

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra Informačních technologií



Bakalářská práce

**Srovnání cloudových a on-premise řešení virtualizace
desktopových počítačů**

Daniel Tůma

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Tůma

Informatika

Název práce

Srovnání cloudových a on-premise řešení virtualizace desktopových počítačů

Název anglicky

Comparison of cloud and on premise solutions of desktop computer virtualisation

Cíle práce

Práce řeší volbu vhodného virtualizačního nástroje desktopového počítače na základě požadavků modelového uživatele.

Cílem práce je komparace vybraných cloudových a on-premise virtualizačních služeb pro virtualizaci počítačů s desktopovým operačním systémem, a následné vybrání kompromisního řešení z těchto testovaných služeb pro modelové uživatele jenž jsou definovány množinou požadavků. Vybrání kompromisního řešení bude provedeno pomocí metody analytického hierarchického procesu.

Metodika

V rešeršní části bude uveden souhrn odborných zdrojů a provedena jejich komparace. V praktické části bude provedeno testování virtuálních strojů řešených on-premise a v cloudu pomocí relevantního programového vybavení. Na každém testovaném virtuálním stroji bude nainstalován desktopový operační systém. Následně bude provedeno testování a zjištěn výsledek zkoumání, což bude srovnání testovaného virtualizačního software podle relevantních kritérií. Řešení budou srovnána podle provozních nákladů na 10 let podle jejich cenové dostupnosti v roce 2022. Pro každého modelového uživatele bude podle jeho požadavků vybráno kompromisní řešení z testovaných služeb pomocí metody analytického hierarchického procesu. Software použitý pro virtualizační řešení on-premise: Virtual Box,

Doporučený rozsah práce

30 –40 stran

Klíčová slova

cloud, virtual machine, VMware, on-premise, virtuální stroj, virtualizace, desktopových operačních systémů

Doporučené zdroje informací

PETERSEN, Richard, 2007. Linux: The Complete Reference, Sixth Edition. 6th Edition. New York, USA: McGraw-Hill Education, 866 s. ISBN9780071596640.

RUEST, Danielle a Nelson RUEST, 2010. Virtualizace Podrobný Průvodce. Brno: Computer Press s.r.o., 408 s. ISBN978-80-251-2676-9.

SARAVANAN, Jagadeesan a Ponnusamy SARAVANAN, 2019. *The operating system process in virtualization for cloud computing*. Volume 8 Issue 10 2019. Chennai, India: Infokara research. ISBN ISSN NO: 1021-9056. Dostupné z: doi:16.10089.IR.2019.V8I10.285311.29495

STALLINGS, William, 2012. Operating Systems: Internals and Design Principles. 7th edition. Hoboken, New Jersey: Prentice Hall, 820 s. ISBN1-256-52023-3.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Václav Lohr, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 27. 9. 2022

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 10. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 26. 08. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Srovnání cloudových a on-premise řešení virtualizace desktopových počítačů" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu Panu Doktoru Václavu Lohrovi za pomoc při zpracování mé bakalářské práce, za jeho čas, úsilí a konzultace. Také bych chtěl poděkovat všem ostatním pedagogům kteří měli podíl na tom, kde nyní jsem.

Srovnání cloudových a on-premise řešení virtualizace desktopových počítačů

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vybráním kompromisního řešení z množiny lokálních a cloudových hypervizorů. V rešeršní části je provedeno porovnání zdrojů odborné literatury, jsou v ní též rozebrány principy softwarových nástrojů, které jsou v práci použity. V praktické části práce je nejprve provedena definice modelových uživatelů dle preferovatelných kvalit virtualizačních softwarů. Dále je v praktické části práce provedeno samotné výkonnostní testování lokálních a cloudových virtualizačních nástrojů, přičemž je zaznamenávána zátěž do textových souborů - získaná data poslouží jako podklady ke statistické analýze. Ze získaných výsledků stresového testování lokálních hypervizorů a cloudových platform je provedena statistická analýza jejíž účelem je zjištění relevantních rozdílů mezi testovanými hypervizory a platformami. Dále je v praktické části provedeno vybráno kompromisní řešení pro každého modelového uživatele (je bráno v potaz že modelový uživatel preferuje právě jednu kvalitu vyšší vahou a zbytek je preferován nižší stejnou vahou) pomocí metody analytického hierarchického procesu (AHP). Hlavním cílem práce je tedy analýza tří lokálních a tří cloudových virtualizačních řešení a následné selekce kompromisní varianty pro každého modelového uživatele.

Klíčová slova: Virtuální stroj, Virtualizace, hypervizor, VirtualBox, VMware, HyperV, Cloudová virtualizace, Lokální Virtualizace, Google cloud, Microsoft Azure

Comparison of cloud and on-premise solutions of desktop computer virtualisation

Abstract

This bachelor thesis is dedicated to picking up compromise variety from set of local and cloud hypervisors. In theoretical part there is provided comparison of professional literature sources. In theoretical part are as well explained software tools that are used in the thesis. In practical part there is defined set of model users by the preferable qualities of each virtualisation software. In practical part the local and cloud hypervisors are tested by stress testing tools and the workload is recorded and saved in text files. Furthermore, the statistical analysis of the results is conducted, to discover relevant differences between tested hypervisors. Furthermore, there is picked compromise solution for each model user (one quality is considered to be preferred for one model user, the rest of qualities are preferred less and by same percentage) by using the analytic hierarchy process (AHP) method. The main goal of the thesis is analysis of three local and three cloud virtualisation solutions and selection of compromise option for each model user.

Keywords: Virtual machine, Virtualisation, hypervisor, VirtualBox, VMware, HyperV, Cloud virtualisation, Local Virtualisation, Google cloud, Microsoft Azure

Obsah

1. Obsah

1. Obsah.....	9
2. Úvod.....	16
3. Cíl práce a metodika	18
3.1 Cíl práce	18
3.2 Metodika	18
4 Teoretická východiska	19
4.1 19	
4.2 Operační systém.....	19
4.3 Desktopový operační systém.....	19
4.4 Windows	20
4.4.1 Architektura Windows	20
4.4.2 Windows 10	22
4.5 Unix a Linux	22
4.5.1 Mac OS X	23
4.5.2 Architektura Linuxového jádra	23
4.5.3 Integrace systémových modulů v Linuxu	24
4.5.4 Ubuntu	25
4.6 Virtualizace	26
4.6.1 Virtualizace desktopových operačních systémů	27
4.7 Hypervizory a jejich typy	27
4.8 Virtuální stroj a jeho části	29
4.8.1 Konfigurační soubor	30
4.8.2 Soubor (soubory) pevného disku	31
4.8.3 Soubor, kde je uložený stav virtuálního počítače	33
4.9 Dopad používání informačních technologií na životní prostředí.....	33
4.9.1 Snižování negativních dopadů využití informačních technologií pomocí virtualizace	34
4.10 Lokální hypervizory (on-premise)	35
4.10.1 Oracle VM VirtualBox	35
4.10.2 Microsoft Hyper-V	38
4.10.3 VMware Workstation Player	39
4.11 Cloudové platformy pro hosting virtuálních strojů.....	41
4.11.1 Princip použití cloudového virtuálního stroje.....	42
4.11.2 Microsoft Azure	44
4.11.3 Amazon Web Services	46

4.11.4	Google cloud.....	46
5.	Vlastní práce	47
5.1	AHP, Modelový uživatelé a kritéria.....	47
5.1.1	AHP	47
5.2	Testování lokálních virtuálních strojů.....	48
5.3	Stresové testování Ubuntu.....	49
5.4	Statistické testování dat získaných měřením zátěže při stresovém testování ..	50
5.5	Průzkumová analýza dat ze stresového testování Ubuntu	51
5.5.1	Základní statistické charakteristiky z testování Oracle VM VirtualBox (Ubuntu)51	
5.5.2	Základní statistické charakteristiky z testování Microsoft Hyper-V (Ubuntu) 52	
5.5.3	Základní statistické charakteristiky z testování VMware Workstation (Ubuntu)53	
5.5.4	Závěr průzkumové analýzy dat získaných měřením stresového testu na virtuálních strojích s OS Ubuntu	53
5.6	Stresové testování Windows 10	54
5.6.1	Stresové testování Windows 10 VMS pomocí programu HeavyLoad	54
5.7	Průzkumová analýza dat získaných ze stresového testování lokálních hypervizorů programem HeavyLoad.....	55
5.7.1	Oracle VirtualBox – základní statistické charakteristiky	55
5.7.2	Microsoft Hyper-V – základní statistické charakteristiky	56
5.7.3	VMware Workstation	57
5.8	Metoda Analytického Hierarchického Procesu (AHP).....	58
5.8.1	Poznámky k AHP pro lokální hypervizory	61
5.9	Testování cloudových virtuálních počítačů	62
5.9.1	Příkaz pro otestování síťové latence	62
5.10	Průzkumová analýza dat získaných ze stresového testování cloudových virtuálních serverů s OS Ubuntu	63
5.10.1	Microsoft Azure	63
5.10.2	Amazon Web Services	64
5.10.3	Google cloud.....	65
5.10.4	Závěr průzkumové analýzy dat získaných měřením zátěže cloudových virtuálních strojů.....	65
5.11	AHP Pro cloudové virtuální stroje	66
5.11.1	Definice Modelových uživatelů (Cloud)	66
6.	Výsledky a diskuse	68
6.1	Statistické testování dat z testování lokálních VMs s OS Ubuntu	68
6.1.1	Testování shody průměru dat ze statistického testování (local, Ubuntu) .	69
6.1.2	Interpretace výsledků statistického testování výsledků ze stresového testování OS Ubuntu.....	69

6.2	Statistické testování výsledků ze stresového testování Windows 10, Lokální VMs	70
6.3	Statistické testování dat získaných z testování cloudových VMs.....	71
6.3.1	Zhodnocení testů normality a výběr statistického testu pro cloudové virtuální stroje	71
6.3.2	Analýza rozptylu souborů z testování cloudových VMs.....	71
6.3.3	Interpretace výsledku vícenásobné analýzy rozptylu souborů z testů cloudových virtuálních strojů.....	71
6.4	AHP pro lokální hypervizory.....	72
6.4.1	Výsledky AHP pro lokální hypervizory.....	72
6.5	Výsledek AHP pro cloudové platformy.....	73
7.	Závěr.....	74
8.	Seznam použitých zdrojů.....	75
8.1	Zdroje použitých Obrázků.....	77
9.	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk.....	79
9.1	Seznam obrázků.....	79
9.2	Seznam tabulek.....	81
9.3	Seznam grafů.....	82
9.4	Seznam použitých zkratk.....	82
10.	Přílohy.....	83
10.1	Výsledky stresového testování OS Ubuntu (Local).....	83
10.1.1	Příloha 1: SAS Ubuntu VirtualBox CPU 1.....	83
10.1.2	Příloha 2: SAS Ubuntu VirtualBox CPU 2.....	84
10.1.3	Příloha 3: SAS Ubuntu VirtualBox RAM 1.....	85
10.1.4	Příloha 4: SAS Ubuntu VirtualBox RAM 2.....	86
10.1.5	Příloha 5: Disk Ubuntu Virtualbox 1.....	87
10.1.6	Příloha 6: Disk Ubuntu Virtualbox 2.....	88
10.1.7	Příloha 7: CPU HyperV Ubuntu 1.....	89
10.1.8	Příloha 8: CPU HyperV Ubuntu 2.....	90
10.1.9	Příloha 9: HyperV RAM Ubuntu 1.....	91
10.1.10	Příloha 10: HyperV RAM Ubuntu 2.....	92
10.1.11	Příloha 11: HyperV Disk Ubuntu 1.....	93
10.1.12	Příloha 12: HyperV Disk Ubuntu 2.....	94
10.1.13	Příloha 13: VMware CPU Ubuntu 1.....	95
10.1.14	Příloha 14: VMware CPU Ubuntu 2.....	96
10.1.15	Příloha 15: VMware RAM Ubuntu 1.....	97
10.1.16	Příloha 16: VMware RAM Ubuntu 2.....	98
10.1.17	Příloha 17: VMware Disk Ubuntu 1.....	99
10.1.18	Příloha 18: VMware Disk Ubuntu 2.....	100

10.2	Výsledky stresového testování Windows 10 pomocí HeavyLoad.....	101
10.2.1	Příloha 19: VirtualBox CPU Windows 1.....	101
10.2.2	Příloha 20: VirtualBox CPU Windows 2.....	102
10.2.3	Příloha 21: HyperV CPU Windows 1.....	103
10.2.4	Příloha 22: HyperV CPU Windows 2.....	104
10.2.5	Příloha 23: VMware CPU Windows 1.....	105
10.2.6	Příloha 24: VMware CPU Windows 2.....	106
10.2.7	Příloha 25: VirtualBox RAM Windows 1.....	107
10.2.8	Příloha 26: VirtualBox RAM Windows 2.....	108
10.2.9	Příloha 27: HyperV RAM Windows 1.....	109
10.2.10	Příloha 28: HyperV RAM Windows 2.....	110
10.2.11	Příloha 29: VMware RAM Windows 1.....	111
10.2.12	Příloha 30: VMware RAM Windows 2.....	112
10.2.13	Příloha 31: VirtualBox Disk Windows 1.....	113
10.2.14	Příloha 32: VirtualBox Disk Windows 2.....	114
10.2.15	Příloha 33: HyperV Disk Windows 1.....	115
10.2.16	Příloha 34: HyperV Disk Windows 2.....	116
10.2.17	Příloha 35: VMware Disk Windows 1.....	117
10.2.18	Příloha 36: VMware Disk Windows 2.....	118
10.3	Normalita stresových testů procesoru (Ubuntu local).....	119
10.3.1	Příloha 37: VirtualBox cpu normal Ubuntu.....	119
10.3.2	Příloha 38: HyperV cpu normal Ubuntu.....	119
10.3.3	Příloha 39: VMware cpu normal Ubuntu.....	119
10.4	Normalita souborů stresových testů paměti (Ubuntu local).....	120
10.4.1	Příloha 40: VirtualBox RAM normal Ubuntu.....	120
10.4.2	Příloha 41: HyperV RAM normal Ubuntu.....	120
10.4.3	Příloha 42: VMware RAM normal Ubuntu.....	120
10.5	Normalita souborů stresových testů disku (Ubuntu local).....	121
10.5.1	Příloha 43: VirtualBox Disk normal Ubuntu.....	121
10.5.2	Příloha 44: HyperV Disk normal Ubuntu.....	121
10.5.3	Příloha 45: VMware Disk normal Ubuntu.....	121
10.6	Programy měření výkonu ve Windows 10 – generované Chat GPT.....	122
10.6.1	Příloha 46: Program na měření zátěže CPU.....	122
10.6.2	Příloha 47: Program na měření zátěže RAM.....	123
10.6.3	Příloha 48: Program na měření zápisu na disk.....	124
10.7	Syntézy preferencí z AHP (výsledky AHP a pořadí variant) – Lokální hypervizory.....	125
10.7.1	Příloha 49: Syntéza preferencí U1.....	125
10.7.2	Příloha 50: Syntéza preferencí U2.....	125
10.7.3	Příloha 51: Syntéza preferencí U3.....	125

10.7.4	Příloha 52: Syntéza preferencí U4	125
10.7.5	Příloha 53: Syntéza preferencí W1	125
10.7.6	Příloha 54: Syntéza preferencí W2	126
10.7.7	Příloha 55: Syntéza preferencí W3	126
10.7.8	Příloha 56: Syntéza preferencí W4	126
10.7.9	Příloha 57: Syntéza preferencí W5	126
10.7.10	Příloha 58: Syntéza preferencí W6	126
10.7.11	Příloha 59: Syntéza preferencí W7	127
10.7.12	Příloha 60: Syntéza preferencí W8	127
10.7.13	Příloha 61: Syntéza preferencí W9	127
10.7.14	Příloha 62: Syntéza preferencí W10	127
10.7.15	Příloha 63: Syntéza preferencí W11	127
10.7.16	Příloha 64: Syntéza preferencí W12	128
10.8	Testy normality rozdělení výsledků získaných stresovým testováním programem HeavyLoad v lokálních virtuálních strojích s OS Windows 10.....	128
10.8.1	Příloha 65: VirtualBox CPU Windows normalita	128
10.8.2	Příloha 66: HyperV CPU Windows normalita	128
10.8.3	Příloha 67: VMware CPU Windows normalita	129
10.8.4	Příloha 68: VirtualBox RAM Windows normalita	129
10.8.5	Příloha 69: HyperV RAM Windows normalita	129
10.8.6	Příloha 70: VMware RAM Windows normalita.....	130
10.8.7	Příloha 71: VirtualBox Disk Windows normalita.....	130
10.8.8	Příloha 72: HyperV Disk Windows normalita.....	130
10.8.9	Příloha 73: VMware Disk Windows normalita	131
10.9	Kruskal-Wallisovi testy o shodě průměru rychlosti zápisu na disk, zatížení CPU a RAM při stresovém testu napříč hypervizory (Ubuntu local).....	132
10.9.1	Příloha 74: KW Disk Ubuntu Local 1	132
10.9.1	Příloha 75: KW Disk Ubuntu Local 2	133
10.9.2	Příloha 76: KW CPU Ubuntu Local 1	134
10.9.3	Příloha 77: KW CPU Ubuntu Local 2	135
10.9.4	Příloha 78: KW RAM Ubuntu	136
10.10	Analýza rozptylu u souborů s výsledky ze stresového testování programem HeavyLoad	137
10.10.1	Příloha 79: KW CPU Windows	137
10.10.2	Příloha 80: KW RAM Windows.....	138
10.10.3	Příloha 81: KW Disk Windows	139
10.11	Testování normality rozdělení souborů z testování CPU cloudových virtuálních počítačů	140
10.11.1	Příloha 82: Azure CPU Normal	140
10.11.2	Příloha 83: AWS CPU Normal.....	140
10.11.3	Příloha 84: Google cloud CPU Normal	140

10.12 Testy normality pro RAM (Cloud)	141
10.12.1 Příloha 85: Google cloud RAM Normal.....	141
10.12.2 Příloha 86: AWS RAM Normal.....	141
10.12.3 Příloha 87: Google cloud RAM Normal.....	141
10.13 Testy normality pro Disk (Cloud)	142
10.13.1 Příloha 88: Azure disk normal	142
10.13.2 Příloha 89: AWS disk normal.....	142
10.13.3 Příloha 90: Google cloud disk normal	142
10.14 Testy normality pro Ping (Cloud)	143
10.14.1 Příloha 91: Azure ping normal.....	143
10.14.2 Příloha 92: AWS ping normal	143
10.14.3 Příloha 93: Google cloud ping normal.....	144
10.15 Kruskal-Wallisovy testy shodě průměru datových souborů z měření CPU, RAM, disku a pingu Cloudových virtuálních strojů	145
10.15.1 Příloha 94: K-W CPU Cloud	145
10.15.2 Příloha 95: K-W RAM Cloud.....	146
10.15.3 Příloha 96: K-W Disk Cloud	147
10.15.4 Příloha 97: K-W Ping Cloud.....	148
10.16 Tabulky pro AHP – lokální hypervizory.....	149
10.16.1 Příloha 98: AHP U1	149
10.16.2 Příloha 99: AHP U2.....	149
10.16.3 Příloha 100: AHP U3	150
10.16.4 Příloha 101: AHP U4.....	150
10.16.5 Příloha 102: AHP W1	151
10.16.6 Příloha 103: AHP W2	152
10.16.7 Příloha 104: AHP W3	153
10.16.8 Příloha 105: AHP W4.....	154
10.16.9 Příloha 106: AHP W5	155
10.16.10 Příloha 107: AHP W6	156
10.16.11 Příloha 108: AHP W7	157
10.16.12 Příloha 109: AHP W8	158
10.16.13 Příloha 110: AHP W9	159
10.16.14 Příloha 111: AHP W10	160
10.16.15 Příloha 112: AHP W11	161
10.16.16 Příloha 113: AHP W12	162
10.17 Tabulky AHP pro cloudové platformy.....	163
10.17.1 Příloha 114: AHP C1	163
10.17.2 Příloha 115: AHP C2	164
10.17.3 Příloha 116: AHP C3	165
10.17.4 Příloha 117: AHP C4.....	166

10.17.5	Příloha 118: AHP C5	167
10.17.6	Příloha 119: AHP C6	168
10.17.7	Příloha 120: AHP C7	169
10.17.8	Příloha 121: AHP C8	170
10.18	Příkazy pro SAS	171
10.18.1	Příloha 122: Vložení dat pro SAS 9.4.....	171
10.18.2	Příloha 123: Statistické testy v SAS 9.4	171
10.19	Výstupy SAS 9.4 pro průzkumovou analýzu cloudových VMs	172
10.19.1	Příloha 124: AWS CPU 1	172
10.19.2	Příloha 125: AWS CPU 2	173
10.19.3	Příloha 126: Azure CPU 1	174
10.19.4	Příloha 127: Azure CPU 2	175
10.19.5	Příloha 128: Google cloud CPU 1	176
10.19.6	Příloha 129: Google cloud CPU 2	177
10.19.7	Příloha 130: AWS RAM 1	178
10.19.8	Příloha 131: AWS RAM 2	179
10.19.9	Příloha 132: Azure RAM 1	180
10.19.10	Příloha 133: Azure RAM 2	181
10.19.11	Příloha 134: Google cloud RAM 1	182
10.19.12	Příloha 135: Google Cloud RAM 2	183
10.19.13	Příloha 136: AWS Disk 1	184
10.19.14	Příloha 137: AWS Disk 2	185
10.19.15	Příloha 138: Azure Disk 1	186
10.19.16	Příloha 139: Azure Disk 2	187
10.19.17	Příloha 140: Google Cloud Disk 1	188
10.19.18	Příloha 141: Google Cloud Disk 2.....	189
10.19.19	Příloha 142: AWS Ping 1.....	190
10.19.20	Příloha 143: AWS Ping 2.....	191
10.19.21	Příloha 144: Azure Ping 1	192
10.19.22	Příloha 145: Azure Ping 2.....	193
10.19.23	Příloha 146: Google Cloud Ping 1	194
10.19.24	Příloha 146: Google Cloud Ping 2.....	195

2. Úvod

Tato Bakalářská práce se věnuje problematice cloudových a on-premise řešení virtuálních strojů s desktopovým operačním systémem. V teoretické části jsou rozebrány principy virtualizace a desktopových operačních systémů podle zdrojů z odborné literatury. V teoretické části jsou také vysvětleny principy lokálních hypervizorů a cloudových virtualizačních platform, se kterými je pracováno v praktické části.

V praktické části jsou nejprve definováni modelový uživatelé na základě preferovatelných kvalit virtualizačních nástrojů, jako je procentuální zatížení procesoru a paměti při stresovém testování. Následně je provedeno samotné testování, které se pro lokální a cloudová řešení trochu liší. U lokálních strojů se provádí stresové testování, u cloudových se kromě stresových testů měří i síťová latence. Vzájemně porovnávané virtuální počítače měli alokované shodné množství zdrojů a byly na nich provedeny shodně náročné stresové testy.

Lokální virtuální stroje jsou spouštěny na počítači s hostitelským operačním systémem Windows 10, vždy je testován pouze jeden VM. U lokálních virtuálních strojů se testy provádí na operačních systémech Ubuntu a Windows 10 na 3 různých lokálních hypervizorech – VMware, VirtualBox a Microsoft Hyper-V. Na cloudových virtualizačních platformách se testuje pouze OS Ubuntu, a testují se tři různé platformy – Microsoft Azure, Amazon Web Services a Google cloud.

V průběhu testů se v prostředí testovaných virtuálních počítačů zaznamenávají data o zatížení procesoru, paměti a rychlosti zápisu na disk. Měření síťové odezvy cloudových virtuálních počítačů je provedeno z lokálního počítače. Měření na Ubuntu je provedeno pomocí systémových příkazů. Měření na Windows 10 pomocí Python programů Vygenerovaných Chat GPT.

Následně je provedena statistická analýza dat získaných testováním, jejímž účelem je prozkoumat, zda mezi řešeními existují statisticky významné rozdíly. Pro modelové uživatele je potom vybráno kompromisní řešení z testovaných virtualizačních služeb pomocí metody analytického hierarchického procesu (AHP). Jednotlivé virtualizační služby se

testují stress-tesy které změní jejich výkon, u cloudových služeb bude změřen poměr cena výkon a latence.

3. Cíl práce a metodika

3.1 Cíl práce

V této práci budou rozebrány principy fungování lokálních (on-premise) a cloudových virtualizačních technologií v teoretické části. Následně budou tři lokální a tři cloudové nástroje pro virtualizaci otestovány a výstupy z testů analyzovány v části praktické. Statisticky významné odlišnosti těchto nástrojů pak budou použity jako kritéria pro vícenásobnou analýzu variant, pomocí které budou vybrána kompromisní řešení pro modelové uživatele.

3.2 Metodika

Definice modelových uživatelů spočívá v braní v potaz relevantních vlastností virtualizačních nástrojů jako je jejich výkon u lokálních hypervizorů, a výkon, cena, síťová odezva / konektivita u cloudových řešení. Tyto faktory jsou testovány stresovým testováním a následným provedením statistické analýzy u lokálních hypervizorů, u cloudových řešení je kromě stresových testů provedeno měření poměru ceny a výkonu, a změřena síťová odezva / latence. Následně jsou metodou AHP vybrána kompromisní řešení pro každého modelového uživatele.

4 Teoretická východiska

4.2 Operační systém

Operační systém je programové vybavení počítače sloužící jako rozhraní mezi hardwarovým vybavením zařízení a aplikacemi. (Stallings, 2012) Operační systém je také rozhraní mezi uživatelem a počítačem – díky operačnímu systému je uživatel schopný používat aplikace které potřebuje. (Stallings, 2012) Operační systém má kontrolu nad zdroji počítače (RAM, CPU), které přiřazuje procesům, které v zařízení probíhají. (Stallings, 2012)

Aplikace jsou v počítači reprezentovány kódem napsaným v programovacím jazyce a jsou vytvářeny aplikačními programátory (vývojáři). (Stallings, 2012) Díky operačnímu systému se vývojář nemusí starat o přidělení zdrojů jeho aplikaci, jelikož to obstará operační systém. (Stallings, 2012)

Moderní operační systém musí být schopen pracovat s vícero 32bitovými a 64bitovými procesory, s dedikovanými a integrovanými grafickými kartami. (Stallings, 2012) Moderní operační systémy jsou typicky multi-taskingové, tedy schopny provádět více operací najednou. (Stallings, 2012)

4.3 Desktopový operační systém

Operační systém určený pro osobní počítač nacházející se na stole – tedy desktop (ale tyto operační systémy se používají i pro laptopy, tedy počítače, které může mít uživatel kromě stolu i na klíně). (Stallings, 2012)

Mezi hlavní zástupce Desktopových operačních systémů se řadí Windows a Unix (Linuxové distribuce, MacOS). (Stallings, 2012) Dnešní desktopové operační systémy se typicky používají s grafickým rozhraním, kdy uživatel nekontroluje všechny operace v počítači textovou příkazovou řádkou. (Stallings, 2012)

Avšak spousta příkazů se dá spustit stále pouze přes příkazovou řádku, jako například instalace různých programovacích modulů například pro jazyk python (pip install <modul>). (Stallings, 2012)

4.4 Windows

Windows je operační systém od společnosti Microsoft, v současnosti je jeho nejnovější verze Windows 11, avšak nejvíce používaný Windows systém je Windows 10 (71 %), který je tímto i nejvíce používaným desktopovým operačním systémem na světě (cca 53.25 %, Windows celkově cca 75 %). (statcounter, 2023). V roce 2001 obvinila vláda Spojených Států Amerických společnost Microsoft z držení Monopolu na Intel-kompatibilní operační systémy (Windows) a pokusu o získání Monopolu na internetový prohlížeč (Internet Explorer). (Circuit, 2001)

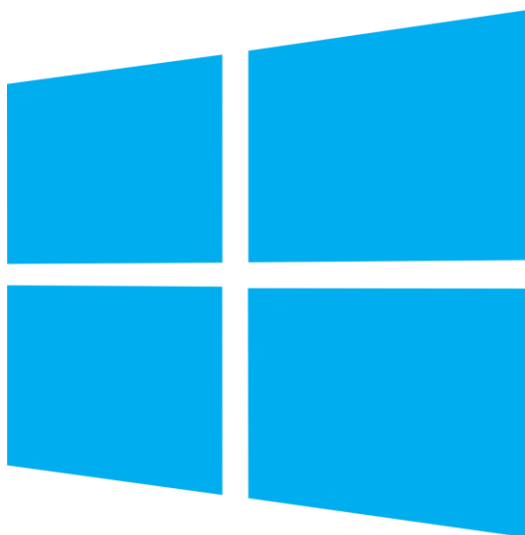
Tím že Windows nejvíce rozšířený, často skrze překupované klíče (GOCDKEYS, 2023) (ALLKEYSHOP, 2023) (Harding, 2022) a jiné pochybné metody aktivovaný (což se nedoporučuje a může být nezákonné), tak je s ním velmi velké množství programů kompatibilních, na druhou stranu se jedná o operační systém, který je také znám svojí občasnou nestabilitou (black screens / blue screens / problémy s aktualizacemi). To může být mimo jiné způsobeno i tím že je dělaný pro univerzální hardware, tedy pro počítačové komponenty od velkého množství společností. (Stallings, 2012) (Dhamdere, 2009)

4.4.1 Architektura Windows

Co se týče architektury tak stojí na Jádro zabaleného do takzvané Hardwarové abstrakční vrstvy (HAL). (Dhamdere, 2009) HAL je součást OS Windows vytváří rozhraní pro používání hardwaru počítače, poskytuje abstrakci pro I/O rozhraní, ovladače přerušení a inter procesorovou komunikaci v multiprocessorovém systému. (Dhamdere, 2009)

Jádro operačního systému využívá HAL pro poskytování základních služeb jako je správa přerušení a multiprocessorová synchronizace. (Dhamdere, 2009) Touto cestou je jádro chráněno před jedinečnostmi a odlišnostmi fyzické architektury a operační systém je díky tomu přenosný a může být spuštěn na zařízeních odlišných výrobců. (Dhamdere, 2009) Ovladače zařízení také používají abstrakce poskytnuté vrstvou HAL ke správě I/O operací zařízení. (Dhamdere, 2009)

Jádro se stará o procesovou synchronizaci a plánování funkcí. Exekutivní vrstva architektury Windows je složena z mimo jádrových rutiny operačního systému, jeho kód využívá služby jádra k poskytnutí služeb jako je vytváření a ukončování procesů, správa virtuální paměti a další. I/O Manager používá ovladače zařízení, které se načtou dynamicky podle potřeby. (Dhamdere, 2009, s 102)



Windows Logo 1 (Wikipedia, 2012)

4.4.2 Windows 10

Windows 10 je desktopový operační systém vydaný společností Microsoft 29 července roku 2015 a v současnosti je nejrozšířenějším desktopovým operačním systémem na světě. (statcounter, 2023) Windows 10 používá jako hlavní souborový systém NTFS. Přichází s vlastním předinstalovaným antivirovým programem Windows Defender který je pro uživatele zdarma. (Bott, 2021)

Pro omezené používání Windows 10 můžete použít verzi i bez produktového klíče, pro plnou verzi je nutný aktivační klíč. Windows 10 obsahuje klíčové funkce jako je správce úloh, Editor Registrů, Průzkumník Windows, eventviewer, příkazový Interpret PowerShell a batch command line a s nimi i sadu příkazů pro kontrolu počítače. Pro plné využívání PowerShellu a mnoha dalších operací je nutné být přihlášen v módu administrátora, a spouštět PowerShell jako Správce (run as an administrator). (Bott, 2021) (Microsoft, 2023)

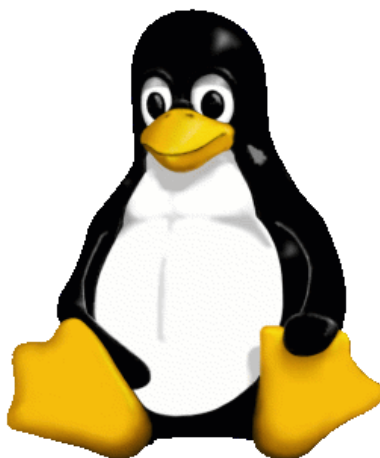
V příkazové řádce pak může uživatel zadávat příkazy podobně jako v Linuxovém bashi. Například příkaz `taskkill /F /IM <program.exe>` vynutí ukončení všech instancí zvoleného programu, a uživatel je nemusí po jednom ukončovat ve správci úloh. (Microsoft, 2023)

Windows není case sensitive a nerozlišuje malá a velká písmena, což může usnadnit někdy ale i zesložitit práci. Existují také serverové a enterprise varianty tohoto operačního systému jako je Windows Server 2018 které obsahují serverové nástroje jako Active Directory pro řízení síťových zdrojů a uživatelských politik a práv. (Bott, 2021) (Microsoft, Windows Server documentation, 2023)

4.5 Unix a Linux

Současné Unixově založené operační systémy – dnes nepoužívanější Mac OS X a Linux. Současné Linuxové operační systémy staví z Linuxového jádra vyvinutého Linusem Torvaldsem z BSD UNIXu v IBM laboratořích, většina Linuxových distribucí je open source (tedy mají otevřený zdrojový kód) a jsou naprogramované v jazyce C a C++, a jsou case sensitive. (Stallings, 2012) Na Linuxovém Jádro staví dnes nepoužívanější operační systém pro chytré mobilní telefony Android. (Google, 2023) Linux má zároveň velmi široké serverové využití, jsou na něm založeny také nástroje pro penetrační testování / skenování zranitelnosti webových stránek (Kali Linux). (Hertzog, 2017) (Sobell, 2011)

Linux je otevřený operační systém což znamená, že je možné ho nainstalovat na libovolný hardware a je vyvíjený komunitně – open source. V Linuxu hraje důležitou roli jeho příkazová řádka, takzvaný bash. Pro použití příkazu v linuxové příkazové řádce, například k nainstalování nového balíčku je nutné použít příkaz sudo, př: sudo apt install <balíček>, a administrátor se označuje jako „superuser“ nebo „root“. V praktické části této bakalářské práce dále v praktické části používají příkazy top, iotop, a stress, pro stresové testování virtuálních počítačů a sledování zatížení zdrojů. (Dhamdere, 2009) (Stallings, 2012) (Sobell, 2011)



Obrázek 1 – Tux, maskot Linuxu

(Wikipedia, Wikipedia, 2022)

4.5.1 Mac OS X

Mac OS X je v současné době nepoužívanějším Unixovým desktopovým operačním systémem širokou veřejností od společnosti Apple, je uzavřený – tedy nelze jej nainstalovat na libovolné zařízení a je součástí zakoupeného produktu, tedy počítače iMac / Macbook / Mac Studio. Na Mac OS X je také založený operační systémy pro chytré telefony od společnosti Apple iPhone. (Stallings, 2012) (statcounter, 2023)

4.5.2 Architektura Linuxového jádra

Linux podporuje funkce UNIXových operačních systémů BSD UNIX a System V a je v souladu se standardem POSIX. Linuxové jádro je monolitické, navrženo tak aby se skládalo ze sady individuálně spustitelných modulů. Každý modul má přesně specifikované rozhraní, které definuje, jak mohou být funkce modulu volány a jak mohou být jeho data zpřístupněna dalším modulům. Každý modul může být individuálně zaveden do paměti nebo z ní odstraněn v závislosti na tom, jestli zrovna bude v blízké době potřeba ho znovu použít. (Dhamdere, 2009)

Principiálně každá součást Linuxového jádra může být strukturována jako spustitelný modul, ovladače zařízení jsou typicky navrženy jako samostatné moduly. Několik modulů se spustí při načtení operačního systému, další moduly se načítají dynamicky podle potřeby. Tyto další moduly musí být však integrovány s moduly které byli načteny do paměti již předtím, aby mohli moduly společně fungovat jako jednotné jádro. (Dhamdere 2008)

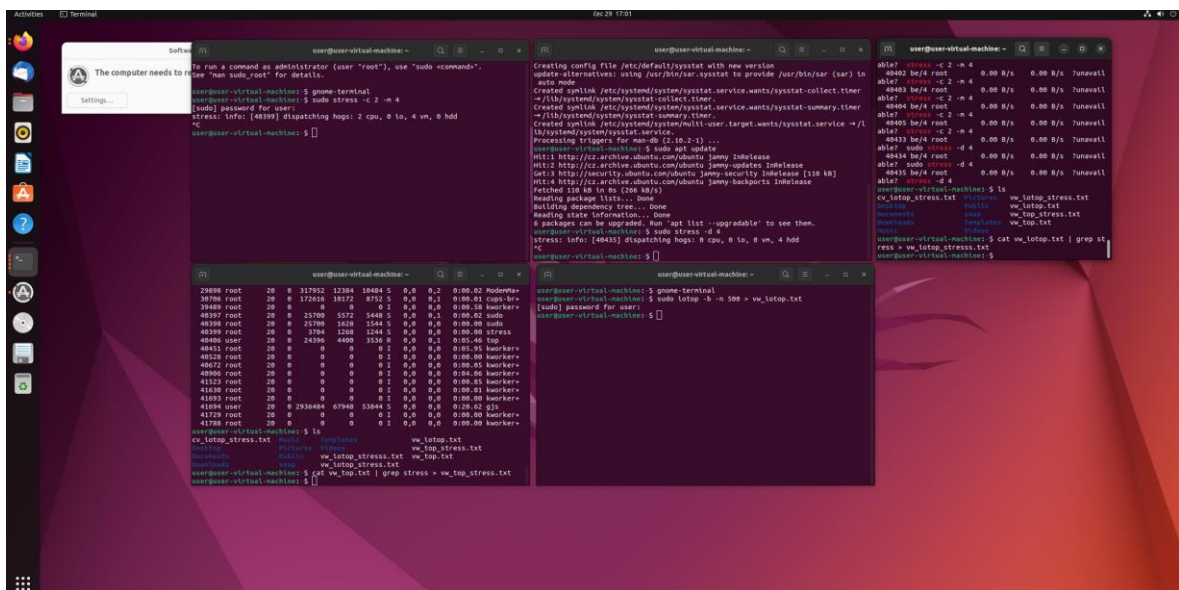
4.5.3 Integrace systémových modulů v Linuxu

Použití jádrových modulů s přesně specifikovanými rozhraními přináší řadu výhod. Existence modulových rozhraní zjednodušuje testování a údržbu jádra. Ke každému modulu lze přidat nové funkce nebo vylepšit ty stávající. Použití modulů umožňuje velké rozšiřování funkcí jádra což je u monolitických jader neobvyklé a také limituje potřebu paměťové požadavky jádra, protože některé moduly nelze načíst při systémových operacích. Pro management modulů v paměti využívá jádro systém pravidelných přerušení, pravidelně kontroluje, které moduly nebyli použity od posledního přerušení a maže je z paměti. (Dhamdere 2008)

4.5.4 Ubuntu

Ubuntu je v současné době velmi rozšířená Linuxová distribuce založená na systému Debian, která je použitelná jak pro osobní, tak enterprise použití. Jedná se o operační systém vyvíjený open source. Stejně jako v jiných Linuxových operačních systémech zde má speciální práva superuser zvaný root, který může spouštět příkazy vyžadující nejvyšší úroveň oprávnění pomocí příkazu `sudo <příkaz>`, a následného zadání hesla. Defaultní grafické rozhraní OS Ubuntu (které také budeme v této bakalářské práci používat) se nazývá GNOME. (Sobell, 2011)

V prostředí GNOME uživatel má standartně pás aplikací nalevo, kam může přidávat aplikace, když je přidá do oblíbených. I přestože tento operační systém disponuje grafickým rozhraním, velmi důležitou roli zde hraje příkazový interpret shell respektive bash (bash je specifický a nejpoužívanější typ shellu, existují ale i jiné jako Cinnamon, Kubuntu apod. lze je nainstalovat příkazem `sudo apt install kubuntu`). Výhoda Ubuntu je jeho velké rozšíření, takže může být pro uživatele snadné dohledat aktuální příkazy. Pro nainstalování například internetového prohlížeče brave je potřeba ne jeden ale několik shellových příkazů. (Sobell, 2011)



Obrázek 2 – GNOME (Tůma, Screenshot ubuntu, 2023)

4.6 Virtualizace

Virtualizace je technologie sloužící k rozdělení jednoho počítače na více nezávislých počítačů, tím se efektivněji využívá hardware a podnik (nebo fyzický uživatel) vytváří menší množství odpadu a snižuje svou uhlíkovou stopu. (Ruest, 2010) Díky virtualizaci může na jednom počítači běžet více počítačů s rozdílnými operačními systémy. (Ruest, 2010)

Virtualizaci může použít majitel aplikace, který není schopen vyhovět hardwarovým požadavkům na provoz této aplikace. Odstraňuje závislost na fyzickém hardwaru. (Ruest, 2010) Virtualizovaná infrastruktura je logickou reprezentací zdrojů, které nejsou omezeny fyzickými překážkami. (Bersier, 2010)

Těmito zdroji mohou být data, výpočetní výkon, úložná kapacita a další. (Bersier, 2010) Virtualizace těchto zdrojů na jednom fyzickém zařízení umožňuje sdílení těchto zdrojů. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010) Mezi výhody virtualizačních technologií patří vyšší využití firemního majetku, větší dostupnost zdrojů, flexibilita, nižší náklady na IT infrastrukturu, vyšší bezpečnost a snadné zálohování. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010)



Obrázek 4 - Datacentrum (Beach, 2021)



Obrázek 3 – MS Azure logo (1000logos, 2023)



Obrázek 5 – VMware logo
(Wikipedia, VMware workstation
player, 2023)

4.6.1 Virtualizace desktopových operačních systémů

Díky virtualizaci může podnik centralizovat používání svých desktopů a díky tomu mít nad nimi plnou kontrolu. Software, který umožňuje uživateli virtuální stroje spravovat se nazývá hypervizor. (Saravanan, 2019) Uživatelé se pak mohou jednoduše připojit přes Připojení ke vzdálené ploše (Remote desktop connection). Rozdíl mezi serverovou a desktopovou virtualizací je ten že servery poskytují své služby a prostředí ostatním aplikacím a serverům, pokud na virtuálním serveru dojde k něčemu neobvyklému může to negativně ovlivnit ostatní zařízení. (Ruest, 2010) (Saravanan, 2019)

Chyba na virtuálním desktopu ovlivní pouze běh aplikací, které jsou na něm spuštěné a nemá to vliv na další desktopy. (Ruest, 2010) V současné době můžeme virtualizovat počítače, ať už desktopy nebo servery, lokálně nebo v cloudu. Lokální virtualizace znamená že se virtuální počítač (počítače) nachází na hostitelském operačním systému přímo u uživatele. Cloudová virtualizace znamená že se virtuální počítač nachází v cloudu, tedy buďto v pronajatém nebo firemním datacentru a uživatel k němu vzdáleně přistupuje skrze internetové připojení. (Ruest, 2010) (Saravanan, 2019)

Mezi lokální hypervizory, které budou v rámci této bakalářské práce testovány patří VirtualBox od společnosti Oracle, VMware Workstation od společnosti VMware a Hyper-V od společnosti Microsoft. Cloudové služby pro hosting virtuálních počítačů poskytují například platformy Microsoft Azure, Google cloud a Amazon Web Services.

4.7 Hypervizory a jejich typy

Hypervizor je virtualizační software (program), který se při cloudové i lokální (on-premise) virtualizaci používá k rozdělení a alokaci zdrojů na dostupném hardwaru (Saravanan, 2019) Uživatel skrze hypervizor přiřazuje virtuálních počítačů počet procesorových vláken (jader), paměť RAM a úložiště (disk). Některé hypervizory (jako například Hyper-V) umožňují dynamické využívání těchto zdrojů, což znamená že virtuální počítač nemá předem alokované zdroje, ale využívá je dle potřeby což může být výhoda v případě, že například nevyužívá celou přidělenou paměť RAM. (Ruest, 2010) (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

Například v lokálním hypervizoru Hyper-V uživatel může zaškrtnout, že chce dynamické využití paměti RAM u konkrétního virtuálního počítače, přičemž zároveň definuje maximální povolené využívání paměti, kterou virtuální stroj nemůže překročit. (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022) Hypervizor VirtualBox například umožňuje uživateli si vybrat, jestli chce dynamicky alokované nebo pevně přidělené úložiště obdobným způsobem jako Hyper-V umožňuje dynamicky alokovat paměť, tedy bude pouze využívat místo na disku do definované maximální velikosti. (Oracle, 2023) (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

Pokud má virtuální stroj hypervizorem své zdroje pevně alokované, jsou tyto zdroje při běhu počítače rezervovány pro virtuální počítač a hostitel k nim nemá přístup. Výjimkou je pevně alokovaný virtuální pevný disk, který vždy, bez ohledu na to, jestli virtuální počítač zrovna běží nebo ne zabírá stejné místo na disku. Alokování zdrojů lze zadat při vytváření Virtuálního počítače, většinou i později ale nesmí být virtuální počítač zapnutý nebo mít například v některých případech uložený stav. (Oracle, 2023) (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

Hypervizor přímo na hostujícím hardwaru (hardwarová virtualizace)

Hypervizor běží přímo nad hostujícím zařízením. Tato technologie se také nazývá „Nativní Virtualizace“. Má přímý přístup k hardwarovým zdrojům. (Saravanan, 2019) Nativní virtualizace je pro profesionální použití – zejména co se týče serverové virtualizace v datových centrech vhodnější než virtualizace serverů na hostujícím operačním systému, neboť virtuální stroje nejsou závislé na restartech a aktualizacích hostujícího operačního systému a zároveň hostitelský operační systém nečerpá zdroje. (Ruest, 2010) Příklady nativních hypervizorů: VMware ESXi, Citrix XenServer, Microsoft Hyper-V.

Hypervizory na hostujícím operačním systému – softwarová virtualizace

Hypervizor je program nainstalován a spuštěn v prostředí hostitelského operačního systému. Díky tomu může uživatel používat virtuální počítače s jinými operačními systémy. Je to snadno aplikovatelné řešení – uživatel stáhne program (například VirtualBox nebo Microsoft HyperV) a pomocí systémového obrazu (například .iso) v prostředí Hypervizoru vytvoří

virtuální počítač během pár minut a může jej používat. (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022) (Oracle, 2023)

Takto spravované virtuální počítače jsou pak plně závislé na hostitelském operačním systému – restart hostitelského počítače znamená pozastavení činnosti všech virtuálních počítačů které jsou na něm spuštěny. Běh virtuálních strojů na hardwaru sdíleného v rámci jednoho počítače má samozřejmě znatelný vliv na jeho výkon, takže to může zpomalovat chod jiných aplikací. (Ruest, 2010)

Pokud uživatel v prvotním nastavení rezervuje pro virtuální počítač určité množství operační paměti, při běhu virtuálního počítače je toto množství paměti rezervováno pro virtuální počítač i v případě že celou tuto paměť nepotřebuje. (Ruest, 2010) To samozřejmě neplatí, pokud Hypervizor podporuje dynamické použití operační paměti, potom virtuální počítač spotřebovává pouze paměť, kterou potřebuje, až do limitu stanoveného uživatelem (Microsoft HyperV 2022). (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

Z hlediska podniku, který na svých virtuálních serverech potřebuje nepřetržitě provozovat své služby toto není ideální řešení – je vhodnější použít HardV, kde jsou od sebe virtuální stroje oddělené a nezávislé na jiných strojích. Pro uživatele, pro kterého není nepřetržitý běh hostovaných virtuálních strojů kritický faktor – například pro studijní účely, může být virtualizace na hostujícím operačním systému dostačujícím řešením. (Ruest, 2010)

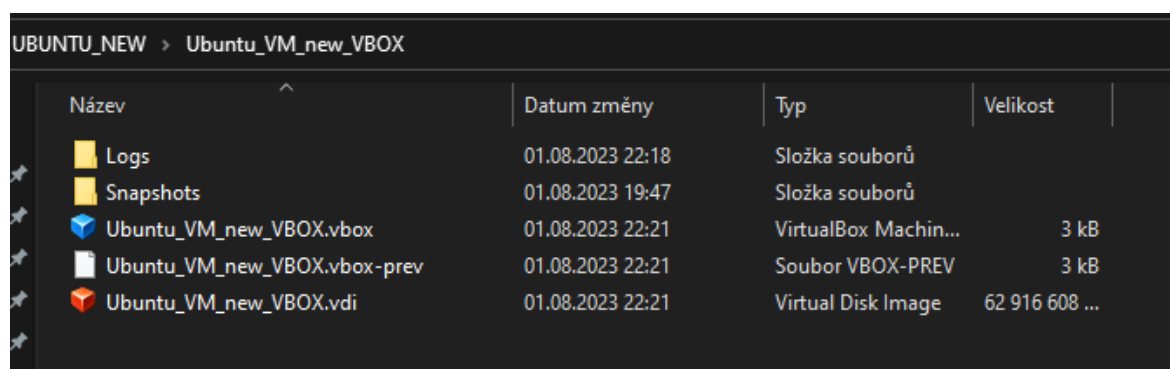
Nicméně je potřeba věnovat pozornost množství zdrojů které provoz virtuálních počítačů spotřebuje. Na osobním počítači s nízkým výkonem uživatel nebude při běhu virtuálního stroje moci efektivně používat ostatní aplikace na počítači kvůli zatížení. (Ruest, 2010)

4.8 Virtuální stroj a jeho části

Virtuální stroj (Virtuální počítač) jako takový je instance operačního systému v prostředí virtualizačního softwaru (hypervizoru) a stává se tak samostatným operačním prostředím které se chová jako samostatný počítač.

Virtuální stroj není přímo vázaný na hardware, na kterém se nachází, je reprezentován množinou souborů ve složce, je jednoduše přenositelný, snadno kopírovatelný což je jeho značnou výhodou. (Ruest, 2010)

U virtuálních strojů je značně jednoduché zálohování, jelikož celý virtuální počítač je reprezentován soubory ve složce (složkách), které uživatel může zkopírovat a uložit na jiné zálohovací zařízení nebo cloudové úložiště. (Bersier, 2010) (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022) (Oracle, 2023)



Obrázek 6 - složky VM od VirtualBoxu 1 (Tůma, screenshot Vbox VM, 2023)

4.8.1 Konfigurační soubor

Konfigurační soubor obsahuje informace o dostupném hardwarovém vybavení, které je virtuálnímu počítači přiděleno. Množství těchto zdrojů, které bude mít virtuální počítač k dispozici většinou nastaví uživatel v prostředí hypervizoru při instalaci virtuálního počítače. Jedná se o paměť RAM, CPU (počet jader a počet procesorů) a počet a typ virtuálních disků. (Ruest, 2010)

Většinou se jedná o malé soubory ve formátu XML nebo textový soubor. (Ruest, 2010) Například ve VirtualBoxu se tento soubor označuje ve složce s virtuálním počítačem příponou. Vbox jak je vidět na předešlém obrázku. (Oracle, 2023)

4.8.2 Soubor (soubory) pevného disku

Virtuální disky slouží jako úložiště pro virtuální počítač, stejně jako fyzické pevné disky pro běžný počítač. Virtuální disky fungují stejně jako fyzické na sektorech založené pevné disky. Jsou v nich uloženy informace, které by na běžném počítači byly uloženy na pevném disku, jako operační systém, aplikace a soubory uživatelů virtuálního počítače. (Ruest, 2010)

Při instalaci virtuálního počítače je nutné vytvořit virtuální pevný disk nebo použít existující pevný disk čímž je alokována velikost úložiště. Velikost virtuálního disku může být dynamicky nebo pevně alokovaná. (Oracle, 2023) (Ruest, 2010)

Pokud je velikost disku dynamicky alokovaná virtuální disk nemá pevně danou velikost a libovolně se zvětšuje či zmenšuje v čase, zabírá na dostupném úložném médiu tu kapacitu, kterou zabírat potřebuje. (Oracle, 2023) (Ruest, 2010)

V případě pevné velikosti soubor pevného disku uživatel při instalaci deklaruje, jak velké dostupné úložiště bude a toto množství úložiště virtuální disk má rezervováno již od začátku své existence. To ještě nemusí znamenat, že od začátku takovou velikost bude zabírat na přiděleném hardwaru, ale pro jeho následné zvětšení v případě že by tuto kapacitu zaplnil by uživatel musel v hypervizoru tuto velikost zvětšit. (Oracle, 2023) (Ruest, 2010)

Existuje řada typů virtuálních disků, například VMDK vyvinutý společností VMware, VHD (VHDX) vyvinutý společností Microsoft. (Ruest, 2010)
Například hypervizor VirtualBox nabízí uživateli k použití (v expertním režimu) šest možností virtuálních pevných disků: VDI, VHD, VMDK, HDD, QCOM a QED. (Oracle, 2023)

← Vytvoření virtuálního pevného disku

Umístění souboru

D:\VBOXvms\Ubuntu experiment\ubuntu\ubuntu.vdi

Velikost souboru

4,00 MB 2,00 TB 10,00 GB

Typ souboru pro virtuální disk

- VDI (VirtualBox Disk Image)**
- VHD (Virtual Hard Disk)**
- VMDK (Virtual Machine Disk)**
- HDD (Parallels Hard Disk)
- QCOW (QEMU Copy-On-Write)
- QED (QEMU enhanced disk)

Úložiště na fyzickém pevném disku

- Dynamicky alokované
- Pevná velikost
- Rozdělit na soubory o velikosti menší než 2GB

Režim průvodce Vytvořit Zrušit

Obrázek 7 - Virtuální Disky ve VirtualBoxu 1 (Tůma, screenshot tvorby virtuálního pevného disku, 2023)

Soubor obsahu paměti (memory content dump file)

V souboru obsahu paměti jsou uloženy informace z přidělené paměti počítače, zapíše se do souboru pevného disku v momentě, kdy je virtuální počítač vypnut. (Ruest, 2010)

4.8.3 Soubor, kde je uložený stav virtuálního počítače

Virtuální počítače podporují funkce pro vypnutí, restartování, režim spánku, což představuje pro hypervizor pozastavení či ukončení virtuálního počítače, což také znamená uložení jeho stavu do souboru, který obsahuje stav virtuálního počítače při ukončení činnosti. (Ruest, 2010)

Uživatel může uprostřed činnosti s virtuálním počítačem chtít přestat ale pokračovat později, místo vypnutí virtuálního počítače tedy pouze uloží jeho stav a později se může k nedokončené práci vrátit spuštěním virtuálního počítače. Díky tomu chvíli trvá ukončení virtuálního počítače a uživatel může potom pokračovat v práci kde skončil. (Ruest, 2010)

Tento soubor se smaže při vypnutí virtuálního počítače. Ve VirtualBoxu například při uloženém stavu virtuálního počítače nejde měnit alokace CPU. (Oracle, 2023)

Ostatní soubory

Jakékoliv další soubory obsahující informace o virtuálním počítači. (Ruest 2010)

4.9 Dopad používání informačních technologií na životní prostředí

Počítače jsou ve srovnání s 20. stoletím čím dál více dostupné a rozšířené, jejich využití se s časem zvyšuje a jako jakákoli jiná lidská činnost, má i provoz výpočetních zařízení dopad na životní prostředí. Díky celosvětovému využití informační sítě internetu je pro mnoho lidí nutností počítač vlastnit, s čímž se pojí využití řady služeb, které musí být někde provozovány (tzv. hostovány), většinou na dedikovaných serverech, které se nacházejí v datových centrech po celém světě. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010)

4.9.1 Snižování negativních dopadů využití informačních technologií pomocí virtualizace

Virtualizační technologie nabízejí ekologické řešení pro snížení spotřeby elektrické energie datovými centry. (Bersier, 2010) Datová centra jsou v moderní době nezbytnou součástí informační infrastruktury na celém světě. Zkonzumují obrovské množství elektřiny a hardwaru. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010)

Datová centra jsou nejen potřebná a drahá (jak na pořízení, tak na provoz) ale mají také dopad na životní prostředí – počítače vypouštějí při běhu do vzduchu oxid uhličitý, k tomu je samozřejmě potřeba servery chladit, a zastaralých či nepoužívaných počítačů je potřeba se zbavit – generuje se odpad. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010)

Počítačové součástky se vyrábějí z neobnovitelných zdrojů (ropa, polovodiče apod.). Z ekologického i ekonomického hlediska je tedy racionální nepoužívat jich více než je nutně potřeba. Je také vhodné využívat technologie, které množství používaných zařízení pomohou držet co nejmenší. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010)

Bez použití virtualizačních technologií mohou být servery v datových centrech využívány na pouhý zlomek jejich kapacity tedy například na 5 až 10 procent. Pokud takovýto počítač bude zatížen několika virtuálními počítači, tak se využití jeho kapacity zvýší na 60 až 80 procent. (Bersier, 2010) (Ruest, 2010)

Sníží se tak potřeba provozu a vlastnictví mnoha fyzických zařízení, protože jeden fyzický server bude hostovat několik virtuálních serverů. V důsledku použití virtualizačních technologií lze tedy ušetřit na pořizovacích a provozních nákladech, snížit objem produkovaného CO₂ a produkovat méně odpadu a šetřit neobnovitelné zdroje. (Ruest, 2010) (Bersier, 2010)

4.10 Lokální hypervizory (on-premise)

Lokální hypervizor je software sloužící k provozování virtuálních strojů ve fyzickém umístění uživatele. Uživatel k provozování těchto virtuálních strojů používá svůj vlastní hardware a pomocí hypervizoru alokuje zdroje jednotlivých virtuálních počítačů, které na zařízení provozuje. (Ruest, 2010)

Do této kategorie patří například níže uvedené hypervizory Oracle VM VirtualBox, Microsoft Hyper-V a VMware workstation. Pro nekomerční užití jsou v řadě případů zdarma ale uživatel musí vlastnit to zařízení na kterém chce virtuální počítače provozovat. (Oracle, 2023) (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

4.10.1 Oracle VM VirtualBox

Virtualbox je hypervizor pro lokální virtualizaci od společnosti Oracle. Pro osobní, výukové či recenzní použití poskytuje licenci zdarma. VirtualBox je možné používat na fyzických počítačích s procesory od firem Intel i AMD. U systémů s procesorem od AMD je nutné v BIOSU nejdříve povolit AMD-V, které je továrně nastaveno jako vypnuté, bez povolení AMD-V nebude uživatel moci spustit virtuální počítače v prostředí Virtualboxu. (Oracle, virtualbox, 2023)

VirtualBox je kompatibilní s MS Windows, Mac OS, a s řadou Linuxových distribucí (Oracle, Host OS Support, 2023) Oracle Virtualbox je výkonný hypervizor, který uživatelům umožňuje vytvářet a spravovat virtuální stroje neboli VM na jediném počítačovém systému. Virtualbox je vhodný nástroj pro uživatele, kteří potřebují provozovat více operačních systémů na jednom počítači, například pro testování nebo vývoj softwaru. (Oracle, virtualbox, 2023)

Jedná se o software s otevřeným zdrojovým kódem a je vyvíjen společností Oracle Corporation od roku 2007. Virtualbox poskytuje virtualizační prostředí, ve kterém může uživatel instalovat, spouštět a spravovat více operačních systémů na hostujícím OS – nástroj SoftV. Uživatel může individuálně nakonfigurovat každý virtuální počítač dle potřeby, jako je nastavení množství paměti RAM, místa na disku a jader CPU. (Oracle, virtualbox, 2023)

Každý VM je izolován od druhého. To znamená, že změny softwaru nebo hardwaru provedené na jednom VM neovlivní ostatní VM ve stejném hostujícím operačním systému. Virtualbox také poskytuje uživatelům řadu dalších funkcí, jako jsou soubory se stavem VM, které uživatelům umožňují uložit stavy virtuálního počítače, aby je bylo možné později obnovit. (Oracle, virtualbox, 2023)

Tímto je možné počítač vypnout a zapnout později a pokračovat v práci. Může se však stát, že se na VM správně neinicializuje čas se skutečným časem a některé služby (například internetové vyhledávání) nebudou správně fungovat. V takové situaci je pak nutné VM restartovat. (Oracle, virtualbox, 2023)



Obrázek 8 - Oracle VM VirtualBox logo (Wikimedia, 2015)

VirtualBox – Výhody

Hlavní výhodou Virtualboxu je, že umožňuje uživatelům provozovat více operačních systémů na jednom fyzickém zařízení. Je zdarma a relativně snadný pro použití. Uživatelé jsou tak limitováni pouze výkonem svého fyzického zařízení. (Ruest, 2010) (Oracle, virtualbox, 2023)

To uživatelům šetří čas i peníze, protože mohou používat svůj stávající hardware pro provoz více operačních systémů. Virtualbox je navíc software s otevřeným zdrojovým kódem a je zdarma k použití. (Oracle, virtualbox, 2023) (Ruest, 2010)

Jedná se o software s otevřeným zdrojovým kódem a je k dispozici zdarma a poskytuje uživatelům řadu funkcí, které jim pomohou spravovat jejich virtuální počítače. Operační systém nainstalovaný na hostitelském operačním systému však nemusí být tak tak efektivní jako vyhrazený fyzický stroj – SoftV je méně efektivní než HardV. (Ruest, 2010) (Oracle, virtualbox, 2023)

VirtualBox – Nevýhody

Virtuální počítač, který používá SoftV a běží na hostitelském OS není tak efektivní jako vyhrazený fyzický stroj a s tím se pojí několik možných nevýhod. Kromě toho může být výkon virtuálního počítače pomalejší než nativní operační systém na hostitelském počítači. Virtualbox také není kompatibilní s každým operačním systémem a nemusí být schopen spouštět určité aplikace. Běh virtuálních počítačů na hostujícím OS může zpomalovat chod celého počítače – nicméně to záleží na jeho zdrojích. VirtualBox také nepodporuje dynamicky alokovanou operační paměť, to znamená, že přenastavená operační paměť je ve své celkové výši při chodu virtuálního stroje bez ohledu na to jestli jí celou virtuální stroj potřebuje. (Ruest, 2010) (Oracle, virtualbox, 2023)

4.10.2 Microsoft Hyper-V

Hyper-V je lokální hypervizor pro 64bitové verze operačních systémů Windows 10 Pro, Enterprise a Education. Je také dostupný pro Windows server. Je možné přes něj emulovat řadu operačních systémů Linuxu, Free BSD a Windows. Stejně jako jeho konkurenční programy slouží k tomu, aby mohl uživatel jeden fyzický počítač zatěžovat několika operačními systémy. Jedná se o hypervizor cílící na uživatele nejrozšířenějšího desktopového operačního systému na světě. (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

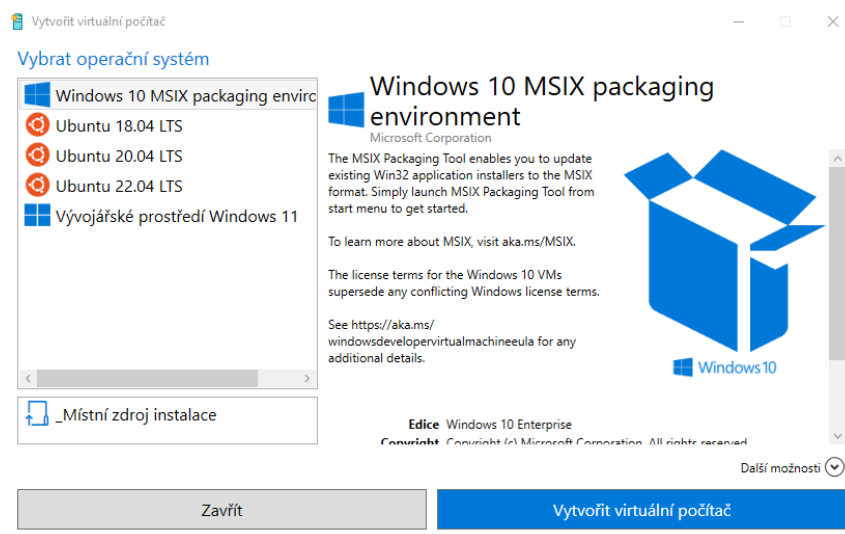
Výhody Hyper-V

Snadná instalace pro velmi rozšířený OS Windows. Je „zdarma“ pro soukromé i komerční užití (je ale nutné vlastnit patřičnou Windows licenci pro profesionální nebo edukativní použití). Podporuje dynamickou alokaci RAM, což umožňuje virtuálnímu počítači požívat pouze to množství RAM, které skutečně používá. (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

V tom se liší například od VirtualBoxu jehož virtuální počítač má zarezervované celé předem definované množství operační paměti. Možnost rychlého vytvoření virtuálního stroje pomocí funkce Quick Create. Obsahuje vývojářské prostředí pro Windows 11 and Windows 10 MSIX packaging environment což ocení vývojáři aplikací. (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)

Nevýhody Hyper-V

Kompatibilní pouze s operačním systémem Windows. K tomu je nutné vlastnictví Pro, Education, Enterprise licence nebo Serverové verze operačního systému Windows, které jsou dražší než nejpoužívanější licence Home. Má vliv na zdroje hostujícího počítače a může negativně ovlivnit chod ostatních aplikací. (Microsoft, Introduction to Hyper-V on Windows 10, 2022)



Obrázek 9 - Prostředí Hyper-V 1 (Tůma)

4.10.3 VMware Workstation Player

VMware Workstation je lokální hypervizor od společnosti VMware. Na nekomerční či edukativní použití je zdarma a za licenci pro komerční použití si uživatel musí zaplatit od pár set do několika tisíc amerických dolarů – tudíž je dražší než jeho konkurence. Je navržen tak, aby pomáhal uživatelům vytvářet a spouštět více virtuálních strojů na jednom fyzickém počítači pomocí stejných nebo různých operačních systémů. (VMware, 2023)

S VMware Workstation mohou uživatelé vytvářet a spravovat více virtuálních počítačů, což jim umožňuje spouštět různé aplikace na různých operačních systémech současně. VMware Workstation také poskytuje možnost instalovat a konfigurovat více operačních systémů, včetně Windows, Linux a Mac OS, a také schopnost spravovat virtuální sítě, včetně LAN, WAN a vzdáleného přístupu. (VMware, 2023)

VMware Workstation navíc umožňuje uživatelům klonovat a migrovat virtuální stroje, což jim umožňuje rychle nasazovat nové virtuální stroje a provádět změny na stávajících. VMware Workstation také poskytuje pokročilé funkce, jako jsou sdílené složky, snímky se stavem VM, pokročilé síťové funkce a funkce skriptování, díky čemuž je výkonným a všestranným řešením virtuálních strojů. (VMware, 2023)

VMware – Výhody

Relativně snadná instalace a použití, VMware Workstation se snadno instaluje a používá i pro začínající uživatele. Jedná se o flexibilní nástroj, který lze použít k vytvoření více virtuálních strojů s různými operačními systémy. To uživatelům umožňuje testovat různé aplikace a scénáře. (VMware, 2023)

Vysoký výkon – VMware Workstation je navržen tak, aby poskytovala vysoký výkon a vysokou dostupnost. (VMware, 2023)

Vylepšené zabezpečení – VMware Workstation poskytuje rozšířené funkce zabezpečení, jako je šifrování a ověřování, k ochraně virtuálních strojů a jejich dat. (VMware, 2023)

VMware – Nevýhody

Cena – VMware Workstation je dražší řešení než jiná řešení virtuálních strojů pro komerční použití, a cena se tady může pohybovat v řádu tisíců dolarů, v závislosti na počtu procesorů. Komplexita – I přestože VMware Workstation je relativně snadný na instalaci a použití, jedná se o komplexní nástroj, který vyžaduje určitou úroveň odborných znalostí pro konfiguraci a správu. (VMware, 2023)

4.11 Cloudové platformy pro hosting virtuálních strojů

Cloudové platformy často poskytují řadu cloudových služeb pro hosting například virtuálních strojů, webových stránek, databází a úložišť. Pro koncové uživatele bude relevantní především poměr cena / výkon a dostupnost služby. Co se týče provozu virtuálních strojů platformy často nabízí „balíčky“ kde uživatel dostane dopředu definovaný počet procesorových jader a množství paměti RAM, případně nějaké množství disku.

To se může uživateli hodit, pokud je ta konfigurace vhodná pro jeho use case. Pokud ale potřebuje nějaké specifické množství RAM a procesorových jader tak ocení možnost individuální konfigurace virtuálního stroje. To každá virtualizační platforma neposkytuje (například DigitalOcean). (DigitalOcean, 2023)

Některé virtualizační platformy jsou provozovány společnostmi, které ve srovnání se softwarovými giganty jako je Google, Amazon nebo Microsoft disponují menším množstvím zdrojů a poskytují menší množství služeb a ta možnost individuálního nastavení je tam ve srovnání omezená.

Například platforma V2 cloud píše na svých stránkách, že poskytuje možnost provozu cenově přívětivých virtuálních počítačů, nicméně nabízí jen OS Windows. (V2Cloud, 2023) OS Windows je sice velmi rozšířený operační systém ale je náročnější na hardwarový výkon, než Unixově založené operační systémy jako je Mac nebo Linux, a řada služeb které uživatel potřebuje na cloudových platformách hostovat právě stojí na unixové založených operačních systémech. Windows je také náročnější na výkon, takže oproti VM s Unixově založeným OS bude potřeba více zdrojů a jeho provoz bude pravděpodobně dražší.

Na cloudové platformě si uživatel pronajímá virtuální procesorová jádra, které stejně jako u lokálních hypervizorů jsou hardwarová procesorová vlákna nikoliv celá jádra, a jedno celé jádro má v sobě dvě vlákna. Z toho důvodu je v praktické části při otestování cloudových hypervizorů otestován pouze OS Linux, konkrétně Ubuntu Server 20.04.

Co se týče výkonové náročnosti OS Windows je v praktické části otestován s dvojnásobným počtem jader než Linux, protože s 4 virtuálními jádry byl OS Windows pomalý a bylo tedy vhodné alokovat 8 virtuálních jader (ale hostující zařízení bylo samozřejmě dvojnásobně zatíženo co se procesoru týče).

V prostředí cloudové platformy také uživatel má možnost upravovat Firewallové politiky virtuálního serveru, což znamená povolení příchozího nebo odchozího toku skrze různé protokoly, s danými protokoly se často pojí různé konkrétní porty, které se k této komunikaci používají (což je například nutné, aby mohl otestovat například pingovou odezvu a zjistit kolik milisekund trvá, než mu server odpoví, konkrétně k povolení pingu je nutné pro danou IP adresu povolit komunikaci skrze protokol ICMP).

S firewallem virtuálního serveru se pojí celkové zabezpečení, protože povolením komunikace například s jakékoliv IP adresy se uživatel serveru vystavuje riziku nějaké hackerského útoku. To je další důvod, proč může být vhodnější použít Linuxovou distribuci pro cloudový virtuální počítač, poněvadž Windows je mnohem rozšířenější operační systém, pro který tedy útočníci častěji programují viry. (Microsoft, Virtual Machines, 2023; Amazon, 2023)

4.11.1 Princip použití cloudového virtuálního stroje

Uživatel potřebuje nejdříve Virtuální stroj spustit (v angličtině „deploy“) v prostředí virtuální platformy. Při nastavení zvolí geografickou lokaci, CPU, RAM, disk, image s operačním systémem a způsob přihlášení. Způsob přihlášení je často SSH (secure shell) protokol, přičemž uživatel si buďto v prostředí platformy nebo lokálně vygeneruje dvojici veřejného a soukromého klíče, aby se mohl na lokálním zařízení přihlásit. Uživatel musí také na platformě povolit komunikaci z konkrétní IP adresy skrze porty a protokoly které konkrétně potřebuje.

Přes SSH se může uživatel připojit k textovému rozhraní, toto rozhraní je buďto dostupné skrze platformu v prohlížeči, nebo programem (PuTTY), nebo příkazem v příkazové řádce. Linuxové serverové distribuce často běžně přichází bez předinstalovaného grafického rozhraní (GUI), pokud uživatel potřebuje GUI používat musí ho nainstalovat.

Například pro OS Ubuntu je základní grafické rozhraní GNOME, avšak pro servery se častěji instaluje „light-weight“ GUI, tedy méně náročné grafické rozhraní, aby nebyl server grafikou zatěžován a více výkonu bylo spotřebováno k provozování služby. U Ubuntu například GUI xfce4.

Pokud se uživatel chce připojit ke cloudovému virtuálnímu serveru je například v nastavení povolit komunikaci skrze RDP protokol a nainstalovat potřebné programy na samotném virtuálním počítači, následně se může k virtuálnímu stroji připojit. Je nutné brát na vědomí že cloudově hostovaný virtuální stroj může být na použití pomalejší než například lokální stroj. (Amazon, 2023) (Microsoft, Virtual Machines, 2023)

Výhody cloudových virtualizačních platform

Virtuální počítač nezatěžuje uživatele lokální stroj a nijak ho neomezuje. Uživatel si může pronajmou jen takové množství zdrojů, kolik reálně plánuje používat, a to používat na maximum. V případě funkčního firewallu a vhodného zabezpečení samotné platformy je použití bezpečné. Uživatelé mohou provozovat servery, databáze, zálohovat data, služby a weby skrze tyto platformy, pro mnoho firem stěžejní záležitost. V cloudu hostovaný počítač nebo data se nenachází v místě bydliště uživatele, jsou tedy mimo ohrožení například živelných pohrom v místě uživatele. Možnost implementace bezpečnostních mechanismů / zálohování / RAIDu.

Nevýhody cloudových virtualizačních platforem

Vyšší cena než u lokálních hypervizorů, cena cca 120 amerických dolarů za měsíc pro VM se 4 virtuálními jádry a 8 GB RAM a jednotky desítek GB SSD disku. Nutné správcovské znalosti pro používání, nastavování politik serverů, používání SSH nebo RDP protokolu pro připojení přes vzdálenou plochu. Nutný funkční firewall a zabezpečení, případně šifrování komunikace. S grafickým rozhraním může být použití vzdáleného virtuálního stroje pomalé. Za účelem zrychlení použití virtuálních strojů je vhodné pro provoz cloudového stroje vybrat geografické umístění které se nachází ideálně co nejbližší k uživateli, přičemž se od tohoto faktoru odvíjí cena provozu toho stroje, uživatel tedy může platit extra za umístění.

Je vhodné používat Platformu, která je bezpečná a důvěryhodná, uživatel pak může platit extra za to, že používá nějakou platformu, která spíše velká a známá ale také dražší, než aby provozoval službu skrze méně známou ale levnější platformu, která může být stejně efektivně zabezpečená. Hostované služby se fyzicky nachází na serveru provozovatele služby a mohou být ohroženy nějakými externími vlivy nebo živelnými pohromami v místě provozovatele platformy. Uživatel je také závislý na zabezpečení serverů platformy, kde jsou jeho služby provozovány, je tam teoretické riziko zneužití třetí osobou.

K zabezpečení dat může být žádoucí zálohovací mechanismus jako je mirror, za což uživatel platí extra. Co se týče „user-entry“ balíčků je většinou součástí základní zabezpečení a základní technická podpora, takže pokud člověk potřebuje rychlejší odezvu od provozovatele služby v případě technických problémů, musí platit extra, a i při zaplacení extra technické podpory se nemusí jednat o okamžitou podporu ale pouze o něco rychlejší. Pro obsluhu serveru může být vhodné používat rozhraní příkazové řádky místo grafického rozhraní, což může být pro některé uživatele nepreferované a vyžaduje další znalosti.

Pro provozování cloudových VM jako takových může být levnější provozovat OS Linux, které běží plynuleji s menším množstvím hardwarových zdrojů než třeba OS Windows, což může být pro některé uživatele nepreferované a ve finále dražší, protože se můžou rozhodnout pro Windows. Uživatel si pronajímá virtuální cpu jádra což jsou fyzická cpu vlákna, které můžou poloviční výkon jako hardwarové cpu jádro, je pak nutné jich pronajmout víc nebo hostovat méně výkonnostně náročnou službu

4.11.2 Microsoft Azure

Běh virtuálních strojů je jedna z řady žádaných a škálovatelných služeb které platforma Microsoft Azure nabízí. Azure nabízí také řadu dalších služeb například pro vývoj aplikací, hosting SQL databází nebo provoz aplikací pro SAP. Na svém webu Azure uvádí, že má více certifikací než jakýkoli jiný provozovatel cloudových služeb. Uživatelé si mohou nastavovat různé bezpečnostní funkce zprostředkované Azurem jako Azure firewall, Azure Front Door a Azure DDoS Protections. Azure lze integrovat s Informačně technologickými infrastrukturními nástroji od jiných firem jako SAP a VMware. Azure nabízí komplexní infrastrukturní hybridní cloudové řešení cílicí především na podniky.

Sestavování řešení infrastruktury pomocí služeb a produktů Azure IaaS

 Výpočetní prostředky Získejte přístup k výpočetní kapacitě cloudu, virtualizaci a škálování na vyžádání a platíte jenom za prostředky, které využijete.	 Úložiště Zajistěte škálování a zabezpečení cloudového úložiště pro vaše data, aplikace a úlohy.	 Sítě Bezpečně propojte svou cloudovou a místní infrastrukturu v globálním měřítku.	 Zabezpečení Chraňte své úlohy a infrastrukturu s využitím integrovaných služeb zabezpečení a bezkonkurenčních inteligentních funkcí.
 Správa Zjednodušte, automatizujte a optimalizujte správu a dodržování předpisů cloudových prostředků	 Azure Virtual Desktop Umožněte zaměstnancům pracovat prakticky odkudkoli. Využijte možnost rychlého nasazení vysoce zabezpečeného prostředí vzdálené plochy.	 Hybridní cloudová řešení Realizujte inovace v místním prostředí, v multicloudových prostředích i na hraničních zařízeních.	 Vysokovýkonné výpočetní prostředí (HPC) Spouštějte úlohy náročné na výpočetní funkce s maximálním výkonem, škálovatelností a nákladovou efektivitou.
 Windows Server ve službě Azure Zjednodušte si správu IT a zajistěte si bezproblémový hybridní provoz, bezkonkurenční zabezpečení a výrazné úspory nákladů.	 Linux v Azure Pohodlně spouštějte a spravujte své aplikace s využitím oblíbené distribuce Linuxu v Azure.	 SAP v cloudu Microsoftu Využijte ve svých aplikacích SAP inteligentní funkce, zabezpečení a spolehlivost Azure.	 Azure VMware Solution Spouštějte své úlohy VMware nativně v Azure a zřídte své prostředí během několika minut.

Obrázek 10 - Platforma MS Azure (Tůma, Screenshot platformy MS Azure, 2023)

Virtuální stroje v Microsoft Azure

Pomocí služby „Deploy a virtual machine“ může uživatel snadno a rychle vytvořit virtuální počítač. Virtuální počítače hostované v Microsoft Azure mohou mít až 416 virtuálních procesorů, 12 TB operační paměti a 32 tebibytů úložiště (1 TiB = 1.1 TB), lze tedy v prostředí Azure provozovat velmi výkonné virtuální stroje. Azure se prezentuje jako služba s efektivním zabezpečením, jedna z prvních služeb, co je uživateli nabídnuta při registraci je placená technická podpora ve variantách 24.46 euro, 84.33 euro a 843.3 euro za měsíc kterou uživatel může odmítnout. V Azure lze provozovat virtuální stroje s operačními systémy Windows nebo Linux. (Microsoft, Virtual Machines, 2023)

Azure ceník

Ceny provozu virtuálních počítačů v Azure se kalkulují podle lokace virtuálního stroje, počtu jader procesoru, operační paměti, velikosti dočasného úložiště a zda si uživatel přeje na dobu používání zakoupit licenci Windows. V současné době se jako přiměřeně výkonný osobní počítač pro obecné použití považuje počítač s aspoň 8 GB RAM a 4 virtuálními jádry procesoru. Toto splňuje varianta, kterou MS Azure nabízí s 40 GB dočasného úložiště v lokaci West US 2 (v tento moment nejlevnější) s OS Linux za 0.159 dolarů za hodinu provozu. Což je 118,296 dolarů za měsíc, v případě Windows s licenci. V případě umístění serveru jinde může cena za hodinu stejného počítače být až 0,22 dolarů za hodinu. Azure poskytuje vlastní kalkulačku, aby si uživatel mohl spočítat přibližnou cenu provozu serveru. (Microsoft, Virtual Machines, 2023)

Oblast: West US 2 | Operační systém: Windows | Typ: (pouze operační systém) | Úroveň: Standard

Kategorie: Obecné použití | Řada instancí: All | INSTANCE: (Potřebujete pomoc s vyhledáním správného virtuálního počítače?) | A4 v2: 4 Jádra, 8 GB RAM, 40 GB dočasného úložiště, 0,238 US\$/hodina

Virtuální počítače: 1 x 744 Hodin

Možnosti úspory

Prozkoumejte cenové modely, které vám pomůžou optimalizovat náklady na Azure. [Další informace](#)

Výpočetní prostředky (A4 v2)

Možnost rezervace na 1 rok pro vaši vybranou instanci není dostupná.

Možnost rezervace na 3 roky pro vaši vybranou instanci není dostupná.

Platte jenom za to, co využijete

Úsporný plán

Úsporný plán na 1 rok (sleva přibližně 32 %)

Úsporný plán na 3 roky (sleva přibližně 55 %)

Rezervované instance

Rezervované na 1 rok

Rezervované na 3 roky

Operační systém (Windows)

Včetně licence

Zvýhodněné hybridní využití Azure

118,30 US\$ Průměr za měsíc (0,00 US\$ účtováno předem) = 58,78 US\$ Průměr za měsíc (0,00 US\$ účtováno předem) = 177,07 US\$ Průměr za měsíc (0,00 US\$ účtováno předem)

Obrázek 11 - Nastavení VM MS Azure 1 (Tůma, screenshot nastavení VM v MS Azure, 2023)

4.11.3 Amazon Web Services

Amazon Web Services (AWS) je cloudová platforma od společnosti Amazon. Podobně jako jiné cloudové platformy poskytuje uživatelům prostředí pro provoz virtuálních strojů, databází, a datových úložišť. Při registraci je nutné vložit platební kartu a jméno a příjmení, a pro správu virtuálních strojů se uživatel přihlašuje takzvaným „root“ účtem, což je uživatelský účet se potřebnými právy ke správě serverů. Platba zde funguje na principu pay-as-you-go, což znamená že je uživatel si pronajme cloudové služby, je mu vyčíslena hodinová cena za službu, a na konci měsíce mu Amazon odebere spotřebovanou částku z účtu na konci měsíce. (Amazon, 2023)

4.11.4 Google cloud

Google cloud je cloudová platformy od společnosti Google. Poskytuje možnosti k hostingu cloudových virtuálních počítačů, webových stránek a dalších cloudových služeb. Cena konfigurace, která bude v praktické části používána je 0.15 USD za hodinu (106,01\$ za měsíc). Google cloud poskytuje novým uživatelům cloudu na první tři měsíce používání 300 dolarů volného kreditu k vyčerpání za jeho služby.

Virtuální počítače a služby provozované přes platformu Google cloud se fyzicky nachází v datacentrech společnosti Google. Uživatel pronajaté zdroje ovládá v prostředí Google Cloud console což je webová aplikace sloužící pro správu těchto zdrojů. Pro spravování virtuálního počítače lze použít takzvaný cloud shell který lze otevřít v prostředí Google cloud console. To poskytuje uživateli možnost ovládat virtuální počítač skrze příkazovou řádku bez nutnosti instalace dalšího softwaru nebo nutnosti se připojit přes SSH. (Google, Google cloud, 2023)

Monthly estimate

\$106.01

That's about \$0.15 hourly

Pay for what you use: no upfront costs and per second billing

Item	Monthly estimate
4 vCPU + 8 GB memory	\$104.06
15 GB balanced persistent disk	\$1.95
Total	\$106.01

[Compute Engine pricing](#)

^ LESS

Obrázek 12 - Google cloud nacenění 1 (Tůma, screenshot nacenění VM v Google cloud, 2023)

5. Vlastní práce

V této části práce budou definováni modelový uživatelé pro AHP, provedeno výkonnostní testování lokálních hypervizorů, provedeno testování virtuálních strojů a provedena průzkumová analýza dat získaných testováním. Další statistické testování je následně provedeno v části práce „Výsledky a diskuze“.

Budou zde definovány parametry testovaných virtuálních strojů a principy stresového a statistického testování. Budou zde také definovány principy měření dat při stresovém testování. Budou zde definovány parametry pro AHP.

Na lokálních virtuálních strojích bude provedeno výkonnostní (stresové) testování. Na cloudových virtuálních strojích bude provedeno kromě výkonu testována i síťová latence (ping). Tato data budou měřena programy a následně statisticky analyzována.

5.1 AHP, Modelový uživatelé a kritéria

Pro praktickou část bakalářské práce bude definována množina rozhodovacích kritérií. Pro každé kritérium existuje jeden modelový uživatel, který toto kritérium preferuje nad všemi ostatními, následně bude podle těchto kritérií provedena vícekritériální analýza variant metodou AHP.

Kritérium je relevantní pouze v případě, že se v něm hypervizory vzájemně odlišují. To je zkoumáno pomocí statistické analýzy dat získaných měřeními při testování virtuálních strojů. Pomocí statistických testů bude otestována shoda průměru těchto souborů, a pokud se neprokáže tak bude kritérium považováno za statisticky významné a relevantní pro AHP.

Definice kritérií pro uživatele lokálních (on-premise) řešení

- Výkon (zatížení) CPU při stresovém testu
- Zatížení RAM při stresovém testu
- rychlost zápisu na disk při stresových testech

Definice kritérií pro uživatele cloudových řešení

- Výkon (zatížení) CPU při stresovém testu
- Zatížení RAM při stresovém testu
- rychlost zápisu na disk při stresových testech
- Cena
- Ping (síťová latence)

5.1.1 AHP

Metoda AHP je metoda vícekritériální analýzy variant, která slouží k výběru kompromisního řešení. Definována jsou kritéria, jejich charakter a jejich váhy. Charakter kritéria může být minimalizační nebo maximalizační. Váhy mohou být zvoleny vícero způsoby, v této práci bodovací metodou. Každá varianta je tedy reprezentována množinou hodnot kritérií. (spicellogic, 2022) (Rydval, 2016)

Následně jsou vyplněny Saatyho matice párových porovnání podle uživatelských preferencí. Z těchto matic se spočítají geometrické průměry, dílčí váhy a vážené dílčí váhy. Součet vážených dílčích vah je spočítán v matici „syntéza preferencí“ a varianta s nejvyšším součtem těchto vážených dílčích vah je varianta kompromisní. (spicelogic, 2022) (Rydval, 2016)

5.2 Testování lokálních virtuálních strojů

U lokálních hypervizorů je pro modelové uživatele hlavní výkon, lokální hypervizory lze často použít zadarmo. K otestování lokálních hypervizorů bude provedeny stresové testy jednotlivých virtuálních počítačů v prostředí operačních systémů Windows 10 a Ubuntu. Všechny testované počítače mají alokované stejné množství operační paměti a stejný procesor (jsou také testované a nacházejí se na stejném stroji a jsou uloženy ve stejném úložišti). Stresové testy jsou výkonnostní testy procesoru, operační paměti a disku které má virtuální počítač alokované.

Účel stresového testování bude ukázat, jak efektivně operační systém v prostředí hypervizoru využívá alokované zdroje. Testované virtuální počítače s OS Ubuntu mají přiděleny 4 virtuální procesory, 8 GB operační paměti a 60 GB HDD. Testované virtuální počítače s OS Windows 10 mají přiděleno 8 virtuálních procesorů, 8 GB operační paměti a 60 GB HDD. Testování bude provedeno v prostředí hypervizorů Oracle VirtualBox, Hyper-V a VMware.

Při stresovém testu lokálního stroje na něm budou měřeny hodnoty zatížení testovaného komponentu pomocí programu (vysvětleno dále). Tyto hodnoty budou následně statisticky analyzovány a testovány pomocí programu SAS 9.4. Statistická analýza dat ukáže statisticky významné diference mezi hypervizory v zatížení při totožném stresovém testu.

Statisticky budou porovnávány hodnoty naměřeny na stejném operačním systému. Tj. hodnoty naměřené při stresovém testu na OS Ubuntu v prostředí VirtualBox budou porovnány s hodnotami naměřenými v prostředí OS Ubuntu na jiných hypervizorech, ale ne s hodnotami naměřenými na OS Windows 10 a naopak.

Všechny lokální virtuální stroje jsou nainstalovány na hostitelském operačním systému Windows 10.

5.3 Stresové testování Ubuntu

Stresové testy CPU, operační paměti a disku budou provedeny programem stress a souběžně bude monitorován chod systému v programu pro monitorování procesů top. Stresové testy jsou realizovány samostatně tedy ne najednou.

Každý virtuální stroj bude stresově otestován, a to 4 mi procesy na 4 přidělených vláknech CPU, jeden proces pro každé jádro.

- `sudo stress -c 4`

U každého virtuálního stroje bude otestována operační paměť 6 ti procesy, pro každý proces je alokován 1 GB operační paměti.

- `sudo stress --vm 6 --vm-bytes 1G`

U každého virtuálního stroje bude otestován disk 4mi procesy.

- `sudo stress -d 6`

Stresové testování CPU a RAM je monitorováno příkazem top, přičemž příkaz je spuštěn v režimu bash a zapisuje výstup příkazu top do textového souboru, ze kterého jsou pak údaje exportovány pomocí příkazu grep. Při stresovém testování paměti virtuálních počítačů bude měřena i činnost CPU což následně bude využito při dalším zkoumání.

- `top -b -n 500 > top.txt`
- `cat top.txt | grep stress > top_stress.txt`

Stresové testování disku je monitorováno příkazem iotop v režimu bash a též se zapisují do textového souboru. Při stresovém testování disku bude měřena i činnost procesoru a paměti. a procesoru což poslouží k dalšímu zkoumání.

- `sudo iotop -b -n 500 > iotop.txt`
- `cat iotop.txt -b -n 500 > iotop_stress.txt`

Data ze souborů jsou následně vložena jako vstupní data do statisticko-analytického programu SAS, který poskytne střední hodnoty výstupů a základní statistické míry polohy a otestuje normalitu rozdělení a následně budou stanoveny relevantní hypotézy k otestování.

Tyto příkazy u každého hypervizoru poskytnou 2500 měření cpu pro stresový test cpu, 3500 měření paměti a cpu pro stresový test paměti, 3500 měření výkonu cpu a paměti při stresovém testování disku a 4500 měření stresového testování disku.

5.4 Statistické testování dat získaných měřením zátěže při stresovém testování

Stresovým testováním lokálních hypervizorů a cloudových platforem budou získána data. Tato data budou poté vložena do programu SAS 9.4 a v jeho prostředí bude provedena statistická analýza těchto dat. Nejprve bude provedena průzkumová analýza všech naměřených a testovaných ukazatelů, ta ukáže, zda datové soubory mají asymetrické, ploché nebo špičaté rozdělení četnosti. Následně bude testována normalita těchto souborů a podle výsledků testu normality vybrána buďto parametrická nebo neparametrická obdoba vícenásobné analýzy rozptylu. Vícenásobná analýza rozptylu prokáže, zda existují odlišnosti mezi hypervizory v zátěži CPU, RAM, rychlosti zápisu na disk, a u cloudových platforem v síťové odezvě. U všech statistický testů bude použita hladina významnosti alfa 5 %. Mediány ukazatelů, u kterých se prokáže statisticky významná odlišnost budou použity jako hodnoty kritérií pro AHP. (syntaxe programu SAS 9.4 použita pro statistickou analýzu k dispozici v přílohách 122 a 123)

5.5 Průzkumová analýza dat ze stresového testování Ubuntu

Zde jsou prozkoumány základní statistické míry naměřených hodnot při stresovém testování lokálních virtuálních počítačů s operačním systémem Ubuntu. Základní charakteristiky jsou střední hodnoty – aritmetický průměr, medián a modus. Koeficienty šikmosti a špičatosti a variační koeficient, který udává z kolika procent se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru. Dále v bakalářské práci jsou provedeny průzkumové analýzy i pro operační systém Windows a pro cloudové virtuální stroje. (Kába, 2012) (výstupy ze SAS 9.4 viz. přílohy 1 - 18)

5.5.1 Základní statistické charakteristiky z testování Oracle VM VirtualBox (Ubuntu)

Procesor

Střední hodnoty měření zatížení procesoru jsou aritmetický průměr 78.912, Medián 99.7 a Modus 100. Koeficient šikmosti (Skewness: -1,457) značí silnou levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 0,1673) značí lehce zešpičaté rozdělení. Variační koeficient 50.38 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 50,38 %.

Paměť

Střední hodnoty aritmetický průměr 5.63 % , medián 5.5 % a modus 0%. Koeficient šikmosti (Skewness: 0.128) značí slabou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -1.3368) značí silně zploštělé rozdělení. Variační koeficient 75.2 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 75.2 %.

Disk

Střední hodnoty rychlosti zápisu na disk je aritmetický průměr 17.63 MB za sekundu, Modus je 0 a Medián 21.42 MB za sekundu. Koeficient šikmosti (Skewness: 2) značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 9.42) značí extrémně špičaté rozdělení četnosti. Variační koeficient 99 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 99 %.

5.5.2 Základní statistické charakteristiky z testování Microsoft Hyper-V (Ubuntu)

Procesor

Střední hodnoty měření zatížení procesoru jsou aritmetický průměr 79.655, Medián 99.7 a Modus 100. Koeficient šikmosti (Skewness: -1,499) značí silnou levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 0,25) značí lehce zešpičaté rozdělení. Variační koeficient 50.01 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 50 %.

Paměť

Střední hodnoty aritmetický průměr 5.63 % , medián 5.55 % a modus 0%. Koeficient šikmosti (Skewness: 0.128) značí slabou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -1.305) značí silně zploštělé rozdělení. Variační koeficient 74.6 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 74.6 %.

Disk

Střední hodnoty rychlosti zápisu na disk je aritmetický průměr 21.21 MB za sekundu, Modus je 0 a Medián 25.14 MB za sekundu. Koeficient šikmosti (Skewness: 3.09) značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 36.55) značí extrémně silně špičaté rozdělení četnosti. Variační koeficient 104 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 104 %.

5.5.3 Základní statistické charakteristiky z testování VMware Workstation (Ubuntu)

Procesor

Střední hodnoty měření zatížení procesoru jsou aritmetický průměr 79.46, Medián 99.3 a Modus 99.7. Koeficient šikmosti (Skewness: -1,499) značí silnou levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 0,25) značí lehce zešpičaté rozdělení. Variační koeficient 50.02 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 50 %.

Paměť

Střední hodnoty aritmetický průměr 5.51 % , medián 5.2 % a modus 0%. Koeficient šikmosti (Skewness: 0.172) značí slabou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: - 1.277) značí silně zploštělé rozdělení. Variační koeficient 75.59 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 75.6 %.

Disk

Střední hodnoty rychlosti zápisu na disk je aritmetický průměr 29.544 MB za sekundu, Modus je 0 a Medián 35.25 MB za sekundu. Koeficient šikmosti (Skewness: 2.04) značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 18.3) značí extrémně silně špičaté rozdělení četnosti. Variační koeficient 99.8 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 99.8 %.

5.5.4 Závěr průzkumové analýzy dat získaných měřením stresového testu na virtuálních strojích s OS Ubuntu

Koeficienty šikmosti a špičatosti dosahují u řady naměřených výsledků hodnot které se značně odlišují od hodnoty 0 (kladné či záporné). Soubory pravděpodobně nemají normální rozdělení a pokud se normalita rozdělení neprokáže pomocí testů normality bude použita neparametrická obdoba vícenásobné analýzy rozptylu pro tyto soubory.

5.6 Stresové testování Windows 10

Stresové testy na virtuálních počítačích s OS Windows 10 budou provedeny benchmarkovými programy pro testování CPU, operační paměti a disku. Každý VM bude mít přiděleno 8 GB RAM, 8 virtuálních procesorů a 80 GB HDD. Stresové (zátěžové) testování tentokrát nebude provedeno nativním programem jako u Ubuntu ale programem HeavyLoad který umožňuje otestovat paměť, disk i procesor zároveň.

Prostředí Windows jako takové nativně neposkytuje možnost zaznamenávat zátěž CPU, RAM a rychlost zápisu na disk do textového souboru jedním příkazem jako to jde v Linuxu. Poskytuje sice program správce úloh, ale jeho výstup se nedá jedním příkazem někde zapisovat jako u příkazu top. Proto bude pro monitoring výkonu ve Windows použit program v Pythonu vygenerovaný chatbotem Chat GPT a upravený, aby mohl takto zaznamenávat výkon počítače po dobu třiceti minut. (Python programy na měření zátěže v prostředí Windows 10 jsou dostupné v přílohách 46 – 48.

5.6.1 Stresové testování Windows 10 VMS pomocí programu HeavyLoad

Programem HeavyLoad bude stresově otestován CPU a HDD, přičemž stresový test bude proveden na 4 vláknech CPU, volný prostor pro stresové otestování disku bude 1 GB a k dispozici bude 8 GB RAM. V průběhu stresového testu budou spuštěny na pozadí také programy, které budou monitorovat zatížení CPU, paměti a rychlost zápisu na disk. U virtuálních strojů s OS Windows bude místo příkazu top / iotop použit python kód který bude zaznamenávat zatížení CPU, RAM a rychlost zápisu na disk, tento program byl vygenerován Chatbotem Chat-GPT.

Data získaná monitorováním počítače při zátěžovém testu budou následně statisticky analyzována. Cílem statistické analýzy bude zjistit, zda se výkonnost virtuálních počítačů pod stejným zátěžovým testem liší v závislosti na hypervizoru, v jehož prostředí je daný virtuální počítač spuštěný. Mediány statisticky významných vlastností budou následně použity jako hodnoty kritérií v AHP. (Jam-Software, 2023)

5.7 Průzkumová analýza dat získaných ze stresového testování lokálních hypervizorů programem HeavyLoad

Výstupy ze SAS 9.4 jsou k dispozici v přílohách 19 – 36.

5.7.1 Oracle VirtualBox – základní statistické charakteristiky

Procesor

Střední hodnoty měření zatížení procesoru jsou aritmetický průměr 64,48 %, Medián 75,25 % Modus 12,5 %. Koeficient šikmosti (Skewness: -0,794) značí levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -0,7466) značí na ploché rozdělení. Variační koeficient 42,869 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 43 %.

Paměť

Střední hodnoty aritmetický průměr 43.734 %, medián 44,2 % a modus 52.2 %. Koeficient šikmosti (Skewness: -0,568) značí levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -0,47) značí zploštělé rozdělení. Variační koeficient 17,018 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 17 %.

Disk

Střední hodnoty rychlosti zápisu na disk je aritmetický průměr 98,247 MB za sekundu, Modus je 98.7 a Medián 98,3 MB za sekundu. Koeficient šikmosti (Skewness: -0,95) značí silnou levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 1.3) značí silně špičaté rozdělení četnosti. Variační koeficient 52,9 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 53 %.

5.7.2 Microsoft Hyper-V – základní statistické charakteristiky

Processor

Střední hodnoty měření zatížení procesoru jsou aritmetický průměr 70,2% Medián 68.8 % a Modus 62,1 %. Koeficient šikmosti (Skewness: 1.1) značí silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 1,68) značí silně špičaté rozdělení. Variační koeficient 10,889 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 11 %.

Paměť

Střední hodnoty aritmetický průměr 49,4833 %, medián 50.,8 % a modus 50,4 %. Koeficient šikmosti (Skewness: -0,37) značí levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 0,29) značí mírně zašpičaté rozdělení. Variační koeficient 13,165 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 13 %.

Disk

Střední hodnoty rychlosti zápisu na disk je aritmetický průměr 39,76 MB za sekundu, Modus je 39,7 a Medián 39,7 MB za sekundu. Koeficient šikmosti (Skewness: 0,765) značí pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -0,45969) značí ploché rozdělení četnosti. Variační koeficient 2,9248 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 3 %.

5.7.3 VMware Workstation

Processor

Střední hodnoty měření zatížení procesoru jsou aritmetický průměr 99,869% Medián 100 % a Modus 100 %. Koeficient šikmosti (Skewness: 1.1) značí silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: 1,68) značí silně špičaté rozdělení. Variační koeficient 10,889 % značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 11 %.

Paměť

Střední hodnoty aritmetický průměr 27,788 % , medián 27,5 % a modus 27,4 %. Koeficient šikmosti (Skewness: 0,35) značí mírnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -1,18) značí silně ploché rozdělení. Variační koeficient 2,5259 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 2,5 %.

Disk

Střední hodnoty rychlosti zápisu na disk je aritmetický průměr 39,15 MB za sekundu, Modus je 39,2 a Medián 39,2 MB za sekundu. Koeficient šikmosti (Skewness: -0,244) značí levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti (Kurtosis: -1,9) značí silně ploché rozdělení četnosti. Variační koeficient 0,1267 značí že směrodatná odchylka se na aritmetickém průměru podílí zhruba z 0,13 %.

Závěr průzkumové analýzy (lokální VMs Windows 10)

Koeficienty šikmosti a špičatosti se často značně odlišují od nuly a soubory pravděpodobně nemají normální rozdělení. U zatížení CPU je rozdělení četnosti je dvou případech silně pravostranně asymetrické a silně špičaté. U zatížení paměti je rozdělení četnosti většinou středně silně asymetrické a ploché. U rychlosti zápisu na disk je silně levostranné rozdělení četnosti a silně špičaté či ploché. Pokud i testy normality neprokážou normalitu rozdělení bude použita neparametrická analýza rozptylu.

5.8 Metoda Analytického Hierarchického Procesu (AHP)

Metoda AHP je metoda vícekritériální analýzy variant, která slouží k výběru kompromisního řešení pro modelové uživatele, kteří jsou definováni množinou preferencí s vahami. Dále jsou pro tuto metodu definovány varianty, mezi kterými se uživatel rozhoduje. Každá varianta má vlastnosti, v tomto případě procentuální zatížení procesoru a rychlost zápisu na disk na virtuálním počítači. Váhy preferencí kritérií jsou určeny bodovací metodou, přičemž každý modelový uživatel má jednu silnou (prioritní) preferenci. V metodě AHP se následně vytvoří a spočítají Saatyho matice pro každé kritérium, jejichž výsledkem jsou dílčí ohodnocení, ze kterých se pak vybere ta nejvyšší hodnota. (spicelogic, 2022) (Rydval, 2016)

Níže se nacházejí tabulky s definicemi modelových uživatelů, hodnoty v tabulkách jsou mediány naměřených hodnot. Medián byl vybrán jako hodnota reprezentující každé kritérium, jelikož je imunní vůči odlehlým hodnotám. Níže se také nacházejí grafy AHP (stromové modely rozhodovacího procesu). (spicelogic, 2022) (Rydval, 2016)

Tabulky s kritérii (mediány z testů, Povahy a váhy) pro lokální hypervizory

Podle Ubuntu

Tabulka 1 - Kritériální tabulka pro Ubuntu

	CPU	rychlost zápisu na disk
VirtualBox	99,7	21,4
Hyper-V	99,7	19,255
Vmware	99,3	35,25
Povaha	MAX	MAX
váha pro U1	0,7	0,3
Povaha	MIN	MAX
váha pro U2	0,7	0,3
Povaha	MAX	MAX
váha pro U3	0,3	0,7
Povaha	MIN	MAX
váha pro U4	0,3	0,7

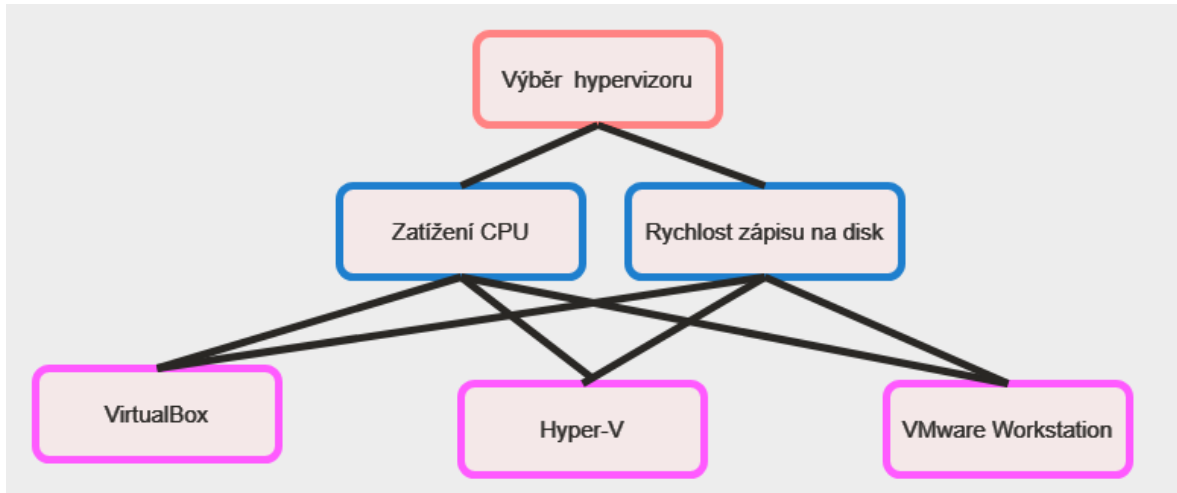
Podle Windows

Tabulka 2 - Kriteriační tabulka pro windows

	CPU	RAM	rychlost zápisu na disk
VirtualBox	75,25	44,2	98,3
Hyper-V	60,8	50,8	39,7
Vmware	100	27,5	39,2
Povaha	MAX	MAX	MAX
váha pro W1	0,6	0,2	0,2
Povaha	MAX	MIN	MAX
váha pro W2	0,6	0,2	0,2
Povaha	MIN	MAX	MAX
váha pro W3	0,6	0,2	0,2
Povaha	MIN	MIN	MAX
váha pro W4	0,6	0,2	0,2
Povaha	MAX	MAX	MAX
váha pro W5	0,2	0,6	0,2
Povaha	MAX	MIN	MAX
váha pro W6	0,2	0,6	0,2
Povaha	MIN	MAX	MAX
váha pro W7	0,2	0,6	0,2
Povaha	MIN	MIN	MAX
váha pro W8	0,2	0,6	0,2
Povaha	MAX	MAX	MAX
váha pro W9	0,2	0,2	0,6
Povaha	MAX	MIN	MAX
váha pro W10	0,2	0,2	0,6
Povaha	MIN	MAX	MAX
váha pro W11	0,2	0,2	0,6
Povaha	MIN	MIN	MAX
váha pro W12	0,2	0,2	0,6

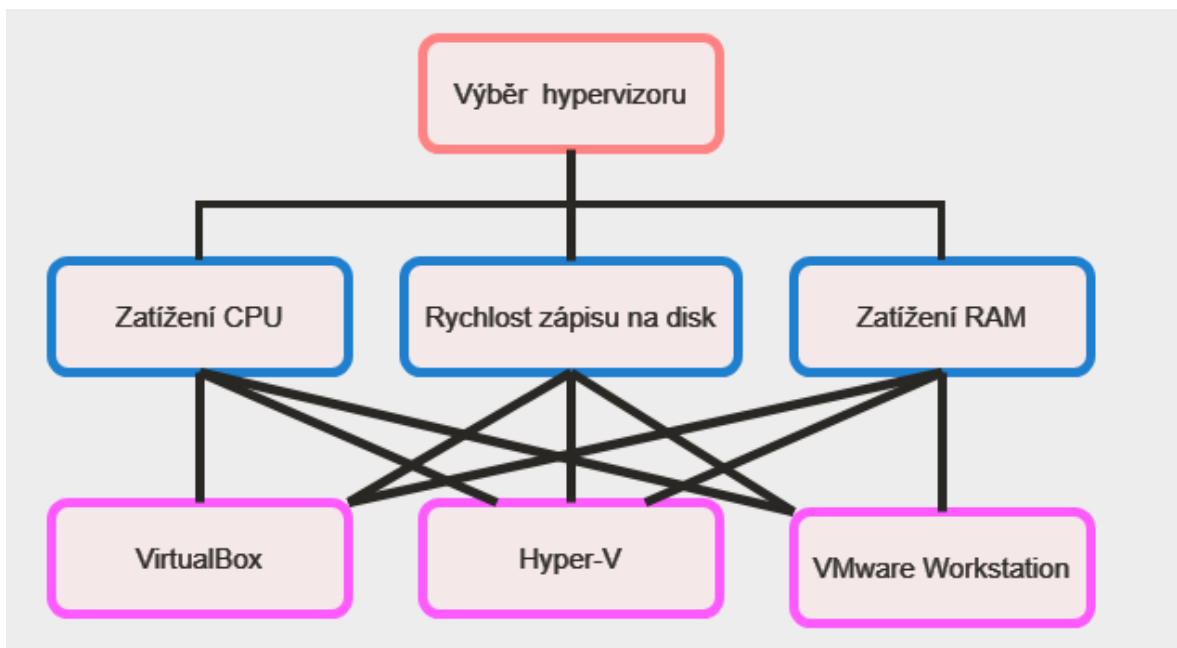
Grafy pro AHP (lokální hypervizory)

Pro hypervizory s OS Ubuntu



Graf 1 - schéma AHP pro Ubuntu (Tůma, schéma AHP pro Ubuntu, 2023)

Pro hypervizory s OS Windows



Graf 2 - Schéma AHP pro Windows (Tůma, schéma AHP pro Windows, 2023)

5.8.1 Poznámky k AHP pro lokální hypervizory

U lokálních hypervizorů byli stresově otestovány CPU, RAM a rychlost zápisu na disk. U Ubuntu bylo nalezen statisticky výrazný rozdíl mezi hypervizory v intenzitě využívání CPU a rychlosti zápisu na disk. U Windows byla prokázána statisticky významná odlišnost, jak na CPU, RAM i rychlosti zápisu na disk při stresovém testu.

Postup u AHP pro modelové uživatele, jež preferují efektivní využívání CPU a RAM (RAM jen u Windows), bude jak maximalizační, tak minimalizační. Protože že nějaký hypervizor zatěžuje více poskytnutý procesor může znamenat, že ho využívá velmi efektivně, zároveň to ale může znamenat, že ho naopak využívá víc, než potřebuje. Co se týče minimalizačního kritéria tak menší hodnota zatížení procesoru nebo paměti při stresovém testu může například znamenat, že hypervizor efektivně využívá své zdroje a nepoužívá jich více než je potřeba.

Váhy kritérií bodovací metodou

U modelových uživatelů pro Ubuntu je priritní kritérium ohodnoceno váhou 0,7 a neprioritní kritérium váhou 0,3. U modelových uživatelů pro Windows je prioritní kritérium ohodnoceno váhou 0,6 a neprioritní kritéria 0,2.

Definice modelových uživatelů lokálních hypervizorů

- Ubuntu | efektivita využívání CPU prioritní, jak pro minimalizační, tak pro maximalizační kritérium (Modelový uživatel U1 a U2) + rychlost zápisu na disk (maximalizační kritérium)
- Ubuntu | rychlost zápisu na HDD prioritní (maximalizační kritérium) (Modelový uživatel U3 a U4) + efektivita využití CPU (minimalizační i maximalizační kritérium)
- Windows | efektivita využívání CPU prioritní, jak pro minimalizační, tak pro maximalizační kritérium + RAM (max/min) + disk (max) (Modelový uživatel W1 až W4)
- Windows | efektivita využívání RAM prioritní, jak pro minimalizační, tak pro maximalizační kritérium, + cpu (max/min) (Modelový uživatel W5 až W8)
- Windows | rychlost zápisu na HDD prioritní (maximalizační kritérium) + využití CPU (max/min) + využití Ram (max/min) (Modelový uživatel W9 - 12)

5.9 Testování cloudových virtuálních počítačů

Otestovány budou virtuální servery v prostředí platform Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) a Google cloud, vybaveny operačním systémem Ubuntu 20.04 a otestovány a monitorovány skrze příkazy, přičemž výstup bude uložen do textových souborů a potom zkopírován a analyzován na lokální počítači pomocí statistického programu SAS. Testovat se bude stresově pomocí stejných příkazů jako u lokálních virtuálních počítačů v této práci, a k tomu ještě bude otestována síťová latence serveru pomocí příkazu ping. Příkaz ping bude odeslán z lokálního počítače. K otestování těchto atributů je nutné nejdříve v každé platformě přidat firewallová pravidla, což spočívá v povolení příchozí komunikace protokolem ICMP, je také nutné mít povolený přístup skrze protokol SSH, aby se mohl uživatel připojit k virtuálnímu počítači. Samotné připojení skrze SSH protokol jde u Azure a Google Cloudu skrze terminál dostupný přímo na platformě, u AWS bude použit program PuTTY. Všechny servery se budou geograficky nacházet co neblíže lokálnímu pc, tedy v Evropě (Polsko, Německo), aby byla zajištěna co nejnižší možná latence.

5.9.1 Příkaz pro otestování síťové latence

- Příkaz: ping <ip adresa> -t
- Tento příkaz je díky atributu -t prováděn kontinuálně a ping je měřen na každém cloudovém VM po dobu 30 minut

5.10 Průzkumová analýza dat získaných ze stresového testování cloudových virtuálních serverů s OS Ubuntu

Výstupy ze SAS 9.4 dostupné v přílohách 124 – 146.

5.10.1 Microsoft Azure

CPU

Aritmetický průměr 79,8 %, Medián 99,7 %, Modus 100 %. Koeficient šikmosti -1,49 značí silnou levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 0,25 značí mírně špičaté rozdělení. Variační koeficient 50 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 50 %.

RAM

Aritmetický průměr 5,64 %, Medián 5,4 %, Modus 0 %. Koeficient šikmosti 0,12 značí mírnou levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti -1,33 značí velmi silně ploché rozdělení. Variační koeficient 75 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 75 %.

Disk (MB/s)

Aritmetický průměr 24,89 Medián 28,58 , Modus 0. Koeficient šikmosti 2,51 značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 20 značí extrémně špičaté rozdělení. Variační koeficient 87 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 87 %.

Ping

Aritmetický průměr 27,66 Medián 27 , Modus 28. Koeficient šikmosti 9,74 značí extrémně silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 140 značí extrémně špičaté rozdělení. Variační koeficient 15 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 15 %.

5.10.2 Amazon Web Services

CPU

Aritmetický průměr 79,56 %, Medián 99,7 %, Modus 100 %. Koeficient šikmosti -1,49 značí silně levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 0,248 značí mírně špičaté rozdělení. Variační koeficient 50 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 50 %.

RAM

Aritmetický průměr 5,83 %, Medián 5,6 %, Modus 0 %. Koeficient šikmosti 0,138 značí mírně levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti -1,31 značí velmi silně ploché rozdělení. Variační koeficient 74,75 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 75 %.

Disk (MB/s)

Aritmetický průměr 20 Medián 21,42 , Modus 0. Koeficient šikmosti 2 značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 8,43 značí extrémně špičaté rozdělení. Variační koeficient 87 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 87 %.

Ping

Aritmetický průměr 43 Medián 43, Modus 43. Koeficient šikmosti 4,44 značí extrémně silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 97,78 značí extrémně špičaté rozdělení. Variační koeficient 5,79 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 6 %.

5.10.3 Google cloud

CPU

Aritmetický průměr 79,925 %, Medián 100 %, Modus 100 %. Koeficient šikmosti-1,5 značí silně levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 0,25 značí mírně špičaté rozdělení. Variační koeficient 50 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 50 %.

RAM

Aritmetický průměr 5,63 %, Medián 5,4 %, Modus 0 %. Koeficient šikmosti 0,118 značí mírně levostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti -1,3 značí velmi silně ploché rozdělení. Variační koeficient 74,34 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 74 %.

Disk (MB/s)

Aritmetický průměr 23 Medián 24,08, Modus 0. Koeficient šikmosti 2 značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 10,74 značí extrémně špičaté rozdělení. Variační koeficient 87,28 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 87 %.

Ping

Aritmetický průměr 24,86 Medián 24, Modus 24. Koeficient šikmosti 2,13 značí velmi silnou pravostrannou asymetrii. Koeficient špičatosti 8,5 značí extrémně špičaté rozdělení. Variační koeficient 11,52 značí že se směrodatná odchylka podílí na aritmetickém průměru zhruba z 11,5 %.

5.10.4 Závěr průzkumové analýzy dat získaných měřením zátěže cloudových virtuálních strojů

Koeficienty špičatosti ukazují u řady naměřených dat silně ploché či špičaté rozdělení četnosti. Koeficienty šikmosti ukazují u řady naměřených dat silně levostrannou či pravostrannou asymetrii. Podle těchto ukazatelů lze usuzovat, že soubory nemají normální rozdělení. Normalita rozdělení bude dále testována testy normality. Pokud se normalita rozdělení neprokáže ani testy normality, budou data dále testovány neparametrickou obdobou vícenásobné analýzy rozptylu.

5.11 AHP Pro cloudové virtuální stroje

Statistické testy prokázaly statisticky významné odlišnosti cloudových platforem v zatížení procesoru, rychlosti zápisu na disk a síťové odezvě. Mediány těchto ukazatelů a cena za stejně výkonný virtuální stroj budou použity jako kritéria pro AHP.

Saatyho matice párových porovnání pro AHP budou vypočteny v programu excel. Pro každého u osmi modelových uživatelů je proveden AHP se čtyřmi Saatyho maticemi (viz přílohy) a následně provedena syntéza preferencí.

Váhy bodovací metodou

Pro prioritní kritérium je váha 0,6. Pro neprioritní kritéria je následně váha 0,133.

5.11.1 Definice Modelových uživatelů (Cloud)

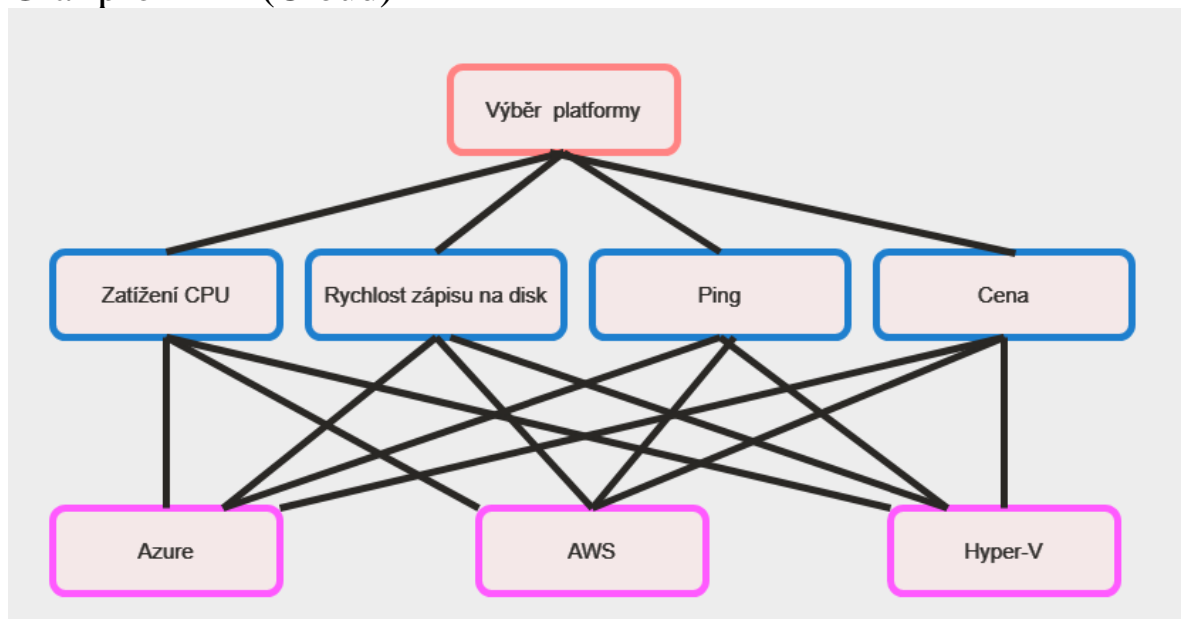
- efektivita využívání CPU priorita, jak pro minimalizační, tak pro maximalizační kritérium + rychlost zápisu na disk (maximalizační kritérium), Ping (minimalizační kritérium) + cena (minimalizační kritérium) – uživatelé C1 a C2
- rychlost zápisu na disk priorita (maximalizační kritérium) + efektivita využití CPU (minimalizační i maximalizační kritérium) + ping (minimalizační kritérium) + cena (minimalizační kritérium – uživatelé C3 a C4
- Síťová latence priorita (Minimalizační kritérium), Efektivita využití CPU Min / Max, rychlost zápisu na disk (Max) + cena (minimalizační kritérium – uživatelé C5 A C6
- Cena je priorita (minimalizační kritérium) + CPU (Max / Min) + Disk (Max) + Ping (min)

Tabulka s kritérii pro AHP (Cloud)

Tabulka 3 - Kritériální tabulka pro cloud

	CPU	rychlost zápisu na disk	Ping	Cena
Microsoft Azure	99,7	28,58	27	0,169
AWS	99,7	21,42	43	0,164
Google cloud	100	24,08	24	0,15
Povaha pro C1	MAX	MAX	MIN	MIN
Váha pro C1	0,6	0,133	0,133	0,133
Povaha pro C2	MIN	MAX	MIN	MIN
Váha pro C2	0,6	0,133	0,133	0,133
Povaha pro C3	MAX	MAX	MIN	MIN
Váha pro C3	0,133	0,6	0,133	0,133
Povaha pro C4	MIN	MAX	MIN	MIN
Váha pro C4	0,133	0,6	0,133	0,133
Povaha pro C5	MAX	MAX	MIN	MIN
Váha pro C5	0,133	0,133	0,6	0,133
Povaha pro C6	MIN	MAX	MIN	MIN
Váha pro C6	0,133	0,133	0,6	0,133
Povaha pro C7	MAX	MAX	MIN	MIN
Váha pro C7	0,133	0,133	0,133	0,6
Povaha pro C8	MIN	MAX	MIN	MIN
Váha pro C8	0,133	0,133	0,133	0,6

Graf pro AHP (Cloud)



Graf 3 - schéma AHP pro cloud 1 (Tůma, schéma AHP pro cloud, 2023)

6. Výsledky a diskuse

V této části práce je provedeno statistické testování normality a vícenásobná analýza rozptylu a interpretovány výsledky těchto testů. Statistické testování bude provedeno v programu SAS 9.4 a výstupy (screenshoty) těchto statistických testů jsou uvedeny v přílohách. V této části je také provedena analýza výsledku metody AHP. Saatyho matice, syntéza preferencí a s tím spojené výpočty jsou provedeny v programu Microsoft Excel a jejich snímky jsou také uvedeny v přílohách.

6.1 Statistické testování dat z testování lokálních VMs s OS Ubuntu

Aby byla zvolena vhodná metodika statistického testování průměru (tedy použití parametrického či neparametrického testu), je nutné otestovat, zda mají data, tedy výběrový soubor s výsledky v tomto případě stresového testování normální rozdělení. To je provedeno pomocí testů normality v programu SAS. U těchto testů volíme hladinu významnosti alfa $\alpha = 5\%$. Hladina významnosti alfa vyjadřuje pravděpodobnost chyby 1. druhu a pokud by byla snížena, zvyšovala by se pravděpodobnost chyby 2. druhu.

U každého testu normality je vypočítána programem SAS P hodnota (pé hodnota) – ta nám udává minimální výši hladiny významnosti při které lze ještě nulovou hypotézu přijmout. K testování normality rozdělení použijeme Kolmogorov-Smirnovův test, Cramer-von Mayerův test a Anderson Darlingův test. Pokud bude nějaký výběrový soubor obsahovat méně než 2000 měření, bude normalita otestována i Shapiro-Wilkovým testem.

Pokud se ukáže, že rozdělení četnosti naměřených hodnot je normální, bude použita parametrická analýza rozptylu (ANOVA). Pokud u jednoho nebo více souborů na kterých se bude vícenásobná analýza rozptylu provádět neprokáže normální rozdělení, bude použita neparametrická obdoba vícenásobné analýzy rozptylu, a to Kruskal – Wallisův test.

U každého virtuálního počítače byl použit stejný příkaz k měření výkonu a dodán stejný počet hodnot. Pro měření zatížení procesoru je to 2500 měření, pro měření zatížení RAM je to 3500 měření a u měření rychlosti zápisu na Disk je to 4500 měření. Testování normality je individuální pro každý jednotlivý soubor naměřených hodnot. Vícenásobná analýza rozptylu je potom prováděna pokaždé na třech souborech, co spolu souvisí, tedy na třech souborech, co obsahují data z měření zátěže procesoru, RAM a rychlosti zápisu na disk. (Kába, 2012)

Interpretace výsledků testů normality (Lokální VMs ubuntu)

U žádného souboru (CPU, RAM, Disk) nebylo pomocí statistických testů prokázáno normální rozdělení (viz přílohy), jelikož p hodnota u testů normality byla vždy menší než alfa 5%. použijeme tedy neparametrickou verzi testu pro vícenásobnou analýzu rozptylu – tedy testu shody průměru více než dvou rozdělení, Kruskal-Wallisův test. (výstupy testů normality pro Ubuntu na lokálních VMs jsou dostupné v přílohách 37 – 45.

6.1.1 Testování shody průměru dat ze statistického testování (local, Ubuntu)

Jelikož se nepotvrdila normalita rozdělení u žádného souborů na hladině významnosti alfa 5 % budou provedeny Kruskal Wallisovy testy o shodě v průměrech v zatížení procesoru, paměti a disku pomocí programu SAS. To také platí pro změřená zatížení procesoru při výkonnostním testování paměti a disku.

Kruskal Wallisův test je neparametrický statistický test sloužící k porovnání průměrů více než dvou rozdělení.

6.1.2 Interpretace výsledků statistického testování výsledků ze stresového testování OS Ubuntu

K-W testy prokázali existenci rozdílů v procentuálním využíváním přidělených procesorových jader mezi hypervizory, také prokázali že by mohli existovat rozdíly mezi rychlostmi zápisu na disk mezi jednotlivými hypervizory.

V základních souborech s rychlostmi zápisu disků, tedy výstupů programu iotop se nachází velké množství nul a extrémních hodnot, což způsobuje že modus je roven nule, aby se předešlo zkreslení těmito odlehlými hodnotami tak při použití metody analyticko-hierarchického procesu (AHP) budou porovnány mediány naměřených výsledků jednotlivých hypervizorů. Výstupy ze SAS 9.4 pro vícenásobnou analýzu rozptylu dat získaných měření na Ubuntu jsou dostupné v přílohách 74 – 78.

6.2 Statistické testování výsledků ze stresového testování Windows 10, Lokální VMs

Obdobně jako to bylo u lokálních hypervizorů s OS Ubuntu i tady bude provedeno testování normality rozdělení. Dle výsledků testů normality budou pak pro daná kritéria zvoleny vhodné statistické testy pro vícenásobnou analýzu rozptylu. Pro statistické testování volíme hladinu významnosti alfa 5 %. Testy jsou prováděny na několika souborech a skupiny souborů spolu souvisí. Co se týče spolu souvisejících souborů jedná o skupiny souborů, které testují totožnou věc (CPU, RAM, Disk). Statistické testování bude provedeno v programu SAS 9.4 a screenshoty s výstupy z programu jsou uvedeny v přílohách.

U testování normality nulová hypotéza spočívá v tom že soubory, respektive soubory, co spolu souvisí mají všechny normální rozdělení. Alternativní hypotéza pro testy normality spočívá v tom, že alespoň jeden ze souvisejících souborů má rozdělení jiné než normální.

U vícenásobné analýzy rozptylu tedy testování shody průměru více než dvou rozdělení nulová hypotéza spočívá v tom, že všechny porovnávané soubory mají shodný průměr. Alternativní hypotéza u tohoto testu tvrdí že alespoň jeden průměr je odlišný. (Kába, 2012)

Interpretace výsledků testů normality pro CPU, RAM a Disk (Lokální VMs Windows 10)

U žádného z datových souborů ze stresového testování Windows 10 se neprokázala normalita rozdělení na hladině alfa 5 %. Všechny p hodnoty u testů normality byly nižší než alfa 5 %. Nulová hypotéza o normalitě rozdělení se tedy nepřijímá a bude proveden neparametrický test. Výstupy testů normality pro VMs s Windows 10 jsou uvedeny v přílohách 65 – 73.

Výběr vhodného statistického testu dle výsledků testů normality

Bude použita neparametrická obdoba vícenásobné analýzy rozptylu – Kruskal-Wallisův test. Kritéria, u kterých se prokáže pomocí vícenásobné analýzy rozptylu statisticky významná odlišnost budou použita jako kritéria pro metodu AHP, přičemž jejich mediány poslouží k vyjádření hodnoty kritérií.

Závěr statistického testování souborů stresových testů pro Lokální Virtuálních počítačů s Windows 10

K-W testy prokázali že existují statisticky významné rozdíly mezi hypervizory, jak ve využívání CPU, RAM tak v rychlosti zápisu na disk při stejně náročném stresovém testu v operačním systému Windows 10. Jejich mediány budou použity v metodě AHP pro vybrání kompromisního řešení pro modelové uživatele. Medián bude použit, protože je imunní k odlehlým hodnotám. Výstupy vícenásobné analýzy rozptylu ze SAS 9.4 pro Windows jsou dostupné v přílohách 79 – 81.

6.3 Statistické testování dat získaných z testování cloudových VMs

Data získaných ze stresového testování a měření Pingu cloudových virtuálních počítačů budou statisticky otestována stejně jako data získaných z testování lokálních VMs. Pro statistické testování volíme hladinu alfa 5 %.

Nejdříve bude otestována normalita rozdělení datových souborů a na základě testů normality bude poté zvolen statistický test pro vícenásobnou analýzu rozptylu. Analýza rozptylu následně potvrdí či vyvrátí shodu v průměru mezi více než dvěma soubory. (Kába, 2012)

6.3.1 Zhodnocení testů normality a výběr statistického testu pro cloudové virtuální stroje

U žádného testovaného souboru (RAM, CPU, Disk, Ping) se neprokázala normalita rozdělení četnosti. U všech těchto faktorů byla p hodnota nižší než alfa 5 % proto se nulové hypotézy o normalitě rozdělení nepřijali.

K vícenásobné analýze rozptylu těchto hodnot bude použit Kruskal-Wallisův test, který je neparametrickou obdobou vícenásobné analýzy rozptylu. Testy normality dat z měření cloudových virtuálních strojů jsou dostupné v přílohách 82 – 93.

6.3.2 Analýza rozptylu souborů z testování cloudových VMs

Budou provedeny Kruskal Wallisovy testy na souborech z testování cloudových virtuálních strojů (CPU, RAM, Disk, Ping). Kruskal Wallisův test je neparametrická verze vícenásobné analýzy rozptylu (ANOVA). Neparametrický test je zvolen na základě toho, že výběrové soubory nemají normální rozdělení.

K-W test slouží k otestování, zda mají více než 2 výběrové soubory shodný průměr. Výhodou neparametrického testu je menší množství podmínek, nevýhodou je menší síla testu. Kritéria, u kterých se prokáže statisticky významná odlišnost budou použita jako kritéria pro metodu AHP. (Kába, 2012)

6.3.3 Interpretace výsledku vícenásobné analýzy rozptylu souborů z testů cloudových virtuálních strojů

U CPU, rychlosti zápisu na disk a pingu se prokázal statisticky významný rozdíl napříč platformami, RAM je využívána shodně. V AHP pro cloudové virtuální počítače budou použity mediány statisticky významných faktorů. Dalším faktorem pro AHP bude samozřejmě cena za hodinu používání. Podle hodinové sazby (současné) budou následně porovnány náklady na provoz virtuálního počítače v testovaných platformách v AHP. Výstupy ze SAS 9.4 pro vícenásobnou analýzu dat z měření cloudových virtuálních strojů jsou dostupné v přílohách 94 – 97.

6.4 AHP pro lokální hypervizory

V programu excel budou vypočítány matice AHP. To spočívá ve vytvoření Saatyho matic porovnání pro každého modelového uživatele. Pro Ubuntu jsou definováni 4 modelový uživatelé, pro Windows je modelových uživatelů 12 protože se prokázalo více statisticky významných odlišností. Pro každou variantu jsou vypočítány dílčí váhy a jejich součet je uveden v tabulce „syntéza preferencí“. Ve stejné tabulce je také uvedeno pořadí variant. Váhy jsou voleny bodovací metodou.

Pro zatížení RAM a CPU se uvažují jako maximalizační i minimalizační kritéria, poněvadž procentuální zatížení při stresovém testu může být žádoucí, avšak obecně platí že program, který zatěžuje méně zdrojů při běhu stejně náročného programu umí lépe využívat své zdroje.

Snímky AHP jsou uvedeny v přílohách, zde jsou i snímky syntéz preferencí pro každého modelového uživatele. Označení modelového uživatele je v pravém horním rohu každé tabulky.

6.4.1 Výsledky AHP pro lokální hypervizory

U OS Ubuntu je viditelná dominance hypervizoru VirtualBox nad hypervizorem Hyper-V, takže Hyper-V nemůže být zvolený a je z rozhodování vyřazen. Dominance spočívá v tom, že kritérium pro VirtualBox je v zátěži CPU shodné a v rychlosti zápisu na disk vyšší než u Hyper-V. U OS Windows 10 však žádné dominance nejsou a každý hypervizor byl podle AHP zvolen jako kompromisní řešení pro několik uživatelů. Mezi variantami nebyla zjištěna dominance jedné varianty nad druhou jak u OS Ubuntu tak u OS Windows.

Každý z hypervizorů byl zvolen jako kompromisní řešení pro nějaké modelové uživatele. 7 modelových uživatelů podle výsledku syntéz preferencí z AHP preferuje VMware Workstation, Z toho 3 preferují OS Ubuntu a 4 Windows 10. 5 Modelových uživatelů volí kompromisní řešení VirtualBox, z toho 1 Ubuntu a 4 Windows 10. 4 Uživatelé volí kompromisní řešení MS Hyper-V, všechny na Windows.

Jakožto univerzální varianta pro lokální hypervizory se jeví VMware, u Ubuntu u něj byla změřena nejvyšší rychlost zápisu na disk, u Windows 10 nejvíce zatížený procesor a nejméně zatížená paměť během stresového testu. Syntézy preferencí z AHP pro lokální hypervizory jsou dostupné v přílohách 49 – 64. Tabulky AHP pro lokální hypervizory jsou dostupné v přílohách 98 – 113.

6.5 Výsledek AHP pro cloudové platformy

Byl proveden AHP pro všech osm modelových uživatelů. Kdyby na CPU nebylo nahlíženo jako na maximalizační / minimalizační kritérium varianta AWS by byla dominována variantou Google cloud. AWS nebyl zvolen jako kompromisní varianta u žádného uživatele.

Google cloud byl vybrán pomocí AHP jako kompromisní varianta pro 5 modelových uživatelů a Microsoft Azure pro tři uživatele. Google cloud je nejlevnější variantou a má nejnižší Ping. Microsoft Azure je nejdražší variantou, ale má nejvyšší rychlost zápisu na disk a ping má pouze o tři milisekundy horší než Google cloud.

Azure byl vybrán modelovými uživateli C2, C3 a C4. Uživatel C2 preferoval minimalizaci zátěže procesoru a uživatelé C3 a C4 zase preferovali maximální rychlost zápisu na disk, proto byl pomocí AHP zvolen Microsoft Azure. Co se týče ostatních modelových uživatelů, pro ně byl zvolen pomocí AHP Google Cloud, poněvadž je kromě rychlosti zápisu na disk výhodnější – má nejnižší ping a cenu.

Lze tedy konstatovat že univerzální varianta pro cloudové platformy je v případě tohoto experimentu Google cloud, který nabízí nejvíce benefitů za nejnižší cenu z testovaných variant.

Tabulky AHP pro lokální hypervizory jsou dostupné v přílohách 114 – 121.

7. Závěr

V teoretické části byly analyzovány principy virtualizace a technologií které byly otestovány a porovnávány v části praktické pomocí zdrojů odborné literatury a odborných článků. Stresovým testováním a testováním síťové odezvy byla získána data pro porovnání lokálních hypervizorů a cloudových platforem. Virtuální počítače, které byly testované a poté vzájemně porovnávány měli alokované stejné množství hardwarových zdrojů. Lokální virtuální stroje byly všechny spuštěny ve stejném hostitelském prostředí na PC s Windows 10 (a odděleně, nikoliv naráz).

Při stresových testech byla data měřena v prostředí testovaných virtuálních strojů, nikoliv na hostitelském PC.

Data byla měřena u Ubuntu pomocí systémových příkazů. U Windows byla měřena pomocí Python programů vygenerovaných pomocí chatbota Chat GPT. Ping cloudových virtuálních strojů byl zaznamenáván z lokálního počítače pomocí příkazu ping.

Nejdříve byla provedena průzkumová analýza dat, z níž bylo u řady souborů patrné, že nemusí mít normální rozdělení díky vysokému koeficientu šikmosti a špičatosti. Následně byla testována normalita rozdělení datových souborů, u všech souborů s negativním výsledkem. Díky tomu nemohla být použita parametrická verze analýzy rozptylu a byla tedy použita neparametrická obdoba – Kruskal-Wallisův test.

U lokálních hypervizorů statistická analýza – vícenásobná analýza rozptylu, prokázala statisticky významné rozdíly mezi hypervizory. U lokálních virtuálních strojů s OS Ubuntu se prokázal statisticky významný rozdíl v zatížení CPU a rychlosti zápisu na disk při stresovém testu. U lokálních virtuálních strojů s OS Windows se prokázal statisticky významný rozdíl v zatížení CPU, RAM a rychlosti zápisu na disk. U cloudových platforem se prokázal rozdíl v zatížení CPU, rychlosti zápisu na disk a síťové odezvě.

Mediány statisticky významných ukazatelů byly použity jako hodnoty kritérií variant pro AHP. Mediány byly zvoleny, protože jsou imunní vůči odlehlým hodnotám. Pro AHP byli deklarování modelový uživatelé definováni množinou preferencí a charakteristikami kritérií. Váhy kritérií byly stanoveny bodovací metodou. Při posuzování dominance variant byla z procesu AHP odstraněna varianta Hyper-V, která byla dominovaná variantou VirtualBox.

Následně byl proveden AHP a provedena syntéza preferencí pro každého modelového uživatele a provedena selekce kompromisní varianty. U lokálních hypervizorů byl nejčastěji vybrán hypervizor VMware Workstation jako kompromisní varianta. U cloudových platforem byl nejčastěji vybrán Google cloud jako kompromisní varianta.

8. Seznam použitých zdrojů

1. BERSIER, René, 2010. Virtualization of IT environments as ecological alternative in the data center. Life Cycle Management [online]. Zurich, 2008(1), 6 [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.lcm2007.ethz.ch/paper/295.pdf>
2. RUEST, Danielle a Nelson RUEST, 2010. *Virtualizace Podrobný Průvodce*. Brno: Computer Press a.s, 408 s. ISBN 978-80-251-2676-9.
3. SARAVANAN, Jagadeesan a Ponnusamy SARAVANAN, 2019. *The operating system process in virtualization for cloud computing*. Volume 8 Issue 10 2019. Chennai, India: Infokara research. ISBN ISSN NO: 1021-9056. Dostupné z: doi:16.10089.IR.2019.V8I10.285311.29495
4. STALLINGS, William, 2012. *Operating Systems: Internals and Design Principles*. 7th edition. Hoboken, New Jersey: Prentice Hall, 820 s. ISBN 1-256-52023-3.
5. M. DHAMDHERE, Dhananjay, 2009. *Operating Systems: A Concept-Based Approach*. 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020: McGraw-Hill Companies. ISBN 978-0-07-295769-3. Dostupné také z: <https://doc.lagout.org/operating%20system%20/Operating.Systems.-.A.concept-based.approach.pdf>
6. ORACLE, 2023. Host OS Support. ORACLE. Host OS Support [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://docs.oracle.com/en/virtualization/virtualbox/6.0/user/hostosupport.html>
7. MANAGEMENTMANIA, 2018. Desktop operating systems [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://managementmania.com/en/desktop-operating-systems>
8. VMWARE, 2023. Vmware [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://www.vmware.com/ORACLE>. Virtualbox [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://www.virtualbox.org>
- MICROSOFT, 2022. Introduction to Hyper-V on Windows 10 [online]. 04/26/2022 [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/en-us/virtualization/hyper-v-on-windows/about><https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-machines/overview>
9. MICROSOFT, 2023. Virtual machines [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/products/virtual-machines>
10. KÁBA, Bohumil a Libuše SVATOŠOVÁ, 2012. *Statistické nástroje ekonomického výzkumu*. Plzeň: Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-359-9.

11. RYDVAL, PH.D., Ing. Jan, 2016. Užitá matematika pro informatiky - Vícekriteriální rozhodování 2.část. In: Youtube [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=bUgl4OBwKXY>
12. OS version market share windows desktop worldwide, 2023. In: CULLEN, Aodhán. Statcounter [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/os-version-market-share/windows/desktop/worldwide>
13. OS market share desktop worldwide, 2023. In: CULLEN, Aodhán. Statcounter [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide>
14. U.S. v. Microsoft Corp., 253 F.3d 34 (D.C. Cir. 2001), 2001. In: STANLEY, Tim. US COURT OF APPEALS FOR THE DISTRICT OF COLUMBIA CIRCUIT. Justia [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://law.justia.com/cases/federal/appellate-courts/F3/253/34/576095/>
15. ALLKEYSHOP, 2023. Buy Windows 10 Professional CD Key [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://www.allkeyshop.com/blog/buy-windows-10-professional-cd-key-compare-prices/>
16. HARDING, Scharon a Piltch AVRAM, 2022. How to Get Windows 11 or Windows 10 for Free (or Under \$20) [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://www.tomshardware.com/reviews/get-windows-10-free-or-cheap,5717.html>
17. GOCDKEYS, 2023. WINDOWS 10 PROFESSIONAL (PC) KEY [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://gocdkeys.com/en/buy-windows-10-professional-pc-cd-key>
18. BOTT, Ed a Craig STINSON, 2021. Windows 10 Inside Out [online]. 4. Pearson Education, Inc. with Microsoft Corporation [cit. 2023-08-27]. ISBN 978-0-13-678415-9. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=QNfPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT25&dq=Windows+10&ots=SiDzINIK80&sig=KD50wFhOlV8fDQnHTY2BTlVldE&redir_esc=y#v=onepage&q=Windows%2010&f=false
19. HERTZOG, Raphaël, Jim O'GORMAN a Mati AHARONI, 2017. Kali Linux Revealed [online]. 1. 19701 Bethel Church Road, #103-253, Cornelius NC 28031, USA: Offsec Press [cit. 2023-08-27]. ISBN 978-0-9976156-0-9.
20. , android.com a . Kernel overview [online]. In: . s. 1 [cit. 2023-08-27]. ISBN none. ISSN none. Dostupné z: <https://source.android.com/docs/core/architecture/kernel>

21. G. SOBELL, Mark, 2011. A PRACTICAL GUIDE TO UBUNTU LINUX [online]. 3. Mark G. Sobell [cit. 2023-08-27]. ISBN 978-0-13-254248-7. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=k9bHSd97HzMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Ubuntu+linux+overview&ots=A9_MuwcEsz&sig=aHrcLwFoC7hh9-M6yjGA-TstNcs&redir_esc=y#v=onepage&q=Ubuntu%20linux%20overview&f=false
<https://cloud.google.com/docs/overview>
22. MICROSOFT, 2023. Powershell [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/en-us/powershell/>
23. MICROSOFT, 2023. Windows Server documentation [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/>
24. DIGITAL OCEAN, 2023. Digital Ocean [online]. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://cloud.digitalocean.com/>
25. AHP Calculation Methods, 2022. In: Spicelogic [online]. 14.6.2022 [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.spicelogic.com/docs/ahpsoftware/intro/ahp-calculation-methods-396>
26. OPENAI, 2023. Chat GPT [online]. [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://chat.openai.com/auth/login>
27. GOOGLE, 2023. Google cloud [online]. [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://cloud.google.com/>
28. AMAZON, 2023. AWS console [online]. [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: console.aws.amazon.com
29. JAM SOFTWARE, 2023. HeavyLoad [online]. [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://www.jam-software.com/heavyload>
30. V2 CLOUD, 2023. V2 Cloud [online]. [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://v2cloud.com/>

8.1 Zdroje použitých Obrázků

1. TheBatInTheHat. Tux [online]. In: WIKIPEDIA. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Tux.svg>
2. BEACH, Kenny, 2021. Water Quality & Filtration in Liquid-Cooled Data Centers: screenshot of datacenter. In: Superradiatorcoils [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://www.superradiatorcoils.com/blog/water-quality-and-filtration-in-liquid-cooled-data-centers>

3. VMware workstation player: VMware workstation player logo, 2023. In: WIKIPEDIA. Wikipedia [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/VMware_Workstation_Player
4. VirtualBox logo, 2015. In: Wikipedia [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Virtualbox_logo.png
5. MS Azure logo, 2023. In: 1000logos [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://1000logos.net/microsoft-azure-logo/>
6. Windows logo, 2012. In: Wikipedia [online]. [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Windows_logo_-_2012.svg

9. Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Tux, maskot Linuxu	23
Obrázek 2 – GNOME (Tůma, Screenshot ubuntu, 2023).....	25
Obrázek 4 - Datacentrum (Beach, 2021)	26
Obrázek 3 – MS Azure logo (1000logos, 2023).....	26
Obrázek 5 – VMware logo (Wikipedia, VMware workstation player, 2023)	26
Obrázek 6 - složky VM od VirtualBoxu 1 (Tůma, screenshot Vbox VM, 2023)	30
Obrázek 7 - Virtuální Disky ve VirtualBoxu 1 (Tůma, screenshot tvorby virtuálního pevného disku, 2023).....	32
Obrázek 8 - Oracle VM VirtualBox logo (Wikimedia, 2015).....	36
Obrázek 9 - Prostředí Hyper-V 1 (Tůma).....	39
Obrázek 10 - Platforma MS Azure (Tůma, Screenshot platformy MS Azure, 2023)	44
Obrázek 11 - Nastavení VM MS Azure 1 (Tůma, screenshot nastavení VM v MS Azure, 2023)	45
Obrázek 12 - Google cloud nacenění 1 (Tůma, screenshot nacenění VM v Google cloud, 2023).....	46
Obrázek 13 – Vbox CPU Ubuntu 1	83
Obrázek 14 – Vbox CPU Ubuntu 2	84
Obrázek 15 – Vbox RAM Ubuntu 1	85
Obrázek 16 Vbox RAM Ubuntu 2	86
Obrázek 17 – Vbox disk Ubuntu 1	87
Obrázek 18 – Vbox disk Ubuntu 2	88
Obrázek 19 – HyperV CPU Ubuntu 1	89
Obrázek 20 – HyperV CPU Ubuntu 2	90
Obrázek 21 – HyperV RAM Ubuntu 1	91
Obrázek 22 – Hyperv RAM Ubuntu 2.....	92
Obrázek 23 – HyperV disk Ubuntu 1	93
Obrázek 24 – HyperV disk Ubuntu 2	94
Obrázek 25 – VMware CPU Ubuntu 1	95
Obrázek 26 – VMware CPU Ubuntu 2.....	96
Obrázek 27 – VMware RAM Ubuntu 1.....	97
Obrázek 28 – VMware RAM Ubuntu 2.....	98
Obrázek 29 – VMware disk Ubuntu 1	99
Obrázek 30 – VMware disk Ubuntu 2.....	100
Obrázek 31 - Vbox CPU Windows 1.....	101
Obrázek 32 – Vbox CPU Windows 2.....	102
Obrázek 33 – HyperV CPU Windows 1	103
Obrázek 34 – HyperV CPU Windows 2.....	104
Obrázek 35 - VMware CPU Windows 1	105
Obrázek 36 – VMware CPU Windows 2.....	106
Obrázek 37 - Vbox RAM Windows 1	107
Obrázek 38 - Vbox RAM Windows 2	108
Obrázek 39 - HyperV RAM Windows 1	109
Obrázek 40 – HyperV RAM Windows 2.....	110
Obrázek 41 – VMware RAM Windows 1	111

Obrázek 42 – VMware RAM Windows 2	112
Obrázek 43 – Vbox disk Windows 1	113
Obrázek 44 – Vbox disk Windows 2	114
Obrázek 45 – HyperV disk Windows 1	115
Obrázek 46 – HyperV disk Windows 2	116
Obrázek 47 – VMware disk windows 1.....	117
Obrázek 48 – VMware disk windows 2.....	118
Obrázek 49 – VirtualBox CPU Ubuntu normal.....	119
Obrázek 50 – HyperV CPU Ubuntu normal.....	119
Obrázek 51 – VMware CPU Ubuntu normal.....	119
Obrázek 52 – VirtualBox RAM Ubuntu normal	120
Obrázek 53 – HyperV RAM Ubuntu normal.....	120
Obrázek 54 – Vmware RAM Ubuntu normal.....	120
Obrázek 55 – VirtualBox disk Ubuntu normal.....	121
Obrázek 56 – HperV disk Ubuntu normal	121
Obrázek 57 – Vmware disk Ubuntu normal	121
Obrázek 58 – program na měření zátěže CPU v Pythonu (GPT, 2023)	122
Obrázek 59 - Program na meření zatížení RAM v Pythonu (GPT, 2023).....	123
Obrázek 60 - Program pro měření rychlosti zápisu na disk v Pythonu (GPT, 2023)	124
Obrázek 61 – VirtualBox CPU Windows normal	128
Obrázek 62 – HyperV CPU Windows normal.....	128
Obrázek 63 – VMware CPU Windows normal.....	129
Obrázek 64 – VirtualBox RAM Windows normal	129
Obrázek 65 – HyperV RAM Windows normal	129
Obrázek 66 – Vmware RAM Windows normal	130
Obrázek 67 – VirtualBox disk Windows normal.....	130
Obrázek 68 – HyperV disk Windows normal.....	130
Obrázek 69 – Vmware disk Windows normal.....	131
Obrázek 70 – K-W disk Ubuntu 1	132
Obrázek 71 – K-W disk Ubuntu 2	133
Obrázek 72 – K-W CPU Ubuntu 1	134
Obrázek 73 – K-W CPU Ubuntu 2	135
Obrázek 74 – K-W RAM Ubuntu.....	136
Obrázek 75 – K-W CPU Windows.....	137
Obrázek 76 – K-W RAM Windows	138
Obrázek 77 – K-W disk Windows	139
Obrázek 78 – Azure CPU normal	140
Obrázek 79 – AWS CPU normal.....	140
Obrázek 80 – Google cloud CPU normal	140
Obrázek 81 – Azure RAM normal.....	141
Obrázek 82 – AWS RAM normal.....	141
Obrázek 83 – Google cloud RAM normal.....	141
Obrázek 84 – Azure disk normal	142
Obrázek 85 – AWS disk normal	142
Obrázek 86 – Google cloud disk normal	142
Obrázek 87 – Azure ping normal.....	143
Obrázek 88 – AWS ping normal.....	143
Obrázek 89 – Google cloud ping normal.....	144
Obrázek 90 – K-W CPU Cloud	145

Obrázek 91 – K-W RAM Cloud	146
Obrázek 92 – K-W Disk Cloud.....	147
Obrázek 93 – K-W Ping Cloud.....	148
Obrázek 94 – vložení dat do SAS 9.4.....	171
Obrázek 95 – příkazy na statistické testy v SAS 9.4	171
Obrázek 96 – AWS CPU 1	172
Obrázek 97 – AWS CPU 2	173
Obrázek 98 – Azure CPU 1	174
Obrázek 99 – Azure CPU 2	175
Obrázek 100 – Google CPU 1	176
Obrázek 101 – Google CPU 2	177
Obrázek 102 - AWS RAM 1.....	178
Obrázek 103 – AWS RAM 2.....	179
Obrázek 104 – Azure RAM 1	180
Obrázek 105 – Azure RAM 2	181
Obrázek 106 – Google RAM 1	182
Obrázek 107 – Google RAM 2	183
Obrázek 108 – AWS Disk 1	184
Obrázek 109 – AWS Disk 2	185
Obrázek 110 – Azure Disk 1.....	186
Obrázek 111 - Azure Disk 2	187
Obrázek 112 – Google disk 1	188
Obrázek 113 – Google disk 2	189
Obrázek 114 – AWS Ping 1.....	190
Obrázek 115 – AWS Ping 2.....	191
Obrázek 116 – Azure Ping 1	192
Obrázek 117 – Azure Ping 2.....	193
Obrázek 118 – Google Ping 1.....	194
Obrázek 119 – Google Ping 2.....	195

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Kriteriaální tabulka pro Ubuntu	58
Tabulka 2 - Kriteriaální tabulka pro windows.....	59
Tabulka 3 - Kriteriaální tabulka pro cloud	67
Tabulka 4 – syntéza preferencí U1	125
Tabulka 5 – syntéza preferencí U2	125
Tabulka 6 – syntéza preferencí U3	125
Tabulka 7 – syntéza preferencí U4	125
Tabulka 8 – syntéza preferencí W1	125
Tabulka 9 – Syntéza preferencí W2.....	126
Tabulka 10 – Syntéza preferencí W3.....	126
Tabulka 11 – Syntéza preferencí W4.....	126
Tabulka 12 – Syntéza preferencí W5.....	126
Tabulka 13 – Syntéza preferencí W6.....	126
Tabulka 14 – Syntéza preferencí W7.....	127
Tabulka 15 – Syntéza preferencí W8.....	127
Tabulka 16 – Syntéza preferencí W9.....	127

Tabulka 17 – Syntéza preferencí W10.....	127
Tabulka 18 – Syntéza preferencí W11.....	127
Tabulka 19 – Syntéza preferencí W12.....	128
Tabulka 20 – AHP U1.....	149
Tabulka 21 – AHP U2.....	149
Tabulka 22 – AHP U3.....	150
Tabulka 23 – AHP U4.....	150
Tabulka 24 – AHP W1.....	151
Tabulka 25 – AHP W2.....	152
Tabulka 26 – AHP W3.....	153
Tabulka 27 – AHP W4.....	154
Tabulka 28 – AHP W5.....	155
Tabulka 29 – AHP W6.....	156
Tabulka 30 – AHP W7.....	157
Tabulka 31 – AHP W8.....	158
Tabulka 32 – AHP W9.....	159
Tabulka 33 – AHP W10.....	160
Tabulka 34 – AHP W11.....	161
Tabulka 35 – AHP W12.....	162
Tabulka 36 – AHP C1.....	163
Tabulka 37 – AHP C2.....	164
Tabulka 38 – AHP C3.....	165
Tabulka 39 – AHP C4.....	166
Tabulka 40 – AHP C5.....	167
Tabulka 41 – AHP C6.....	168
Tabulka 42 – AHP C7.....	169
Tabulka 43 – AHP C8.....	170

9.3 Seznam grafů

Graf 1 - schéma AHP pro Ubuntu (Tůma, schéma AHP pro Ubuntu, 2023).....	60
Graf 2 - Schéma AHP pro Windows (Tůma, schéma AHP pro Windows, 2023).....	60
Graf 3 - schéma AHP pro cloud 1 (Tůma, schéma AHP pro cloud, 2023).....	67

9.4 Seznam použitých zkratk

VM – virtuál machine
CPU – central processing unit
RAM – random access memory
AWS – Amazon Web Services
IP – internet protocol
SSH – secure shell protocol
RDP – remote desktop protocol
AHP – analytický hierarchický proces
GUI – graphical user interface

10. Přílohy

10.1 Výsledky stresového testování OS Ubuntu (Local)

10.1.1 Příloha 1: SAS Ubuntu VirtualBox CPU 1

The SAS System
The UNIVARIATE Procedure
Variable: cpu

Moments			
N	2500	Sum Weights	2500
Mean	78.91272	Sum Observations	197281.8
Std Deviation	39.7600643	Variance	1580.86271
Skewness	-1.4570484	Kurtosis	0.16736044
Uncorrected SS	19518619.4	Corrected SS	3950575.92
Coeff Variation	50.384861	Std Error Mean	0.79520129

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	78.9127	Std Deviation	39.76006
Median	99.7000	Variance	1581
Mode	100.0000	Range	100.00000
		Interquartile Range	1.30000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	99.23616	Pr > t	<.0001
Sign	M	1000	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	1000500	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.448286	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	114.5553	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	606.4655	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 13 – Vbox CPU Ubuntu 1

10.1.2 Příloha 2: SAS Ubuntu VirtualBox CPU 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	100.0
50% Median	99.7
25% Q1	98.7
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	2500	100	2486
0	2495	100	2487
0	2490	100	2488
0	2485	100	2491
0	2480	100	2496

Obrázek 14 – Vbox CPU Ubuntu 2

10.1.3 Příloha 3: SAS Ubuntu VirtualBox RAM 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: mem

Moments			
N	3500	Sum Weights	3500
Mean	5.63002857	Sum Observations	19705.1
Std Deviation	4.23575919	Variance	17.9416559
Skewness	0.12817155	Kurtosis	-1.3368465
Uncorrected SS	173718.13	Corrected SS	62777.854
Coeff Variation	75.2351278	Std Error Mean	0.0715974

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	5.630029	Std Deviation	4.23576
Median	5.500000	Variance	17.94166
Mode	0.000000	Range	12.90000
		Interquartile Range	7.90000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	78.63454	Pr > t 	<.0001
Sign	M	1489	Pr >= M 	<.0001
Signed Rank	S	2217866	Pr >= S 	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.091897	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	10.11183	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	75.64125	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 15 – Vbox RAM Ubuntu 1

10.1.4 Příloha 4: SAS Ubuntu VirtualBox RAM 2

Quantiles (Definition 5)			
Level		Quantile	
100% Max		12.9	
99%		12.9	
95%		12.3	
90%		11.6	
75% Q3		9.2	
50% Median		5.5	
25% Q1		1.8	
10%		0.0	
5%		0.0	
1%		0.0	
0% Min		0.0	

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	3500	12.9	3008
0	3493	12.9	3064
0	3486	12.9	3072
0	3479	12.9	3121
0	3472	12.9	3225

Obrázek 16 Vbox RAM Ubuntu 2

10.1.5 Příloha 5: Disk Ubuntu Virtualbox 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
hypervizor = VirtualB

Moments			
N	4500	Sum Weights	4500
Mean	17.6382823	Sum Observations	79372.2704
Std Deviation	17.4635796	Variance	304.976614
Skewness	2.00788607	Kurtosis	9.42534335
Uncorrected SS	2772080.3	Corrected SS	1372089.78
Coeff Variation	99.0095256	Std Error Mean	0.26033167

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	17.63828	Std Deviation	17.46358
Median	21.42000	Variance	304.97661
Mode	0.00000	Range	177.13000
		Interquartile Range	24.63000

Tests for Location: $\mu_0=0$				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	67.75312	Pr > t	<.0001
Sign	M	1457.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2125035	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.195975	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	45.18017	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	284.53	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 17 – Vbox disk Ubuntu 1

10.1.6 Příloha 6: Disk Ubuntu Virtualbox 2

Quantiles (Definition 5)			
Level		Quantile	
100% Max		177.130	
99%		82.020	
95%		42.700	
90%		29.315	
75% Q3		24.630	
50% Median		21.420	
25% Q1		0.000	
10%		0.000	
5%		0.000	
1%		0.000	
0% Min		0.000	

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	13500	137.89	11342
0	13499	146.26	9523
0	13498	150.04	9802
0	13491	172.78	9806
0	13490	177.13	10418

Obrázek 18 – Vbox disk Ubuntu 2

10.1.7 Příloha 7: CPU HyperV Ubuntu 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: cpu

Moments			
N	2500	Sum Weights	2500
Mean	79.65532	Sum Observations	199138.3
Std Deviation	39.840863	Variance	1587.29437
Skewness	-1.4999559	Kurtosis	0.25151709
Uncorrected SS	19829073.6	Corrected SS	3966648.62
Coeff Variation	50.0165752	Std Error Mean	0.79681726

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	79.6553	Std Deviation	39.84086
Median	99.7000	Variance	1587
Mode	100.0000	Range	100.00000
		Interquartile Range	1.30000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	99.96686	Pr > t	<.0001
Sign	M	1000	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	1000500	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.470603	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	124.2523	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	648.2696	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 19 – HyperV CPU Ubuntu 1

10.1.8 Příloha 8: CPU HyperV Ubuntu 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	100.0
50% Median	99.7
25% Q1	98.7
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	2500	100	2486
0	2495	100	2487
0	2490	100	2496
0	2485	100	2497
0	2480	100	2498

Obrázek 20 – HyperV CPU Ubuntu 2

10.1.9 Příloha 9: HyperV RAM Ubuntu 1

The SAS System			
The UNIVARIATE Procedure			
Variable: mem			
Moments			
N	3500	Sum Weights	3500
Mean	5.63208571	Sum Observations	19712.3
Std Deviation	4.20165548	Variance	17.6539088
Skewness	0.12007487	Kurtosis	-1.3053905
Uncorrected SS	172792.39	Corrected SS	61771.0268
Coeff Variation	74.6021224	Std Error Mean	0.07102094
Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	5.632086	Std Deviation	4.20166
Median	5.550000	Variance	17.65391
Mode	0.000000	Range	12.90000
		Interquartile Range	7.70000
Tests for Location: Mu0=0			
Test	Statistic		p Value
Student's t	t	79.30176	Pr > t <.0001
Sign	M	1490.5	Pr >= M <.0001
Signed Rank	S	2222336	Pr >= S <.0001
Tests for Normality			
Test	Statistic		p Value
Kolmogorov-Smirnov	D	0.09005	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	9.131953	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	69.83379	Pr > A-Sq <0.0050

Obrázek 21 – HyperV RAM Ubuntu 1

10.1.10 Příloha 10: HyperV RAM Ubuntu 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	12.90
99%	12.90
95%	12.40
90%	11.60
75% Q3	9.25
50% Median	5.55
25% Q1	1.55
10%	0.00
5%	0.00
1%	0.00
0% Min	0.00

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	3500	12.9	3210
0	3493	12.9	3217
0	3486	12.9	3314
0	3479	12.9	3393
0	3472	12.9	3447

Obrázek 22 – Hyperv RAM Ubuntu 2

10.1.11 Příloha 11: HyperV Disk Ubuntu 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
hypervisor = HyperV

Moments			
N	4500	Sum Weights	4500
Mean	18.0473733	Sum Observations	81213.18
Std Deviation	18.8189493	Variance	354.152852
Skewness	3.09225465	Kurtosis	36.555309
Uncorrected SS	3059018.26	Corrected SS	1593333.68
Coeff Variation	104.275281	Std Error Mean	0.28053633

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	18.04737	Std Deviation	18.81895
Median	19.25500	Variance	354.15285
Mode	0.00000	Range	383.26000
		Interquartile Range	26.54500

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	64.33168	Pr > t	<.0001
Sign	M	1451.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2107578	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.18611	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	26.64365	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	190.3675	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 23 – HyperV disk Ubuntu 1

10.1.12 Příloha 12: HyperV Disk Ubuntu 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	383.260
99%	83.060
95%	46.440
90%	35.185
75% Q3	26.545
50% Median	19.255
25% Q1	0.000
10%	0.000
5%	0.000
1%	0.000
0% Min	0.000

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	9000	142.01	5296
0	8999	148.92	8795
0	8998	161.04	7048
0	8996	164.55	5630
0	8991	383.26	4729

Obrázek 24 – HyperV disk Ubuntu 2

10.1.13 Příloha 13: VMware CPU Ubuntu 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: cpu

Moments			
N	2500	Sum Weights	2500
Mean	79.46204	Sum Observations	198655.1
Std Deviation	39.7473639	Variance	1579.85294
Skewness	-1.4994394	Kurtosis	0.25060352
Uncorrected SS	19733592	Corrected SS	3948052.49
Coeff Variation	50.0205682	Std Error Mean	0.79494728

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	79.46204	Std Deviation	39.74736
Median	99.30000	Variance	1580
Mode	99.70000	Range	100.00000
		Interquartile Range	1.40000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	99.95888	Pr > t 	<.0001
Sign	M	1000	Pr >= M 	<.0001
Signed Rank	S	1000500	Pr >= S 	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.465628	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	123.5958	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	645.2362	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 25 – VMware CPU Ubuntu 1

10.1.14 Příloha 14: VMware CPU Ubuntu 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	99.7
50% Median	99.3
25% Q1	98.3
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	2500	100	2456
0	2495	100	2457
0	2490	100	2476
0	2485	100	2491
0	2480	100	2492

Obrázek 26 – VMware CPU Ubuntu 2

10.1.15 Příloha 15: VMware RAM Ubuntu 1

The SAS System				
The UNIVARIATE Procedure				
Variable: mem				
Moments				
N	3500	Sum Weights	3500	
Mean	5.51471429	Sum Observations	19301.5	
Std Deviation	4.16906407	Variance	17.3810952	
Skewness	0.17214477	Kurtosis	-1.2776233	
Uncorrected SS	167258.71	Corrected SS	60816.4522	
Coeff Variation	75.5989133	Std Error Mean	0.07047004	
Basic Statistical Measures				
Location		Variability		
Mean	5.514714	Std Deviation	4.16906	
Median	5.200000	Variance	17.38110	
Mode	0.000000	Range	12.90000	
		Interquartile Range	7.70000	
Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	78.25615	Pr > t	<.0001
Sign	M	1488	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2214888	Pr >= S	<.0001
Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.092956	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	9.017113	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	68.89751	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 27 – VMware RAM Ubuntu 1

10.1.16 Příloha 16: VMware RAM Ubuntu 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	12.9
99%	12.9
95%	12.4
90%	11.5
75% Q3	9.2
50% Median	5.2
25% Q1	1.5
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	3500	12.9	2999
0	3493	12.9	3070
0	3486	12.9	3167
0	3479	12.9	3471
0	3472	12.9	3483

Obrázek 28 – VMware RAM Ubuntu 2

10.1.17 Příloha 17: VMware Disk Ubuntu 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
hypervisor = VMware

Moments			
N	4500	Sum Weights	4500
Mean	29.5441255	Sum Observations	132948.565
Std Deviation	29.4841963	Variance	869.317832
Skewness	2.040332	Kurtosis	18.2964979
Uncorrected SS	7838910.02	Corrected SS	3911060.93
Coeff Variation	99.7971535	Std Error Mean	0.43952445

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	29.54413	Std Deviation	29.48420
Median	35.25000	Variance	869.31783
Mode	0.00000	Range	502.91000
		Interquartile Range	43.66500

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	67.21839	Pr > t	<.0001
Sign	M	1426.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2035616	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.207836	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	31.24662	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	208.4229	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 29 – VMware disk Ubuntu 1

10.1.18 Příloha 18: VMware Disk Ubuntu 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	502.910
99%	120.890
95%	78.680
90%	59.910
75% Q3	43.665
50% Median	35.250
25% Q1	0.000
10%	0.000
5%	0.000
1%	0.000
0% Min	0.000

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	4500	198.83	185
0	4499	208.88	184
0	4498	231.78	536
0	4491	299.83	186
0	4490	502.91	183

Obrázek 30 – VMware disk Ubuntu 2

10.2 Výsledky stresového testování Windows 10 pomocí HeavyLoad

10.2.1 Příloha 19: VirtualBox CPU Windows 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: cpu
hypervisor = VBox

Moments			
N	1620	Sum Weights	1620
Mean	64.484321	Sum Observations	104464.6
Std Deviation	27.6439853	Variance	764.189921
Skewness	-0.7945667	Kurtosis	-0.7466389
Uncorrected SS	7973552.28	Corrected SS	1237223.48
Coeff Variation	42.8693128	Std Error Mean	0.68682034

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	64.48432	Std Deviation	27.64399
Median	75.25000	Variance	764.18992
Mode	12.50000	Range	100.00000
		Interquartile Range	44.20000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	93.88819	Pr > t	<.0001
Sign	M	808.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	654076.5	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.871699	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.165165	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	13.91136	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	79.94947	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 31 - VBox CPU Windows 1

10.2.2 Příloha 20: VirtualBox CPU Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.00
99%	98.10
95%	94.95
90%	92.20
75% Q3	86.15
50% Median	75.25
25% Q1	41.95
10%	16.30
5%	12.30
1%	4.10
0% Min	0.00

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0.0	2768	99.1	2221
0.0	2767	99.3	2147
0.0	2766	99.7	2188
1.0	3172	100.0	2198
1.6	3173	100.0	2230

Obrázek 32 – Vbox CPU Windows 2

10.2.3 Příloha 21: HyperV CPU Windows 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: cpu
hypervisor = HyperV

Moments			
N	1620	Sum Weights	1620
Mean	70.2069753	Sum Observations	113735.3
Std Deviation	7.64500875	Variance	58.4461589
Skewness	1.12795317	Kurtosis	1.68280774
Uncorrected SS	8079635.73	Corrected SS	94624.3312
Coeff Variation	10.8892439	Std Error Mean	0.18994177

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	70.20698	Std Deviation	7.64501
Median	68.80000	Variance	58.44616
Mode	62.10000	Range	49.80000
		Interquartile Range	10.60000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	369.6237	Pr > t	<.0001
Sign	M	810	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	656505	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.921601	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.083115	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	3.716621	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	26.29765	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 33 – HyperV CPU Windows 1

10.2.4 Příloha 22: HyperV CPU Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	96.9
95%	84.0
90%	79.3
75% Q3	74.8
50% Median	68.8
25% Q1	64.2
10%	61.9
5%	61.1
1%	60.0
0% Min	50.2

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
50.2	287	100	59
55.1	961	100	64
57.5	286	100	65
57.9	1619	100	71
58.8	358	100	74

Obrázek 34 – HyperV CPU Windows 2

10.2.5 Příloha 23: VMware CPU Windows 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: cpu
hypervisor = VMware

Moments			
N	1620	Sum Weights	1620
Mean	99.8691975	Sum Observations	161788.1
Std Deviation	3.33443606	Variance	11.1184638
Skewness	-27.194146	Kurtosis	753.113716
Uncorrected SS	16175648.5	Corrected SS	18000.793
Coeff Variation	3.3388033	Std Error Mean	0.08284473

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	99.8692	Std Deviation	3.33444
Median	100.0000	Variance	11.11846
Mode	100.0000	Range	94.90000
		Interquartile Range	0

Tests for Location: Mu0=0			
Test	Statistic	p Value	
Student's t	t 1205.498	Pr > t	<.0001
Sign	M 810	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S 656505	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.016872	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.513794	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	134.6017	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	624.0881	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 35 - VMware CPU Windows 1

10.2.6 Příloha 24: VMware CPU Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	100.0
50% Median	100.0
25% Q1	100.0
10%	100.0
5%	100.0
1%	100.0
0% Min	5.1

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
5.1	3241	100	4856
8.5	3242	100	4857
74.5	3243	100	4858
100.0	4860	100	4859
100.0	4859	100	4860

Obrázek 36 – VMware CPU Windows 2

10.2.7 Příloha 25: VirtualBox RAM Windows 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: mem
hypervisor = Vbox

Moments			
N	1730	Sum Weights	1730
Mean	43.7336994	Sum Observations	75659.3
Std Deviation	7.44254357	Variance	55.3914548
Skewness	-0.5681632	Kurtosis	-0.4702733
Uncorrected SS	3404632.91	Corrected SS	95771.8253
Coeff Variation	17.0178688	Std Error Mean	0.17893625

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	43.73370	Std Deviation	7.44254
Median	44.20000	Variance	55.39145
Mode	52.20000	Range	29.50000
		Interquartile Range	11.90000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	244.4094	Pr > t	<.0001
Sign	M	865	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	748657.5	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.928108	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.107018	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	3.994621	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	33.75403	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 37 - Vbox RAM Windows 1

10.2.8 Příloha 26: VirtualBox RAM Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	53.90
99%	53.40
95%	52.80
90%	52.50
75% Q3	51.60
50% Median	44.20
25% Q1	39.70
10%	31.25
5%	29.50
1%	24.50
0% Min	24.40

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
24.4	13	53.7	657
24.4	11	53.7	1096
24.4	10	53.7	1097
24.4	9	53.8	649
24.4	8	53.9	658

Obrázek 38 - Vbox RAM Windows 2

10.2.9 Příloha 27: HyperV RAM Windows 1

The SAS System				
The UNIVARIATE Procedure				
Variable: mem				
hypervisor = HyperV				
Moments				
N	1730	Sum Weights	1730	
Mean	49.4833526	Sum Observations	85606.2	
Std Deviation	6.51484316	Variance	42.4431814	
Skewness	-0.3731004	Kurtosis	0.27932542	
Uncorrected SS	4309466.04	Corrected SS	73384.2606	
Coeff Variation	13.1657271	Std Error Mean	0.15663215	
Basic Statistical Measures				
Location		Variability		
Mean	49.48335	Std Deviation	6.51484	
Median	50.80000	Variance	42.44318	
Mode	50.40000	Range	28.60000	
		Interquartile Range	5.40000	
Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	315.9208	Pr > t	<.0001
Sign	M	865	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	748657.5	Pr >= S	<.0001
Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.905061	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.182722	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	14.51461	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	75.16834	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 39 - HyperV RAM Windows 1

10.2.10 Příloha 28: HyperV RAM Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	63.9
99%	63.5
95%	61.0
90%	56.5
75% Q3	52.2
50% Median	50.8
25% Q1	46.8
10%	37.6
5%	36.5
1%	35.6
0% Min	35.3

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
35.3	1692	63.6	1058
35.3	1690	63.6	1059
35.3	1689	63.7	1044
35.4	1691	63.7	1045
35.4	1680	63.9	1043

Obrázek 40 – HyperV RAM Windows 2

10.2.11 Příloha 29: VMware RAM Windows 1

The SAS System			
The UNIVARIATE Procedure			
Variable: mem			
hypervisor = VMware			
Moments			
N	2274950	Sum Weights	2274950
Mean	27.7880347	Sum Observations	63216389.5
Std Deviation	0.70170012	Variance	0.49238306
Skewness	0.35000968	Kurtosis	-1.1806107
Uncorrected SS	1757779370	Corrected SS	1120146.35
Coeff Variation	2.52518801	Std Error Mean	0.00046523
Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	27.78803	Std Deviation	0.70170
Median	27.50000	Variance	0.49238
Mode	27.40000	Range	2.40000
		Interquartile Range	1.10000
Tests for Location: Mu0=0			
Test	Statistic		p Value
Student's t	t	59729.96	Pr > t <.0001
Sign	M	1137475	Pr >= M <.0001
Signed Rank	S	1.294E12	Pr >= S <.0001
Tests for Normality			
Test	Statistic		p Value
Kolmogorov-Smirnov	D	0.181239	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	10144.62	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	65009.11	Pr > A-Sq <0.0050

Obrázek 41 – VMware RAM Windows 1

10.2.12 Příloha 30: VMware RAM Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	29.2
99%	29.0
95%	28.9
90%	28.9
75% Q3	28.4
50% Median	27.5
25% Q1	27.3
10%	26.9
5%	26.8
1%	26.8
0% Min	26.8

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
26.8	2.28E6	29.2	2.27E6
26.8	2.28E6	29.2	2.27E6
26.8	2.28E6	29.2	2.27E6
26.8	2.28E6	29.2	2.28E6
26.8	2.28E6	29.2	2.28E6

Obrázek 42 – VMware RAM Windows 2

10.2.13 Příloha 31: VirtualBox Disk Windows 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
hypervisor = Vbox

Moments			
N	1730	Sum Weights	1730
Mean	98.2474566	Sum Observations	169968.1
Std Deviation	0.51989555	Variance	0.27029139
Skewness	-0.9510899	Kurtosis	1.31038294
Uncorrected SS	16699400.9	Corrected SS	467.333809
Coeff Variation	0.52916948	Std Error Mean	0.01249951

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	98.24746	Std Deviation	0.51990
Median	98.30000	Variance	0.27029
Mode	98.70000	Range	2.80000
		Interquartile Range	0.70000

Tests for Location: Mu0=0			
Test	Statistic	p Value	
Student's t	t 7860.103	Pr > t	<.0001
Sign	M 865	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S 748657.5	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.88057	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.227448	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	12.13188	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	69.1305	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 43 – Vbox disk Windows 1

10.2.14 Příloha 32: VirtualBox Disk Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	99.0
99%	99.0
95%	98.8
90%	98.8
75% Q3	98.7
50% Median	98.3
25% Q1	98.0
10%	97.6
5%	97.3
1%	96.2
0% Min	96.2

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
96.2	3482	99	4374
96.2	3481	99	4375
96.2	3480	99	4376
96.2	3479	99	4377
96.2	3478	99	4378

Obrázek 44 – Vbox disk Windows 2

10.2.15 Příloha 33: HyperV Disk Windows 1



Obrázek 45 – HyperV disk Windows 1

10.2.16 Příloha 34: HyperV Disk Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	42.8
99%	42.2
95%	42.0
90%	41.9
75% Q3	39.8
50% Median	39.7
25% Q1	38.9
10%	38.4
5%	38.3
1%	38.2
0% Min	38.1

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
38.1	136	42.7	1103
38.2	175	42.7	1104
38.2	174	42.7	1105
38.2	173	42.7	1106
38.2	172	42.8	1107

Obrázek 46 – HyperV disk Windows 2

10.2.17 Příloha 35: VMware Disk Windows 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
hypervisor = VMware

Moments			
N	1730	Sum Weights	1730
Mean	39.1560694	Sum Observations	67740
Std Deviation	0.04964461	Variance	0.00246459
Skewness	-0.2447955	Kurtosis	-1.942322
Uncorrected SS	2652436.4	Corrected SS	4.26127168
Coeff Variation	0.1267865	Std Error Mean	0.00119357

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	39.15607	Std Deviation	0.04964
Median	39.20000	Variance	0.00246
Mode	39.20000	Range	0.10000
		Interquartile Range	0.10000

Tests for Location: Mu0=0			
Test	Statistic	p Value	
Student's t	t 32805.75	Pr > t	<.0001
Sign	M 865	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S 748657.5	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality			
Test	Statistic	p Value	
Shapiro-Wilk	W 0.631232	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D 0.372589	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 52.08421	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 316.7402	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 47 – VMware disk windows 1

10.2.18 Příloha 36: VMware Disk Windows 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	39.2
99%	39.2
95%	39.2
90%	39.2
75% Q3	39.2
50% Median	39.2
25% Q1	39.1
10%	39.1
5%	39.1
1%	39.1
0% Min	39.1

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
39.1	3460	39.2	3050
39.1	3459	39.2	3051
39.1	3458	39.2	3052
39.1	3457	39.2	3053
39.1	3456	39.2	3054

Obrázek 48 – VMware disk windows 2

10.3 Normalita stresových testů procesoru (Ubuntu local)

10.3.1 Příloha 37: VirtualBox cpu normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.448286	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	114.5553	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	606.4655	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 49 – VirtualBox CPU Ubuntu normal

10.3.2 Příloha 38: HyperV cpu normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.470603	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	124.2523	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	648.2696	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 50 – HyperV CPU Ubuntu normal

10.3.3 Příloha 39: VMware cpu normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.465628	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	123.5958	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	645.2362	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 51 – VMware CPU Ubuntu normal

10.4 Normalita souborů stresových testů paměti (Ubuntu local)

10.4.1 Příloha 40: VirtualBox RAM normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.091897	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	10.11183	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	75.64125	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 52 – VirtualBox RAM Ubuntu normal

10.4.2 Příloha 41: HyperV RAM normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.09005	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	9.131953	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	69.83379	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 53 – HyperV RAM Ubuntu normal

10.4.3 Příloha 42: VMware RAM normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.092956	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	9.017113	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	68.89751	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 54 – Vmware RAM Ubuntu normal

10.5 Normalita souborů stresových testů disku (Ubuntu local)

10.5.1 Příloha 43: VirtualBox Disk normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.195975	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	45.18017	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	284.53	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 55 – VirtualBox disk Ubuntu normal

10.5.2 Příloha 44: HyperV Disk normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.18611	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	26.64365	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	190.3675	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 56 – HperV disk Ubuntu normal

10.5.3 Příloha 45: VMware Disk normal Ubuntu

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.207836	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	31.24662	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	208.4229	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 57 – Vmware disk Ubuntu normal

10.6 Programy měření výkonu ve Windows 10 – generované Chat GPT

10.6.1 Příloha 46: Program na měření zátěže CPU

```
import psutil
import time

def record_cpu_usage(output_file, duration, interval):
    with open(output_file, 'w') as f:
        f.write("Time, CPU Usage (%)\n")
        start_time = time.time()

        while time.time() - start_time < duration:
            cpu_percent = psutil.cpu_percent(interval=interval)
            current_time = time.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
            f.write(f"{current_time}, {cpu_percent}\n")
            f.flush()

if __name__ == "__main__":
    output_file = "cpu_usage_log.txt" # Change this to your desired output file name
    duration = 60 * 30 # Duration in seconds (30 minutes in this example)
    interval = 1 # Interval between measurements in seconds

    record_cpu_usage(output_file, duration, interval)
```

Obrázek 58 – program na měření zátěže CPU v Pythonu (GPT, 2023)

10.6.2 Příloha 47: Program na měření zátěže RAM

```
import psutil
import time

def record_memory_usage(output_file, duration, interval):
    with open(output_file, 'w') as f:
        f.write("Time, Memory Usage (%)\n")

        start_time = time.time()
        while time.time() - start_time < duration:
            memory_usage = psutil.virtual_memory().percent
            current_time = time.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
            f.write(f"{current_time}, {memory_usage}\n")
            f.flush()

            time.sleep(interval)

if __name__ == "__main__":
    output_file = "memory_usage_log.txt"
    duration = 60 # Duration in seconds (5 minutes in this example)
    interval = 1 # Interval between measurements in seconds

    record_memory_usage(output_file, duration, interval)
```

Obrázek 59 - Program na měření zatížení RAM v Pythonu (GPT, 2023)

10.6.3 Příloha 48: Program na měření zápisu na disk

```
import psutil
import time

def record_disk_usage(output_file, duration, interval):
    with open(output_file, 'w') as f:
        f.write("Time, Disk Usage (%)\n")

        start_time = time.time()
        while time.time() - start_time < duration:
            disk_usage = psutil.disk_usage('/')
            current_time = time.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
            f.write(f"{current_time}, {disk_usage.percent}\n")
            f.flush()

            time.sleep(interval)

if __name__ == "__main__":
    output_file = "disk_usage_log.txt"
    duration = 60 # Duration in seconds (5 minutes in this example)
    interval = 1 # Interval between measurements in seconds

    record_disk_usage(output_file, duration, interval)
```

Obrázek 60 - Program pro měření rychlosti zápisu na disk v Pythonu (GPT, 2023)

10.7 Syntézy preferencí z AHP (výsledky AHP a pořadí variant) – Lokální hypervizory

10.7.1 Příloha 49: Syntéza preferencí U1

U1	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,5625	1
Vmware	0,4375	2

Tabulka 4 – syntéza preferencí U1

10.7.2 Příloha 50: Syntéza preferencí U2

U2	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,2125	2
Vmware	0,7875	1

Tabulka 5 – syntéza preferencí U2

10.7.3 Příloha 51: Syntéza preferencí U3

U3	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,3125	2
Vmware	0,6875	1

Tabulka 6 – syntéza preferencí U3

10.7.4 Příloha 52: Syntéza preferencí U4

U4	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,1625	2
Vmware	0,8375	1

Tabulka 7 – syntéza preferencí U4

10.7.5 Příloha 53: Syntéza preferencí W1

W1	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,34602519	2
Hyper-V	0,185800708	3
Vmware	0,468174102	1

Tabulka 8 – syntéza preferencí W1

10.7.6 Příloha 54: Syntéza preferencí W2

W2	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,327076173	2
Hyper-V	0,081733694	3
Vmware	0,591190133	1

Tabulka 9 – Syntéza preferencí W2

10.7.7 Příloha 55: Syntéza preferencí W3

W3	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,34602519	2
Hyper-V	0,574548806	1
Vmware	0,079426004	3

Tabulka 10 – Syntéza preferencí W3

10.7.8 Příloha 56: Syntéza preferencí W4

W4	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,327076173	2
Hyper-V	0,470481792	1
Vmware	0,202442035	3

Tabulka 11 – Syntéza preferencí W4

10.7.9 Příloha 57: Syntéza preferencí W5

W5	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,37737347	2
Hyper-V	0,406083972	1
Vmware	0,216542557	3

Tabulka 12 – Syntéza preferencí W5

10.7.10 Příloha 58: Syntéza preferencí W6

W6	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,320526421	2
Hyper-V	0,093882929	3
Vmware	0,58559065	1

Tabulka 13 – Syntéza preferencí W6

10.7.11 Příloha 59: Syntéza preferencí W7

W7	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,37737347	2
Hyper-V	0,535666672	1
Vmware	0,086959858	3

Tabulka 14 – Syntéza preferencí W7

10.7.12 Příloha 60: Syntéza preferencí W8

W8	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,320526421	2
Hyper-V	0,223465628	3
Vmware	0,456007951	1

Tabulka 15 – Syntéza preferencí W8

10.7.13 Příloha 61: Syntéza preferencí W9

W9	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,569738554	1
Hyper-V	0,203526726	3
Vmware	0,22673472	2

Tabulka 16 – Syntéza preferencí W9

10.7.14 Příloha 62: Syntéza preferencí W10

W10	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,550789538	1
Hyper-V	0,099459711	3
Vmware	0,349750751	2

Tabulka 17 – Syntéza preferencí W10

10.7.15 Příloha 63: Syntéza preferencí W11

W11	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,569738554	1
Hyper-V	0,333109425	2
Vmware	0,097152021	3

Tabulka 18 – Syntéza preferencí W11

10.7.16 Příloha 64: Syntéza preferencí W12

W12	syntéza preferencí	Pořadí
VirtualBox	0,550789538	1
Hyper-V	0,229042411	2
Vmware	0,220168052	3

Tabulka 19 – Syntéza preferencí W12

10.8 Testy normality rozdělení výsledků získaných stresovým testováním programem HeavyLoad v lokálních virtuálních strojích s OS Windows 10

10.8.1 Příloha 65: VirtualBox CPU Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.871699	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.165165	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	13.91136	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	79.94947	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 61 – VirtualBox CPU Windows normal

10.8.2 Příloha 66: HyperV CPU Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.921601	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.083115	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	3.716621	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	26.29765	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 62 – HyperV CPU Windows normal

10.8.3 Příloha 67: VMware CPU Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.016872	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.513794	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	134.6017	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	624.0881	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 63 – VMware CPU Windows normal

10.8.4 Příloha 68: VirtualBox RAM Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.928108	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.107018	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	3.994621	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	33.75403	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 64 – VirtualBox RAM Windows normal

10.8.5 Příloha 69: HyperV RAM Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.905061	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.182722	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	14.51461	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	75.16834	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 65 – HyperV RAM Windows normal

10.8.6 Příloha 70: VMware RAM Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.914309	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.181195	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	7.707802	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	49.39188	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 66 – Vmware RAM Windows normal

10.8.7 Příloha 71: VirtualBox Disk Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.88057	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.227448	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	12.13188	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	69.1305	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 67 – VirtualBox disk Windows normal

10.8.8 Příloha 72: HyperV Disk Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.88227	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.255494	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	14.35381	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	80.22111	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 68 – HyperV disk Windows normal

10.8.9 Příloha 73: VMware Disk Windows normalita

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.631232	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.372589	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	52.08421	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	316.7402	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 69 – VMware disk Windows normalita

10.9 Kruskal-Wallisovi testy o shodě průměru rychlosti zápisu na disk, zatížení CPU a RAM při stresovém testu napříč hypervizory (Ubuntu local)

10.9.1 Příloha 74: KW Disk Ubuntu Local 1

The SAS System

The NPAR1WAY Procedure

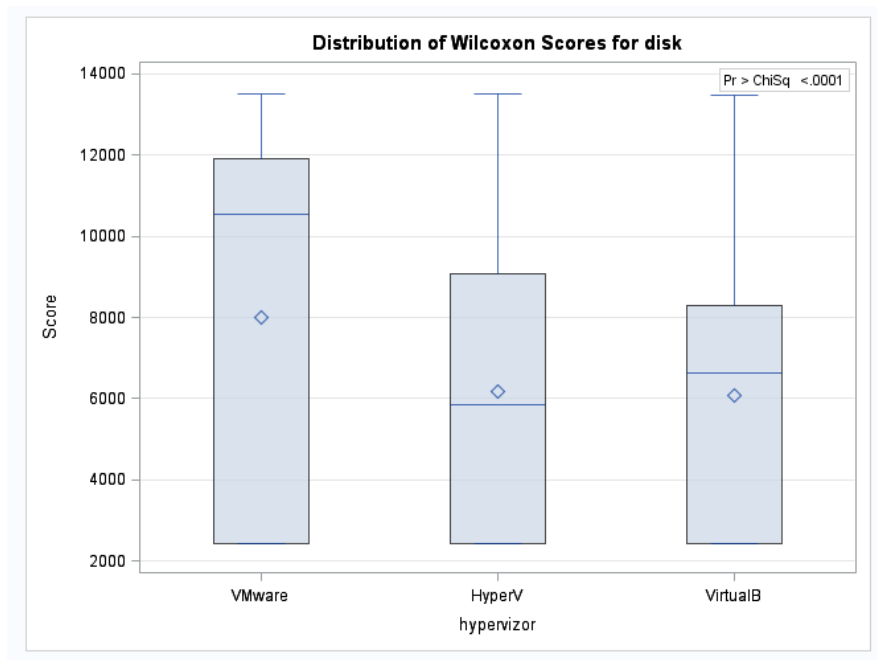
Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable disk Classified by Variable hypervisor					
hypervisor	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
VMware	4500	35959845.5	30377250.0	208519.468	7991.07678
HyperV	4500	27790787.5	30377250.0	208519.468	6175.73056
VirtualB	4500	27381117.0	30377250.0	208519.468	6084.69267

Average scores were used for ties.

Kruskal-Wallis Test	
Chi-Square	718.0555
DF	2
Pr > Chi-Square	<.0001

Obrázek 70 – K-W disk Ubuntu 1

10.9.1 Příloha 75: KW Disk Ubuntu Local 2



Obrázek 71 – K-W disk Ubuntu 2

10.9.2

Příloha 76: KW CPU Ubuntu Local 1

The SAS System

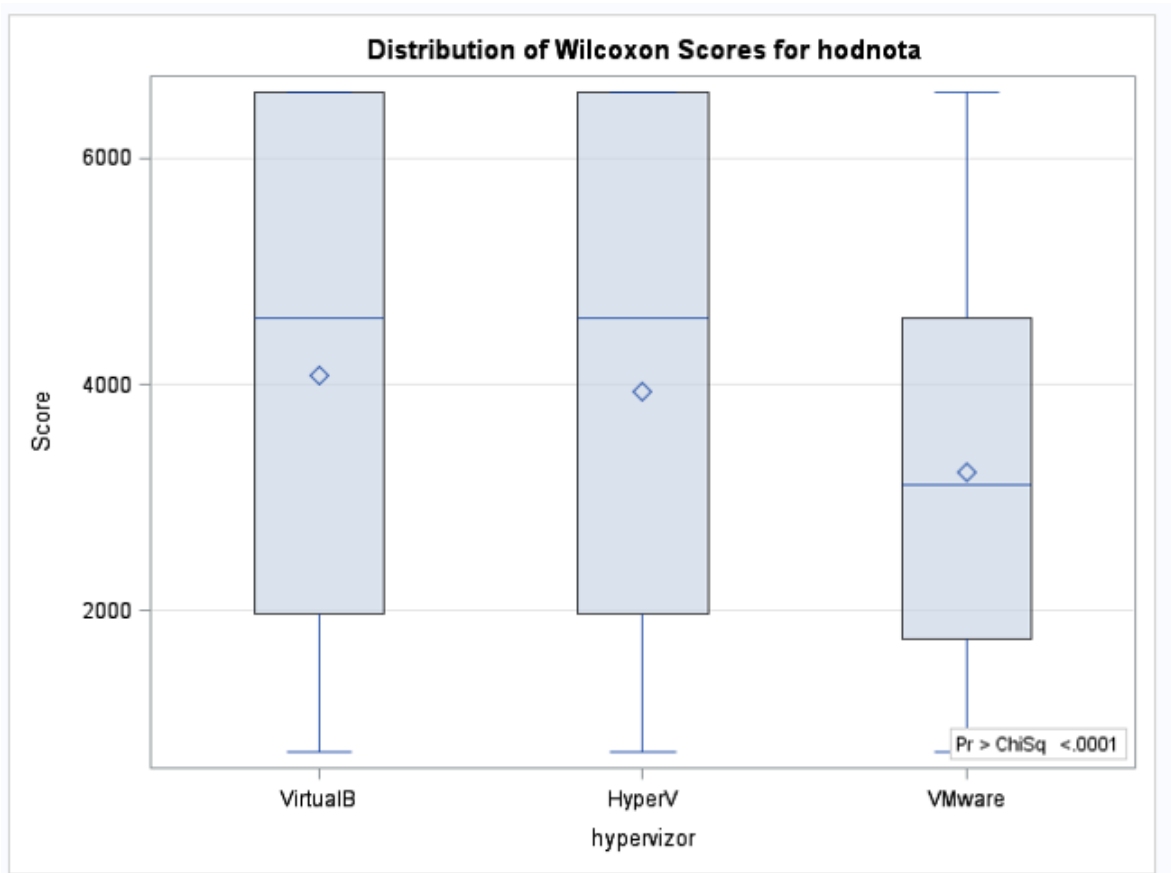
The NPAR1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable hodnota Classified by Variable hypervizor					
hypervizor	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
VirtualB	2500	10200618.5	9376250.0	86741.4970	4080.24740
HyperV	2500	9859402.0	9376250.0	86741.4970	3943.76080
VMware	2500	8068729.5	9376250.0	86741.4970	3227.49180
Average scores were used for ties.					

Kruskal-Wallis Test	
Chi-Square	232.3763
DF	2
Pr > Chi-Square	<.0001

Obrázek 72 – K-W CPU Ubuntu 1

10.9.3 Příloha 77: KW CPU Ubuntu Local 2

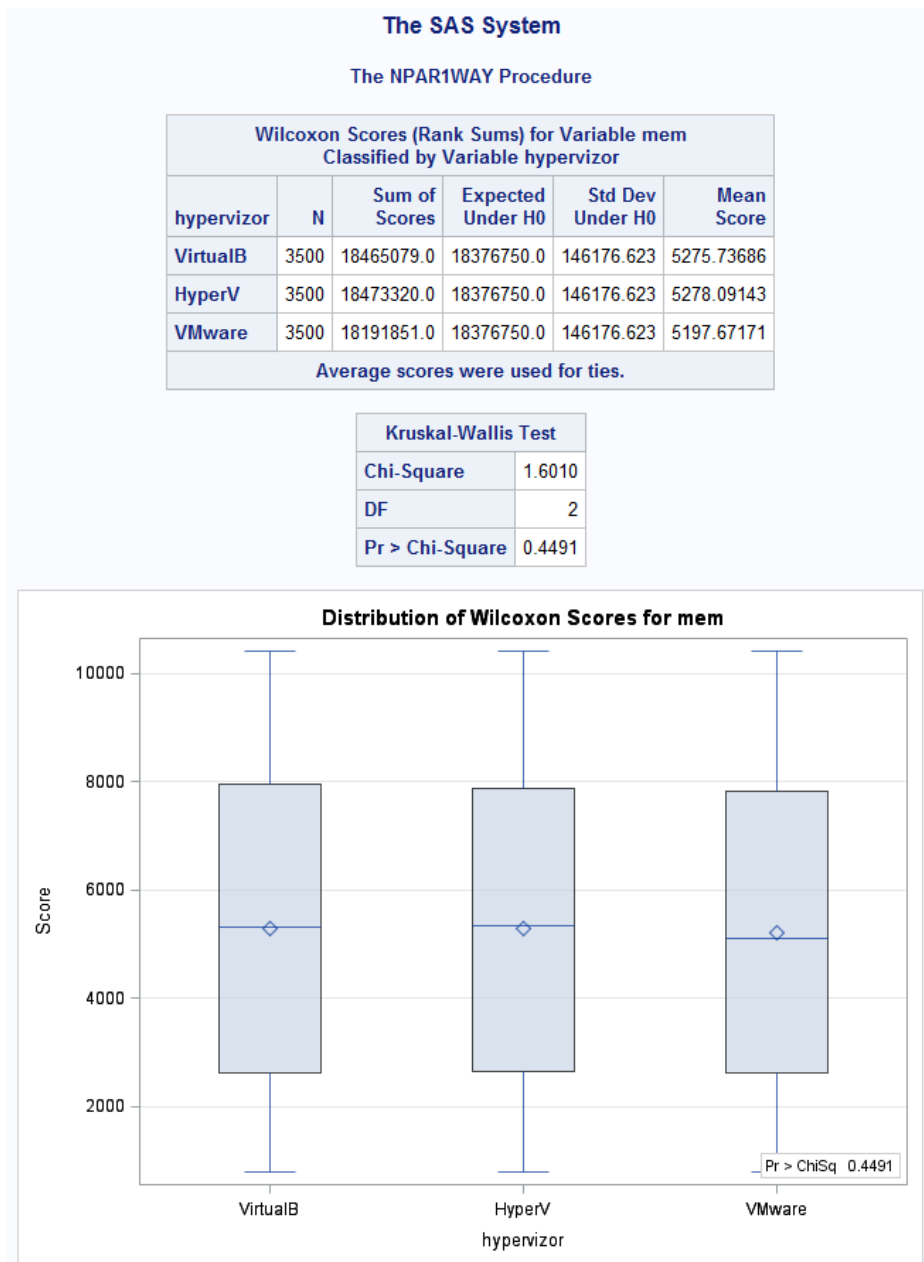


Obrázek 73 – K-W CPU Ubuntu 2

Interpretace výsledku

P hodnota (<0.0001) je nižší než alfa 5 % takže se nulová hypotéza o shodě průměru ve využívání procesoru při stresovém testu zamítá.

10.9.4 Příloha 78: KW RAM Ubuntu



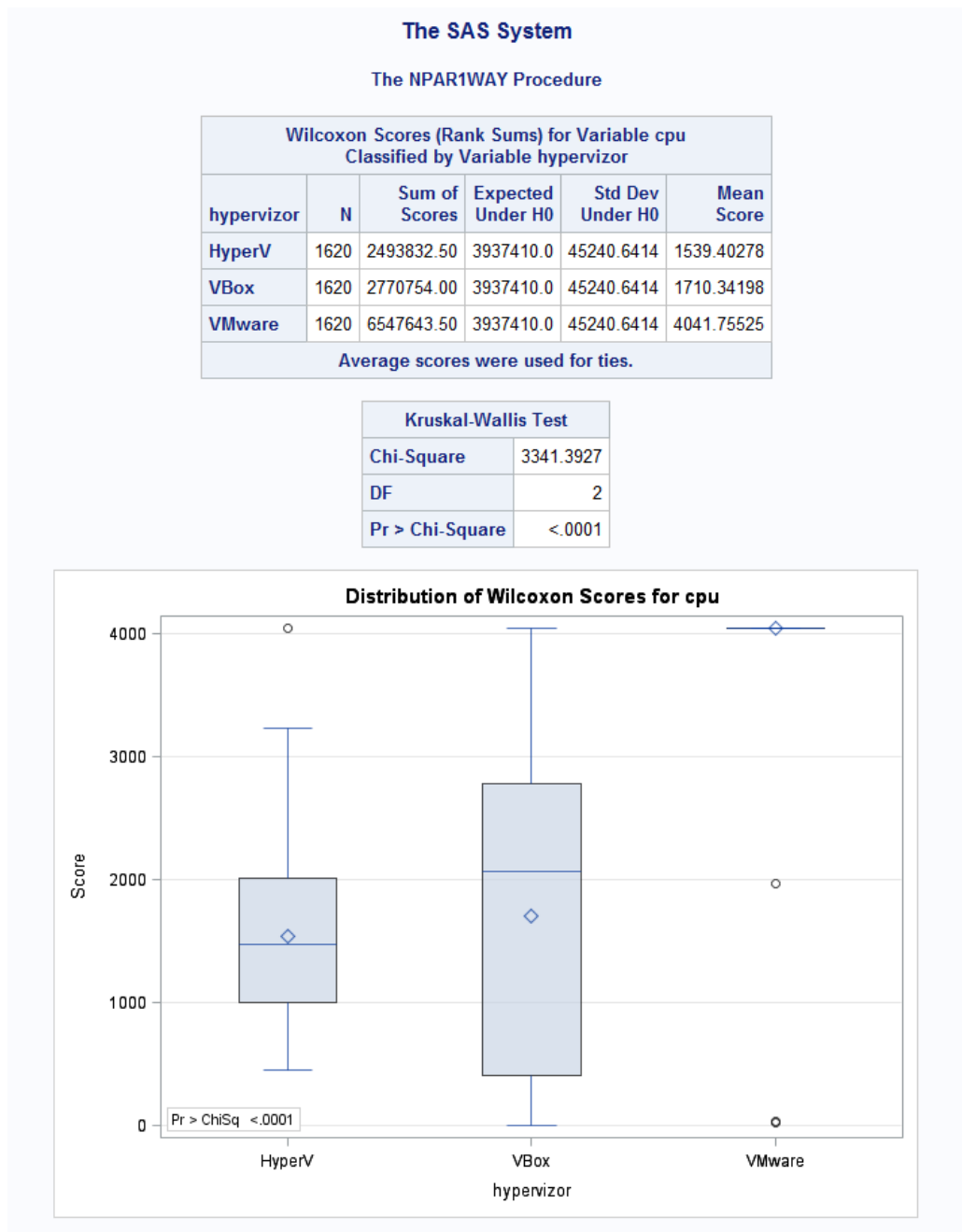
Obrázek 74 – K-W RAM Ubuntu

Interpretace výsledku

P (0,4491) hodnota je vyšší než alfa, H0 se nezamítá, hypervizory shodně využívají paměť při stresovém testu paměti.

10.10 Analýza rozptylu u souborů s výsledky ze stresového testování programem HeavyLoad

10.10.1 Příloha 79: KW CPU Windows



Obrázek 75 – K-W CPU Windows

Interpretace výsledku testu

P hodnota je menší než alfa, nulová hypotéza se zamítá.

10.10.2 Příloha 80: KW RAM Windows



Obrázek 76 – K-W RAM Windows

Interpretace výsledku testu

P hodnota je menší než alfa, nulová hypotéza se zamítá.

10.10.3 Příloha 81: KW Disk Windows



Obrázek 77 – K-W disk Windows

Interpretace výsledku testu

P hodnota je menší než alfa, nulová hypotéza se zamítá.

10.11 Testování normality rozdělení souborů z testování CPU cloudových virtuálních počítačů

10.11.1 Příloha 82: Azure CPU Normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.479567	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	126.1225	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	657.0742	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 78 – Azure CPU normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.11.2 Příloha 83: AWS CPU Normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.454929	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	122.1878	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	638.9237	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 79 – AWS CPU normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.11.3 Příloha 84: Google cloud CPU Normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.487558	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	127.1494	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	661.6869	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 80 – Google cloud CPU normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.12 Testy normality pro RAM (Cloud)

10.12.1 Příloha 85: Google cloud RAM Normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.091486	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	10.00687	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	75.07791	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 81 – Azure RAM normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.12.2 Příloha 86: AWS RAM Normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.090493	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	9.445454	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	70.80441	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 82 – AWS RAM normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.12.3 Příloha 87: Google cloud RAM Normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.089306	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	8.875652	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	69.19917	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 83 – Google cloud RAM normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.13 Testy normality pro Disk (Cloud)

10.13.1 Příloha 88: Azure disk normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.196452	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	42.21069	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	242.2115	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 84 – Azure disk normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.13.2 Příloha 89: AWS disk normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.239554	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	60.07593	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	317.8676	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 85 – AWS disk normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.13.3 Příloha 90: Google cloud disk normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.221542	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	52.13603	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	277.6832	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 86 – Google cloud disk normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.14 Testy normality pro Ping (Cloud)

10.14.1 Příloha 91: Azure ping normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.384905	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.311406	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	46.76591	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	244.2751	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 87 – Azure ping normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.14.2 Příloha 92: AWS ping normal

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.572525	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.258755	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	24.34394	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	136.3968	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 88 – AWS ping normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.14.3 Příloha 93: Google cloud ping normal

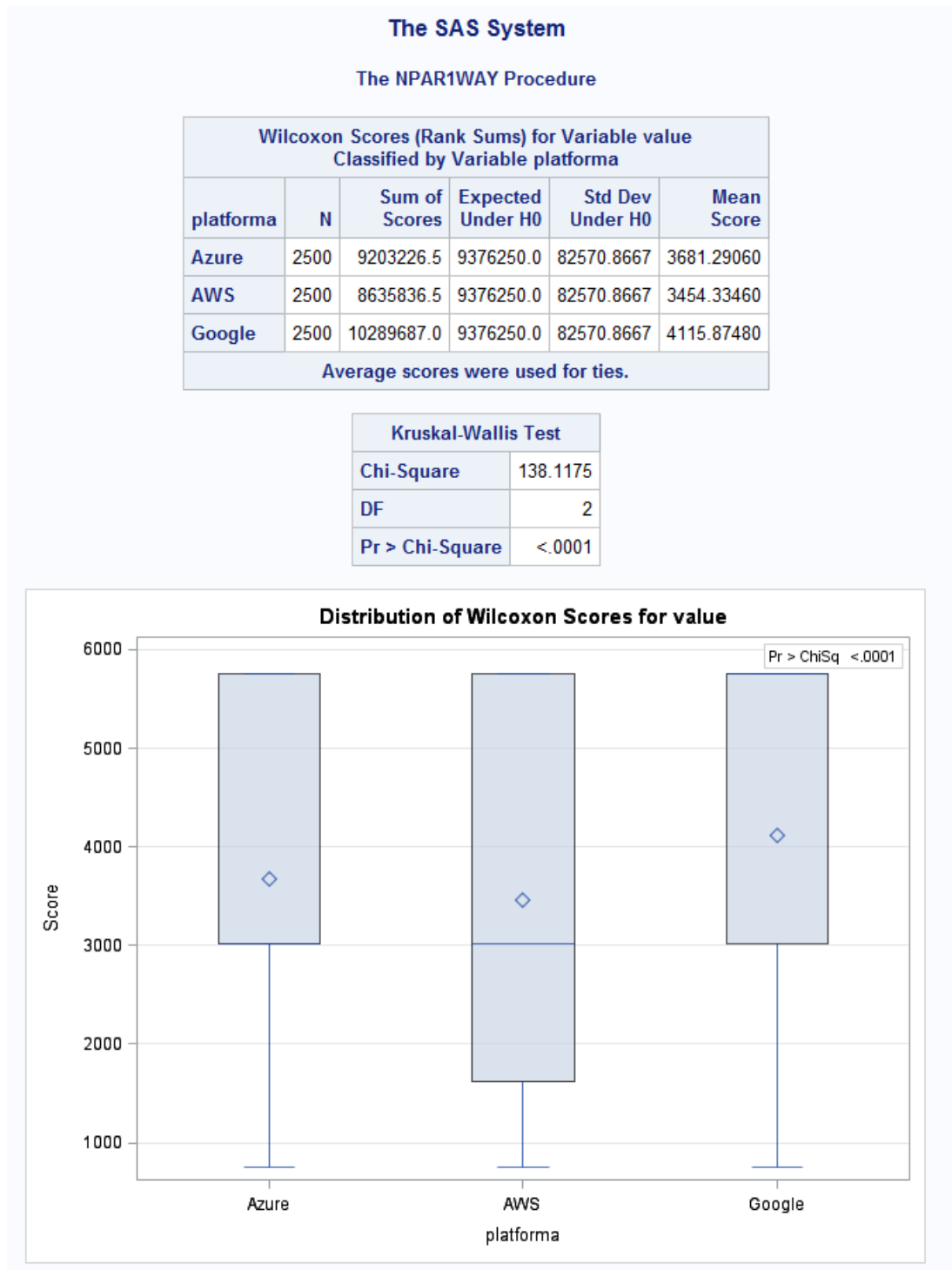
Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.822901	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.210203	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	14.64045	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	81.5581	Pr > A-Sq	<0.0050

Obrázek 89 – Google cloud ping normal

Interpretace výsledku: P hodnoty jsou menší než alfa, H0 se zamítá.

10.15 Kruskal-Wallisovy testy shodě průměru datových souborů z měření CPU, RAM, disku a pingu Cloudových virtuálních strojů

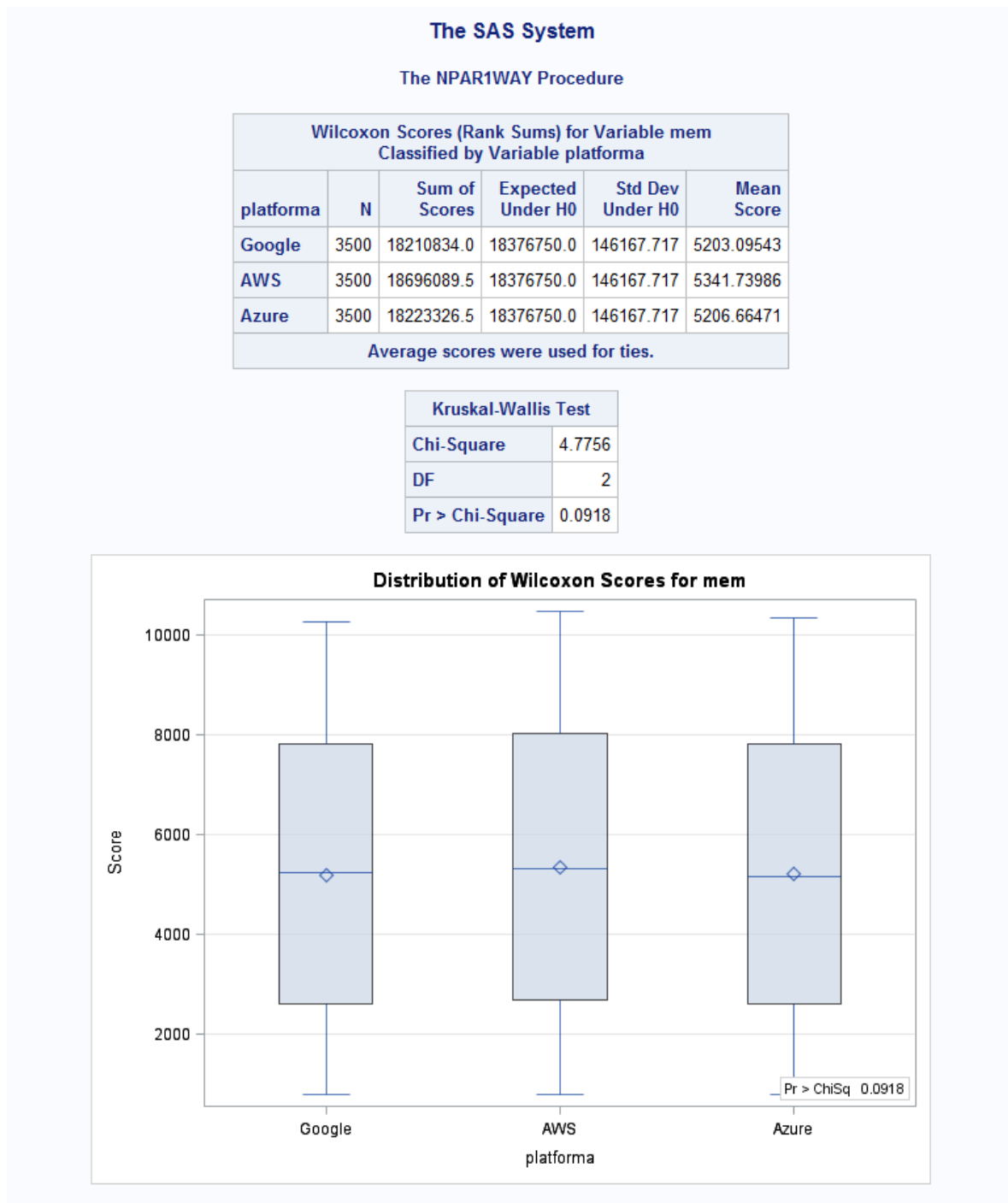
10.15.1 Příloha 94: K-W CPU Cloud



Obrázek 90 – K-W CPU Cloud

Interpretace výsledku: P hodnota je menší než alfa, H0 se zamítá

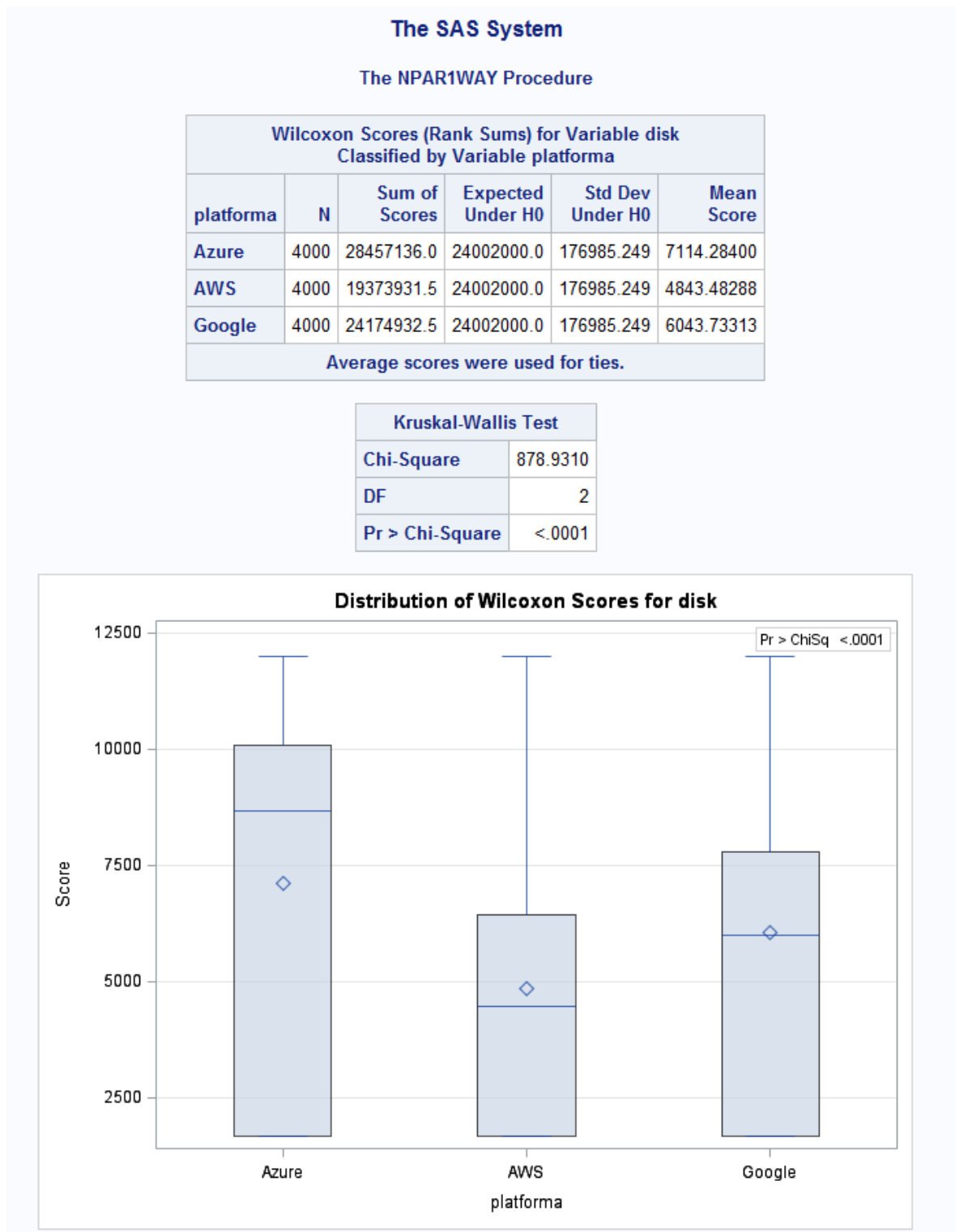
10.15.2 Příloha 95: K-W RAM Cloud



Obrázek 91 – K-W RAM Cloud

Interpretace výsledku: P hodnota je vyšší než alfa, H₀ se nezamítá

10.15.3 Příloha 96: K-W Disk Cloud



Obrázek 92 – K-W Disk Cloud

Interpretace výsledku: P hodnota je menší než alfa, H0 se zamítá

10.15.4 Příloha 97: K-W Ping Cloud



Obrázek 93 – K-W Ping Cloud

Interpretace výsledku: P hodnota je menší než alfa, H0 se zamítá

10.16 Tabulky pro AHP – lokální hypervizory

10.16.1 Příloha 98: AHP U1

		0,7	VirtualBox	Vmware	GP		
U1	VirtualBox		1	3	1,7320508	0,75	0,525
CPU	Vmware		1/3	1	0,5773503	0,25	0,175
MAX					2,3094011	1	0,7
		0,3	VirtualBox	Vmware	GP		
U1	VirtualBox		1	1/7	0,3779645	0,125	0,0375
Disk	Vmware		7	1	2,6457513	0,875	0,2625
MAX					3,0237158	1	0,3
U1	syntéza preferencí	Pořadí					
VirtualBox	0,5625		1				
Vmware	0,4375		2				

Tabulka 20 – AHP U1

10.16.2 Příloha 99: AHP U2

		0,7	VirtualBox	Vmware	GP		
U2	VirtualBox		1	1/3	0,5773503	0,25	0,175
CPU	Vmware		3	1	1,7320508	0,75	0,525
MIN					2,3094011	1	0,7
		0,3	VirtualBox	Vmware	GP		
U2	VirtualBox		1	1/7	0,3779645	0,125	0,0375
Disk	Vmware		7	1	2,6457513	0,875	0,2625
MAX					3,0237158	1	0,3
U2	syntéza preferencí	Pořadí					
VirtualBox	0,2125		2				
Vmware	0,7875		1				

Tabulka 21 – AHP U2

10.16.3 Příloha 100: AHP U3

		0,3	VirtualBox	Vmware	GP		
U3	VirtualBox		1	3	1,7320508	0,75	0,225
CPU	Vmware		1/3	1	0,5773503	0,25	0,075
MAX					2,3094011	1	0,3
		0,7	VirtualBox	Vmware	GP		
U3	VirtualBox		1	1/7	0,3779645	0,125	0,0875
Disk	Vmware		7	1	2,6457513	0,875	0,6125
MAX					3,0237158	1	0,7
U3	syntéza preferencí		Pořadí				
VirtualBox	0,3125		2				
Vmware	0,6875		1				

Tabulka 22 – AHP U3

10.16.4 Příloha 101: AHP U4

		0,3	VirtualBox	Vmware	GP		
U4	VirtualBox		1	1/3	0,5773503	0,25	0,075
CPU	Vmware		3	1	1,7320508	0,75	0,225
MIN					2,3094011	1	0,3
		0,7	VirtualBox	Vmware	GP		
U4	VirtualBox		1	1/7	0,3779645	0,125	0,0875
Disk	Vmware		7	1	2,6457513	0,875	0,6125
MAX					3,0237158	1	0,7
U4	syntéza preferencí		Pořadí				
VirtualBox	0,1625		2				
Vmware	0,8375		1				

Tabulka 23 – AHP U4

10.16.5 Příloha 102: AHP W1

W1										W1	synléza preferencí	Pořadí	
W1	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy					VirtualBox	0,34602519	2
CPU	VirtualBox	1	5	1/5	1	0,21849	0,131096621				Hyper-V	0,185800708	3
MAX	Hyper-V	1/5	1	1/7	0,30571071	0,0668	0,040077641				Vmware	0,468174102	1
	Vmware	5	7	1	3,27106631	0,71471	0,428825739						
					4,57677702	1	0,6						
W1	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy							
RAM	VirtualBox	1	1/3	5	1,1856311	0,29687	0,059373014						
MAX	Hyper-V	3	1	5	2,46621207	0,6175	0,123500845						
	Vmware	1/5	1/5	1	0,34199519	0,08563	0,017126141						
					3,99383837	1	0,2						
W1	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy							
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,155555556						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
					4,70482163	1	0,2						

Tabulka 24 – AHP W1

10.16.6 Příloha 103: AHP W2

W2										W2	synléza preferencí	Pořadí	
W2	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílicí váhy	vážené dílicí váhy					VirtualBox	0,327076173	2
CPU	VirtualBox	1	5	1/5	1	0,21849	0,131096621				Hyper-V	0,081733694	3
MAX	Hyper-V	1/5	1	1/7	0,30571071	0,0668	0,040077641				Vmware	0,591190133	1
	Vmware	5	7	1	3,27106631	0,71471	0,428825739						
					4,57677702	1	0,6						
W2	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílicí váhy	vážené dílicí váhy							
RAM	VirtualBox	1	3	1/5	0,84343267	0,20212	0,040423997						
MIN	Hyper-V	1/3	1	1/5	0,40548013	0,09717	0,01943831						
	Vmware	5	5	1	2,92401774	0,70071	0,140142172						
					4,17293064	1	0,2						
W2	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílicí váhy	vážené dílicí váhy							
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,155555556						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
					4,70482163	1	0,2						

Tabulka 25 – AHP W2

10.16.7 Příloha 104: AHP W3

W3										
W3	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené	dílčí váhy	W3	syntéza preferencí	Pořadí
CPU	VirtualBox	1	1/5	5	1	0,21849	0,131096621	VirtualBox	0,34602519	2
MIN	Hyper-V	5	1	7	3,27106631	0,71471	0,428825739	Hyper-V	0,574548806	1
	Vmware	1/5	1/7	1	0,30571071	0,0668	0,040077641	Vmware	0,079426004	3
					4,57677702	1	0,6			
W3	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené	dílčí váhy			
RAM	VirtualBox	1	1/3	5	1,1856311	0,29687	0,059373014			
MAX	Hyper-V	3	1	5	2,46621207	0,6175	0,123500845			
	Vmware	1/5	1/5	1	0,34199519	0,08563	0,017126141			
					3,9938837	1	0,2			
W3	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené	dílčí váhy			
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,155555556			
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222			
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222			
					4,70482163	1	0,2			

Tabulka 26 – AHP W3

10.16.8 Příloha 105: AHP W4

W4										W4	syntéza preferencí	Pořadí	
W4	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené	dílčí váhy				VirtualBox	0,327076173	2
GPU	VirtualBox	1	1/5	5	1	0,21849	0,131096621				Hyper-V	0,470481792	1
MIN	Hyper-V	5	1	7	3,27106631	0,71471	0,428825739				Vmware	0,202442035	3
	Vmware	1/5	1/7	1	0,30571071	0,0668	0,040077641						
					4,57677702	1	0,6						
W4	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené	dílčí váhy						
RAM	VirtualBox	1	3	1/5	0,84343267	0,20212	0,040423997						
MIN	Hyper-V	1/3	1	1/5	0,40548013	0,09717	0,019433831						
	Vmware	5	5	1	2,92401774	0,70071	0,140142172						
					4,17293054	1	0,2						
W4	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené	dílčí váhy						
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,155555556						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
					4,70482163	1	0,2						

Tabulka 27 – AHP W4

10.16.9 Příloha 106: AHP W5

W5										W5	synléza preferencí	Pořadí	
W5	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy					VirtualBox	0,37737347	2
CPU	VirtualBox	1	5	1/5	1	0,21849	0,043698874				Hyper-V	0,406083972	1
MAX	Hyper-V	1/5	1	1/7	0,30571071	0,0668	0,013359214				Vmware	0,216542557	3
	Vmware	5	7	1	3,27106631	0,71471	0,142941913						
					4,57677702	1	0,2						
W5	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy							
RAM	VirtualBox	1	1/3	5	1,1856311	0,29687	0,178119041						
MAX	Hyper-V	3	1	5	2,46621207	0,6175	0,370502536						
	Vmware	1/5	1/5	1	0,34199519	0,08563	0,051378422						
					3,99383837	1	0,6						
W5	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy							
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,155555556						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
					4,70482163	1	0,2						

Tabulka 28 – AHP W5

10.16.10

Příloha 107: AHP W6

W6										W6	synléza preferencí	Pořadí
W6	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy		VirtualBox	0,320526421	2
CPU	VirtualBox	1	5	1/5		1	0,21849	0,043688874		Hyper-V	0,093882929	3
MAX	Hyper-V	1/5	1	1/7		0,30571071	0,0668	0,0133359214		Vmware	0,585559065	1
	Vmware	5	7	1		3,27106631	0,71471	0,142941913				
						4,57677702	1	0,2				
W6	0,6	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy				
RAM	VirtualBox	1	3	1/5		0,84343267	0,20212	0,121271992				
MIN	Hyper-V	1/3	1	1/5		0,40548013	0,09717	0,058301493				
	Vmware	5	5	1		2,92401774	0,70071	0,420426515				
						4,17293054	1	0,6				
W6	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy				
disk	VirtualBox	1	7	7		3,65990571	0,77778	0,155555556				
MAX	Hyper-V	1/7	1	1		0,52275796	0,11111	0,022222222				
	Vmware	1/7	1	1		0,52275796	0,11111	0,022222222				
						4,70482163	1	0,2				

Tabulka 29 – AHP W6

10.16.11 Příloha 108: AHP W7

W7										W7	synléza preferencí	Pořadí
W7	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy		VirtualBox	0,37737347	2
CPU	VirtualBox	1	1/5	5		1	0,21849	0,043698874		Hyper-V	0,53566672	1
MIN	Hyper-V	5	1	7		3,27106631	0,71471	0,142941913		Vmware	0,086959858	3
	Vmware	1/5	1/7	1		0,30571071	0,0668	0,013359214				
						4,57677702	1	0,2				
W7	0,6	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy				
RAM	VirtualBox	1	1/3	5		1,1856311	0,29687	0,178119041				
MAX	Hyper-V	3	1	5		2,46621207	0,6175	0,370502536				
	Vmware	1/5	1/5	1		0,34199519	0,08563	0,051378422				
						3,99393837	1	0,6				
W7	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy				
disk	VirtualBox	1	7	7		3,65930571	0,77778	0,155555556				
MAX	Hyper-V	1/7	1	1		0,52275796	0,11111	0,022222222				
	Vmware	1/7	1	1		0,52275796	0,11111	0,022222222				
						4,70482163	1	0,2				

Tabulka 30 – AHP W7

10.16.12 Příloha 109: AHP W8

W8										W8	synéza preferencí	Pořadí	
W8	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy					VirtualBox	0,320526421	2
CPU	VirtualBox	1	1/5	5	1	0,21849	0,043698874				Hyper-V	0,223465628	3
MIN	Hyper-V	5	1	7	3,27106631	0,71471	0,142941913				Vmware	0,456007951	1
	Vmware	1/5	1/7	1	0,30571071	0,0668	0,013359214						
					4,57677702	1	0,2						
W8	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy							
RAM	VirtualBox	1	3	1/5	0,84343267	0,20212	0,121271992						
MIN	Hyper-V	1/3	1	1/5	0,40548013	0,09717	0,058301493						
	Vmware	5	5	1	2,92401774	0,70071	0,420426515						
					4,17293054	1	0,6						
W8	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy							
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,155555556						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,022222222						
					4,70482163	1	0,2						

Tabulka 31 – AHP W8

10.16.13 Příloha 110: AHP W9

W9										W9	synléza preferencí	Pořadí	
W9	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy					VirtualBox	0,5689738554	1
CPU	VirtualBox	1	5	1/5	1	0,21849	0,043698874				Hyper-V	0,203526726	3
MAX	Hyper-V	1/5	1	1/7	0,30571071	0,0668	0,0133359214				Vmware	0,22673472	2
	Vmware	5	7	1	3,27106631	0,71471	0,142941913						
					4,57677702	1	0,2						
W9	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy							
RAM	VirtualBox	1	1/3	5	1,1856311	0,29687	0,059373014						
MAX	Hyper-V	3	1	5	2,46621207	0,6175	0,123500845						
	Vmware	1/5	1/5	1	0,34199519	0,08563	0,017126141						
					3,99383837	1	0,2						
W9	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy							
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,466666667						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,066666667						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,066666667						
					4,70482163	1	0,6						

Tabulka 32 – AHP W9

10.16.14 Příloha 111: AHP W10

W10										W10	synléza preferencí	Pořadí
W10	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Díčí váhy	vážené díčí váhy		VirtualBox	0,550789538	1
CPU	VirtualBox	1	5	1/5		1	0,21849	0,043698874		Hyper-V	0,099459711	3
MAX	Hyper-V	1/5	1	1/7		0,30571071	0,0668	0,013359214		Vmware	0,349750751	2
	Vmware	5	7	1		3,27106631	0,71471	0,142941913				
						4,57677702	1	0,2				
W10	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Díčí váhy	vážené díčí váhy				
RAM	VirtualBox	1	3	1/5		0,84343267	0,20212	0,040423997				
MIN	Hyper-V	1/3	1	1/5		0,40548013	0,09717	0,019433831				
	Vmware	5	5	1		2,92401774	0,70071	0,140142172				
						4,17293054	1	0,2				
W10	0,6	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Díčí váhy	vážené díčí váhy				
disk	VirtualBox	1	7	7		3,65930571	0,77778	0,466666667				
MAX	Hyper-V	1/7	1	1		0,52275796	0,11111	0,066666667				
	Vmware	1/7	1	1		0,52275796	0,11111	0,066666667				
						4,70482163	1	0,6				

Tabulka 33 – AHP W10

10.16.15 Příloha 112: AHP W11

W11										W11	syntéza preferencí	Pořadí
W11	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Díčí váhy	vážené díčí váhy		VirtualBox	0,569738554	1
CPU	VirtualBox	1	1/5	5			0,21849	0,043698874		Hyper-V	0,333109425	2
MIN	Hyper-V	5	1	7			3,27106631	0,71471	0,142941913	Vmware	0,097152021	3
	Vmware	1/5	1/7	1			0,30571071	0,0668	0,013359214			
							4,57677702	1	0,2			
W11	0,2	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Díčí váhy	vážené díčí váhy				
RAM	VirtualBox	1	1/3	5			1,1856311	0,29687	0,059373014			
MAX	Hyper-V	3	1	5			2,46621207	0,6175	0,123500845			
	Vmware	1/5	1/5	1			0,34199519	0,08563	0,017126141			
							3,99383837	1	0,2			
W11	0,6	VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP		Díčí váhy	vážené díčí váhy				
disk	VirtualBox	1	7	7			3,65930571	0,77778	0,466666667			
MAX	Hyper-V	1/7	1	1			0,52275796	0,11111	0,066666667			
	Vmware	1/7	1	1			0,52275796	0,11111	0,066666667			
							4,70482163	1	0,6			

Tabulka 34 – AHP W11

10.16.16 Příloha 113: AHP W12

W12										W12	synéza preferencí	Pořadí	
W12	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy					VirtualBox	0,550789538	1
CPU	VirtualBox	1	1/5	5	1	0,21849	0,043698874				Hyper-V	0,229042411	2
MIN	Hyper-V	5	1	7	3,27106631	0,71471	0,142941913				Vmware	0,220168052	3
	Vmware	1/5	1/7	1	0,30571071	0,0668	0,013359214						
					4,57677702	1	0,2						
W12	0,2 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy							
RAM	VirtualBox	1	3	1/5	0,84343267	0,20212	0,040423997						
MIN	Hyper-V	1/3	1	1/5	0,40548013	0,09717	0,019433831						
	Vmware	5	5	1	2,92401774	0,70071	0,140142172						
					4,17293054	1	0,2						
W12	0,6 VirtualBox	Hyper-V	Vmware	GP	Díčí váhy	vážené díčí váhy							
disk	VirtualBox	1	7	7	3,65930571	0,77778	0,466666667						
MAX	Hyper-V	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,066666667						
	Vmware	1/7	1	1	0,52275796	0,11111	0,066666667						
					4,70482163	1	0,6						

Tabulka 35 – AHP W12

10.17.2 Příloha 115: AHP C2

C2									
	C2	0,6	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	ážené dílčí váhy	
	CPU	Azure	1	1	3	1,44225	0,428571429	0,257142857	
	MIN	AWS	1	1	3	1,44225	0,428571429	0,257142857	
		Google	1/3	1/3	1	0,48075	0,142857143	0,085714286	
						3,36525	1	0,6	
	C2	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	ážené dílčí váhy	
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107	0,714709565	0,095056372	
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571	0,066796068	0,008883877	
		Google	1/5	5	1	1	0,218494368	0,029059751	
						4,57678	1	0,133	
	C2	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	ážené dílčí váhy	
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635	0,29943056	0,039824264	
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431	0,077728777	0,010337927	
		Google	3	7	1	2,75892	0,622840664	0,082837808	
						4,42958	1	0,133	
	C2	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	ážené dílčí váhy	
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548	0,097169155	0,012923498	
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343	0,202119987	0,026881958	
		Google	5	5	1	2,92402	0,700710858	0,093194544	
						4,17293	1	0,133	
	C2	řada preferen	pořadí						
	Azure	0,40495	1						
	AWS	0,30325	2						
	Google	0,29081	3						

Tabulka 37 – AHP C2

10.17.3 Příloha 116: AHP C3

C3								
	C3	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	CPU	Azure	1	1	1/3	0,69336	0,2	0,0266
	MAX	AWS	1	1	1/3	0,69336	0,2	0,0266
		Google	3	3	1	2,08008	0,6	0,0798
						3,46681	1	0,133
	C3	0,6	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107	0,714709565	0,428825739
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571	0,066796068	0,040077641
		Google	1/5	5	1	1	0,218494368	0,131096621
						4,57678	1	0,6
	C3	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635	0,29943056	0,039824264
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431	0,077728777	0,010337927
		Google	3	7	1	2,75892	0,622840664	0,082837808
						4,42958	1	0,133
	C3	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548	0,097169155	0,012923498
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343	0,202119987	0,026881958
		Google	5	5	1	2,92402	0,700710858	0,093194544
						4,17293	1	0,133
	C3	syntéza preferencí	pořadí					
	Azure	0,508173501	1					
	AWS	0,103897526	3					
	Google	0,386928973	2					

Tabulka 38 – AHP C3

10.17.4 Příloha 117: AHP C4

C4								
	C4	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	CPU	Azure	1	1	3	1,44225	0,428571429	0,057
	MIN	AWS	1	1	3	1,44225	0,428571429	0,057
		Google	1/3	1/3	1	0,48075	0,142857143	0,019
						3,36525	1	0,133
	C4	0,6	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107	0,714709565	0,428825739
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571	0,066796068	0,040077641
		Google	1/5	5	1	1	0,218494368	0,131096621
						4,57678	1	0,6
	C4	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635	0,29943056	0,039824264
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431	0,077728777	0,010337927
		Google	3	7	1	2,75892	0,622840664	0,082837808
						4,42958	1	0,133
	C4	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548	0,097169155	0,012923498
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343	0,202119987	0,026881958
		Google	5	5	1	2,92402	0,700710858	0,093194544
						4,17293	1	0,133
	C4	řada preferenčních pořadí						
	Azure	0,53857	1					
	AWS	0,1343	3					
	Google	0,32613	2					

Tabulka 39 – AHP C4

10.17.5 Příloha 118: AHP C5

C5								
	C5	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	CPU	Azure	1	1	1/3	0,69336	0,2	0,0266
	MAX	AWS	1	1	1/3	0,69336	0,2	0,0266
		Google	3	3	1	2,08008	0,6	0,0798
						3,46681	1	0,133
	C5	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107	0,714709565	0,095056372
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571	0,066796068	0,008883877
		Google	1/5	5	1	1	0,218494368	0,029059751
						4,57678	1	0,133
	C5	0,6	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635	0,29943056	0,179658336
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431	0,077728777	0,046637266
		Google	3	7	1	2,75892	0,622840664	0,373704398
						4,42958	1	0,6
	C5	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548	0,097169155	0,012923498
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343	0,202119987	0,026881958
		Google	5	5	1	2,92402	0,700710858	0,093194544
						4,17293	1	0,133
	C5	syntéza preferencí	pořadí					
	Azure	0,314238206	2					
	AWS	0,109003101	3					
	Google	0,575758693	1					

Tabulka 40 – AHP C5

10.17.6 Příloha 119: AHP C6

C6								
	C6	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	CPU	Azure	1	1	3	1,44225	0,428571429	0,057
	MIN	AWS	1	1	3	1,44225	0,428571429	0,057
		Google	1/3	1/3	1	0,48075	0,142857143	0,019
						3,36525	1	0,133
	C6	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107	0,714709565	0,095056372
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571	0,066796068	0,008883877
		Google	1/5	5	1	1	0,218494368	0,029059751
						4,57678	1	0,133
	C6	0,6	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635	0,29943056	0,179658336
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431	0,077728777	0,046637266
		Google	3	7	1	2,75892	0,622840664	0,373704398
						4,42958	1	0,6
	C6	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548	0,097169155	0,012923498
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343	0,202119987	0,026881958
		Google	5	5	1	2,92402	0,700710858	0,093194544
						4,17293	1	0,133
	C6	syntéza preferencí	pořadí					
	Azure	0,344638206	2					
	AWS	0,139403101	3					
	Google	0,514958693	1					

Tabulka 41 – AHP C6

10.17.7 Příloha 120: AHP C7

C7								
	C7	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	CPU	Azure	1	1	1/3	0,69336	0,2	0,0266
	MAX	AWS	1	1	1/3	0,69336	0,2	0,0266
		Google	3	3	1	2,08008	0,6	0,0798
						3,46681	1	0,133
	C7	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107	0,714709565	0,095056372
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571	0,066796068	0,008883877
		Google	1/5	5	1	1	0,218494368	0,029059751
						4,57678	1	0,133
	C7	0,133	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635	0,29943056	0,039824264
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431	0,077728777	0,010337927
		Google	3	7	1	2,75892	0,622840664	0,082837808
						4,42958	1	0,133
	C7	0,6	Azure	AWS	Google	GP	Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548	0,097169155	0,058301493
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343	0,202119987	0,121271992
		Google	5	5	1	2,92402	0,700710858	0,420426515
						4,17293	1	0,6
	C7	syntéza preferencí	pořadí					
	Azure	0,219782129	2					
	AWS	0,167093796	3					
	Google	0,612124074	1					

Tabulka 42 – AHP C7

10.17.8 Příloha 121: AHP C8

C8									
	C8	0,133	Azure	AWS	Google	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	CPU	Azure	1	1	3	1,44225		0,428571429	0,057
	MIN	AWS	1	1	3	1,44225		0,428571429	0,057
		Google	1/3	1/3	1	0,48075		0,142857143	0,019
						3,36525		1	0,133
	C8	0,133	Azure	AWS	Google	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Disk	Azure	1	7	5	3,27107		0,714709565	0,095056372
	MAX	AWS	1/7	1	1/5	0,30571		0,066796068	0,008883877
		Google	1/5	5	1	1		0,218494368	0,029059751
						4,57678		1	0,133
	C8	0,133	Azure	AWS	Google	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Ping	Azure	1	7	1/3	1,32635		0,29943056	0,039824264
	Min	AWS	2/7	1	1/7	0,34431		0,077728777	0,010337927
		Google	3	7	1	2,75892		0,622840664	0,082837808
						4,42958		1	0,133
	C8	0,6	Azure	AWS	Google	GP		Dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Cena	Azure	1	1/3	1/5	0,40548		0,097169155	0,058301493
	Min	AWS	3	1	1/5	0,84343		0,202119987	0,121271992
		Google	5	5	1	2,92402		0,700710858	0,420426515
						4,17293		1	0,6
	C8	syntéza preferencí	pořadí						
	Azure	0,250182129	2						
	AWS	0,197493796	3						
	Google	0,551324074	1						

Tabulka 43 – AHP C8

10.18 Příkazy pro SAS

10.18.1 Příloha 122: Vložení dat pro SAS 9.4

```
data stress_cpu;  
input hodnota hypervizor $;  
datalines;  
100.0 VirtualBox  
99.7 VirtualBox  
99.3 VirtualBox  
31.2 VirtualBox  
0.0 VirtualBox  
100.0 VirtualBox  
99.7 VirtualBox  
99.5 VirtualBox  
97.7 VirtualBox  
0.0 VirtualBox  
99.8 VirtualBox  
99.5 VirtualBox  
99.2 VirtualBox  
75.0 VirtualBox  
0.0 VirtualBox  
100.0 VirtualBox  
99.5 VirtualBox  
99.3 VirtualBox
```

Obrázek 94 – vložení dat do SAS 9.4

10.18.2 Příloha 123: Statistické testy v SAS 9.4

```
;  
proc univariate data=stress_cpu normal plot;  
var hodnota;  
class hypervizor;  
proc npar1way data=stress_cpu wilcoxon;  
class hypervizor;  
var hodnota;  
run;  
proc boxplot data=stress_cpu;  
plot hodnota*hypervizor;  
run;
```

Obrázek 95 – příkazy na statistické testy v SAS 9.4

10.19 Výstupy SAS 9.4 pro průzkumovou analýzu cloudových VMs

10.19.1 Příloha 124: AWS CPU 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: value
platforma = AWS

Moments			
N	2500	Sum Weights	2500
Mean	79.56284	Sum Observations	198907.1
Std Deviation	39.8059084	Variance	1584.51035
Skewness	-1.4980121	Kurtosis	0.24840345
Uncorrected SS	19785305.1	Corrected SS	3959691.36
Coeff Variation	50.0307787	Std Error Mean	0.79611817

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	79.5628	Std Deviation	39.80591
Median	99.7000	Variance	1585
Mode	100.0000	Range	100.00000
		Interquartile Range	2.70000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	99.93848	Pr > t 	<.0001
Sign	M	1000	Pr >= M 	<.0001
Signed Rank	S	1000500	Pr >= S 	<.0001

Obrázek 96 – AWS CPU 1

10.19.2 Příloha 125: AWS CPU 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	100.0
50% Median	99.7
25% Q1	97.3
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	5000	100	4506
0	4995	100	4566
0	4990	100	4616
0	4985	100	4617
0	4980	100	4796

Obrázek 97 – AWS CPU 2

10.19.3 Příloha 126: Azure CPU 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: value
platforma = Azure

Moments			
N	2500	Sum Weights	2500
Mean	79.83432	Sum Observations	199585.8
Std Deviation	39.9329679	Variance	1594.64193
Skewness	-1.499605	Kurtosis	0.25067725
Uncorrected SS	19918806.8	Corrected SS	3985010.18
Coeff Variation	50.0198009	Std Error Mean	0.79865936

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	79.8343	Std Deviation	39.93297
Median	99.7000	Variance	1595
Mode	100.0000	Range	100.00000
		Interquartile Range	0.30000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	99.96041	Pr > t	<.0001
Sign	M	1000	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	1000500	Pr >= S	<.0001

Obrázek 98 – Azure CPU 1

10.19.4 Příloha 127: Azure CPU 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	100.0
50% Median	99.7
25% Q1	99.7
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	2500	100	2486
0	2495	100	2487
0	2490	100	2491
0	2485	100	2492
0	2480	100	2496

Obrázek 99 – Azure CPU 2

10.19.5 Příloha 128: Google cloud CPU 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: value
platforma = Google

Moments			
N	2500	Sum Weights	2500
Mean	79.92948	Sum Observations	199823.7
Std Deviation	39.9729293	Variance	1597.83508
Skewness	-1.5008643	Kurtosis	0.25285588
Uncorrected SS	19964794.3	Corrected SS	3992989.86
Coeff Variation	50.0102457	Std Error Mean	0.79945859

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	79.9295	Std Deviation	39.97293
Median	100.0000	Variance	1598
Mode	100.0000	Range	100.00000
		Interquartile Range	0.30000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	99.97951	Pr > t	<.0001
Sign	M	1000	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	1000500	Pr >= S	<.0001

Obrázek 100 – Google CPU 1

10.19.6 Příloha 129: Google cloud CPU 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	100.0
99%	100.0
95%	100.0
90%	100.0
75% Q3	100.0
50% Median	100.0
25% Q1	99.7
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	7500	100	7491
0	7495	100	7496
0	7490	100	7497
0	7485	100	7498
0	7480	100	7499

Obrázek 101 – Google CPU 2

10.19.7 Příloha 130: AWS RAM 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: mem
platforma = AWS

Moments			
N	3500	Sum Weights	3500
Mean	5.83737143	Sum Observations	20430.8
Std Deviation	4.36365683	Variance	19.0415009
Skewness	0.13800202	Kurtosis	-1.3111311
Uncorrected SS	185888.38	Corrected SS	66626.2118
Coeff Variation	74.7537978	Std Error Mean	0.07375926

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	5.837371	Std Deviation	4.36366
Median	5.600000	Variance	19.04150
Mode	0.000000	Range	13.50000
		Interquartile Range	8.00000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	79.14086	Pr > t	<.0001
Sign	M	1491.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2225318	Pr >= S	<.0001

Obrázek 102 - AWS RAM 1

10.19.8 Příloha 131: AWS RAM 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	13.5
99%	13.4
95%	12.8
90%	12.0
75% Q3	9.7
50% Median	5.6
25% Q1	1.7
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	7000	13.5	6191
0	6993	13.5	6283
0	6986	13.5	6302
0	6979	13.5	6609
0	6972	13.5	6715

Obrázek 103 – AWS RAM 2

10.19.9 Příloha 132: Azure RAM 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: mem
platforma = Azure

Moments			
N	3500	Sum Weights	3500
Mean	5.64245714	Sum Observations	19748.6
Std Deviation	4.23716362	Variance	17.9535555
Skewness	0.12253986	Kurtosis	-1.334591
Uncorrected SS	174250.12	Corrected SS	62819.4909
Coeff Variation	75.0942987	Std Error Mean	0.07162114

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	5.642457	Std Deviation	4.23716
Median	5.400000	Variance	17.95356
Mode	0.000000	Range	13.00000
		Interquartile Range	7.80000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	78.78201	Pr > t 	<.0001
Sign	M	1478	Pr >= M 	<.0001
Signed Rank	S	2185223	Pr >= S 	<.0001

Obrázek 104 – Azure RAM 1

10.19.10 Příloha 133: Azure RAM 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	13.0
99%	13.0
95%	12.3
90%	11.6
75% Q3	9.4
50% Median	5.4
25% Q1	1.6
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	10500	13	9983
0	10493	13	10161
0	10486	13	10259
0	10479	13	10274
0	10472	13	10350

Obrázek 105 – Azure RAM 2

10.19.11 Příloha 134: Google cloud RAM 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: mem
platforma = Google

Moments			
N	3500	Sum Weights	3500
Mean	5.63111429	Sum Observations	19708.9
Std Deviation	4.1865734	Variance	17.5273969
Skewness	0.11810479	Kurtosis	-1.3063005
Uncorrected SS	172311.43	Corrected SS	61328.3617
Coeff Variation	74.3471575	Std Error Mean	0.07076601

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	5.631114	Std Deviation	4.18657
Median	5.500000	Variance	17.52740
Mode	0.000000	Range	12.90000
		Interquartile Range	7.80000

Tests for Location: $\mu_0=0$				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	79.57372	Pr > t	<.0001
Sign	M	1488	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2214888	Pr >= S	<.0001

Obrázek 106 – Google RAM 1

10.19.12 Příloha 135: Google Cloud RAM 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	12.9
99%	12.9
95%	12.3
90%	11.6
75% Q3	9.4
50% Median	5.5
25% Q1	1.6
10%	0.0
5%	0.0
1%	0.0
0% Min	0.0

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	3500	12.9	2965
0	3493	12.9	3015
0	3486	12.9	3033
0	3479	12.9	3222
0	3472	12.9	3284

Obrázek 107 – Google RAM 2

10.19.13 Příloha 136: AWS Disk 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
platforma = AWS

Moments			
N	4000	Sum Weights	4000
Mean	20.020985	Sum Observations	80083.94
Std Deviation	17.7783691	Variance	316.070406
Skewness	2.01597308	Kurtosis	8.43857378
Uncorrected SS	2867324.92	Corrected SS	1263965.56
Coeff Variation	88.7986733	Std Error Mean	0.2811007

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	20.02098	Std Deviation	17.77837
Median	21.42000	Variance	316.07041
Mode	0.00000	Range	155.29000
		Interquartile Range	24.23000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	71.22353	Pr > t	<.0001
Sign	M	1453.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2113389	Pr >= S	<.0001

Obrázek 108 – AWS Disk 1

10.19.14 Příloha 137: AWS Disk 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	155.290
99%	91.855
95%	51.680
90%	31.625
75% Q3	24.230
50% Median	21.420
25% Q1	0.000
10%	0.000
5%	0.000
1%	0.000
0% Min	0.000

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	8000	130.55	4683
0	7999	131.27	5245
0	7992	132.26	7429
0	7991	154.36	4685
0	7988	155.29	4681

Obrázek 109 – AWS Disk 2

10.19.15 Příloha 138: Azure Disk 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
platforma = Azure

Moments			
N	4000	Sum Weights	4000
Mean	24.8985162	Sum Observations	99594.0647
Std Deviation	21.7478382	Variance	472.968468
Skewness	2.51861914	Kurtosis	20.0382885
Uncorrected SS	4371145.33	Corrected SS	1891400.9
Coeff Variation	87.3459209	Std Error Mean	0.34386352

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	24.89852	Std Deviation	21.74784
Median	28.58000	Variance	472.96847
Mode	0.00000	Range	320.37000
		Interquartile Range	32.37000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	72.40814	Pr > t	<.0001
Sign	M	1438.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2070002	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.196452	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	42.21069	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	242.2115	Pr > A-Sq	<0.0050

10.19.16 Příloha 139: Azure Disk 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	320.370
99%	101.735
95%	54.065
90%	39.790
75% Q3	32.370
50% Median	28.580
25% Q1	0.000
10%	0.000
5%	0.000
1%	0.000
0% Min	0.000

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	4000	185.95	2489
0	3999	197.04	1162
0	3992	207.08	3020
0	3991	270.09	3243
0	3984	320.37	3242

Obrázek 111 - Azure Disk 2

10.19.17 Příloha 140: Google Cloud Disk 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: disk
platforma = Google

Moments			
N	4000	Sum Weights	4000
Mean	23.0167925	Sum Observations	92067.17
Std Deviation	20.0908716	Variance	403.643122
Skewness	2.03269228	Kurtosis	10.7436255
Uncorrected SS	3733259.79	Corrected SS	1614168.84
Coeff Variation	87.287886	Std Error Mean	0.31766457

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	23.01679	Std Deviation	20.09087
Median	24.08000	Variance	403.64312
Mode	0.00000	Range	227.34000
		Interquartile Range	26.59000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	72.45628	Pr > t	<.0001
Sign	M	1448.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	2098877	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.221542	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	52.13603	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	277.6832	Pr > A-Sq	<0.0050

10.19.18 Příloha 141: Google Cloud Disk 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	227.340
99%	95.675
95%	58.775
90%	39.010
75% Q3	26.590
50% Median	24.080
25% Q1	0.000
10%	0.000
5%	0.000
1%	0.000
0% Min	0.000

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
0	12000	154.97	9122
0	11999	160.79	8629
0	11992	163.48	8138
0	11991	217.66	8141
0	11984	227.34	8142

Obrázek 113 – Google disk 2

10.19.19 Příloha 142: AWS Ping 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: ping
platforma = AWS

Moments			
N	1725	Sum Weights	1725
Mean	43.0266667	Sum Observations	74221
Std Deviation	2.49160695	Variance	6.20810518
Skewness	4.44477094	Kurtosis	97.7851264
Uncorrected SS	3204185	Corrected SS	10702.7733
Coeff Variation	5.79084354	Std Error Mean	0.05999085

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	43.02667	Std Deviation	2.49161
Median	43.00000	Variance	6.20811
Mode	43.00000	Range	77.00000
		Interquartile Range	2.00000

Tests for Location: $\mu_0=0$				
Test		Statistic	p Value	
Student's t	t	717.2205	Pr > t	<.0001
Sign	M	862.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	744337.5	Pr >= S	<.0001

Obrázek 114 – AWS Ping 1

10.19.20 Příloha 143: AWS Ping 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	87
99%	51
95%	46
90%	44
75% Q3	44
50% Median	43
25% Q1	42
10%	41
5%	41
1%	40
0% Min	10

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
10	2128	59	1895
28	1949	60	1732
37	1889	63	2491
38	2549	76	1773
39	2654	87	1925

Obrázek 115 – AWS Ping 2

10.19.21 Příloha 144: Azure Ping 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: ping
platforma = Azure

Moments			
N	1725	Sum Weights	1725
Mean	27.6597101	Sum Observations	47713
Std Deviation	4.15305005	Variance	17.2478247
Skewness	9.73847144	Kurtosis	140.867084
Uncorrected SS	1349463	Corrected SS	29735.2499
Coeff Variation	15.0147996	Std Error Mean	0.09999369

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	27.65971	Std Deviation	4.15305
Median	27.00000	Variance	17.24782
Mode	28.00000	Range	87.00000
		Interquartile Range	2.00000

Tests for Location: Mu0=0				
Test		Statistic	p Value	
Student's t	t	276.6145	Pr > t	<.0001
Sign	M	862.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	744337.5	Pr >= S	<.0001

Obrázek 116 – Azure Ping 1

10.19.22 Příloha 145: Azure Ping 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	98
99%	38
95%	31
90%	29
75% Q3	28
50% Median	27
25% Q1	26
10%	26
5%	25
1%	25
0% Min	11

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
11	855	75	858
11	568	76	267
11	264	87	1222
12	1225	97	276
12	1037	98	1049

Obrázek 117 – Azure Ping 2

10.19.23 Příloha 146: Google Cloud Ping 1

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: ping
platforma = Google

Moments			
N	1725	Sum Weights	1725
Mean	24.8463768	Sum Observations	42860
Std Deviation	2.8637151	Variance	8.20086419
Skewness	2.13389793	Kurtosis	8.56380514
Uncorrected SS	1079054	Corrected SS	14138.2899
Coeff Variation	11.5256849	Std Error Mean	0.06895016

Basic Statistical Measures			
Location		Variability	
Mean	24.84638	Std Deviation	2.86372
Median	24.00000	Variance	8.20086
Mode	24.00000	Range	30.00000
		Interquartile Range	3.00000

Tests for Location: Mu0=0				
Test	Statistic		p Value	
Student's t	t	360.3527	Pr > t	<.0001
Sign	M	862.5	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S	744337.5	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.822901	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.210203	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	14.64045	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	81.5581	Pr > A-Sq	<0.0050

10.19.24 Příloha 146: Google Cloud Ping 2

Quantiles (Definition 5)	
Level	Quantile
100% Max	50
99%	34
95%	31
90%	29
75% Q3	26
50% Median	24
25% Q1	23
10%	22
5%	22
1%	21
0% Min	20

Extreme Observations			
Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
20	4956	39	3817
20	4944	40	3738
20	4494	41	4290
20	4460	48	4329
20	4163	50	4562

Obrázek 119 – Google Ping 2