době cílí na vysoce profilované webové*

stránky, jako jsou například přední poskytovatelé cloudových služeb. Nemáte žádnou kontrolu nad zabezpečením svých dat, aplikací a softwaru. Pokud dojde k narušení zabezpečení poskytovatele cloudových služeb, můžete také utrpět ztráty a prostoje.“ [17]. Pokud se však poskytovatel brání proti útokům všemi výše zmíněnými možnostmi ochrany, může být klient klidný. Je třeba si dávat pozor při výběru poskytovatele a vše si ověřit.

Dále je třeba stále myslet na to, že klientova data jsou u dodavatele, což může také způsobit řadu potíží. Za prvé může nastat jakýkoli výpadek či porucha dodavatelova HW, což se může projevit zpomalením, či úplným výpadkem cloudu a klient může pouze doufat, že dodavatel napraví vzniklé potíže co nejdříve. Web definuje tento problém následovně: *„Ačkoli je pravda, že informace a data o cloudu jsou přístupné kdykoliv a odkudkoli, existují chvíle, kdy může tento systém mít vážné dysfunkce. Měli byste si být vědomi skutečnosti, že tato technologie je vždy náchylná k výpádkům a dalším technickým problémům. Dokonce i nejlepší poskytovatelé cloudových služeb se potýkají s tímto druhem potíží, přestože udržují vysoký standard údržby. Kromě toho budete potřebovat velmi dobré internetové připojení, které se bude na server přihlašovat po celou dobu. Při potížích s připojením a sítí budete vždy trvat.“ [16].* Mimo technické potíže může však dojít například ke krachu dodavatele a přerušení cloudových služeb. Klient poté bude muset narychlo shánět nového dodavatele. Také může časem zjistit nedostatečnou podporu dodavatele. Všechny tyto nevýhody je třeba ošetřit tím, že si klient dobře vybere a ověří dodavatele, aby eliminoval tyto potenciální nevýhody.

Poslední, u cloudových služeb nevyhnutelnou nevýhodou, je nutnost stálého a kvalitního internetového připojení. Web rascasone.com definuje nevýhodu nutného internetového připojení následovně: *„Za nevýhodu mohou být považovány vysoké nároky na internetové připojení, které vyplývají ze základního faktoru, že cloud funguje online. Výpadek internetu tak může zapříčinit výpadek infrastruktury a způsobit potíže v oblasti přístupu k datům. Na druhou stranu ovšem tato situace nastává pouze v případě slabšího internetového připojení. Pokud by došlo k výpadku na straně poskytovatele, jsou data z původního serveru ihned přemístěna jinam. Technické problémy by se proto ve firmě neměly projevit.“ [18]*

3.3 Rozdělení cloud computingu

Základní dělení cloudových služeb se rozlišuje zejména podle dvou aspektů, a to typy modelů nasazení a distribuční modely. Oba aspekty si podrobněji rozebereme níže.

3.3.1 Typy modelů nasazení

Modely nasazení nám říkají, jak jsou cloudové služby poskytovány dodavatelem. Co se týče primárního dělení, existují čtyři základní modely nasazení, kde každý z nich udává jinou škálovatelnost, spolehlivost, bezpečnost a cenu. Toto rozdělení nám ukazuje, jakým způsobem a v jakém poměru dovoluje poskytovatel klientovi spravovat jeho data či aplikace pomocí internetu či webového prohlížeče.

3.3.1.1 Veřejný

Také označovaný jako klasický model cloud computingu. Jak již z názvu vyplývá, je veřejný cloud volně k dispozici široké veřejnosti. Je dostupný již od roku 1997. Web spravarsite.eu definuje veřejný model následovně: „*Veřejný cloud (anglicky Public cloud computing) je založen a konfigurován na standardním modelu cloud computingu, kdy poskytovatel cloudu své služby dává široké veřejnosti k dispozici přes internet. Potřebná hardwarová struktura je umístěna ve vlastním datovém centru poskytovatele veřejného cloudu, fungující za pomoci virtualizace serveru a clusteru. Veřejné cloudové služby umožňují to, že zdroje se sdílí s ostatními uživateli. u veřejného cloudu také záleží jen na rozhodnutí poskytovatele, jaké všechny prostředky uživatelům zpřístupní či nikoli.*“ [19]. Nevýhodou je horší přizpůsobivost individuálním požadavkům jednotlivých subjektů, jelikož se zde poskytovatel zaměřuje na ideální řešení pro co možná největší skupinu subjektů, což ovšem nebude vyhovovat všem. Z důvodu odběru vysokého počtu uživatelů stojí většinou za vývojem velké množství specialistů pro dosažení co možná nejlepšího výsledku.

Web dále zmiňuje i příklady a výhody veřejného cloudu. Obecným příkladem veřejného modelu jsou služby jako Office, e-mail, storage apod. Specifičtějšími příklady může být i část nabídek poskytovatelů jako Windows Azure nebo Google Apps. Tyto poskytovatele dnes využívá přes 2 miliardy uživatelů napříč celým světem. Mezi výhody veřejného modelu pak můžeme řadit například jednoduchost a rychlost řešení, což souvisí s tím že HW a aplikace jsou hrazena poskytovatelem. Dále můžeme za výhodu považovat o flexibilní řešení při zvyšování výkonu virtuálních serverů podle zadání firem. Je dobře uplatnitelný zejména v sektoru malých a středních podniků. Zejména u takových, které vyšší dostupnost vlastního IT, ale nemají dostatečné finance pro investování velikých finančních prostředků do IT technologií, které s sebou například redundance zákonitě přináší. [19]

3.3.1.2 Soukromý

Jak je opět patrné již z názvu, soukromý model cloudu bývá provozován pouze pro jednu danou organizaci, nebo třetí stranu organizace. Ty jsou tedy majiteli a zároveň spotřebiteli cloudu. Podle webu quadronet.cz jde o „*cloudové řešení vytvořené, vlastněné a využívané konkrétní organizací. Jeho infrastruktura je soukromá, což znamená, že není sdílena mezi další subjekty. Výpočetní infrastrukturu lze umístit přímo v organizaci, ale i mimo ni a přístup k ní je opět možný jak pomocí internetu, tak ethernetu. Většinou se jedná o technologicky poměrně náročná řešení s vysokými vstupními náklady, která jsou vhodná pro větší firmy.*“ [20]. Privátní cloudové služby bývají využívány v momentě, kdy si ho soukromá organizace vytvoří pro své vlastní interní účely nebo je jí dodáván od třetích stran, jako jsou například externí provozovatelé nebo serverhostingy. Výhody pak popisuje web sprava-site.eu: „*Jedním z hlavních aspektů privátního cloudu je to, že každá firma ho má nakonfigurován absolutně dle jejich interních potřeb. Koncová administrace IT je rychlá a vysoce zautomatizovaná, a to se projevuje i ve snížení vynaložených nákladů. Tento modelový typ se hodí například pro firmy, které mají více poboček v zemi či na světě. Díky procesu virtualizace serverů pak mohou dosáhnout maximálních výhod, které cloud přináší (bezpečnost a spolehlivost).*“ [21]. Soukromý cloud tedy zaručuje mnohem větší, kvalitnější a bezpečnější úroveň ochrany dat, což je pro většinu společností využívajících tyto služby prioritou. V praxi privátní cloudy často používají vládní agentury, finanční instituce a další střední až velké organizace, pracující s důležitými operacemi, které požadují precizní zvýšenou kontrolu nad svým prostředím. Jiný příklad může být třeba organizace, která se rozhodla pro využití virtualizované architektury na již vybudovaném hardware. To může představovat značné úspory nákladů. Organizace však není schopná vzdáleně hostovat svá data, tak využívá cloud, který zlepší využití zdrojů organizace a přinese také výhody v podobě automatizované správy.

3.3.1.3 Hybridní

Hybridní model cloudových služeb je vlastně kombinací veřejného, soukromého a někdy i komunitního modelu cloudu. Následně web cs.education-wiki.com uvádí, že se hybridní cloud skládá z více cloudů, které mohou mít podobu veřejných, soukromých nebo komunitních cloudů. Tyto cloudy jsou svým způsobem odlišné, avšak jsou všechny nějakými způsoby propojené, čímž nabízejí množství výhod odlišných modelů nasazení. Pojem hybridní cloud také znamená schopnost připojit se, věnovat služby a také je spravovat

pomocí cloudových zdrojů. Definice společnosti Gartner je hybridní cloud pouze služba, obvykle založená na cloud computingu. Tato služba se skládá z kombinace veřejných, soukromých a komunitních cloudových služeb poskytovaných několika poskytovateli cloud computingu. Může také překročit izolaci a hranice zadané poskytovateli cloud computingových služeb. Proto je nelze snadno řadit do jedné ze tří výše zmíněných modelů. Hybridní cloud také disponuje schopnostmi agregace, integrace nebo přizpůsobení. Díky těmto schopnostem může být také integrován mezi jiné cloud computingové služby. Vzniká tak ideální spojení on-premise, soukromého cloudu, cloudu třetích stran a veřejných služeb. To bývá občas nutností díky rostoucímu pracovnímu vytížení. Mimo to hybridní cloud také poskytuje různé výhody s ohledem na výpočetní potřeby a změny v cenách. Nabízí také vyšší úroveň flexibility a více možností nasazení. [22]

Klient si může dokonce nakombinovat různé modely nasazené pro různé účely. Například bude využívat veřejný cloud pro podporu obchodu a zároveň privátní cloud pro citlivá data, která potřebují být dobře zabezpečena. Web sprava-site.eu pak popisuje situaci, kdy je vhodné přejít na tento typ modelu: „*Např. v momentě, kdy společnost vlastní novější i starší fyzické servery, protože jedna skupina serverů se může nechat u společnosti a druhá se přesune do serverovny, splňující technologický standard Tier. Hybridní cloud tak velice chytrým řešením propojuje firemní servery společně s cloudovými. Správce serveru už jen dále individuálně konfiguruje, co a jak půjde přes servery firmy a co přes cloudové servery. Činnost velkých i menších společností nutně vyžaduje flexibilní a škálovatelnou infrastrukturu IT, kterou je možno spravovat co nejefektivněji.*“ [23]. Logicky z toho pak vychází pro někoho možná nevýhoda, jelikož část dat bude stále v uživatelově vlastní infrastruktuře, kterou bude muset vybudovat nebo již mít vybudovanou.

3.3.1.4 Komunitní

Komunitní model cloudu je specifický případ veřejného modelu s tím rozdílem, že komunitní bývá obvykle přístupný jen úzké skupině uživatelů. Základní myšlenkou je zde totiž sdílení IT mezi organizacemi se stejnými nebo podobnými nároky na cloud. Tyto uživatele může spojovat bezpečnostní politika, stejný obor zájmu a podobně. Oproti veřejnému má tak komunitní model lepší přizpůsobivost individuálním požadavkům, neboť se zaměřuje na užší skupinu lidí. Toto řešení bývá také dostupné prostřednictvím internetu a ethernetu. Jako příklad může být využití technologických clusterů.

3.3.2 Distribuční modely

Distribuční modely zjednodušeně vypovídají o tom, co je v rámci služby nabízeno. Je možno z nich poznat, zda jde o software, hardware či jejich kombinaci. Poskytovatelé v zásadě nabízejí dané cloud computingové služby skrze hlavní tři typy modelů. Těmito modely jsou Infrastruktura jako služba (IaaS), Software jako služba (SaaS) a Platforma jako služba (PaaS). Toto jsou nejzákladnější tři modely, avšak ne všechny. Existují pak další, na které se často zapomíná, jako Zálohování jako služba (BaaS), Monitoring jako služba (MaaS), nebo třeba (CaaS), kterou může být Container jako služba i Komunikace jako služba. Těmto modelům se také říká servicemodels. Tyto zkratky podrobněji definuje knižní zdroj Cloud computing: praktický průvodce na straně 32. následovně: „*Termín služby v cloud computingu označuje možnost práce s opakovatelně použitelnými a jemně strukturovanými komponentami v rámci sítě dodavatele. Široce se to označuje termínem „jako služba“ (as a service).*“ [24]. Všechny modely by měly mít shodné následující vlastnosti: dostupnost i pro malé podniky z důvodu přijatelných finančních nákladů na přechod do služby, vysokou míru škálovatelnosti, možnost sdílení dat a aplikací různými zákazníky z jakéhokoliv počítače.

3.3.2.1 IaaS

Podle webu docplayer.cz u IaaS (Infrastruktura jako služba) „*jde o službu, která je poskytována přes internet a platí se jen za to, co kdo využívá. Do této sféry patří fyzický provoz datového centra, zabezpečení a brány sítě, servery a uložení. Využití IaaS je hlavně ve vývoji a testování, hostování webových stránek, ukládání a zálohování, v obnově, ve vývoji webových aplikací, v analýze velkých objemů dat a prostředí HPC.*“ [25]. Modelem IaaS klient tedy získá pouze HW poskytovatele, se kterým klient může disponovat podle svých potřeb a provozovat na něm žádoucí SW, a který tedy opět značně sníží klientovy náklady eliminací nutnosti zřízení vlastního datového centra. O správu infrastruktury se pak také stará poskytovatel. Může pronajímat výpočetní výkon svých strojů klientům, a to například v podobě VPS, cloud hostingu nebo dedikovaného serveru. Konkrétně se jedná o možnost dočasného poskytnutí místa na serveru, síťového zařízení, paměti, úložného místa a další.

Web master.cz uvádí výhodu flexibility ve srovnání s PaaS a SaaS: „*Ve srovnání s PaaS a SaaS se jedná o nejzákladnější službu, která je velmi flexibilní, snadno škálovatelná a cenově dostupná. Uživatel IaaS si se svými pronajatými zdroji může dělat téměř cokoliv –*

třeba na ně nainstalovat účetní software, vývojářskou platformu, rozjet e-shop nebo klidně všechny tři věci najednou.“ [26]

Konkrétní příklady řešení pomocí modelu IaaS v praxi pak mohou být: Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform, Microsoft Azure, Rackspace, IBM SoftLayer, Citrix Workspace Cloud, VMware vCloud Air a další.

3.3.2.2 PaaS

Dalším modelem je PaaS (Platforma jako služba). Podle knihy *The Basics of Cloud Computing: Understanding the Fundamentals of Cloud Computing in Theory and Practice* jsou PaaS služby určeny zejména pro vývojáře, nebo organizace spravující informační systémy. Za nabídky PaaS můžeme považovat například OS a různé platformy určené pro vývoj. Tyto platformy, které si klient pronajímá pro hostování jeho vytvořené aplikace, následně tvoří webové servery, programovací jazyky, rozšiřovací knihovny a další. Důležitou roli zde hrají také databázové platformy a nástroje pro jejich řízení nebo libovolné middleware komponenty. PaaS tedy usnadňuje klientovi zejména nasazení jeho nové aplikace do produkčního prostředí. Usnadnění způsobuje zejména eliminaci nutnosti zřizovat vlastní infrastrukturu. Toto usnadnění přispívá k výrazné úspoře času a nákladů s tím spojenými. Za nevýhodu můžeme považovat omezený výběr nástrojů, které má v režiji poskytovatel dané služby. [27]

Využití v praxi pak s příklady využitých programovacích jazyků popisuje web wiki.metacentrum.cz: *„Tyto platformy obvykle poskytují vybrané programovací jazyky s jejich standardními knihovny a populárními frameworky, jako například Django pro jazyk Python, Ruby on Rails pro jazyk Ruby, nebo Node.js pro jazyk JavaScript. Také poskytují způsoby, jak ukládat data, obvykle relační databáze (MySQL, PostgreSQL, Oracle, MS SQL) a non-SQL databáze optimalizované na velkou škálovatelnost (Google BigTable, Amazon DynamoDB).*“ [28]

Konkrétní reálné příklady použití modelu PaaS mohou být Microsoft – Windows Azure, Google – Google Code, Google Apps, Amazon – prostředí AWS a další.

3.3.2.3 SaaS

Poslední a pro tuto práci asi nejvýznamnější model SaaS (Software jako služba) je podle knižního zdroje *Cloud computing: SaaS, PaaS, IaaS, virtualization, business models, mobile, security and more* „*model, s kterým se uživatel cloudu běžně setkává. Prostřednictvím*

webových prohlížečů umožňuje uživateli přístup k softwaru, jako jsou různé programy a aplikace či uživatelská data, který je uložen v datových centrech, resp. v cloudu u poskytovatele. Podnikům využívající takové řešení odpadá potřeba mít aplikaci na vlastních serverech, starost o správu aplikace a datových úložišť. Většina podniků platí poskytovateli na vyžádání, což znamená, že zákazník platí pouze za zdroje, které využívá, obvykle na základě počtu uživatelů. SaaS řešení je dostupné pro širokou paletu aplikací a poskytuje svým koncovým zákazníkům cenově úsporný způsob na rozjezd podnikání a cenově dostupné dlouhodobé řešení.“ [29]. Vědecké laboratoře NIST pak definici modelu SaaS shrnuly následovně: „Schopnost poskytovatele umožnit spotřebiteli využití aplikací běžících na cloud infrastruktuře. Tyto aplikace jsou přístupné z různých klientských zařízení, a to buď prostřednictvím tenkých klientů, pomocí webového prohlížeče, nebo díky rozhraní programu. Zákazník neřídí ani neovládá základní cloud infrastrukturu (sít, servery, operačních systém, úložiště) ani vlastní správu aplikací.“ [30]

Následně něco k technické stránce modelu SaaS. Podle webu wiki.metacentrum.cz se SaaS také někdy nazývá software na vyžádání nebo application service providing. Poskytovatel SaaS poskytuje SW ve formě výkonného kódu s možným stažením. Teno kód lze spustit na klientovo zařízení například pomocí programovacího jazyka JavaScript v klientovo prohlížeči, nebo v jiných jazycích přímo pro OS jako Windows, Linux, OS X, Android, iOS a další. Kód prováděný na klientovo zařízení volá pomocí internetu platformově nezávislé programové rozhraní API umístěné na serverech poskytovatele cloud computingové služby. Takové programové rozhraní bývá většinou založeno na protokolu http. Díky tomu může být využito v případě potřeby i aplikacemi dalších stran. Příkladem může být Google API, které mohou využít jiné firmy ve vlastních aplikacích, které jsou určeny pro uživatele s Google účtem. [28]

Pro model SaaS se na trhu objevuje velké množství softwaru. Vhodné jsou především programy plnící jednoduché úlohy, které nejsou složitě vázány na jiné systémy. Model je vhodný zejména pro menší nebo střední sektor, který není schopen vyvíjet vlastní SW.

Existuje několik základních skupin, do kterých se SaaS aplikace dají zařadit. Příklady skupin mohou být ERP systémy, CRM systémy, účetní systémy, business intelligence, systémy pro správu majetku a údržbu, řízení projektů, řízení výroby a plánování, správa lidských zdrojů a správa dokumentů.

3.3.2.4 Ostatní

Jak bylo již uvedeno výše, existují i další distribuční modely mimo tří hlavních již rozebraných. Popsal bych ještě modely BaaS (může být i Backend jako služba, my se však podíváme na Zálohování jako služba), CaaS (může mít opět více významů, například Container jako služba, my si však rozebereme význam Komunikace jako služba) a MaaS (Monitoring jako služba). Avšak na trhu se specifických modelů objevuje ještě mnohem více.

BaaS z anglického Backup as a Service je podle webu sprava-site.eu „*cloudový distribuční model, který zajišťuje backup neboli zálohování dat a jejich případnou obnovu za pomoci již fungující a zavedené infrastruktury na straně poskytovatele. BaaS je zajímavou a rychlou variantou standardního způsobu zálohování citlivých firemních dat pro zajištění komplexnějšího bezpečnostního stupně. BaaS tak může být snadno jednou z mnoha součástí vypracovaného plánu Disaster Recovery. Výhodou BaaS je to, že záloha je vytvořena v jiné lokalitě, než je lokální záloha. v případě nenadálé havárie či katastrofy je riziko ztráty dat vysoce eliminováno. Stejně jako ostatní cloudové služby, tak i u Baas by měla být uzavřena SLA mezi firmou a poskytovatelem.*“ [31]. Náhlá ztráta dat nemusí být jen z důvodu neúmyslné havárie, může dojít i k záměrným útokům, například v podobě šifrování dat. Proto je pro klienta velkou výhodou mít svá data zálohována.

MaaS (Monitoring jako služba) se stará o on-line monitoring a vyhodnocování dat ve všech možných podobách. Model MaaS je v praxi poměrně důležitý pro všechny ostatní a dříve zmíněné typy modelů, zejména SaaS a PaaS. Poskytuje totiž komplexní přehled o fungování nejen serverů, ale i daných aplikací, jejich výpočetních potřebách a využití výkonu, který je k dispozici. Opět pomocí webu sprava-site.eu bych uvedl konkrétní příklad modelu MaaS: „*Ve svém základním principu je MaaS službou velmi blízce podobnou standardnímu webhostingu. Nejznámějším poskytovatelem MaaS je např. společnost Google v rámci svého Google App Engine.*“ [32]

CaaS (Komunikace jako služba) je distribuční model, který využívá technologie cloud computingu pro zajištění komunikace klientů. Opět web sprava-site.eu uvádí definici následovně: „*Zkratka CaaS tak znamená, že v cloudovém prostředí může firma např. využívat možnosti VoIP komunikace či mít zajištění poštovní server. Služba CaaS je důležitou součástí kategorie služeb známých jako Software as a Service (SaaS) neboli provoz softwaru jako služby přes internet. Základním konceptem a klíčovou výhodou CaaS je, že přístup k těmto službám je velmi pohodlný a díky internetu i snadno dostupný z jakéhokoli místa.*

Služba je kompletně zajištěna poskytovatelem a uživatel se tak absolutně nemusí starat o technické zázemí a chod (např. údržba serveru, zálohování dat apod.).“ [33]

3.4 Virtualizace

K provozu cloud computingu je virtualizace nezbytnou nutností, neboť je cloud na ní postaven. Proto si ji zde také autor práce rozebere. O závislosti cloud computingu na virtualizaci pojednává web systemonline.cz. Podle něj je virtualizace v prostředí IT chápána jako prostředek pro abstrakci přístupu uživatele od SW a HW prostředků. Od úrovně této abstrakce se odvíjí úroveň virtualizace, a to v rozsahu od celého počítače po jeho jednotlivé HW komponenty, případně pouze SW prostředí. Tento počítač se nazývá virtuální stroj, HW komponenty mohou být například virtuální procesy, disk, virtuální paměť, síťové prvky apod. SW prostředím je pak myšleno virtualizace OS. Matematicky řečeno je virtualizace z pohledu cloud computingu nutná podmínka, nikoli však dostačující. Aby mohl cloud computing plnit všechny své funkce, musí být všechny HW prostředky plně virtualizované. Virtualizovaný musí být nejen procesor, diskový prostor a paměť, ale také infrastruktura sítě a v neposlední řadě SW technologie. V cloudu jsou všechny HW zdroje viditelné jako jeden velký výpočetní výkon. Ten je díky virtualizaci využívá tyto HW zdroje efektivně. Virtualizace však není cloud computingem jako takovým. Neposkytuje servisní katalog, nezajišťuje samo obslužnost, monitoring nabízí pouze omezeně a v neposlední řadě nezajišťuje platby za využití služeb. Z těchto důvodů není virtualizace to samé jako cloud computing, ale pouze za jeho velmi důležitou část. [34]

Pro shrnutí je virtualizace nutností, ne však vším potřebným pro to, aby mohla být uznána plnohodnotným cloudem. Cloud zajišťuje navíc samoobslužné objednání IT služby (self-service), standardizovanou nabídku služeb, servisní katalog, automatickou implementaci služby, monitoring, flexibilní specifikaci implementačních modelů služeb, účtování za využití služby pay per use a další.

Pro pochopení virtualizace nejen ve spojení s cloudem bych uvedl definici společnosti azure.microsoft.com: *„Virtualizace vytváří simulované neboli virtuální výpočetní prostředí namísto fyzického prostředí. Virtualizace často zahrnuje počítačem vytvořené verze hardwaru, operačních systémů, úložných zařízení atd. To umožňuje organizacím rozdělit jeden fyzický počítač nebo server na několik virtuálních počítačů. Každý virtuální počítač pak může pracovat nezávisle a spouštět různé operační systémy nebo aplikace, zatímco sdílí prostředky jediného hostitelského počítače.“ [35].* Hlavním cílem

virtualizace je tedy správa pracovního vytížení radikálním transformováním tradičního počítače tak, aby bylo škálovatelnější. Virtualizace je již desítky let součástí IT prostředí, první pokusy o virtualizaci se objevily v 60. letech 20. století, jak je zmíněno v kapitole 1.1 Počátky. Virtualizace má několik typů, lze ji aplikovat na širokou škálu systémových vrstev, jako jsou hardwarová virtualizace, virtualizace operačního systému, virtualizace aplikací, virtualizace serveru, virtualizace sítě, virtualizace desktopů, virtualizace úložiště. Některé si níže rozebereme podrobněji.

3.4.1 Výhody

Virtualizace přináší hned několik různých výhod, přičemž záleží i na typu virtualizace. Z obecného hlediska zlepšuje škálovatelnost a úlohy pomocí vytváření více prostředků, neboť na jednom hardware lze provozovat několik virtuálních strojů s různými rolemi. Díky možnosti snížení reálného počtu využívaných serverů se snižují i náklady, zejména z důvodů eliminace nutnosti pořizovat několik HW jako takových, s čímž souvisí i úspora elektrické energie. Mimo to se šetří náklady i na zaměstnancích, jelikož odpadá nutnost několika správců, stačí například jen jeden, který centralizovaně dohlíží a spravuje celou infrastrukturu. Dále je výrazně usnadněná implementace operačních systémů a aplikací. Systémy lze snadněji zálohovat, a tím docílit urychlení jejich obnovy v případě výpadku. Mimo to lze snadněji migrovat. Migrování dat nebo celých virtuálních strojů je jejich přenášení mezi těmi hmotnými. Příkladem může být v případě nutnosti více prostředků na virtuálním stroji oproti fyzickému je zde možnost snadného přenesení za chodu na jiný.

Web acronis.cz pak uvádí možné příklady z praxe: „*Představme si firmu, která provozuje 4 servery a je čas pořídit nové. Firma může koupit 4 nové servery nebo jeden výkonný stroj a tyto 4 servery provozovat virtuálně na jednom fyzickém serveru.*“ [36], nebo další příklad související se zálohou a obnovou: „*Představme si server, který je pro fungování firmy životně důležitý a tento stroj havaruje. v takovém případě (za předpokladu, že existuje virtuální kopie nebo alespoň funkční záloha tohoto stroje) lze na dobu nezbytně nutnou tento server zprovoznit ve virtuálním prostředí. Jakmile je k dispozici nový stroj, je možné virtuální server přenést na nový fyzický hardware, tím je zajištěno téměř kontinuální fungování serveru. Data, která se na serveru změnila v době jeho fungování ve virtuálním prostředí budou samozřejmě na nový hardware přenesena také.*“ [36]

3.4.2 Virtuální stroj

Podle webu multimediaexpo.cz je virtuální stroj definován jako „*software, který vytváří virtualizované prostředí mezi platformou počítače a operačním systémem, ve kterém koncový uživatel může provozovat software na abstraktním stroji.*“ [37]. Má pak několik typů, z nichž každý má odlišný význam. Virtuální stroj může být hardwarový nebo aplikační, mimo to pak existují pojmy jako virtuální prostředí nebo sdružování strojů.

Hardwarový virtuální stroj vytváří více jednotlivých stejných pracovních prostředí na jednom počítači. Každé prostředí představuje daný OS. To umožňuje například spuštění aplikace napsané pro jeden určitý OS na počítači s jiným OS, na kterém pomocí virtuálního stroje běží zároveň i potřebný OS pro spuštění. Může také zajistit vykonání sandboxu. Ten nabízí větší úroveň izolace mezi procesy, než by mohlo být dosaženo při vykonávání více procesů najednou na stejném OS. Zajistí tak lepší multitasking. Dále je také možno vytvořit iluzi, že na jednom počítači běží pouze jeden izolovaný uživatel, přestože jich tam může být více. Dále virtuální stroj umožňuje rychlejší bootování než na fyzickém stroji, jelikož některé operace, jako například inicializace HW, mohou být přeskočeny. Hardwarový virtuální stroj je úzce spojený a bývá často označován jako virtuální server. Hostitelský SW poskytující tuto schopnost, bývá označován jako hypervisor nebo někdy také virtuální strojový monitor. Existují zde tři hlavní úrovně. Emulace, což znamená, že virtuální stroj simuluje kompletní HW, dovolující provoz nemodifikovaného OS na úplně jiném procesoru. Paravirtualizace, kde virtuální stroj nesimuluje HW, ale místo toho nabídne speciální rozhraní API, které vyžaduje modifikace OS a plnou virtualizaci, které se také říká nativní virtualizace, kde virtuální umožňuje simulaci dostatečného množství HW tak, aby umožnil oddělený běh neupraveného OS hosta určeného pro stejný druh CPU. Obvykle je možný souběh více instancí.

Dalším typem je aplikační virtuální stroj. Podle webu multimediaexpo.cz se jedná o „*počítačový software, který izoluje aplikace používané uživatelem na počítači. Protože verze virtuálního stroje jsou psány pro různé počítačové platformy, jakákoliv aplikace psaná pro virtuální stroj může být provozována na kterékoli z platforem, místo toho, aby se musely vytvářet oddělené verze aplikace pro každý počítač a operační systém. Aplikace běžící na počítači používá interpreta nebo Just in time kompilaci.*“ [37]

Dále pak virtuální prostředí, které se také nazývá virtuální soukromý server. Jedná se o jiný typ virtuálního stroje, kterým je virtualizované prostředí pro chod programů na úrovni

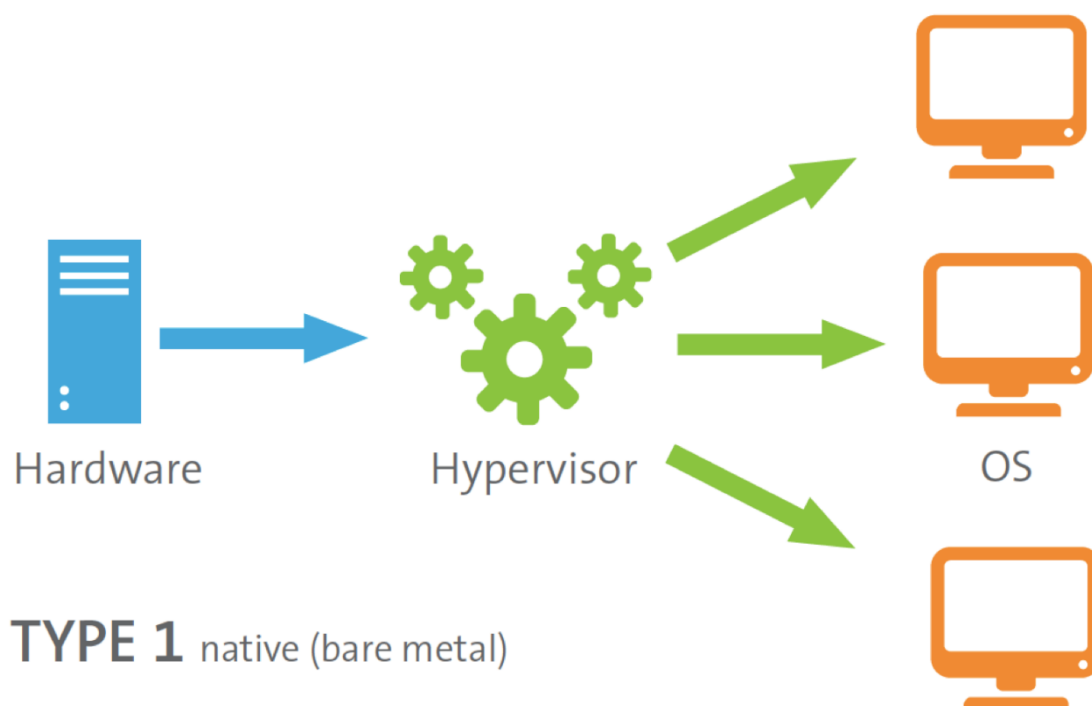
uživatelé aplikace, nikoli jádra OS a ovladače. Avšak k vytvoření je potřeba SW vytvářející virtualizaci na úrovni OS.

Poslední typ – sdružování strojů. Podle webu multimediaexpo.cz ho můžeme také chápat jako „*počítačový cluster, což je mnoho počítačů sdružených do velkého a výkonnějšího virtuálního stroje. v tomto případě software vytváří jednotné prostředí rozprostřené přes více počítačů, takže se koncovému uživateli jeví, jako by používal počítač jediný. PVM a MPI jsou dvě běžné sady programů, které dovolí propojit různorodou skupinu počítačů s Unixem nebo Windows do sítě, aby byly použitelné jako jeden velký paralelní počítač. Velké výpočetní problémy tak mohou být řešeny cenově efektivněji použitím výkonu a paměti spojených počítačů než použitím tradičního superpočítače.*“ [37]

3.4.3 Hypervisor

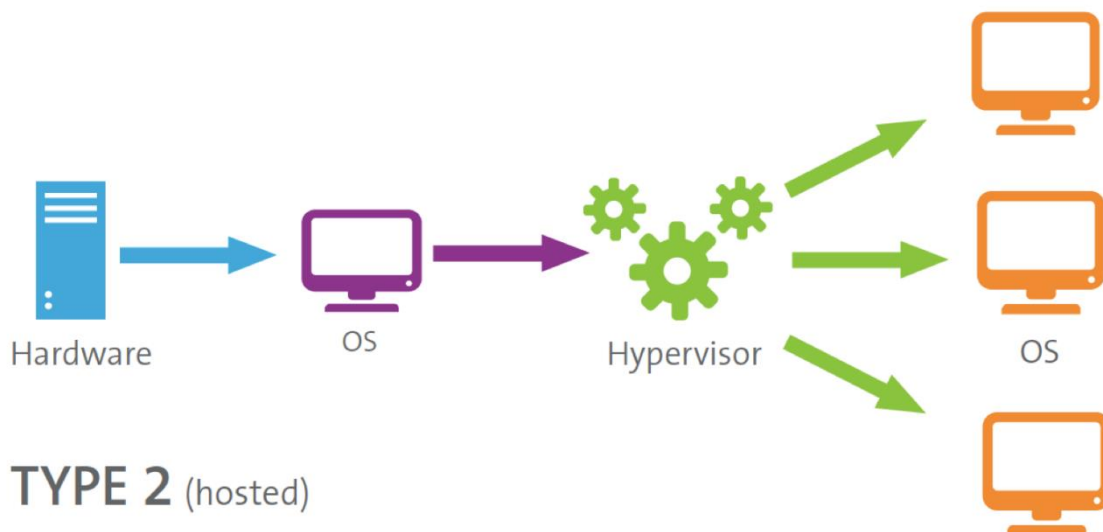
Hypervisor, také nazývaný jako virtual machine monitor, nebo virtual machine manager (VMM), česky monitor virtuálního stroje. Je jednou z technik hardwarové virtualizace, jak již bylo zmíněno výše. VMM může být SW nebo HW a umožňuje na jednom počítači spustit zároveň více operačních systémů. Existující OS se stává tzv. virtuálním počítačem. Úkolem hypervisoru je spravovat každý OS podle jeho obratu tak, aby se vzájemně nerušily. Existují dva typy hypervisoru, a to typ 1 – nativní (baremetal architecture) a typ 2 – hostovaný (hosted architecture).

Typ 1 tzv. nativní popisuje web tech-lib.eu následovně: „*Nativní hypervisor běží přímo na technické vybavení. Sedí mezi hardwarem a jedním nebo více hosty operační systémy. Nativní hypervisor se načte ještě před operačním systémem a interaguje přímo s jádrem. To poskytuje nejvyšší možný výkon, protože o zdroje počítače nesoutěží žádný primární operační systém. Znamená to však také, že počítač lze použít pouze ke spuštění virtuálních strojů, protože hypervisor je vždy spuštěn. Mezi příklady hypervisorů typu 1 patří VMware ESXi, Microsoft Hyper-V a Apple Boot Camp.*“ [38] Schéma nativního hypervisoru je vyobrazeno na obrázku č. 2.:



Typ 2 tzv. hostovaný pak popisuje takto: „Hostovaný hypervisor je nainstalován na hostitel počítač, který již má nainstalovaný operační systém. Funguje jako aplikace jako jiný software v počítači. Většina hostovaných hypervisorů může spravovat a spouštět více virtuálních počítačů najednou. Výhodou hostovaného hypervisoru je, že jej lze podle potřeby otevřít nebo ukončit, čímž uvolníte prostředky pro hostitelský počítač. Jelikož však běží na operačním systému, nemusí nabízet stejný výkon jako nativní hypervisor. Mezi příklady hypervisorů typu 2 patří VMware Workstation, Oracle VirtualBox a Parallels Desktop pro Mac.“ [38] Druhé schema hostovaného hypervisoru je zobrazeno na obrázku č. 3.:

Obrázek č. 3. - Hypervisor typ 2 (hostovaný) [39]



Obecně můžeme říci, že hostovaný hypervisor používají spíše soukromé firmy a malý sektor, zatímco nativní hypervisor se používá spíše pro podnikové aplikace a cloud computing.

3.4.4 Třídy virtualizace

Dělení podle různých typů a aspektů virtualizace je mnoho. Nejběžnější však bývá dělení do základních tří tříd podle způsobu poskytování HW prostředků. Těmito třídami jsou plná virtualizace, paravirtualizace a hardwarově asistovaná virtualizace.

U softwarové neboli plné virtualizace hypervisor asistuje každé privilegované instrukci hostovaného OS. Nevyžaduje žádné změny v software ani vlastním OS hostovaného počítače. Plná virtualizace umí například stránkování neboli instrukci změn mapování paměti.

Paravirtualizace, nebo také operačním systémem asistovaná virtualizace, je založena na modifikaci OS pro virtuální stroj. OS virtuálního počítače spolupracuje s hypervisorem a spoluutváří virtuální prostředí.

A na závěr hardwarově asistovaná virtualizace, která přináší zjednodušení technik virtualizace ve spolupráci s HW. Dosahuje vyššího výkonu než plná virtualizace. Privilegované instrukce zde mohou být klasifikovány do dílčích tříd s rozdílnou úrovní zásahu hypervisora.

4 Vlastní práce

4.1 Sektor malých a středních podniků

Sektor malých a středních podniků, někdy označovaný jako SME nebo SMB, je kategorie podniků, jak už z názvu vyplývá s nízkým počtem zaměstnanců. Klasifikace malých a středních podniků se dost liší. Každý stát nebo instituce uvádí jiné parametry pro zařazení do této skupiny. Jedním z kritérií je počet zaměstnanců. Toto kritérium však patří mezi zjednodušené, a ne vždy je rozdělení zcela objektivní. Podle zákona č. 294/1992 Sb. jsou v České republice do této kategorie zahrnovány všechny podniky, které nemají více jak 500 zaměstnanců. Výrazně podněcují konkurenční dynamiku tržní ekonomiky a přímo či nepřímo působí na velké podniky, zejména v oblasti zvyšování efektivnosti a inovací.

Mezi hlavní výhody patří zejména pružné reagování na změny, inovativnost, vytváření nových pracovních příležitostí, odolnost proti hospodářské recesi a rychlost přijímání podnikatelských rozhodnutí. Za nevýhody se pak dají považovat omezené možnosti zaměstnávání odborníků ve správě a řídicích činnostech, vyšší intenzita práce a méně příznivé pracovní podmínky, omezené možnosti získávání výhod z rozsahu produkce a omezené prostředky na propagaci a reklamu.

4.1.1 Cloud computing v podnicích

Jak bylo již zmíněno výše, cloud computing je pro sektor malých a středních podniků obrovskou výhodou, zejména díky eliminaci nutnosti výstavby vlastního datového centra, a tím dosažení značných úspor nákladů. Trend cloudových služeb však v dnešní době nabírá na popularitě u všech podniků. Často i podniky, které již mají vystavěná svá datová centra, je ruší a vyměňují za cloud. I zde je možnost šetření nákladů z důvodů eliminace nutnosti nepřetržité správy datového centra.

Ovšem jak již bylo zmíněno, cloud computing přináší i svá úskalí. Pro lepší představu a orientaci bude následovně vytvořena SWOT analýza cloud computingu z pohledu klientů. SWOT analýza se skládá ze čtyř kvadrantů. Výstupem analýzy by měla být identifikace zásadních silných stránek (vlevo nahoře), slabých stránek cloud computingu (vpravo nahoře), dále klíčové příležitosti (vlevo dole) a hrozby (vpravo dole).

Tabulka č. 1. - SWOT analýza cloud computingu z pohledu klientů

SWOT analýza		Vnitřní aspekt	
		Kladné stránky	Záporné stránky
Vnější aspekt	Interní analýza	Nižší investiční náklady Snížení nákladů na zaměstnance Rychlost nasazení Globální celosvětový rozměr Spolehlivost – stabilita Zabezpečení Záloha a obnova dat Flexibilita Podpora Nepřetržitý provoz Široká škála služeb	Závislost na internetu a kvalitě připojení Závislost na poskytovateli Legislativní problémy Ve výsledku po několika letech dražší Veřejná datová centra
	Externí analýza	Možnost zvýšení produktivity zaměstnanců na jiných místech Stále využívání nejnovějších výkonnostních trendů Nezávislost na vlastním HW Eliminace nutnosti velkých finančních rezerv pro pořízení Možnost zkušebních verzí	Ohrožení dat (ztráta, narušení důvěryhodnosti) Krach poskytovatele Ceny nemusí být stabilní Nedostatečná konektivita

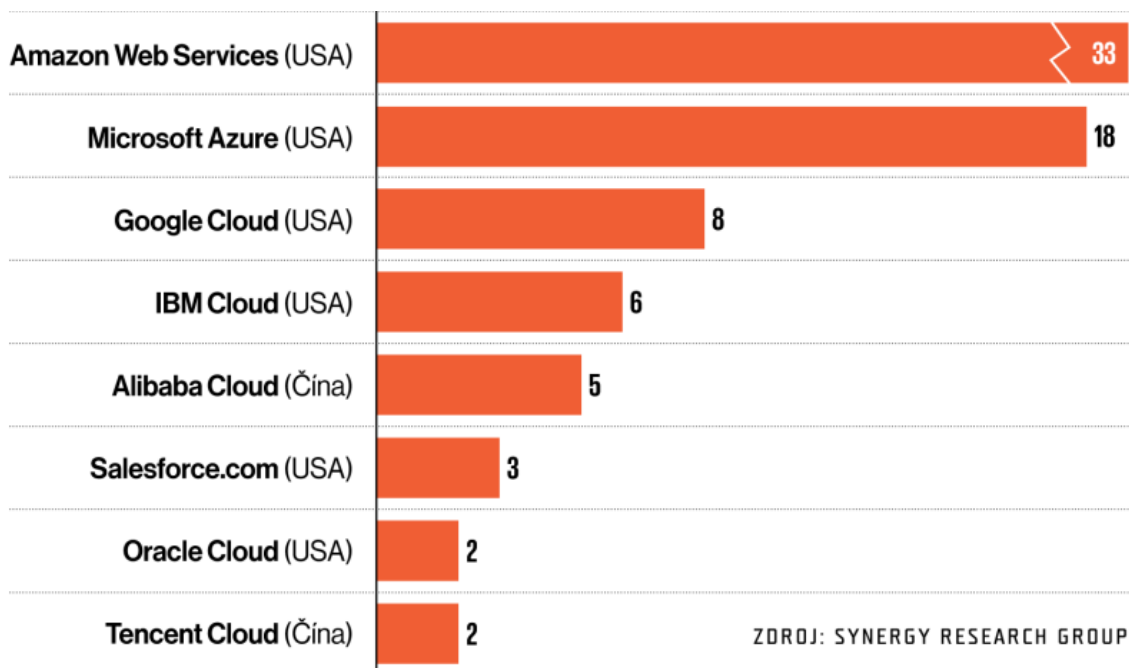
Je nutno ještě podotknout, že silné a slabé stránky, stejně jako výhody a nevýhody, mohou být zavádějící. Záleží na mnoha faktorech, především pak na poskytovateli. Například bezpečnost může být silnou i slabou stránkou, přičemž zde hrají roli certifikace, výběr použití datových center, kvalifikace zaměstnanců a další.

4.2 Nejvýznamnější poskytovatelé cloud computingu

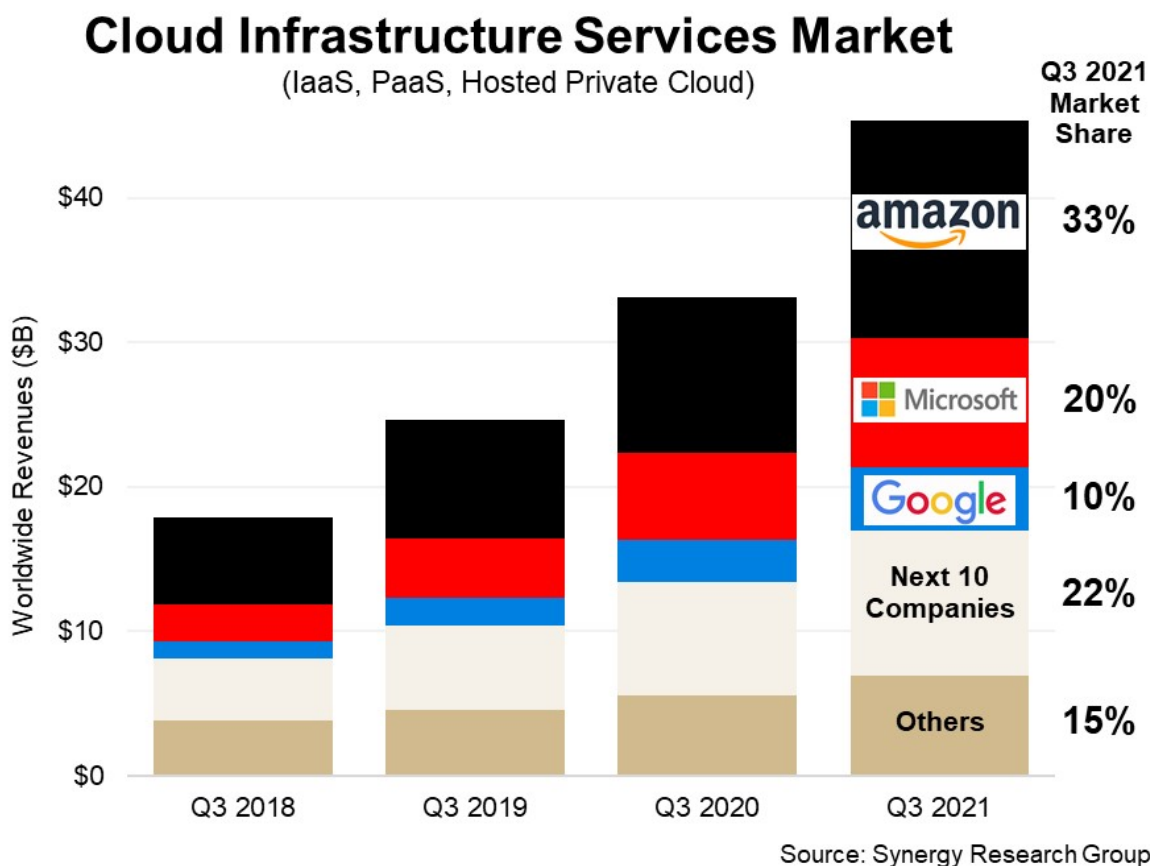
V dnešní době jsou největšími poskytovateli v oblasti cloud computingu zejména Amazon s Amazon Web Service (AWS), Microsoft s Microsoft Azure a Google s Google Cloud Platform (GCP), také nazývaný jako Gcloud. Google se dostává do popředí až v posledních letech. Růst GCP je vidět v porovnání grafu v obrázku č. 4. a grafu v obrázku č. 5., které vycházejí z dat společnosti Synergy research group. Graf v obrázku č. 4.

zobrazuje data využití cloud computingových služeb na trhu z roku 2020 a graf v obrázku č. 5. níže poslední data z roku 2021. Z grafů je patrné, že největší poskytovatelé obsahují v rozsahu top 3 čím dál větší zastoupení oproti zbytku poskytovatelů. Za poslední rok se AWS drží stále na 33 %, avšak Microsoft Azure a Google Cloud vzrostli v zastoupení o 2 % oproti zbytku menších poskytovatelů.

Obrázek č. 4. - zastoupení cloud computingových poskytovatelů na trhu roku 2020 [40]



Obrázek č. 5. - zastoupení cloud computingových poskytovatelů na trhu roku 2021 [41]



IBM cloud computing, který býval v minulosti v popředí a jednoznačně zastupoval pozici top 3, se již stává out of date službou a stále jeho použití v praxi upadá. Naopak nově vzrůstá cloud computingová služba Cloud Foundry, která v dnešní době však pořád není tak rozsáhlá, aby byla zařazena mezi top poskytovatele. V blízké budoucnosti se to od ní však očekává.

Níže budou více přiblíženi dnešní top 3 poskytovatelé cloud computingu na trhu. U každého z nich bude vytvořena tabulka bodového ohodnocení dle aspektů vycházejících z teoretické části a SWOT analýzy výše. Tabulky budou následně sloužit pro lepší orientaci a snazší výběr poskytovatele vybraným podnikům. Je nutno brát v potaz, že tabulky jsou pouze orientační. Vychází se ze studie poskytovatelů a zkušeností, přičemž bodové ohodnocení bude bráno jako obecný pohled na každého z poskytovatelů. U konkrétních služeb se pak hodnoty mohou lišit.

4.2.1 AWS

Amazon Web Service (AWS) je jak již bylo zmíněno v současnosti nejrozsáhlejším poskytovatelem cloud computingových služeb na trhu. Zastupuje 33 % trhu. AWS je nejrozsáhlejší i co se počtu poskytovaných služeb týče, nabízí cloudové řešení, jako je výpočetní výkon, úložiště databáze, doručování obsahu a další funkce, které pomáhají podnikům rozšiřovat se. Služby jsou na sobě většinou nezávislé, což umožňuje platit pouze za to, co klient opravu potřebuje.

Významnými klienty AWS jsou například všem známý vesmírný program NASA, mobilní společnosti Samsung a Nokia, streamovací portál Netflix, online cestovní kancelář Expedia, profesionální platforma pro komunikaci Slack, multimediální SW společnost Adobe, online půjčování ubytování Airbnb.

Níže jsou uvedeny příklady nabízených služeb AWS různých funkcí:

- Výpočetní služby – Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), Amazon Elastic MapReduce
- Správa containerů – Elastic Container Service (ECS), Elastic Kubernetes Service (EKS)
- Doručování obsahu – Amazon CloudFront
- Databáze – Amazon SimpleDB, Amazon Relational Database Service (RDS)
- Deployment aplikací a správa cloudu – AWS Elastic Beanstalk, AWS CloudFormation
- E-Commerce – Amazon Fulfillment Web Service (FWS)
- Zprávy a synchronizace – Amazon Simple Queue Service (SQS), Amazon Simple Notification Service (SNS)
- Monitorování – Amazon CloudWatch
- Síť – Amazon Route 53, Amazon Virtual Private Cloud (VPC)
- Platby a účtování – Amazon Flexible Payments Service (FPS), Amazon DevPay
- Úložiště – Amazon Simple Storage Service (S3), Amazon Elastic Block Storage (EBS)
- Podpora – AWS Premium Support
- Web Traffic – Alexa Web Information Service
- Pracovní síla – Amazon Mechanical Turk

Některé služby zde budou podrobněji rozepsány. Pro tuto práci by bylo určitě důležité popsat služby ECS a EKS. V této sekci však popsané nebudou, neboť se jim autor více věnuje v části 4.6.1. „Navržení optimálního řešení“ > „První podnik“.

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) nabízí výpočetní kapacitu s proměnným rozsahem. Disponuje nejrozsáhlejší platformou s více než 475 instancemi. Dále také nabízí výběr nejnovějšího procesoru, úložiště, sítě, operačního systému a modelu nákupu. Tyto prvky si klient nakonfiguruje dle vlastních potřeb s ohledem na zátěž. Umožňuje to lepší škálovatelnost webu. Díky hostování aplikací klient pak nemusí stále nakupovat a zprovozňovat nové servery.

Amazon CloudFront je služba pro doručování obsahu (CDN). Disponuje vysokým výkonem, kvalitním zabezpečením a pohodlím pro vývojáře.

Amazon Relational Database Service (RDS) popisuje přímo web AWS následovně: *„usnadňuje nastavení, provoz a škálování relační databáze v cloudu. Poskytuje nákladově efektivní kapacitu s měnitelnou velikostí a zároveň automatizuje časově náročné administrativní úlohy, jako je zajišťování hardwaru, nastavení databáze, záplatování a zálohování. Umožní klientovi soustředit se na své aplikace, může jim tak poskytnout rychlý výkon, vysokou dostupnost, zabezpečení a kompatibilitu, které potřebují.“* [42]. Je k dispozici na několika typech databází, jako jsou PostgreSQL, MySQL, MariaDB, Oracle, nebo právě Amazon Aurora.

AWS Elastic Beanstalk pak umožňuje nasazení a škálování webových aplikací a služeb vyvinutých pomocí programovacích jazyků jako Java, .NET, PHP, Node.js, Python a další. To vše na známých serverech, jako jsou Apache a Nginx.

Amazon Simple Storage Service (S3) je úložiště Amazonu pro internet. Tento návrh vývojářům umožňuje snadné zpracování dat ve webovém měřítku. Zákazníci všech velikostí a odvětví mohou ukládat a chránit jakékoli množství dat pro prakticky každý případ použití, jako jsou datová jezera, cloudové nativní aplikace a mobilní aplikace.

Z načerpaných informací je níže vytvořena tabulka č. 2. bodového ohodnocení poskytovatele AWS:

Tabulka č. 2. - bodové ohodnocení poskytovatele AWS

Kritéria	Bodové ohodnocení 1 – 5 (1 = nejhorší, 5 = nejlepší)
Cena	2
Stabilita ceny	1
Kvalita služeb	5
Bezpečnost	5
Globální rozměr	5
Komplexnost	3
Podpora	4
UI	4

4.2.2 Microsoft

Jde o druhého nejrozsáhlejšího poskytovatele cloud computingu zastupujícího v dnešní době 20 % trhu. Azure nabízí tzv. Microsoft Online Services, tedy skupinu cloudových aplikací, které umožňují výměnu dat, sdílení, online komunikaci atd. Všechny tyto nabízené aplikace a služby se rozdělují do tří obchodních značek: Windows Azure, SQL Azure a AppFabric. Podle webu navisys.cz „přijal Microsoft s vydáním služby Azure závazek na dokonalou ochranu dat a stal se prvním poskytovatelem cloudových služeb uznaným orgány Evropské unie. Azure představuje cloudové řešení nabízející více jak 50 služeb, které vám umožní flexibilně řídit výkon a zdroje podle vašich potřeb. Díky této flexibilitě se stal jednou z nejlepších dostupných služeb cloud computingu.“ [43]. Microsoft k provozu Azure používá svou rychle rostoucí celosvětovou síť datových center.

Dále budou vypsány příklady cloud computingových služeb Microsoftu opět s některými rozvedenými příklady:

- Flexibilní virtualizace – Azure Virtual Machine
- Ostatní výpočetní služby – Azure App Service, Azure Container Instances, Azure Functions
- Cloudové úložiště – Azure Storage, Blob Storage, File Storage, Queue Storage
- Síťové služby – Azure VPN Gateway, Azure ExpressRoute

- Ochrana a zálohování dat – Azure Policy, Azure Backup
- Recovery plán – Azure Site Recovery
- Interaktivní power BI sestavy – Power BI Embedded
- Databázové služby – Azure Cosmos DB, Azure SQL Database, Azure Synapse Analytics

Azure Virtual Machine umožňuje flexibilní virtualizaci, díky tomu má klient možnost si jej konfigurovat dle svých potřeb. Aplikaci je možné nasadit během několika minut. Klient se může rozhodnout pro cloud, vlastní prostředí nebo kombinaci obojího.

Azure Storage je cloudové úložiště dostupné s postupem času v několika oblastech, při čemž další stále přibývají a umožňuje ukládat data tam, kde to má pro klienta z obchodního hlediska stále větší smysl. Umožňuje využívat úložiště pro nejnovější aplikace v řádu petabajtů. Pro tyto nejmodernější vysoce škálovatelné aplikace ocenění je mnohdy nutnost takového úložiště s velkým objemem dat.

Azure Backup nabízí jednoduché řešení pro zálohování dat do cloudu. Poskytuje nezávislé a izolované zálohy, které chrání před různými možnostmi poškození původních dat. Využívá základní výkon a neomezené škálování cloudu Azure k zajištění vysoké dostupnosti bez údržby.

Níže je vytvořena tabulka č. 3. bodového ohodnocení poskytovatele Microsoft a jeho služby Azure:

Tabulka č. 3. - bodové ohodnocení poskytovatele Microsoft

Kritéria	Bodové ohodnocení 1 – 5 (1 = nejhorší, 5 = nejlepší)
Cena	3
Stabilita ceny	3
Kvalita služeb	4
Bezpečnost	4
Globální rozměr	3
Komplexnost	5
Podpora	4
UI	3

4.2.3 Google

Google Cloud Platform (GCP) je tedy posledním z top 3 poskytovatelů cloud computingu. V dnešní době zastupuje 10 % trhu. Google Cloud Platform nabízí čtyři hlavní druhy služeb: výpočetní služby, úložiště, big data a strojové učení. Mimo služby však Google nabízí všem známé produkty jako Google Search, YouTube, Android, Chrome, Gmail nebo Google Pay, přičemž produkty i služby Googlu běží na stejné infrastruktuře. Zde se však budu zabývat službami GCP.

Významnými klientmi GCP jsou například Nintendo, Spotify, Renault, PayPal, Unity, Airbus, Discovery, Toyota a mnoho dalších.

Příklady služeb Google Cloud Platform, opět s některými blíže rozepsanými:

- Analytické služby – BigQuery, Data Studio, Google Sheets
- Containerové služby – GCR, GKE
- Hybridní služby - Anthos
- Média – Anvato, Zync Render, OpenCue
- Ochrana a autorizace – Shielded VMs, Virtual Private Cloud, Cloud Armor
- Síťové služby – Network Intelligence Center, Hybrid Connectivity, Cloud Load Balancing
- Výpočetní služby – Compute Engine, Cloud GPUs
- Migrace – Migrate for Compute Engine, Migrate for Anthos, Database migration
- Úložiště – Persistent Disk, Cloud Filestore, Drive Enterprise, Cloud Storage

BigQuery je plně spravovaný datový sklad bez serveru, který umožňuje škálovatelnou analýzu přes petabajty dat. Jedná se o PaaS, který podporuje dotazování pomocí ANSI SQL. Má také vestavěné funkce IoT.

Anvato je video platforma, která vytváří více adaptivních datových toků pro nepřerušované přehrávání na jakémkoli zařízení nebo webu.

Cloud Armor umožňuje chránit klientské aplikace a webové stránky proti webovým útokům. Chrání proti DDoS pomocí WAF od Google. Zjišťuje a zabraňuje útokům na klientovu pracovní zátěž Cloud Load Balancing.

Zde je vytvořena tabulka č. 4. posledního probíraného poskytovatele Google a jeho Gcloud:

Tabulka č. 4. - bodové ohodnocení poskytovatele Google

Kritéria	Bodové ohodnocení 1 – 5 (1 = nejhorší, 5 = nejlepší)
Cena	4
Stabilita ceny	5
Kvalita služeb	3
Bezpečnost	2
Globální rozměr	3
Komplexnost	2
Podpora	3
UI	5

4.3 Seznámení s vybranými podniky

4.3.1 První podnik

Prvním vybraným podnikem je firma s názvem SABO Mobile IT s.r.o. (dále jen Sabo), IČO: 05680581, zabývající se vývojem webových a mobilních aplikací pro průmyslové využití. Sabo je původem německá firma se zastoupením v Česku. Působí na trhu teprve od roku 2011, kdy ji založili pánové, nynější majitel firmy Ing. Josef Sabo a nynější jednatel Ing. Thomas Sykora. V dnešní době má firma tři pobočky, a to v německém Badenu, Praze a Olomouci. Jedná se o podnik malého sektoru s přibližně 40. zaměstnanci.

Sabo je unikátní firmou díky stálému vyvíjení inovací, zejména tam, kde je IT propojeno s technologií ve strojích, sítích nebo výrobních procesech. Zabývá se zejména HMI, IoT, umělou inteligencí, inteligentními asistenty, plánováním digitálních továren. Firma je většinou schopna vytvářet kompletní řešení sama za sebe, bez pomoci jiných firem, neboť má zastoupení zaměstnanců ze všech potřebných oborů jako UX / UI, front end, back end, testing, DevOps apod.

Firma pracuje na zajímavých projektech jako DPA (digital planning assistant) pro automobilového výrobce Audi, IoT řešení profesionálního pečení SBS (shop baking suite) pro výrobce pečících jednotek MIWE, mobilní ovládání pro výrobce čerpadel SKF, dálkový

monitoring pro výrobce čerpadel KSB, vývoj multifunkční IoT platformy pro firmu pomáhající restauračním zařízením s monitoringem TANIX a další.

4.3.2 Druhý podnik

Druhým vybraným podnikem je firma s názvem SOVTO s.r.o. (dále jen Sovto), IČO:28563841. Sovto se zabývá správou serverové infrastruktury a systémovou architekturou použitelnou pouze pro komerční využití. Klade důraz na výkon a dostupnost. Oproti Sabu je Sovto ryze česká firma působící na trhu v oblasti IT od roku 2012. Jejím jednatelem a majitelem je Pavel Třzaskalík.

Jedná se o malou firmu do 10 zaměstnanců. Unikátní na firmě Sovto je to, že nejen poskytuje služby cloudových serverů, jejich dohled a správu, ale sama se aktivně podílí při zadání zakázky na jejich architekturu. Pro daného klienta, který si takovéto řešení objedná, vždy přizpůsobí řešení na míru s ohledem právě na výkon a dostupnost. Díky této přidané službě dokáže smysluplně uspokojit nejen poptávky pro rozsáhlé řešení, ale dokáže navrhnout i malá řešení, která mohou s daným klientem růst. Diverzita možností je proto velká a zajímavá. Dalším aspektem je využití DevOps oddělení, které navrhuje řešení CI/CD, nebo se může jen konzultačně podílet.

Mezi její významné zákazníky patří například firmy CronwingArts a.s. (nově vznikající sociální síť), SABO Mobile IT GmbH, ASEKO s.r.o. (výrobce průmyslových technologií pro detekci plynů), BodHi Medical LLC (newyorské zdravotní kliniky).

4.4 Aktuální stav využití cloud computingu ve vybraných podnicích

Aktuální stav v obou podnicích bude zjištěn na základě rozhovoru s lidmi z obou firem. Za Sabo je vybraným zaměstnancem pro rozhovor Michal Kučera. Zatímco za Sovto bude rozhovor uskutečněn přímo s majitelem firmy Pavlem Třzaskalíkem. Rozhovor bude obsahovat předem stanovené otázky. Na základě odpovědí se pak určí aktuální stav cloud computingu a věcí s tím spojených.

4.4.1 První podnik

Podle pana Kučery měla firma Sabo od roku 2015 do roku 2017 pouze windowsové servery od společnosti Strato.de. Byly to servery Windows Server 2012 R2 z řady Microsoft NT od společnosti Microsoft.

V roce 2017 podnik rozšířil svou základnu o první linuxové servery. Jednalo se o on-premise servery ubuntu 14.04 a ubuntu 16.04. Dále pak také firma pořídila VMware, tedy virtuální stroj s vlastním operačním systémem.

Po nějaké době bylo zjištěno, že kapacita resourcu stále nestačí a pořád by se musela navyšovat a rozšiřovat. Firma se tak uchýlila k využití cloud computingu. Vše bylo přeneseno na cloud Forpsi (obchodní název společnosti INTERNET CZ, a.s) se sídlem a vlastním datacentrem na území České Republiky. Forpsi je však součástí nadnárodní firmy Aruba. Umožňuje registraci domén, webhosting, serverhostingy a cloudové řešení FORPSI cloud. Firma zde využívá zejména vytváření serverů ve vlastním přívětivém UI prostředí s možností vytvářet servery v šesti zemích: Česká Republika, Německo, Polsko, Ukrajina, Francie, Itálie.

V posledních třech letech (od roku 2019) v závislosti na projektech firma Sabo začala používat i cloud computingová řešení Cloud Foundry, jakožto nadstavbu nad AWS. Což již prezentuje dnešní stav ve firmě. U Cloud Foundry Sabo využívá SaaS služeb a využívá je pouze na malý podíl produkce.

V současné době má tedy firma svou produkci rozdělenou a stále používá, již v malé míře, servery od Strato.de, linuxové servery, dále servery od Forpsi a cloud computingová řešení SaaS od Cloud Foundry. Toto řešení již začíná být pro firmu opět nedostačující a bude potřebovat znovu rozšířit svou základnu.

4.4.2 Druhý podnik

Sovto podle pana Trzaskalíka začínalo pouze s linuxovými servery. Stejně jako u Saba se jednalo o on-premise servery ubuntu 14.04 a ubuntu 16.04. Dále pak k linuxovým serverům firma pořídila také VMware. Toto řešení bylo po nějakou dobu dostačující i vzhledem k tomu, že management veškerých dat a správy klientských serverů zůstává stále v rukách Sovta, jelikož vše právě Sovto ovládá.

Později bylo založeno vlastní datové centrum, které se stále dle aktuálních potřeb rozšiřovalo. Firma zřídila své datové centrum zejména se servery HP Proliant, které byly v tu dobu na trhu uváděné jako nejlepší poměr cena/výkon. Takovou strukturu měla firma až do roku 2018.

Od roku 2018 podnik začal rozšiřovat své datové centrum o nové servery od výrobce Dell. HP Proliemp začaly postupně zanikat.

Toto řešení představuje dnešní stav Sovta. Stále používá linuxové servery a vlastní své datové centrum se stále méně servery HP Proliemp a více servery Dell. Momentálně se firma nachází v mrtvém bodě. Není schopná se dále vyvíjet a zvětšovat pouze pomocí vlastního datového centra. Hledá tedy nové, ideálně cloud computingové řešení.

4.5 Stanovení potřeb a určení cílů podniků

V této sekci budou blíže přiblíženy potřeby podniků. Podle nich se stanoví cíle pro navržení technického řešení cloud computingových služeb. Potřeby vycházejí zejména z dotazování zaměstnanců, podle kterého bylo vytvořeno i seznámení s podniky.

4.5.1 První podnik

Sabo má v dnešní době největší nedostatek ve správě containerů nasazovaných aplikací. Zbylé řešení, jako například vytváření serverů od poskytovatele Forpsi (součást nadnárodní firmy Aruba), je pro daný podnik ideální. Nejvytíženější je ve firmě právě tým DevOps, který má za úkol také správu containerů jako takových. V dnešní době je takzvaná containerizace čím dál populárnější. Jedná se o seskupení kódu aplikace a souvisejících konfiguračních souborů, knihoven, dependencí potřebných ke spuštění do SW balíčku, tj. containeru. Díky tomu je možné efektivně nasazovat aplikace napříč prostředími, avšak v případě Saba se již využívá tolik containerů, že jejich správa začíná být nepřehledná, a proto by bylo záhodno přejít na cloud computing.

Podnik dělá na velikých celosvětových projektech, a proto požaduje co nejlepší služby týkající se správy containerů za jakoukoli cenu od poskytovatele s bohatými zkušenostmi. Aspekt ceny zde nehraje roli. Je nutné, aby byl poskytovatel celosvětovým hráčem, nejlépe z top 3. Dále je nutné, aby byla možnost působení na území všech států, kde firma operuje, zejména pak Německo. Poskytovatel by měl mít nejlepší zabezpečení, data by neměla kolovat napříč státy.

4.5.2 Druhý podnik

Jak již bylo zmíněno, firma Sovto se aktuálně nachází se vzrůstajícími nároky na servery, datová úložiště, resourcey apod. v mrtvém bodě. Nevyužívá žádnou cloud computingovou službu a její vlastní datové centrum přestává být dostačující. Zejména pak IT správci nestíhají vlastní infrastrukturu zpracovávat.

Dalším aspektem je to, že vlastní servery nejsou pro firmu finančně nejvýhodnější. Sovto využívá přesně 224 neustále běžících a stále placených serverů, přičemž většina z nich nemusí běžet non-stop (dále jen 24/7). Jsou to například testovací servery, které běží pouze při testování, produkční servery, kde API neběží o víkendech, servery určené pouze pro zálohu klientských, či vlastních dat, servery pro vývojové prostředí. Tyto servery nepotřebují běžet 24/7 ale pouze třeba 18/5, nebo v nepravidelných časových intervalech. Pouze 76 serverů firmy Sovto potřebuje běžet 24/7.

Zde by bylo tedy vhodné přenést servery na cloud computingové řešení. Sovto je ovšem menší firma a oproti Sabu se zde dost hledí nejen na kvalitu, ale i cenu služeb. Firma by potřebovala službu s přesným cenovým rozpisem bez možných odchylek. Kouká tedy na vhodný poměr cena/výkon.

4.6 Navržení optimálního technického řešení

Následovně bude navrženo optimální technické řešení cloud computingových služeb pro vybrané podniky. Řešení bude navrženo na základě výše zmíněných potřeb, stanovených cílů podniků a analýzou s bodovým ohodnocením poskytovatelů.

4.6.1 První podnik

Nejprve je třeba si určit, jestli vůbec má cloud computing význam pro danou firmu a jestli lze doporučit cloud computingové služby od daných poskytovatelů. Zde tedy cloud computing jednoznačně význam má, i když ne ve velké míře. Jak již bylo zmíněno výše, pro firmu by byla jednoznačně vhodná služba spravující containery.

Je nutno si stanovit, který poskytovatel je pro firmu Sabo ideální volbou. Bude vybráno ze tří výše zmíněných poskytovatelů, jelikož právě tito poskytovatelé splňují první podmínku, být globálním hráčem. S přihlédnutím k dalšímu požadavku podniku, co nejlepší služba za jakoukoli cenu, se i vzhledem k bodovému ohodnocení poskytovatelů jeví AWS. Pro firmu by navíc bylo vhodné zůstat u AWS, jelikož již nyní využívá firma cloud computingové řešení Cloud Foundry jakožto nadstavbu nad AWS. Někteří zaměstnanci firmy Sabo, již právě mají certifikace AWS nutné ke správě jejich služeb. Dále se AWS jeví jako nejlepší volba z hlediska rychlosti, resourcu, propojení, škálovatelnosti a nabízí nejvíce certifikací.

Azure od společnosti Microsoft je nevyhovující pro firmu zejména proto, že teprve nedávno spustili linuxové servery, které firma pro správu containerů právě z většiny

využívá. Dá se z toho jednoduše odvodit, že oproti ostatním poskytovatelům stále nebudou mít bohaté zkušenosti, které by mohly být jakkoli potřebné. Další podmínkou německé firmy je, aby byla data uložena pouze na území jednoho státu, a to Německa. Azure otevřeli teprve v roce 2019 své první datové centrum v Německu (Frankfurt). Tím, že je německá infrastruktura Azure otevřena teprve dva roky, nejsou ještě ani spuštěny všechny containerové služby na území Německa.

Dalším kandidátem by byl Gcloud poskytovatele Google. Tento poskytovatel je také zavrhnut. Google totiž nezaručuje, že klientská data zůstanou pouze na území jednoho státu, v tomto případě Německa. Je možné, že klientská data budou putovat napříč světem skrz datová centra společnosti Google. Toto by bylo v případě Saba nepřijatelné, jelikož bezpečnost je zde jedním z prioritních aspektů, a i dle výše zpracovaného bodového ohodnocení lze vidět, že nejlepší bezpečnostní předpoklady jsou u poskytovatele AWS.

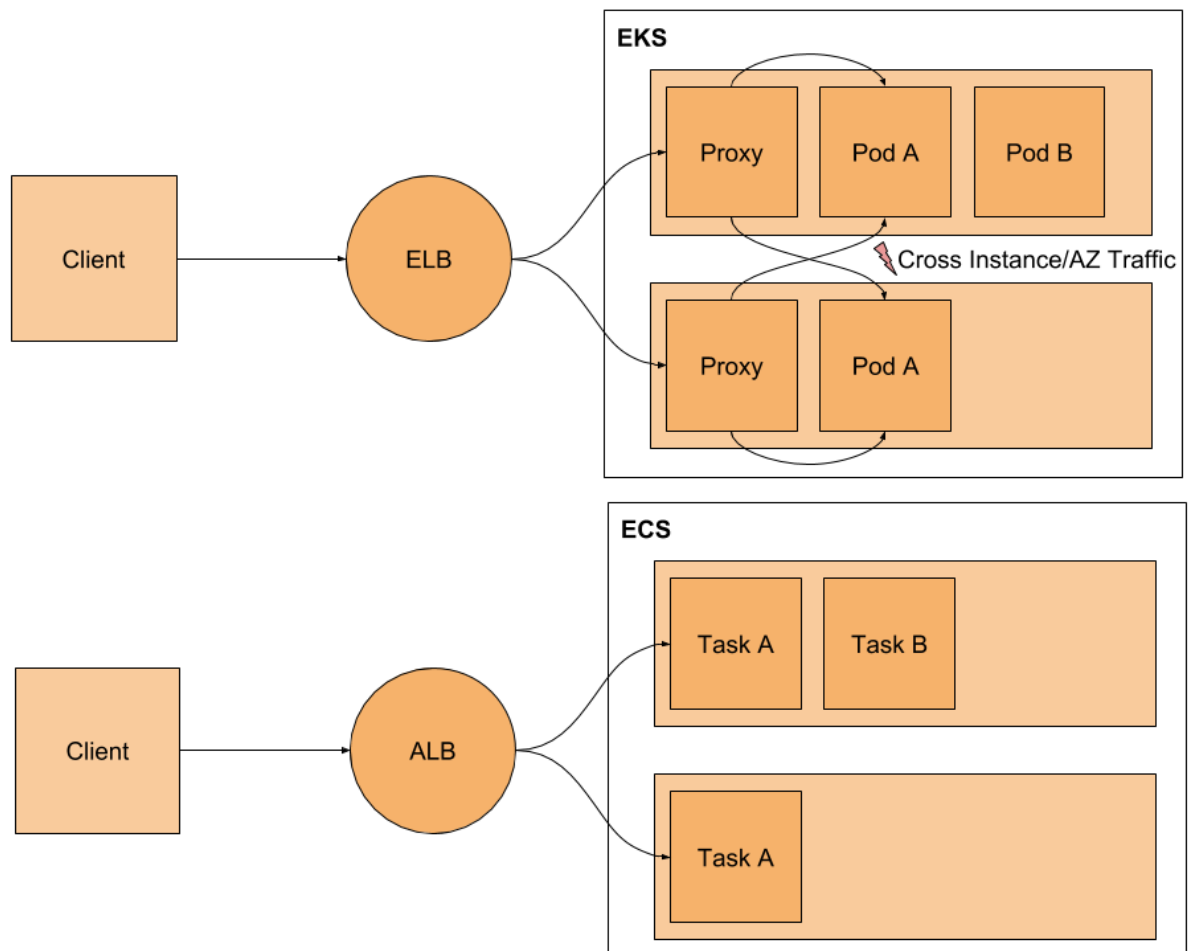
Je tedy vybrán poskytovatel AWS. Jako služby nejvhodnější pro daný podnik se nabízejí ECS, nebo EKS.

4.6.1.1 Služby ECS a EKS

Elastic Container Service, ve zkratce ECS od poskytovatele AWS je služba provádějící spouštění, zastavování a správu containerů v clusteru. Je vysoce škálovatelná a rychlá. Služba ECS je vlastně konfigurací, která se dá použít ke spuštění a správě jednotlivých zadaných počtů úloh současně v clusteru. Je zde možno spouštění úloh na vlastní infrastruktuře (u firmy Sabo zejména linuxové servery) na clusteru Amazon EC2. Pro Sabo by mohla být efektivnější druhá nabízená varianta spouštět úlohy na infrastruktuře AWS Fargate, bez využití vlastních serverů. Co je ale pro firmu určitě využitelné z funkcí ECS je průběžná integrace a průběžné nasazení CI/CD pipeline. CI/CD pipeline označují automatizovanou sérii kroků pro efektivní nasazení nejnovějších verzí SW. Kromě toho také sleduje změny v úložišti zdrojového kódu, vytvoří nový image containeru a mnoho dalších.

Elastic Kubernetes Service, ve zkratce EKS, od poskytovatele AWS je služba, která umožňuje spuštění a správu Kubernetes přímo na AWS bez nutnosti instalace a vlastní správy. Kubernetes je open-source systém pro automatizaci nasazení, škálování a správy containerových aplikací. Je to vlastně virtuální containerizace na úrovni OS. Kubernetes je vhodné pro správu velkého množství containerů najednou. Proto by mohlo být pro Sabo EKS lepší volbou. Stejně jako ECS, EKS také nabízí dvě možnosti nasazení služby, buďto přes AWS Fargate nebo na vlastní infrastruktuře.

Obrázek č. 6. – porovnání architektur služeb EKS a ECS [44]



Na obrázku výše můžeme vidět technický rozdíl mezi využitím klasické správy containerů ECS a správy containerů pomocí Kubernetes EKS. První odlišností je, že obě služby používají jinou techniku load balancingu. Load balancing je technika pro rozložení zatížení mezi několik zdrojů, pro dosažení optimálního využití a času odezvy. EKS využívá Elastic Load Balancer, neboli ELB, zatímco ECS využívá Application Load Balancer, tzv. ALB. EKS dále pracuje oproti ECS s jedním krokem navíc. První krok mají obě služby stejné, druhý odlišný a třetí má jen EKS. Klient pošle požadavek do ELB/ALB. V případě ECS pak Application Load Balancer posílá požadavky jednotlivým úkolům. U EKS Elastic Load Balancer distribuuje požadavek do jednoho z uzlů. Avšak EKS navíc ještě pracuje s proxy běžící na uzlu, která předává dále požadavek modulům.

4.6.2 Druhý podnik

U Sovta má cloud computing jednoznačně význam. Firma doposud nevyužívá žádnou formu cloud computingových služeb a jak již bylo zmíněno výše, nachází se i díky tomu v mrtvém bodě. Nabízí se zde právě ideální řešení, přenést svá data a své servery z vlastního datového centra na cloud computing.

K jakému poskytovateli z top 3 globálních poskytovatelů dle požadavků firmy by bylo však vhodné přejít? Vzhledem k potřebám firmy se jeví jako nejvhodnější poskytovatel Google s jeho službou Gcloud. Jedním z hlavních aspektů, ke kterému firma přihlíží, je cena a stabilita ceny. Přihlédneme-li k vypracovanému bodovému ohodnocení poskytovatelů, vychází nejlépe právě Google. Z top 3 poskytovatelů nabízí Google nejlepší ceny. Ještě důležitější aspekt pro Sovto je však stabilita ceny pro efektivní plánování. Například Cost Calculator od AWS je opravdu jen orientační a cena se ve výsledku může oproti původnímu nacenění velmi lišit. To si Sovto nemůže dovolit s přihlédnutím k faktu, že nemá tak velké finanční rezervy. V porovnání s Azure od Microsoftu bylo zjištěno na základě analýzy poskytovatelů, že nemá tak přívětivé UI rozhraní jako Google, což firma také hodnotí kladně. Toto ohodnocení vypracované autorem práce může být subjektivní, zejména co se UI týče, ovšem po konzultaci s firmou se dospělo ke stejnému názoru. Navíc je zde podobný problém jako u Saba a to, že Microsoft nepodporuje servery ve všech zemích, kde firma pracuje na projektech.

Pro Sovto by bylo nejlepší přenést téměř všechny své servery na cloud computing. Přinejmenším všech 148 serverů, které nepotřebují běžet 24/7. Pro lepší přehled a správu serverů, už jen z důvodu příznivějšího UI, je však doporučeno přenést všech 224 serverů firmy na Gcloud. Backupové servery by se nastavily tak, aby se spouštěly, jen když se spustí backup. Stejně tak testovací servery by se spouštěly jen po spuštění testu. Produkčním API serverům, které neběží o víkendech, by se pak nastavil přesný časový interval pro spouštění a zastavování. Kromě efektivnějšího nastavení provozu serverů by se využilo také interface ku prospěchu. Na UI by byly proměnné resourcy, vycházející z dlouhodobých metrik, které firma má. Těmito metrikami by bylo zejména sledování využití serverů. Stejně jako u Saba může i zde v ideálním případě využít služeb spravujících containery, v tomto případě od Gcloudu. V podání Googlu to jsou pak služby Google Cloud Run (GCR) jakožto klasická containerizace, Google Anthos jakožto hybridní služby pro správu containerů, nebo také služba s využitím Kubernetes Google Kubernetes Engine (GKE).

S přenesením serverů na cloud computing přichází však i jedna produkční nevýhoda. Jedná se o servery, které by neběžely 24/7. U těchto serverů, které by se průběžně spouštěly a zastavovaly, by vznikala prodleva při nastavování teraformu. Během této doby by byly servery nedostupné. S neustálým vývojem služeb se však tato doba neustále zkracuje. V dnešní době se doba nastavování teraformu pohybuje zhruba kolem 5 minut. V porovnání s výhodami přechodu na cloud computingovou službu je tato nevýhoda však zanedbatelná.

5 Výsledky a diskuse

5.1 Ekonomické zhodnocení

Zde bude provedeno ekonomické zhodnocení. Bude vysvětleno, z jakého důvodu se navržená technická řešení firmám vyplatí. Ovšem konkrétní částky nebudou moci být uvedeny, jelikož si firmy nepřejí uveřejňovat výši svých nákladů/výnosů. Bude moci být popsána cena služeb a následné logické srovnání s nynějším stavem. Autor práce s částkami pracuje, ovšem je nesmí uveřejnit. Autor práce tudíž ví, jestli ekonomické zhodnocení vychází pozitivně či negativně.

5.1.1 První podnik

U Saba nemůžeme mluvit o úsporách peněz spojenými s náklady, jelikož si firma nyní své containerové služby spravuje sama. Oproti tomu přechod na cloud computingovou službu je finančně nákladnější, co se nákladů týče. Ve finále by ale přesto firma měla mít vyšší výnosy. Přestože neplání momentálně žádnou službu, má se správou containerů i tak spojených dost výdajů, které jsou ve finále vyšší, než je cena cloud computingové služby. Firma musí platit zaměstnance spravující containery. Se službou firma může platit zaměstnancům méně, nebo spíše v případě Saba může firma své zaměstnance efektivněji využít na jiných místech. Dále to firmě umožní nabírat nové projekty, čeho již nebyla schopná díky vyčerpání zaměstnanců spravujících containery. Díky nabírání nových projektů se tak zvýší firmě výnosy.

Co se týká cen AWS služeb ECS a EKS, jak již bylo zmíněno, ceny jsou jen orientační. Od AWS Cost Calculatoru se výsledná cena podstatně liší a závisí na spoustě aspektů ovlivňujících výslednou cenu. Těmito aspekty jsou například vCPU (virtuální emulovaný procesor pomocí softwaru), paměť, velikost containerů atd. Navíc i u prvotní konfigurace Cost Calculator ukazuje odlišné ceny, a to dle zvolení geografické lokace serveru. V případě využití doporučené varianty nasazení s AWS Fargate se ceny pohybují okolo 0.05 \$ za vCPU za hodinu a okolo 0.005 \$ za GB za hodinu. K Fargate je ještě nutno přičíst cenu služby ECS nebo EKS jako takové které se oboje pohybují okolo 0.01 \$ za vCPU za hodinu a okolo 0.0001 \$ za GB za hodinu. Využití AWS Fargate je tedy 5x dražší než samotné ECS. Avšak ve srovnání s již zmíněnými náklady vycházejících ze správy containerů svépomocí je nejlepší možností pro firmu uchýlit se k využití ECS na infrastruktuře AWS Fargate.

5.1.2 Druhý podnik

U Sovta by měla být i značná úspora peněz jako takových. Roli zde hraje několik aspektů. Za prvé může podnik prodat část své původní infrastruktury. Zejména pak servery HP Proliemp a Dell. Je jasné že servery nebude možno prodat za pořizovací cenu, ovšem vzhledem k nevyžitelnosti vlastní infrastruktury po přechodu na Gcloud bude výhodné servery prodat i třeba za poloviční cenu. Dalším aspektem bude stejně jako u Saba šetření nákladů na zaměstnancích spravující infrastrukturu a možno jich využít jinde. To povede k zvýšení produktivity celé firmy, a tedy i výnosů. Hlavním aspektem úspory zde bude šetření nákladů na serverech, které nemusí běžet 24/7. Doposud tyto servery navzdory nevyžitelnosti běžely stále 24/7 a bylo nutno za ně neustále platit. Nyní s v době nečinnosti budou servery odpojovat, což povede ke značné úspoře.

Google pro rozpis ceny používá své Google Cloud cost management nástroje, které jsou hezky přehledné a pochopitelné. Těžko však předem říct konkrétní částku, jelikož si celou službu může klient zřídit dle svých požadavků a preferencí. Možné nakonfigurování serveru je však velice rozsáhlé a flexibilní. Navíc i zde záleží na vybrané geolokaci serveru vzhledem k ceně. Autor práce by doporučoval využití GKE služby na Google infrastruktuře. Obecně se tato služba pohybuje okolo 0.04 \$ za vCPU za hodinu. Jedná se ale opravdu o hrubý nástřel ceny díky zmíněným aspektům, od kterých se výsledná cena služby odvíjí. Ovšem oproti AWS, jakmile si klient vybere a nakonfiguruje službu dle svých požadavků, může si být pak jist, že od této ceny nebudou v budoucnu žádné velké odchylky.

I díky tomu vychází pro Sovto využití cloud computingových služeb také ekonomicky výhodněji než stále fungovat na své, již začínající být zastaralé, infrastruktuře.

5.2 Rozdíl mezi podniky

Mezi vybranými dvěma podniky malého sektoru můžeme pozorovat značné rozdíly v řešení a výběru poskytovatele dle jejich preferencí, možností a velikosti. Konkrétně na této práci je znatelný rozdíl mezi větší firmou malého sektoru pracující na celosvětových projektech a menší firmou, která až na výjimky pracuje spíše na menších projektech. Větší firma je velice dobře zajištěná oproti menší v závislosti na jejich projektech. Z tohoto důvodu je patrný rozdíl, že pro velkého zajištěného klienta je ideální volbou AWS. Ve zkratce se jedná o nejkvalitnější a nejzabezpečenější služby. Ovšem logicky s kvalitou roste i cena. Oproti tomu menší firmy ne tak dobře finančně zabezpečené se zdá být ideální

variantou Gcloud. Ideální je zejména pro nejlepší poměr cena výkon. Nejlepší na Gcloudu pro podniky bez velikých rezerv je hlavně konstantnost ceny.

6 Závěr

Tato bakalářská práce byla zaměřena na problematiku cloud computingu, jakožto klíčovým prvkem ICT v dnešní době. Cloud computing se stále rychle vyvíjí a rozšiřuje. I proto je důležité sledovat aktuální vývoj cloud computingových služeb. Zejména pro podniky malého a středního sektoru, na které se práce v závislosti s cloud computingem zaměřuje, neboť to pro ně může být velikou výhodou.

Autor práce nejprve zpracoval teoretickou část v sekci 3. pod názvem „Cloud computing“. V této části podrobně popsal na základě studia odborné a vědecké literatury a sekundárních literárních zdrojů problematiku cloud computingu. Nejprve bylo stručně zmíněno něco k historii, dále byl cloud computing definován. Jednou z nejdůležitějších aspektů teoretické části je pak popsání výhod a nevýhod. Zmíněné byly také možnosti dělení cloud computingu, a to na typy modelů nasazení a distribuční modely. Mimo cloud computing jako takový pak autor vysvětluje i pojem virtualizace. Virtualizace je v práci zmíněna, neboť je to nedílnou součástí a podmínkou existence cloud computingu. Virtualizace už byla jen definována, stručně zmíněné výhody a možnosti dělení. Jako součást virtualizace autor zmiňuje také virtuální stroj a hypervisoru.

V další sekci 4. s názvem „Vlastní práce“ se autor věnuje praktické části, s hlavním cílem návrhu optimálního cloud computingového řešení pro vybrané podniky. Začal nejprve ujasněním pojmu sektor malých a středních podniků a stanovil vymezení, aby bylo jasné, kterých firem se tato práce týká. Dále zpracoval podle dat z teoretické části SWOT analýzu cloud computingu z pohledu klientů. Dále byli představeni top 3 dnešní poskytovatele cloud computingu, včetně jejich služeb. U poskytovatelů byly také vytvořeny analýzy bodového ohodnocení poskytovatelů. Aspekty bodového ohodnocení byly také navrženy na základě teoretické části práce. Dále autor práce vybral dva podniky, konkrétně malého sektoru. Jeden větší jakožto globální hráč pracující na high-tech projektech a druhý menší s klientelou standardního rozsahu. Na základě dotazování se zaměstnanci autor nejprve představil vybrané podniky. Dále popsal jejich aktuální stav využití cloud computingových služeb a IT jako takového, z čehož vycházelo stanovení potřeb a cílů podniků. Na základě stanovených cílů pak autor práce navrhnul optimální technické řešení. Pro první podnik byla navržena cloud computingová služba od poskytovatele AWS ECS nebo EKS. Pro druhý podnik bylo navrženo cloud computingové řešení Gcloud od poskytovatele Google.

Autor práce následně zpracoval ekonomické zhodnocení a srovnání daných technických řešení v sekci 5. s názvem „Výsledky a diskuse“. U ekonomického zhodnocení byly popsány ceny služeb, nikoli ceny stávající infrastruktury podniků. Autor práce tyto údaje věděl, tudíž mohl zhodnotit, zdali řešení vychází lépe nebo hůř, nesměl je však publikovat. U obou podniků vychází nová technická řešení s přihlédnutím ke všem stránkám věci lépe. Následně byla ještě daná řešení shrnuta, zobecněna a porovnána mezi sebou.

7 Seznam použitých zdrojů

1. ERL, Thomas, Ricardo PUTTINI a Zaigham MAHMOOD. Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture. 1. New York City: Pearson, 2013, 26 - 27. ISBN 9780133387520.
2. Cloud. MANAGEMENT MANIA [online]. 14.05.2019 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cloud-computin>
3. Co je cloud computing. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/cloud-computing/>
4. Co je cloud: Definice dle NIST. Co je cloud [online]. 2012 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <http://co-je-cloud.appspot.com/cojecloud.html>
5. Co je cloud computing?: Výhody. Co je cloud [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/cloud-computing/>
6. HOSPODÁŘSKÉ NOVINY: Partner [online]. 2011 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://partner.hn.cz/kp/c1-53801120-financni-uspory-a-cloud-computing>
7. Microsoft: Azure [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-elastic-computing/>
8. Výhody: Produktivita. Microsoft: Azure [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-cloud-computing/#benefits>
9. EURO.CZ: Pohodlí, flexibilita a vyšší produktivita [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/tyden-v-cloudu-cloud-computing-setri-penize-a-zvysuje-produktivitu-861499>
10. Spolehlivost. Microsoft: Docs [online]. 07. 12. 2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/azure/cloud-adoption-framework/strategy/business-outcomes/performance-outcomes>
11. Reseller Magazine [online]. František Doupal, 1.3.2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.rmol.cz/novinky/veeam-do-sveho-zalohovani-prinasi-pres-200-vylepseni>
12. Jak na bezpečnost v cloudu. LUPA [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/pr-clanky/jak-na-bezpecnost-v-cloudu/>
13. Role bezpečnosti v Cloudu. PUBLI [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/230/06.html>
14. Výhody a nevýhody Cloud Computingu. PUBLI [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/230/07.html>

15. LACKO, Ľuboslav. Osobní cloud pro domácí podnikání a malé firmy. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-802-5137-444.
16. Cloud Computing a je to opravdu vše, co je prospěšné?. EYewated [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://cs.eyewated.com/cloud-computing-a-je-to-opravdu-vse-co-je-prospesne/>
17. Výhody a nevýhody cloud computingu. Education-wiki [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://cs.education-wiki.com/8732744-advantages-and-disadvantages-of-cloud-computing>
18. Výhody a nevýhody cloudu, nejen v podnikání. Rascasone [online]. Barbora Kod'ousková, 13.04.2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/vyuziti-cloud>
19. Co je veřejný cloud. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/verejny-cloud/>
20. Private (soukromý) cloud. QUADRONET [online]. [cit. 2021-12-13]. Dostupné z: <https://www.quadronet.cz/pochopte-co-je-cloud-cloud-computing-a-dalsi-pojmy/>
21. Co je to privátní cloud. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/privatni-cloud/>
22. Co je hybridní cloud?. Education-wiki [online]. [cit. 2021-12-13]. Dostupné z: <https://cs.education-wiki.com/5759809-what-is-hybrid-cloud>
23. Co je hybridní cloud. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/hybridni-cloud/>
24. VELTE, Anthony T., Toby J. VELTE a Robert C. ELSENPETER. Cloud Computing: praktický průvodce. Brno: Computer Press, 2011, str. 337. [cit. 2021-12-14] ISBN 978-80-251-3333-0.
25. POZNEJTE SVĚT CLOUDU!. DOCPLAYER: EuroCloud CZ [online]. 2017 [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/amp/194465598-Poznejte-svet-cloudu.html>
26. IaaS. MasterDC: Blog [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: <https://www.master.cz/blog/iaas-paas-a-saas-aneb-v-cem-se-lisi-sluzby-as-a-service/>
27. ROUNDTREE, Derrick; CASTRILLO, Ileana. The Basics of Cloud Computing: Understanding the Fundamentals of Cloud Computing in Theory and Practice. The Basics. Syngress, 2014. ISBN 9780124059320.

28. MasterDC: Blog [online]. 20. 7. 2018 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: https://wiki.metacentrum.cz/wiki/Definice_cloudu
29. JAMSA, Kris. Cloud Computing: SaaS, PaaS, IaaS, Virtualization, Business Models, Mobile, Security and More. Philadelphia, PA, U.S.A.: Jones & Bartlett Learning, 2012. [cit. 2022-12-20] ISBN 978-1-4496-4739-1.
30. MELL, Peter a Tim GRANCE. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST: COMPUTER SECURITY RESOURCE CENTER [online]. Kanada, 09.2011n. 1. [cit. 2022-12-20]. Dostupné z: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>
31. Co je BaaS. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/baas/>
32. Co je MaaS. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/maas/>
33. Co je CaaS. SPRÁVA SÍTĚ: slovník pojmů [online]. Vratislavova 57/1, 128 00, Praha 2, 2016 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.sprava-site.eu/caas/>
34. SystemOnLine: Cloud computing versus virtualizace [online]. 12.2011n. 1. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/virtualizace/cloud-computing-versus-virtualizace.htm>
35. Co je virtualizace?. Microsoft: Azure [online]. 12.2011n. 1. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-virtualization/>
36. Acronis: Virtualizace serverů a stanic [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.acronis.cz/kb/virtualizace/>
37. Multimediaexpo: Virtuální stroj [online]. 2013 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: [http://www.multimediaexpo.cz/mmecz/index.php/Virtu %C3 %A1n %C3 %AD stroj](http://www.multimediaexpo.cz/mmecz/index.php/Virtu%C3%A1ln%C3%AD_stroj)
38. TechLib: Hypervisor [online]. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://tech-lib.eu/definition/hypervisor.html>
39. What Does a Hypervisor Do?: Type 1 and Type 2 hypervisors – appearances can be deceptive. Flexiant: your cloud simplified [online]. 2014 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.flexiant.com/2014/02/05/what-does-a-hypervisor-do/>
40. Infografika. Ekonom: your cloud simplified [online]. Jan Sedlák, 2020 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://ekonom.cz/c1-66775730-dva-nejvetsi-cloudy-sveta-rozjely-expanzi-v-cesku-pridali-se-i-cinane>
41. Amazon, Microsoft & Google Grab the Big Numbers – But Rest of Cloud Market Still Grows by 27%. TELECOMTV: research group [online]. NV, 2021 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.srgresearch.com/articles/amazon-microsoft-google-grab-the-big-numbers-but-rest-of-cloud-market-still-grows-by-27>

42. AWS: Amazon Relational Database Service [online]. [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: [https://aws.amazon.com/rds/#:~:text=makes %20it %20easy,to %20Amazon %20RDS](https://aws.amazon.com/rds/#:~:text=makes%20it%20easy,to%20Amazon%20RDS)
43. NAVISYS: Microsoft Azure [online]. [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.navisys.cz/produkty/cloud-bpm/microsoft-azure>
44. EKS vs. ECS: orchestrating containers on AWS. Cloudbonaut [online]. Andreas Wittig, 2018 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://cloudbonaut.io/eks-vs-ecs-orchestrating-containers-on-aws/>