

# USPOREDBA LINUX I MICROSOFT POSLUŽITELJSKE INFRASTRUKTURE KAO POTPORE POSLOVANJU MALIH TVRTKI

---

Stanešić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Algebra University College / Visoko učilište Algebra**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:225:716198>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Algebra University - Repository of Algebra University](#)



**VISOKO UČILIŠTE ALGEBRA**

ZAVRŠNI RAD

**Usporedba Linux i Microsoft poslužiteljske  
infrastrukture kao potpore poslovanju  
malih tvrtki**

Josip Stanešić

Zagreb, veljača 2020.



*Pod punom odgovornošću pismeno potvrđujem da je ovo moj autorski rad čiji niti jedan dio nije nastao kopiranjem ili plagiranjem tuđeg sadržaja. Prilikom izrade rada koristio sam tuđe materijale navedene u popisu literature, ali nisam kopirao niti jedan njihov dio, osim citata za koje sam naveo autora i izvor, te ih jasno označio znakovima navodnika. U slučaju da se u bilo kojem trenutku dokaže suprotno, spreman sam snositi sve posljedice, uključivo i poništenje javne isprave stečene dijelom i na temelju ovoga rada.*

*U Zagrebu 1. veljače 2020.*

*Josip Stanešić*

# Predgovor

Želio bih se zahvaliti svom mentoru i profesoru Vedranu Dakiću, profesorima Silviju Papiću i Jasminu Redžepagiću kao i svim ostalim profesorima na uloženom trudu, prenesenom znanju i odličnom preddiplomskom studiju. Također se želim zahvaliti obitelji na svojoj podršci pruženoj tijekom studija.

**Prilikom uvezivanja rada umjesto ove stranice ne zaboravite umetnuti original potvrde o prihvaćanju teme završnog rada kojeg ste preuzeli u studentskoj referadi**

## Sažetak

Male tvrtke osnova su ekonomije Europe. U suvremenom poslovanju IT tehnologija i samim time IT infrastruktura nužni su za poslovanje čak i u tvrtkama kojima osnovna djelatnost nije u području informacijsko-komunikacijskih tehnologija. S obzirom na važnost IT infrastrukture bitan je njen odabir. U ovom radu uspoređene su IT infrastrukture bazirane na Linux i Microsoft tehnologijama za referentnu tvrtku kako bi se omogućio lakši odabir malim tvrtkama.

Usporedba se sastoji od tri dijela: usporedbe poslužiteljskih operacijskih sustava, usporedbe servisa i usporedbe klijentskih operacijskih sustava. U usporedbi poslužiteljskih operacijskih sustava uspoređeni su Windows Server 2016 i CentOS 7. U usporedbi servisa uspoređeni su servisi dostupni na Linux i Windows operacijskim sustavima te su, gdje je to moguće, uspoređene i alternative. Kad se radi o klijentskim operacijskim sustavima, uspoređeni su Windows 10 i CentOS 7.

Usporedbom smo ustanovili da su sustavi CentOS 7 jeftiniji, manje zahtjevni, sigurniji i imaju manje vrijeme nedostupnosti tijekom ažuriranja, dok sustavi Windows imaju bolju podršku i dokumentaciju, lakše ih je administrirati i održavati te je više korisnika upoznato s radom na operacijskim sustavima Windows. Za referentnu tvrtku predložena je hibridna infrastruktura te je zaključeno da se prilikom odabira infrastrukture ne treba ograničavati na samo jednu tehnologiju, već treba zajedno iskoristiti Linux i Microsoftove tehnologije kako bismo zajedničkim korištenjem ostvarili prednosti obju tehnologija i nadopunili njihove nedostatke u svrhu ostvarivanja potreba svake tvrtke.

**Ključne riječi:** Linux, Microsoft, mala tvrtka.

# Summary

Small business is the cornerstone of European economy. IT technology and IT infrastructure became a business necessity even in the companies whose main activity is not in the ICT field. Given the importance of IT infrastructure, it is very important to make a wise choice. This paper compares Linux and Microsoft based IT infrastructures for a reference company to help small businesses make the right choice. The comparison consists of three parts: comparison of server operating systems, comparison of services, and comparison of client operating systems. While comparing server operating systems, the comparison was made between Windows Server 2016 and CentOS 7. As far as services are concerned, services available on Linux and Windows Server 2016 were compared, but also some alternatives, where possible. In comparison of client operating systems, Windows 10 and CentOS 7 were compared. By comparison, CentOS 7 systems are cheaper, less demanding, more secure, and have less downtime during updates, while Windows systems have better support and documentation, are easier to administer and maintain, and more users are familiar with working on Windows operating systems. A hybrid infrastructure was proposed for the reference company and it was concluded that the choice of infrastructure should not be limited to a single technology, but should jointly utilize Linux and Microsoft technologies to share the benefits of both technologies and complement their disadvantages to meet the needs of each company.

**Key words:** Linux, Microsoft, small business.



# Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Potreba malih tvrtki za IT infrastrukturom.....	2
2.1.	Osnovni IT servisi potrebni malim tvrtkama.....	3
2.1.1.	Pohrana podataka.....	3
2.1.2.	Elektronička pošta .....	3
2.1.3.	Web-stranica.....	3
2.1.4.	Ostali servisi .....	4
2.2.	Referentna tvrtka .....	6
3.	Kriteriji usporedbe.....	8
3.1.	Poslužiteljski operacijski sustavi.....	8
3.2.	Servisi.....	12
3.3.	Klijentski operacijski sustavi.....	13
4.	Usporedba.....	16
4.1.	Poslužiteljski operacijski sustavi.....	16
4.1.1.	Cijena licence .....	16
4.1.2.	Sistemske zahtjevi.....	17
4.1.3.	Podrška i dokumentacija.....	18
4.1.4.	Kompleksnost administracije .....	19
4.1.5.	Vrijeme nedostupnosti zbog ažuriranja .....	20
4.1.6.	Sigurnost.....	22
4.2.	Servisi.....	23
4.2.1.	Microsoft okruženje.....	24
4.2.2.	Linux okruženje.....	31

4.3. Klijentski operacijski sustavi.....	38
5. Implementacija odabrane infrastrukture .....	41
Zaključak .....	43
Popis kratica .....	46
Popis slika.....	47
Popis tablica.....	48
Literatura .....	49

# 1. Uvod

IT infrastruktura sastavni je dio svake tvrtke, neovisno o njenoj veličini i djelatnosti. Cilj je svake IT infrastrukture biti potpora poslovanju. Dobro planirana i implementirana IT infrastruktura pruža mnoge prednosti, kao što su smanjeni troškovi infrastrukture i licenci, veća dostupnost, manje administracije, veće performanse, povećana produktivnost zaposlenika te lakše ostvarivanje ciljeva organizacije.

Svrha je ovog rada usporediti Linux i Microsoft operacijske sustave, odnosno infrastrukture koje se tim tehnologijama postižu, kako bi se olakšalo planiranje i uspostava IT infrastrukture optimalne za male tvrtke. Kako bi se predstavile potrebe i olakšala usporedba, izmišljena je referentna tvrtka Imperij d.o.o. te je usporedba rađena tako da se pokaže kako najbolje zadovoljiti potrebe referentne tvrtke, a samim time i potrebe svih malih tvrtki.

Od verzija operacijskih sustava odabrani su RedHat 7 odnosno njegova besplatna verzija CentOS 7, Windows Server 2016 i Windows 10. IT infrastruktura koja je definirana sastoji se od mnogih servisa koji pomažu poslovanju – u ovom ćemo se radu zbog prevelikog broja naprednih servisa ograničiti samo na one osnovne.

## 2. Potreba malih tvrtki za IT infrastrukturom

Male i srednje tvrtke osnova su ekonomije Europe. „One predstavljaju 99 % svih poslova u Europskoj uniji.“ [1] Razvojem informatičkih tehnologija, a ponajviše interneta, promijenili su se zahtjevi i očekivanja korisnika od tvrtki svih veličina, pa tako i malih. Razvili su se novi načini podrške poslovanju i mogućnosti suradnje između zaposlenika, ali i samih tvrtki.

„Informacijska tehnologija koristi se kao ključni resurs kojim organizacija može dugotrajno osigurati rast, povećanje prihoda i konkurentnost na tržištu. Potencijal suvremenih informacijskih tehnologija jest u tome da one mogu omogućiti stvari koje bez njih uopće ne radimo i posredno stvoriti tržište koje prije toga nije niti postojalo“. [2] Korištenjem odgovarajuće IT infrastrukture omogućeno je iskorištavanje prednosti koje donose nove tehnologije.

Cilj je ovog rada objasniti i usporediti Microsoft i Linux kao dva najčešća operacijska sustava, odnosno ekosustava jer su OS poslužitelja, servisi koje poslužitelj nudi i na kraju sam OS klijenta povezani u infrastrukturu koja služi zadovoljenju zahtjeva svake tvrtke.

Važno je definirati što točno znači „mala tvrtka“ jer taj pojam nosi različita značenja, a u ovom radu koristit ćemo preporuku Europske komisije: „U SME kategoriji mala tvrtka definirana je kao tvrtka koja zapošljava manje od 50 zaposlenika i čiji godišnji poslovni promet i/ili godišnja bilanca ne prelazi 10 milijuna eura.“ [3] U 2018. osnovano je 14 267 poduzeća, gotovo tisuću više nego 2017. Ukupno, pokazuju podaci DZS-a, upravo su trgovačka društva na kraju prošle godine činila većinu registriranih poslovnih subjekata u Hrvatskoj. Od 149 973 aktivnih poslovnih subjekata, čak su 126 982 trgovačka društva.“ [4] Svaka od tih novoosnovanih tvrtki ima potrebu za određenim IT servisima u svom poslovanju, ali određeni dio servisa je nužan i te servise nazivamo osnovnim IT servisima.

Nabrojati same IT servise bez objašnjenja za što ih koristimo ne bi bilo korisno. IT servisi ne služe sami sebi, već poslovanju. Kako bismo lakše analizirali potencijalne potrebe poslovanja, za potrebe ovog rada izmišljena je referentna tvrtka Imperij d.o.o. čije će potrebe biti analizirane i usporedba rađena kao da govorimo o stvarnoj tvrtki. Kako bismo prepoznali osnovne IT servise, moramo prepoznati osnovne potrebe u poslovanju većine malih tvrtki. Dio servisa možda i nije nužan tvrtki na samom početku, ovisno o početnom broju zaposlenih, ali implementacijom tih servisa na početku smanjuje se potreba za administracijom kasnije.

## **2.1. Osnovni IT servisi potrebni malim tvrtkama**

### **2.1.1. Pohrana podataka**

Svaka tvrtka ima potrebu za pohranom i razmjenom podataka. Podaci moraju biti osigurani od gubitka i visoko dostupni. Da bismo osigurali podatke od gubitka, potrebno je osmisliti strategiju i implementirati rješenje za sigurnosno kopiranje (engl. *backup*).

Dijeljenje podataka ostvaruje se pomoću datotečnih poslužitelja (engl. *file servers*) koji omogućuju centralnu pohranu podataka i lakše upravljanje pravima pristupa. Kreiranje sigurnosnih kopija podataka iz tako konfiguriranih poslužitelja mnogo je lakše jer se datoteke nalaze na jednom mjestu. Korištenjem datotečnih poslužitelja lakše je i osigurati dostupnost podataka korištenjem tehnologija za visoku dostupnost. Datotečni poslužitelji obično koriste jedan od dva protokola: Network File System (NFS) ili Server Message Block (SMB). Uobičajeno je korištenje NFS protokola u Linux okruženjima, a SMB protokola u Windows okruženjima. Moguće je i korištenje SMB protokola u Linux okruženju i korištenje NFS protokola u Windows okruženju.

### **2.1.2. Elektronička pošta**

Elektronička pošta (engl. *email*) važno je sredstvo komunikacije u poslovnom okruženju i suvremeno je poslovanje nezamislivo bez nje. Uz to, elektronička pošta ostavlja trag - trajnu potvrdu o komunikaciji. Tvrtke imaju dva izbora: koristiti tj. uspostaviti i održavati vlastiti servis elektroničke pošte (sami ga hostati) ili platiti nekome drugome da to radi za njih. Ako želimo koristiti vlastitu domenu, moramo je registrirati. Adresa elektroničke pošte je u obliku korisnik@domena i u poslovnoj komunikaciji preporučljivo je koristiti vlastitu domenu. Korištenje vlastite domene dolazi s mnogim prednostima: komunikacija putem elektroničke pošte izgleda mnogo profesionalnije, za razliku od korištenja besplatnih pružatelja usluge elektroničke pošte koji dolaze s unaprijed definiranom domenom, smanjuje se mogućnost da se naša elektronička pošta prepozna kao spam te uvijek možemo promijeniti pružatelja usluge jer smo mi vlasnici domene.

### **2.1.3. Web-stranica**

Kad se spominju domene, dolazimo do još jedne potrebe svake tvrtke, a to je vlastita web-stranica. U dobu kada sve informacije tražimo na internetu, nužno je imati web-stranicu koja

će prezentirati našu tvrtku svijetu. Određene tvrtke mogu obavljati kompletno poslovanje preko web-trgovine. Kad pričamo o web-stranicama, postoje dvije mogućnosti: tvrtke mogu same hostati web-stranicu ili tu uslugu zakupiti kod treće strane. Svaka opcija ima svoje prednosti i nedostatke - ako se odlučimo za vlastito hostanje web-stranice, moramo razmisliti o količini potrebne mrežne propusnosti ovisno o očekivanom prometu, trošku administracije i održavanja hosting-poslužitelja, dok kod hostanja web-stranice kod treće strane plaćamo unaprijed određenu mjesečnu cijenu.

#### **2.1.4. Ostali servisi**

Uz ove direktno vidljive servise potrebni su i oni koji na prvi pogled nisu vidljivi korisniku. Kada se spoje na lokalnu mrežu, zaposlenici se neće međusobno dogovarati o mrežnim postavkama niti zvati podršku da im postavi IP adresu. Za tu svrhu koristi se DHCP (engl. *Dynamic Host Configuration Protocol*). „Protokol omogućuje DHCP klijentu da 'iznajmi' razne mrežne i administrativne parametre od središnjeg poslužitelja koji je ovlašten za distribuciju. Model iznajmljivanja posebno je pogodan za računala koja su isključena kad se ne koriste i za mreže koje moraju podržavati prolazne goste, kao što su prijenosna računala.“ [5] Današnji modemi ISP-ova nude DHCP servis, ali ako je riječ o poslovnoj okolini, implementacijom vlastitog DHCP poslužitelja dobivamo veće mogućnosti nadzora i konfiguracije DHCP protokola.

Prilikom surfanja internetom ili pristupanja mrežnim lokacijama upisujemo naziv web-stranice koju želimo posjetiti, ne razmišljajući o njejoj IP adresi. Za prevođenje naziva web-stranice zadužen je DNS (engl. *Domain Name System*). „Sustav naziva domena (DNS) brine se za prevođenje imena hosta u IP adrese i obrnuto, kao i za upravljanje distribucijom baze podataka imena i IP adresa na cijelom Internetu. Upotreba imena hosta također omogućuje promjenu IP adrese povezane s uređajem (npr. ako se uređaj preseli u drugu mrežu), bez brige da drugi neće moći 'pronaći' uređaj kad se adresa promijeni. DNS zapis za uređaj jednostavno se ažurira novom IP adresom, a sve reference na uređaj, prema imenu, nastavit će raditi. [6]

Imenički servisi omogućuju centralno pohranjivanje informacija o svim objektima u mreži kao što su podaci o korisničkim računima, lozinkama i brojevima telefona. Uz informacije o korisnicima, u imenički servis možemo pohranjivati informacije o svim poslužiteljima i servisima koji su dostupni u domeni. Osnovna jedinica u imeničkim servisima je objekt. Objekti se sastoje od više atributa. Objekte i attribute koji se mogu zapisati u njih definira

schema (engl. *schema*). LDAP je protokol za pristup i pretraživanje imeničkih servisa preko mreže. „Dovoljno je razmišljati o LDAP-u kao klijent/poslužitelj protokolu na bazi poruka utemeljenom na definiranom u RFC-u 2251“. [7] Koristi se Active Directory poslužiteljem, 389 Directory i mnogim drugim imeničkim servisima.

Vatrozid (engl. *firewall*) aplikacija je ili zaseban uređaj koji je itekako potreban svakoj tvrtci. „Osnovna funkcija vatrozida je zaštita računalnih mreža, poslužitelja i radnih stanica od inherentnih sigurnosnih ranjivosti TCP/IP protokola odnosno filtriranje mrežnog prometa. Uz navedeno današnji vatrozidi mogu implementirati čitav niz sigurnosnih kontrola, počevši od nadzora i kontrole mrežnih protokola pa sve do pregledavanje mrežnog prometa u svrhu otkrivanja neovlaštenih aktivnosti i/ili malicioznih datoteka.“ [8] Razina sigurnosti u organizaciji ovisi najviše o zahtjevima koje postavlja poslovanje. Sve tvrtke sigurno imaju potrebu za vatrozidom, dok su za veću razinu sigurnosti dostupni IPS i IDS sustavi. *Intrusion Detection System* ili skraćeno IDS nadzire mrežni promet te obavještava administratora o neočekivanim aktivnostima, dok *Intrusion Prevention System* ili skraćeno IPS služi za sprječavanje upada. Često su IDS i IPS sustavi integrirani u jedan sustav kako bi detektirali i sprječavali napade – u tom slučaju radi se o IDPS sustavu. Nove generacije vatrozidova zvane *Next Generation Firewall* zapravo su spoj tradicionalnih vatrozida, IDS i IPS sustava kako bi pružili veću razinu sigurnosti. Vatrozidovi često obnašaju i ulogu VPN poslužitelja.

*Virtual Private Networking* ili skraćeno VPN omogućuje klijentu siguran pristup internoj infrastrukturi tvrtke izvana. Rad od kuće sve je popularniji i da bi on bio moguć, VPN se postavlja kao preduvjet jer se bez njega internoj infrastrukturi tvrtke pristupa preko nesigurnog interneta. VPN omogućuje enkripciju veze, čineći je sigurnom. Postoje dva načina rada VPN veza. Prvi način je VPN za udaljeni pristup (engl. *Remote Access VPN*) prilikom kojeg se klijent spaja na VPN poslužitelj unutar tvrtke i ponaša se kao da je fizički unutar tvrtke „VPN klijent s VPN poslužiteljem uspostavlja kriptirani tunel u kojem su enkapsulirani paketi koje klijent šalje poslužitelju i obratno.“ [8] Drugi je način VPN između dviju lokacija (engl. *site-to-site VPN*) koji omogućuje sigurnu komunikaciju između dviju lokacija preko interneta kroz VPN tunel između dva VPN poslužitelja.

Važno je naglasiti da se potrebe svake tvrtke mijenjaju kako se ona širi i njeno poslovanje raste. Potreba za servisima koje koriste zaposlenici raste s brojem zaposlenih, dok potreba za servisima koje koriste klijenti raste s brojem klijenata. Porastom same potrebe za određenim servisom raste cijena implementacije i održavanja tog servisa kao i infrastrukture koja ga pruža.

## 2.2. Referentna tvrtka

Da bismo usporedili Linux i Microsoft infrastrukturu, potrebno je odrediti, tj. izmisliti tvrtku koju ćemo proglasiti referentnom. Referentna tvrtka Imperij d.o.o. bavi se izradom aplikacija za operacijske sustave Android. Ima 15 zaposlenika, od kojih 5 radi od kuće. Za svakog zaposlenika koji radi od kuće potrebno je osigurati dovoljnu propusnost vatrozida i brzinu interneta od 4 Mbps po zaposleniku. Zaposlenici koji rade od kuće spajaju se putem VPN konekcije u tvrtku. Godišnje generiraju 150 GB podataka, od kojih 20 GB moraju trajno arhivirati svake godine, dok se ostali brišu jer njihova trajna pohrana nije potrebna. Svaki zaposlenik ima 10 GB podataka. Količina podataka po zaposleniku nema predviđen rast jer nije potrebno čuvati privremene podatke iz prošlih projekata. Sigurnosna kopija korisničkih podataka radi se svakih tjedan dana te se ona čuva mjesec dana. Zbog toga poslužitelj za sigurnosno kopiranje mora moći pohraniti 600 GB korisničkih podataka za zadnjih mjesec dana. Uz korisničke podatke mora moći pohraniti podatke za trajnu arhivu koji s prosjekom rasta od 5 GB godišnje u razdoblju od 3 godine iznose 75 GB podataka. Većina korisničkih podataka privremene su verzije aplikacije i materijali za njihovu izradu te zbog toga trajna pohrana nije potrebna. Navedeni zahtjevi za pohranom projicirane su vrijednosti jer je točnu količinu podataka nemoguće predvidjeti. Tvrtka sama hosta svoju web-stranicu i poslužitelj za elektroničku poštu. Potrebni su im svi servisi potrebni malim tvrtkama. Kako bi poslovanje teklo sa što manje prekida, potrebna je redundancija imeničkog servisa i datotečnog poslužitelja. Dijeljeni podaci na datotečnom poslužitelju moraju biti pohranjeni na način da su redundantni. Datotečni poslužitelj mora imati minimalni kapacitet 200 GB kako bi pohranio sve podatke korisnika. Potreban im je vatrozid koji će omogućiti korisnicima koji rade od kuće da uspostave VPN konekcije u tvrtku kako bi preko javnog interneta sigurno pristupali internim resursima tvrtke. Za poslovanje su im potrebna 5 poslužitelja: 2 će biti imenički i datotečni poslužitelji, 1 će služiti kao *email* i web-poslužitelj, 1 poslužitelj će biti vatrozid te dedicerani poslužitelj za sigurnosne kopije. Poslužitelj koji ima ulogu vatrozida može biti zamijenjen dediceranim uređajem. Shema infrastrukture vidljiva je na slici (Slika 5.1 Shema predložene infrastrukture).

Broj zaposlenika	Kapacitet poslužitelja za sigurnosne kopije	Kapacitet datotečnog poslužitelja	Propusnost vatrozida
------------------	---------------------------------------------	-----------------------------------	----------------------



15	675 GB	200 GB	20 Mbps
----	--------	--------	---------

Tablica 2.1 Zahtjevi referentne tvrtke

### 3. Kriteriji usporedbe

Da bismo mogli usporediti Linux i Microsoft infrastrukturu, potrebno je definirati kriterije i dodijeliti im težinu. Težina ili važnost kriterija bit će na skali od jedan do pet, pri čemu pet predstavlja najveću važnost. Svaki kriterij bit će ocijenjen ocjenom od jedan do tri. Ocjena 1 označava najlošije, dok ocjena 3 označava najbolje karakteristike. Kriteriji su podijeljeni u tri dijela: poslužiteljski dio, kriteriji za usporedbu servisa i klijentski dio. Infrastruktura tvrtke može biti bazirana isključivo na Microsoftu, isključivo na Linuxu ili hibridna – odnosno djelomično Microsoft, djelomično Linux. Važno je napomenuti da Microsoft ne nudi rješenje za vatrozid za potrebe tvrtki te zbog toga moramo koristiti druga rješenja. Stoga ne možemo reći da je infrastruktura isključivo Microsoftova, već se pod time podrazumijeva da je osim vatrozida sve ostalo bazirano na Microsoftovim tehnologijama.

Za potrebe usporedbe bit će nužno usporediti cijene različitih rješenja. Za usporedbu cijena koristit će se cijene iz web-trgovine tvrtke Protis d.o.o. na dan 8. listopada 2019. Ako proizvod nije dostupan u Republici Hrvatskoj ili ako njegova cijena nije dostupna bez traženja ponude od preprodavača ili partnera, koristit će se podaci sa službene web-stranice proizvođača s uključenim iznosom PDV-a. Određeni proizvodi licenciraju se na vremenskoj bazi te će se u tom slučaju koristiti period od 3 godine.

#### 3.1. Poslužiteljski operacijski sustavi

Da bismo usporedili operacijske sustave, moramo odrediti kriterije prema kojima ćemo ih uspoređivati. "Slijedi popis nekih čimbenika koji sudjeluju u odabiru operativnog sustava.

- Izgled i osjećaj - možete li se ugodno koristiti GUI-jem? Koja je krivulja učenja?
- Trošak - koliko košta operativni sustav? Što je uključeno u tu cijenu?
- Jednostavnost upotrebe - je li GUI jednostavan za korištenje?
- Uključen softver - koji softver dolazi s operativnim sustavom i koji ćete drugi softver morati kupiti?
- Hardverski zahtjevi - koliko je skup hardver potreban za pokretanje operativnog sustava brzinom uz koju ćete se osjećati ugodno?
- Bugovi - koliko vremena treba za popravak buga i koliko često se objavljuju ažuriranja?

- Sigurnost - koliko je siguran operativni sustav? Što treba učiniti da bude dovoljno siguran da udovolji vašim potrebama? Trebate li kupiti sigurnosni softver? Trebate li kupiti antivirusni softver?
- Dostupan softver - koliko je softvera dostupno za operativni sustav?“ [9] Za potrebe malih tvrtki ovaj popis kriterija sažet je kako bi usporedba bila lakša te je dodan kriterij podrške i dokumentacije.

Kriteriji za poslužitelje	Uvjet	Ocjena	Težina kriterija
Cijena licence	> 1000 HRK	1	5
	< 1000 HRK	2	
	Besplatna	3	
Sistemske zahtjevi	Potrebno 2 i više GB RAM-a	1	3
	Između 1 i 2 GB RAM-a	2	
	Manje od 1 GB RAM-a	3	
Podrška i dokumentacija	Nema službene podrške i postoji službena dokumentacija	1	4
	Podrška kroz forum i <i>mailing</i> -liste, postoji službena dokumentacija	2	
	Službena podrška i dokumentacija	3	
Kompleksnost administracije	Administracija kroz CLI	1	5
	Djelomična konfiguracija kroz grafičko sučelje (engl. GUI)	2	
	Administracija kroz GUI	3	

Vrijeme nedostupnosti zbog ažuriranja	2 i više sati planirane nedostupnosti mjesečno	1	2
	Više od 1, ali manje od 2 sata planirane nedostupnosti mjesečno	2	
	Manje od 1 sata planirane nedostupnosti mjesečno	3	
Sigurnost	Broj CVE ranjivosti 200 i više	1	5
	Broj CVE ranjivosti 100 ili više ali manji od 200	2	
	Broj CVE ranjivosti manji od 100	3	

Tablica 3.1 Usporedba poslužiteljskih operacijskih sustava

U tablici 3.1 prikazani su kriteriji, uvjeti za ocjene i težina kriterija te ukupan broj bodova koji će se koristiti za odlučivanje između poslužitelja CentOS 7 i Windows Server 2016. Bolji poslužiteljski operacijski sustav je onaj koji će na kraju imati najveći broj bodova.

Jedan od najvažnijih kriterija jest **cijena licence poslužitelja**. Cijena licenci uvelike utječe na ukupnu cijenu IT infrastrukture. Male tvrtke imaju ograničen budžet i težina tog kriterija je 5 upravo zbog ograničenih sredstava kojima male tvrtke raspolažu. Najboljom cijenom licence smatra se besplatna licenca i takve će licence biti bodovane ocjenom 3. Cijena licence do 1000 kuna nosit će 2 boda, a licence s cijenom višom od 1000 kuna dobit će 1 bod.

I **sistemske zahtjevi** utječu na ukupnu cijenu, ali njihova je težina 3 zbog relativne sličnosti između potrebnih resursa i umjerenih zahtjeva. Minimalni zahtjevi za procesore slični su tako da je usporedba rađena na osnovi potrebne radne memorije (engl. RAM). Operacijski sustavi kojima je potrebno manje od 1 GB RAM memorije ocijenjeni su s 3 boda, oni kojima je potrebno između 1 i 2 GB RAM memorije ocijenjeni su s 2 boda te oni kojima je potrebno 2 i više GB RAM memorije ocijenjeni su 1 bodom.

Kriterij **podrške i dokumentacije** odnosi se na dostupnu službenu dokumentaciju, vodiče za konfiguraciju i mogućnosti podrške od samog izdavača. Kriterij ima važnost 4 jer su zahtjevi i konfiguracija poslužiteljske infrastrukture male tvrtke standardni. Očekuje se da

sistemske inženjer ima dovoljno znanja za uspješno konfiguriranje i održavanje infrastrukture, da mu je za to dostatna službena dokumentacija te da će probleme na koje naiđe sam moći riješiti, a plaćena podrška mu je zadnja opcija. Ako postoji službena podrška i dokumentacija, dodijeljena su 3 boda, a ako postoji službena dokumentacija dok se podrška odvija kroz forum i *mailing*-liste, dodijeljena su 2 boda. Ako pak ne postoji službena podrška ni u jednom obliku no postoji dokumentacija, dodijeljen je 1 bod.

**Kompleksnost implementacije i administracije** odnosi se na potrebno znanje i vrijeme da bi se uspješno konfigurirala poslužiteljska infrastruktura. Kriterij ima težinu 5 jer o kompleksnosti implementacije i administracije ovisi profil sistemskog inženjera kojeg moramo zaposliti kako bi upravljao infrastrukturom. Kompleksnija administracija znači veći trošak jer je potreban iskusniji sistemski administrator. Za ovaj je kriterij odabrana težina 5 jer o potrebnom vremenu i iskustvu izravno ovisi plaća sistemskog administratora koji će implementirati i održavati ovu serversku infrastrukturu, bio to stalni zaposlenik ili će implementaciju i održavanje obavljati vanjska tvrtka. Administracija kroz GUI smatra se najjednostavnijom: ako je moguće administrirati sustav kroz grafičko sučelje, dodijeljena su 3 boda, a ako je to samo djelomično moguće, dodijeljena su 2 boda. S druge strane, ako je administracija moguća samo kroz komandu liniju, dodijeljen je 1 bod.

**Vrijeme nedostupnosti** zbog ažuriranja označava koliko će vremena poslužiteljska infrastruktura biti nedostupna zbog instalacije ažuriranja. Tom je kriteriju dana težina 2 jer je očekivano da će ažuriranja biti odrađena van radnog vremena te da neće utjecati na dostupnost infrastrukture za vrijeme radnog vremena. Ovaj se kriterij odnosi na planirano vrijeme nedostupnosti poslužitelja. Za *mail*-poslužitelj i web-poslužitelj očekivana je dostupnost 24x7, dok interni poslužitelji moraju biti dostupni za vrijeme radnog vremena. Ako je poslužitelj planirano nedostupan manje od 1 sat mjesečno, dodijeljena su 3 boda. Za planiranu nedostupnost između 1 i 2 sata dodijeljena su 2 boda te za planiranu nedostupnost od dva i više sati dodijeljen je 1 bod.

**Sigurnost** kao kriterij ima najveću težinu jer broj prijetnji raste svakodnevno, a samo jedan propust može pružiti ranjivost koja kasnije može biti iskorištena za napad koji može prouzročiti iznimno veliku štetu tvrtki. Zbog toga je kao kriterij odabran ukupan broj CVE ranjivosti (engl. *Common Vulnerabilities and Exposures*) u 2019. godini do 16. rujna 2019. godine. „CVE je popis ranjivosti i izloženosti informacijske sigurnosti kojima je cilj pružiti uobičajena imena javno poznatim problemima. Cilj CVE-a je olakšati razmjenu podataka kroz odvojene mogućnosti ranjivosti (alate, repozitorije i servise) sa zajedničkom

enumeracijom.“ [10] Za manje od 100 CVE ranjivosti u 2019. godini dana je ocjena 3, za 100 ili više ranjivosti ali manje od 200 ocjena 2, a za 200 i više ranjivosti ocjena 1.

## 3.2. Servisi

Servisi će biti uspoređeni prema određenom elementu ukupne cijene vlasništva (engl. *Total Cost of Ownership* – TCO). Za svaki servis bit će dan primarni odabir i alternativa ako ona postoji i ima smisla. Ukupna cijena vlasništva omogućuje da vidimo cijenu imovine, tj. u ovom slučaju IT infrastrukture kroz cijeli životni vijek. Koristeći TCO lakše možemo odrediti isplativost određenog proizvoda te nam taj kriterij prilikom odlučivanja pomaže donijeti bolju odluku jer nam govori o cijeni proizvoda, ali i o svim troškovima koji će se pojaviti uz cijenu, kao što je, primjerice, trošak obuke zaposlenika. TCO se sastoji od inicijalnih i operacijskih troškova.

Inicijalni troškovi sastoje se od inicijalne cijene licenci, cijene fizičkih komponenti (poslužitelja) i implementacije. U određenim slučajevima potrebna je dodatna obuka zaposlenika i prilagodba samog proizvoda.

Operacijski troškovi sastoje se od troškova održavanja, dodatnih prilagodbi, podrške korisniku i administratoru, amortizacije i ažuriranja.

Za potrebe usporedbe određeni su troškovi jednaki ili približno isti te zbog toga neće biti posebno naglašavani. Uredska infrastruktura kao što su mrežni preklopnici i kabeliranje jednaki su u oba slučaja te neće biti uključeni u izračun. Radne stanice za zaposlenike identične su hardverske konfiguracije te će se računati jedino cijena licence za operacijske sustave. Amortizacija nije uračunata jer ona služi kako bi se vrijednost dugotrajne imovine, u ovom slučaju IT infrastrukture, postupno pretvorila u trošak. Smatra se da će sistemski administrator koristeći dokumentaciju moći konfigurirati servise tako da se zadovolje potrebe tvrtke te da ostali zaposlenici neće konfigurirati IT infrastrukturu, već će biti samo njeni korisnici. Troškovi održavanja i ažuriranja zapravo su radni sati koje će sistemski administrator potrošiti kako bi IT infrastruktura neometano radila. Dodatne prilagodbe u vidu mijenjanja tj. programiranja novih funkcionalnosti nisu potrebne jer su potrebe male tvrtke skromne. Zbog toga ukupna cijena vlasništva nije korištena za potrebe usporedbe, već će se računati kao zbroj cijene licenci u razdoblju od 3 godine i cijene poslužitelja. Ostali su troškovi zapravo radni sati sistemskog administratora koji nisu uračunati jer sistemski

administrator može biti stalno zaposlen u tvrtki ili pak održavanje može odrađivati vanjska tvrtka.

### 3.3. Klijentski operacijski sustavi

Nakon definiranja kriterija, uvjeta i njihove težine za poslužitelje i servise, moramo definirati to isto za klijente.

Kriteriji za klijente	Uvjet	Ocjena	Težina kriterija
Cijena licence	> 1000 HRK	1	5
	< 1000 HRK	2	
	Besplatna	3	
Sistemske zahtjevi	Potrebno 2 i više GB RAM-a	1	3
	Između 1 i 2 GB RAM-a	2	
	Manje od 1 GB RAM-a	3	
Podrška i dokumentacija	Nema službene podrške i dokumentacije	1	4
	Podrška kroz forum i <i>mailing</i> -liste, postoji službena dokumentacija	2	
	Službena podrška i dokumentacija	3	
Iskustvo korisnika	Do 10 % udjela	1	5
	Između 10 % i 40 % udjela	2	
	više od 40 % udjela	3	
Sigurnost	Broj CVE ranjivosti > 200	1	5
	Broj CVE ranjivosti < 200	2	

	Broj CVE ranjivosti < 100	3	
--	---------------------------	---	--

Tablica 3.2 Kriteriji za uspoređivanje klijenata

**Cijena licence** za klijentski operacijski sustav ima težinu 5. Iako je cijena jedne licence relativno mala, potreban je veći broj licenci, pa je ukupni trošak veći. Najboljom cijenom licence smatra se besplatna licenca i takve će licence biti bodovane ocjenom 3. Cijena licence do 1000 kuna donijet će 2 boda, a licence s cijenom višom od 1000 kuna dobit će 1 bod.

**Sistemske zahtjeve** pridružena je težina 3 jer hardverska konfiguracija računala ne ovisi samo o zahtjevima operacijskog sustava, već i o zahtjevima aplikacija koje će to računalo pokretati. Minimalni su zahtjevi za procesore slični tako da je usporedba rađena na osnovi potrebne radne memorije (engl. RAM). Operacijski sustavi kojima je potrebno manje od 1 GB RAM-a ocijenjeni su s 3 boda, oni kojima je potrebno između 1 i 2 GB RAM-a ocijenjeni su s 2 boda te oni kojima je potrebno 2 i više GB RAM-a ocijenjeni su 1 bodom. Usporedba će se raditi za 64-bitnu verziju operacijskih sustava ako su dostupne 32-bitna i 64-bitna verzija.

Kriterij **podrške i dokumentacije** odnosi se na dostupnu službenu dokumentaciju, vodiče za konfiguraciju i mogućnosti podrške od samog izdavača. Taj kriterij ima važnost 4 jer su zahtjevi i konfiguracija klijentske infrastrukture male tvrtke standardni. S obzirom na malen broj računala, očekuje se da sistemski inženjer ima dovoljno znanja kako bi uspješno konfigurirao i održavao klijentska računala, da mu je za to dostatna službena dokumentacija te da će probleme na koje naiđe sam moći riješiti, a plaćena podrška mu je zadnja opcija. Ako postoji službena podrška i dokumentacija, dodijeljena su 3 boda, a ako postoji službena dokumentacija a podrška se odvija kroz forum i *mailing*-liste, dodijeljena su 2 boda. Ako ne postoji službena podrška ni u jednom obliku a postoji dokumentacija, dodijeljen je 1 bod.

**Iskustvo korisnika** odnosi se na zaposlenikov stupanj poznavanja određenog operacijskog sustava te zaposlenikovo znanje i iskustvo u njegovu korištenju. Taj je kriterij iznimno bitan jer ako zaposlenici nemaju iskustva u korištenju operacijskog sustava, potrebno ih je dodatno educirati te će im radna efikasnost biti niža dok se s njime ne upoznaju i ne nauče ga koristiti. Dostupnost aplikacija nije poseban kriterij, ali je uključena u ovaj kriterij jer npr. prilikom prelaska s Windowsa na Linux korisnicima više nije dostupan paket proizvoda Office osim u ograničenom *online* izdanju. Zbog toga korisnici moraju prijeći na neki drugi sličan paket



proizvoda kao što je Libre Office te im je potrebno vrijeme za učenje korištenja novog programa. Kako bismo ocijenili iskustvo korisnika, uspoređen je tržišni udio operacijskih sustava u lipnju 2019. godine prema podacima stranice NetMarketShare.

**Sigurnost** klijentskih operacijskih sustava iznimno je bitna jer kao i poslužitelji, klijentska računala sadrže mnoge bitne informacije koje želimo zaštititi. Taj kriterij ima najveću težinu jer broj prijetnji raste svakodnevno, a samo jedan propust može pružiti ranjivost koja kasnije može biti iskorištena za napad koji može prouzročiti iznimno veliku štetu tvrtki. Zbog toga je kao kriterij odabran ukupan broj CVE ranjivosti (engl. *Common Vulnerabilities and Exposures*) u 2019. godini, do 16. rujna 2019. Za manje od 100 CVE ranjivosti u 2019. godini dana je ocjena 3, za 100 ili više ranjivosti ali manje od 200 ocjena 2, a za 200 i više ranjivosti ocjena 1.

## 4. Usporedba

### 4.1. Poslužiteljski operacijski sustavi

Windows Server 2016 Microsoftov je poslužiteljski operacijski sustav. Nasljednik je Windows Servera 2012 R2 i postao je dostupan za sve korisnike 12. listopada 2016. godine.

Kao alternativa poslužiteljskom operacijskom sustavu Windows Server 2016 odabran je CentOS 7. „Distribucija CentOS Linuxa stabilna je, predvidljiva, upravljiva i ponovljiva platforma izvedena iz izvora Red Hat Enterprise Linuxa (RHEL).“ [11]

#### 4.1.1. Cijena licence

„Microsoft je imao različita izdanja sustava Windows Server sa svakom generacijom. Ovisno o generaciji Windows Servera, različita izdanja dolaze s različitim mogućnostima ili različitim licencama.“ [12] Različita izdanja, njihove namjene te načini licenciranja mogu se vidjeti u tablici u nastavku. Za određena izdanja Windows Servera potrebne su uz licence za server i licence za pristup klijenata, skraćeno CAL (engl. *Client Access Licenses*).

Izdanja	Opis	Model licenciranja	CAL zahtjevi
Windows Server 2016 Datacenter	For highly virtualized datacenter and cloud environments	Na bazi jezgri	WS CAL
Windows Server 2016 Standard	For physical or minimally virtualized environments	Na bazi jezgri	WS CAL
Windows Server 2016 Essentials	For small businesses with up to 25 users and 50 devices	Na bazi procesora	CAL nisu potrebni
Windows Server 2016 MultiPoint Premium Server	For Volume Licensing customers in Academic segments only	Na bazi procesora	WS CAL+RDS CAL
Windows Storage Server 2016	Standard and Workgroup editions available in the OEM channel only	Na bazi procesora	CAL nisu potrebni
Microsoft Hyper-V Server 2016	Free hypervisor download	Nije licenciran	Nije licenciran

Tablica 4.1 Različita izdanja Windows Servera 2016 [13]

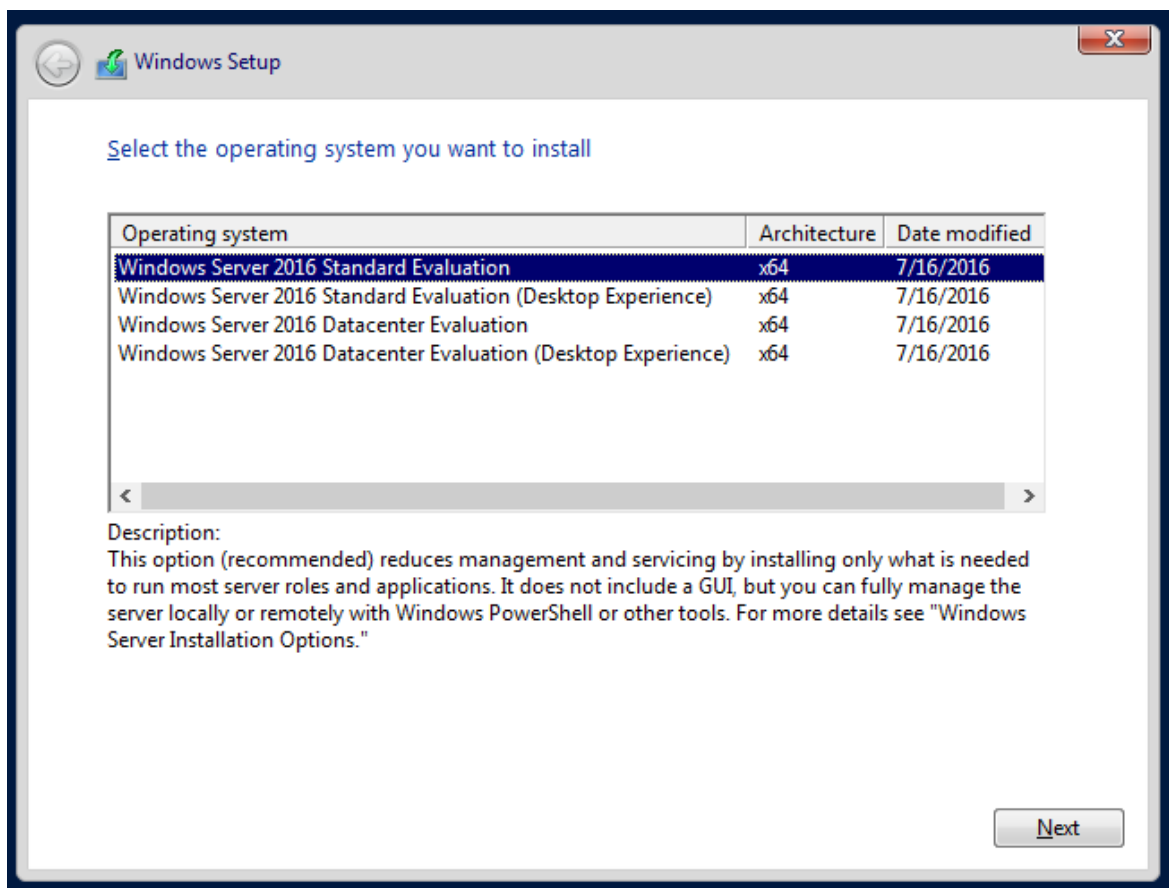
Tvrtki su potrebna dva izdanja Windows Servera – Windows Server 2016 Essentials i Windows Server 2016 Standard – te su samo ona u opsegu ovog rada. Windows Server 2016 Standard potreban je ako se tvrtka odluči za Exchange server ili ako s vremenom preraste broj od 25 korisnika ili 50 uređaja. Jedan je od najvažnijih kriterija cijena licence poslužitelja. Cijena licenci uvelike utječe na ukupnu cijenu IT infrastrukture. U usporedbi

će se koristiti cijena izdanja Windows Server 2016 Essentials zbog trenutne veličine tvrtke od 15 zaposlenika. Cijena licence za Windows Server 2016 Essentials u Protisovoj web-trgovini na dan 8. listopada 2019. iznosila je 3636,00 kn. [14]

CentOS 7 je posljednja verzija operacijskog sustava CentOS, koji je izveden iz operacijskog sustava Red Hat Enterprise Linux 7. Red Hat Enterprise Linux je distribucija Linuxa koju je razvio Red Hat za potrebe poslovnih korisnika. “Red Hat Linux je trenutno najpopularnija distribucija u Sjedinjenim Državama, a možda i širom svijeta. Ima reputaciju lakog instaliranja i konfiguriranja.“ [15] Glavna razlika između CentOS-a i Red Hat Enterprise Linuxa je u tome što CentOS ne nudi službenu podršku te je besplatan.

#### 4.1.2. Sistemski zahtjevi

Windows Server 2016 zahtijeva procesor brzine 1,4 GHz 64-bitne arhitekture. izdanja Standard i Datacenter Windows Servera nude dvije mogućnosti instalacije: uobičajena instalacija i Desktop Experience. Obje su vidljive na slici (Slika 4.1 Izbornik pri standardnoj instalaciji Windows Servera) u nastavku.



Slika 4.1 Izbornik pri standardnoj instalaciji Windows Servera – Vlastiti rad autora

Uobičajena instalacija zahtijeva minimalno 512 MB RAM-a, a opcija Desktop Experience 2 GB RAM-a. Windows Server 2016 Essentials dostupan je jedino u inačici Desktop Experience i ona zahtijeva minimalno 2 GB RAM-a. [16]

Minimalni zahtjevi za CentOS 7 ne specificiraju minimalnu preporučenu brzinu procesora. Minimalno se traži 1 GB RAM-a i preporučeno je 1 GB RAM-a za svaki logički procesor. [17] Važno je napomenuti da minimalni zahtjevi nisu realne brojke jer se količina memorije povećava sa svakim istovremenim korisnikom i servisom.

### **4.1.3. Podrška i dokumentacija**

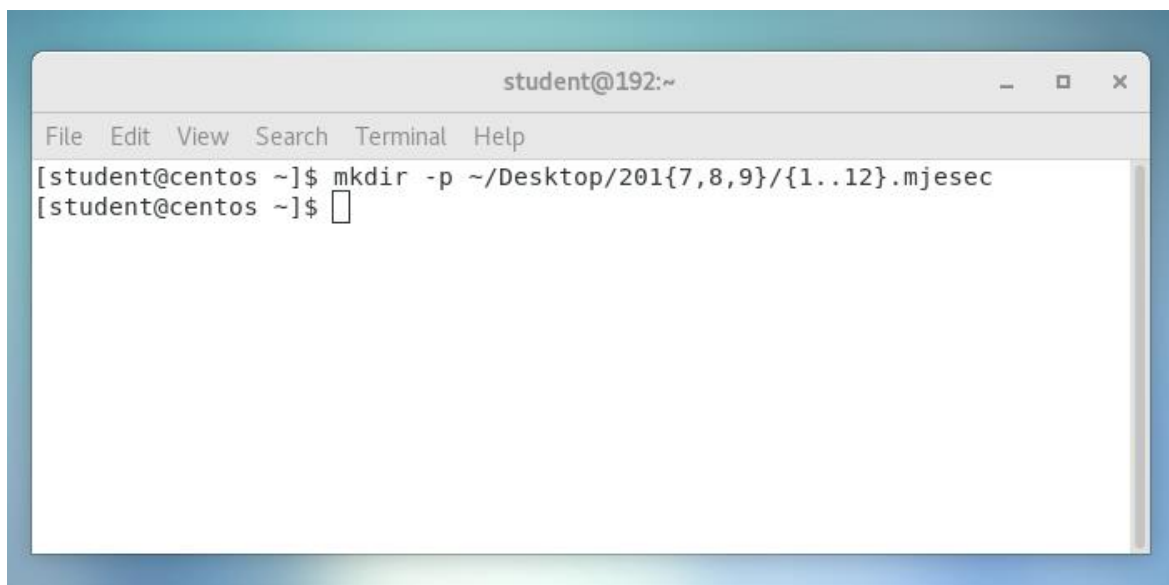
Microsoftova službena dokumentacija dostupna je putem docs.microsoft.com te je podijeljena u različite kategorije. Dokumentacija za administraciju sustava Windows Server nalazi se pod kategorijom Windows. Dokumentacija za Windows inače je podijeljena u tri kategorije: Developer, Hardware dev i IT pro. Kategorija Developer sadrži upute za programere koji razvijaju rješenja koja će raditi na operacijskom sustavu Windows. Kategorija Hardware dev sadrži upute za sve koji žele koristiti Windows 10 na računalima koja su sama razvili. Kategorija IT pro sadrži dokumentaciju za systemske administratore. U kategoriji IT Pro pronaći ćemo dokumentaciju za Windows Server u potkategoriji Windows Server 2019 i Windows Server 2016. Microsoft nudi više modela plaćene podrške, ali postoji Microsoft TechNet – web-portal za IT profesionalce u sklopu kojega je i forum na kojem se besplatno mogu postavljati pitanja. Dakako, ondje se oslanjamo zajednicu koja u tom slučaju odgovara na pitanja.

Kada nam je potrebna pomoć prilikom rada s CentOS-om, prvi je korak potražiti informacije u lokalnoj instalaciji CentOS-a. „CentOS ima kompletan dodatak man i info stranica. Čitač dokumentacije pinfo dostupan je i može se instalirati putem yum-a. Svaki paket također može imati dodatnu dokumentaciju, koju treba smatrati autoritativnom.“ [18] Ako rješenje ne pronađemo u lokalno dostupnoj dokumentaciji, dodatne informacije možemo pronaći na CentOS Wikiju. CentOS Wiki ne sadrži kompletnu dokumentaciju te ga uređuju i održavaju dobrovoljci, pa ga ne možemo smatrati izvorom službene dokumentacije. Podršku je moguće zatražiti putem *mailing-listi*, na forumu CentOS Fora i na IRC chatu. Podršku ne možemo smatrati službenom jer nije određeno vrijeme u kojemu korisnici moraju dobiti odgovor.

#### 4.1.4. Kompleksnost administracije

Windows Server 2016 moguće je skoro u potpunosti konfigurirati kroz grafičko sučelje, ali da bismo to mogli, moramo instalirati poslužitelj u načinu Desktop Experience. Određene napredne mogućnosti mogu se konfigurirati jedino koristeći PowerShell. „Windows PowerShell je Windowsova naredbena ljuška (engl. *command-line shell*) osmišljena specifično za sistem administratore. Windows PowerShell nudi interaktivni ekran (engl. *prompt*) i skriptno okruženje koje se može koristiti nezavisno ili zajedno, u kombinaciji. Za razliku od drugih shellova koji prihvataju i vraćaju određeni tekst, Windows PowerShell je izgrađen na .NET okviru (engl. *framework*), čime prihvata i vraća .NET Framework objekte.“ [19] Windows Server moguće je udaljeno administrirati kroz PowerShell, ali i kroz alate za udaljenu administraciju RSAT (engl. *Remote Server Administration Tools*). RSAT alati omogućuju udaljenu administraciju kroz grafičko sučelje čak i poslužitelja koji nisu instalirani u načinu Desktop Experience, ali nije moguće sve konfigurirati njihovim korištenjem, već je potrebno koristiti PowerShell. Sve servise potrebne malim tvrtkama moguće je konfigurirati kroz grafičko sučelje.

Operacijski sustav CentOS 7 administrira se kroz naredbene ljuške. Općenito, administriranje Linux sustava kompleksnije je od administracije Windows sustava zbog potrebnog znanja administriranja putem naredbenih ljuški i izostanka grafičkog sučelja koje uvelike olakšava administraciju. Određeni servisi nude mogućnost administracije kroz grafičko sučelje, ali takvi servisi su iznimka, a ne pravilo. Administracija kroz naredbene ljuške je brža jer se uz pomoć jedne naredbe ili nekoliko njih može odraditi posao za koji bi bilo potrebno puno klikova. Odličan primjer toga je kreiranje po jedne mape za svaki mjesec u godini, za tri godine. Koristeći grafičko sučelje za to bi nam bilo potrebno jednom kliknuti za svaku mapu te unijeti naziv svake mape ručno. Koristeći naredbenu ljušku to možemo postići jednom naredbom. Naredba za kreiranje mapa i izgled zadane ljuške bash s kojom CentOS 7 dolazi može se vidjeti na slici (Slika 4.2 bash naredbena ljuška – Vlastiti rad autora) u nastavku. Iako je administracija putem naredbene ljuške brža, za nju je potrebna veća razina znanja.



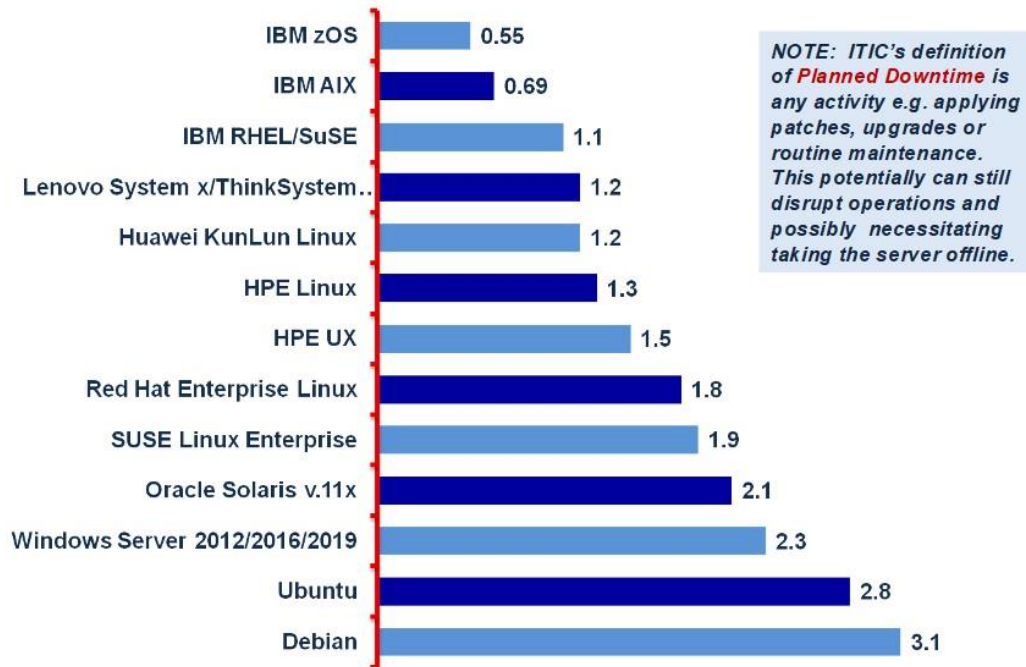
Slika 4.2 bash naredbena ljuska – Vlastiti rad autora

#### 4.1.5. Vrijeme nedostupnosti zbog ažuriranja

Prema istraživanju koje je provela tvrtka Information Technology Intelligence Consulting, Windows Server je u prosjeku bio nedostupan 2,3 sata u 2019. godini. [20] U istraživanju su Windows Server 2012, 2016 i 2019 bili u istoj kategoriji. Na slici (Slika 4.3 Planirana nedostupnost i prekid rada poslužiteljskog operacijskog sustava poduzeća u 2019. godini izražena u satima po mjesecu) možemo vidjeti da je to vrijeme poprilično visoko te da je za 0,5 sati veće od vremena nedostupnosti Red Hat Enterprise Linuxa. Planirana nedostupnost nije nužno loša, ali ona znači da je potrebno više vremena za održavanje određenog operacijskog sustava. Vrijeme nedostupnosti treba pažljivo planirati kako ne bi ometalo poslovanje. U planiranu nedostupnost na ovoj slici uključene su sve aktivnosti, primjerice instaliranje zakrpi, nadogradnja sustava ili rutinsko održavanje. Kraća planirana nedostupnost znači da je određeni poslužiteljski operacijski sustav potrebno manje održavati – ukratko, kraća nedostupnost je bolja.

ITIC u svom istraživanju nije obuhvatio operacijski sustav CentOS, ali budući da je CentOS izveden iz Red Hat Enterprise Linuxa, koristit ćemo se podacima prikupljenim za RHEL. Kao što je moguće vidjeti na slici (Slika 4.3 Planirana nedostupnost i prekid rada poslužiteljskog operacijskog sustava poduzeća u 2019. godini izražena u satima po mjesecu), prema ITIC-ovom istraživanju Red Hat Enterprise Linux je u prosjeku bio nedostupan 1,8 sati u 2019. godini. [20] U istraživanju su sve verzije Red Hat Enterprise Linuxa bile pod jednom kategorijom.

## Corporate Enterprise Server OS **Planned Downtime** and System Unavailability in 2019 (Hours per Month)



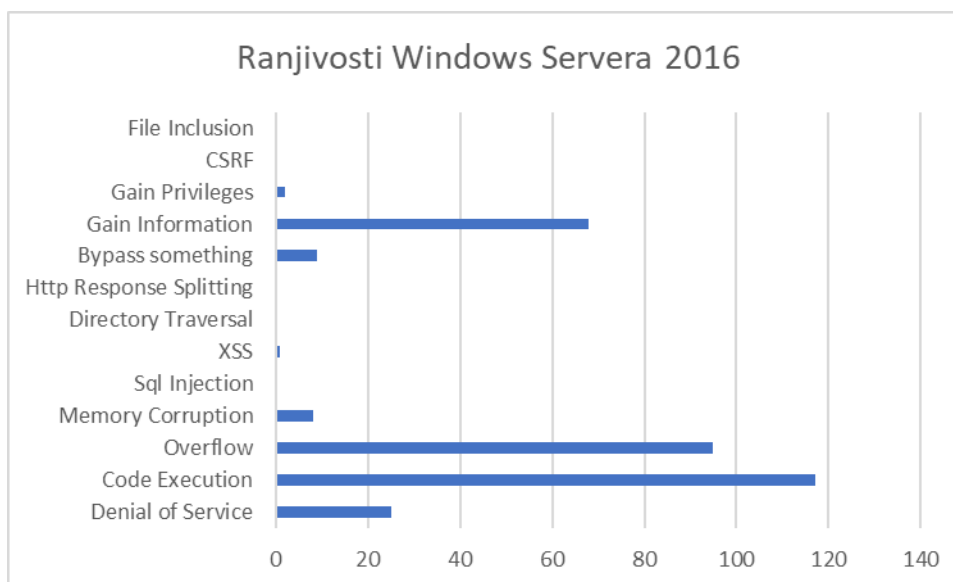
Copyright © 2019 ITIC All Rights Reserved

Slika 4.3 Planirana nedostupnost i prekid rada poslužiteljskog operacijskog sustava poduzeća u 2019. godini izražena u satima po mjesecu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <https://itic-corp.com/wp-content/uploads/2019/06/07.jpg>, rujan 2019.

## 4.1.6. Sigurnost

Usporedba sigurnosti dvaju sustava poprilično je kompleksna tema te je u ovome radu sigurnost uspoređena tako da je uspoređen ukupan broj ranjivosti u razdoblju od 1. siječnja



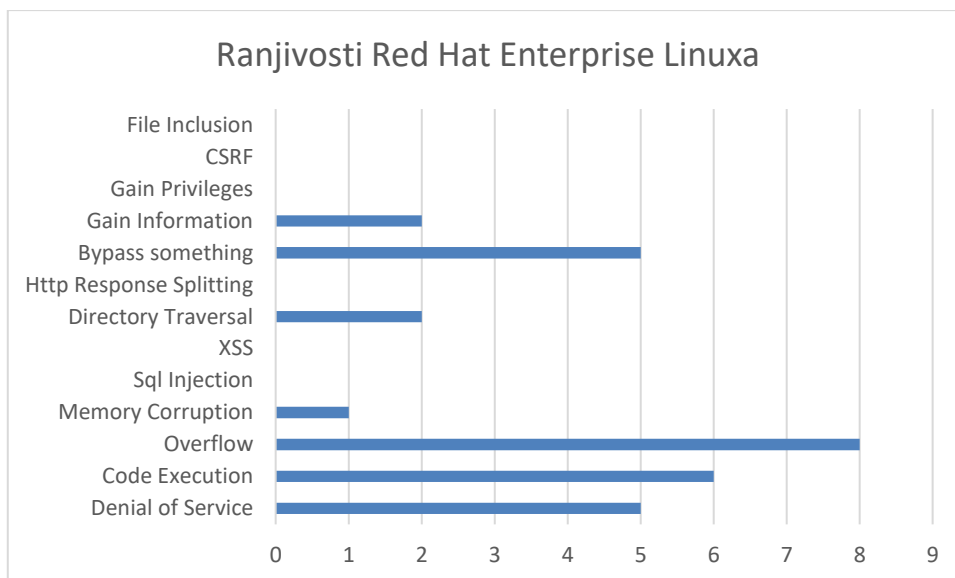
Slika 4.4 Prikaz ranjivosti Windows Servera 2016 u razdoblju od 1. 1. do 16. 9.

2019. godine - Vlastiti rad autora

do 16. rujna 2019. godine te je naglašen broj ranjivosti koje omogućuju izvršavanje koda zbog svoje kritičnosti. Prema podacima na web-stranici CVE Details, Windows Serveru 2016 pronađene su 324 ranjivosti u razdoblju od 1. siječnja do 16. rujna 2019. godine. [21] Kao što se može vidjeti na slici (Slika 4.4 Prikaz ranjivosti Windows Servera 2016 u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine - Vlastiti rad autora), od 326 ranjivosti 117 omogućuje izvršavanje koda.

Zbog toga što je CentOS izveden iz Red Hat Enterprise Linuxa, ranjivosti koje obuhvaćaju RHEL obuhvaćaju i CentOS. Prema podacima na web-stranici CVE Details, RHEL-u su u razdoblju od 1. siječnja do 16. rujna 2019. godine pronađene 45 ranjivosti. [22] Na slici (Slika 4.5 Prikaz ranjivosti Red Hat Enterprise Linuxa u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine – Vlastiti rad autora) vidljivo je da od tih 45 ranjivosti 6 omogućuju izvršavanje koda.





Slika 4.5 Prikaz ranjivosti Red Hat Enterprise Linuxa u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine –  
Vlastiti rad autora

Nakon što smo Windows Server 2016 i CentOS 7 usporedili prema svim kriterijima te ga ocijenili prema uvjetima, popunimo tablicu za usporedbu.

Kriteriji za poslužitelje	Težina kriterija	Ocjena Windows Servera 2016	Ocjena CentOS 7
<b>Cijena licence</b>	5	1	3
<b>Sistemske zahtjevi</b>	3	1	2
<b>Podrška i dokumentacija</b>	4	3	1
<b>Kompleksnost implementacije i administracije</b>	5	3	1
<b>Vrijeme nedostupnosti zbog ažuriranja</b>	2	1	2
<b>Sigurnost</b>	5	1	3

Tablica 4.2 Ocjene operacijskih sustava Windows Server 2016 i CentOS 7

## 4.2. Servisi

Za potrebe izračuna troškova u izračun je uključena i cijena poslužitelja. Ne zahtijevaju svi servisi svoj poslužitelj te će zato trošak poslužitelja za servise koji ga dijele biti podijeljen

između njih, osim kod *mail* i web-poslužitelja zbog nemogućnosti dijeljenja troškova licenciranja.

Hardverski zahtjevi poslužitelja slični su za većinu servisa te će stoga određena konfiguracija biti odabrana kao zadana i nadogradit će se za posebne zahtjeve pojedinih servisa. Zadani poslužitelj je Dell PowerEdge T30 sljedeće konfiguracije: četverojezgreni procesor Intel Xeon E3-1225v5 brzine 3,3 GHz, 8 GB RAM-a s mogućnošću proširivosti do 64 GB, tvrdi disk kapaciteta 1 TB i integrirana mrežna kartica Intel I219-LM brzine do 1 Gb. Cijena takvog poslužitelja je 3966,00 kn prema podacima iz Protisove web-trgovine. [23] Za sigurnosnu pohranu podataka i datotečni poslužitelj bit će potrebni dodatni diskovi za poslužitelje. Odabrani model poslužitelja podržava do 4 SATA tvrda diska. Na jednom od 4 podržana diska bit će operacijski sustav, dok će ostala 3 diska biti u RAID5 polju kako bi se osigurali podaci u slučaju otkaza jednog diska. „RAID5 je vjerojatno najčešći tip RAID-a koji se nalazi u poslovnom okruženju jer nudi dobar kompromis između brzine i redundancije.“ [24] Kao tvrdi disk odabran je disk WD Red kapaciteta 3 TB i cijene 778,00 kn. [25] Diskovi WD Red izdržljivi su jer su dizajnirani za rad u 24/7 okruženju te smo ih upravo zbog toga odabrali. Iako je kapacitet veći nego što nam je zapravo potrebno, razlika u cijeni diskova je mala te je dugoročno gledano isplativije uzeti disk većeg kapaciteta nego kasnije nadograđivati sustav. Kombiniranjem 3 diska u RAID5 polje dobit ćemo ukupno 6 TB kapaciteta, što je više nego dovoljno za potrebe datotečnog poslužitelja i sigurnosnih kopija.

Kako bi se osigurala redundancija najbitnijih servisa, imenički servis, DHCP, DNS i datotečni poslužitelji bit će visoko dostupni te će se visoka dostupnost postići implementacijom na dva poslužitelja.

#### **4.2.1. Microsoft okruženje**

Postoje mnogi alati za sigurnosno kopiranje podataka (engl. *backup*), no kao primarni odabir uzet je „*feature*“ Windows Servera - Windows Server Backup. Windows Server Backup omogućuje da samo jednom kreiramo sigurnosnu kopiju ili da kreiramo raspored izrada sigurnosnih kopija. Moguće je izraditi sigurnosnu kopiju cijelog servera koja sadrži sve volumene, „*bare-metal recovery*“, sigurnosnu kopiju stanja sustava te sigurnosne kopije određenih volumena, mapa i datoteka. „*Bare-metal recovery*“ sadrži sve podatke potrebne za oporavak poslužitelja bez ponovne instalacije operacijskog sustava. Sigurnosnu kopiju možemo pohraniti na lokalno priključeni disk ili u dijeljenu mapu. Sigurnosnu kopiju

klijenata nije potrebno izrađivati ako pomoću grupne politike konfiguriramo preusmjeravanje mapa (engl. *Folder Redirection*) na način da su svi korisnikovi podaci spremljeni u mapi *Users* pohranjeni u dijeljenoj mapi na poslužitelju. Windows Server Backup uključen je u licencu za poslužitelj, ali potrebno je osigurati dedikirani poslužitelj samo za sigurnosnu pohranu podataka s dovoljno diskova i diskovnog prostora na njemu. Za rješenje Windows Server Backup potrebno je izdvojiti 3636,00 kn za licencu, 3966,00 kn za poslužitelj i 2334,00 kn za tvrde diskove, što je ukupno 9936,00 kn.

Kao alternativa Windows Server Backupu odabran je Veeam Backup Essentials. Veeam Backup Essentials predviđen je za male tvrtke do 250 zaposlenika i dolazi u 3 izdanja: Standard, Enterprise i Enterprise Plus.

- ✓ Backup for VMs, servers and workstations (with advanced data reduction)
- ✓ Replication for VMs (environment replication for DR)
- ✓ Instant recovery on-premises and direct restore to the cloud
- ✓ Flexible granular recovery (file and application items)
- ✓ Veeam DataLabs Secure Restore (malware protection)
- ✓ Environment Monitoring of Veeam ONE

Slika 4.6 Mogućnosti Veeam Backup Essentialsa s licencom Standard<sup>2</sup>

Na slici (Slika 4.6 Mogućnosti Veeam Backup Essentialsa s licencom Standard ) mogu se vidjeti mogućnosti izdanja Standard koje su zadovoljavajuće za potrebe male tvrtke. Veeam Backup Essentials licencira se prema instancama kojima želimo upravljati kroz upravljačku konzolu. Za izračun potrebnog broja instanci Veeam na svojim službenim stranicama nudi

---



<sup>2</sup> <https://www.veeam.com/pricing-calculator?product=VBE&ad=in-text-link>, listopad 2019.

kalkulator te se izračun za naš slučaj može vidjeti na slici u nastavku (Slika 4.6 Mogućnosti Veeam Backup Essentialsa s licencom Standard ).

## Calculate your Veeam license needs



Veeam offers two types of licenses and purchasing options for customers: Veeam Universal License and Per-Socket Licenses.

Populate your environment details below to calculate your licensing needs and estimated price.

Veeam Universal License  Per-Socket License 

---

**Protected Workloads**

VMware/HyperV VM	Server 	Workstation 	Nutanix VM
0	4	15	0

**Subscription period**

1 year   2 years   **3 years**   4 years   5 years

**Result preview:**

MSRP price in your region  
**1,879.20 EUR**

10 licenses required  
Sold in bundles of 5 licenses

**REQUEST OR SAVE A QUOTE**

Veeam Availability Suite	Veeam Backup & Replication	<b>Veeam Backup Essentials</b>	Veeam Backup Starter
--------------------------	----------------------------	--------------------------------	----------------------

Slika 4.7 Izračun potrebnog broja Veeam licenci<sup>3</sup>

Ušteda na instancama pohranom korisničkih podataka pomoću preusmjeravanja mapa na poslužitelju nije moguća jer je minimalan broj instanci koji moramo kupiti 10, odnosno dva paketa po 5, te je cijena ista. U oba slučaja potrebno je osigurati dedicerani poslužitelj i licencu, odnosno dva paketa od 5 instanci za Veeam Backup Essentials u izdanju Standard. Tečaj eura prema Hrvatskoj narodnoj banci iznosi 7,43 kune te je cijena dva paketa Veeam Backup Essentialsa 8. listopada 2019. iznosila 13 962,46 kune. Uz trošak poslužitelja i diskova ukupna cijena je 20 292,46 kuna.

Distributed File System ili skraćeno DFS primarni je odabir za datotečni poslužitelj u Windows okruženju. „Korisnicima omogućuje pristup dijeljenim direktorijima koji su distribuirani na različitim poslužiteljima, gdje fizička lokacija nije vidljiva krajnjim korisnicima. Umjesto toga, korisnici vide logičku infrastrukturu dijeljenih direktorija s prikladnim načinom imenovanja. Prilikom pristupa direktoriju, DFS automatski povezuje korisnike s najbližim fizičkim poslužiteljem. Nadalje, DFS se može konfigurirati za

<sup>3</sup> <https://www.veeam.com/pricing-calculator?product=VBE&ad=in-text-link>, listopad 2019.

replikaciju sadržaja dijeljenog direktorija, tako da ako najbliži poslužitelj datoteka iz bilo kojeg razloga nije dostupan, zahtjev će biti preusmjeren u repliku direktorija na drugom poslužitelju datoteka.“ [12]

Za potrebe referentne tvrtke implementirali bismo DFS između dva datotečna poslužitelja koji su ujedno domenski kontroleri, DHCP i DNS poslužitelji.

Alternativa DFS-u je koristiti uobičajeno dijeljenje datoteka i mapa. Korištenjem uobičajenog dijeljenja datoteka i mapa gubimo mogućnost sakrivanja imena poslužitelja i replikacije dijeljenog direktorija. Nisu nam potrebne dodatne licence za DFS i za *file share*, ali je potrebno osigurati dostatan diskovni prostor. Cijena implementacije DFS-a i običnog dijeljenog direktorija je jednaka, osim što je konfiguracija DFS-a kompleksnija. DFS ili obični dijeljeni direktoriji bit će implementirani na poslužiteljima koji uz njih dijele uloge Active Directory, DHCP i DNS te će stoga trošak dviju licenci operacijskog sustava i dva poslužitelja biti podijeljen na 4 dijela. Ali pošto želimo osigurati redundantnost podataka i brže performanse, za funkciju datotečnog poslužitelja bit će potrebna tri dodatna diska po poslužitelju. Ukupna cijena bez diskova iznosi 15 204,00 kuna, a podijeljeno na 4 servisa za ovaj servis to iznosi 3801,00 kunu te uz 6 dodatnih diskova 8469,00 kuna.

Exchange Server 2016 je Microsoftov *mail*-poslužitelj koji uz *mail* nudi i mnoge druge mogućnosti. „Exchange Server pruža bazu podataka za pohranu podataka e-pošte, transportnu infrastrukturu za premještanje podataka e-pošte s jednog mjesta na drugo i pristupne točke za pristup podacima e-pošte putem više različitih klijenata. No, Exchange Server, kada se koristi s drugim klijentima kao što su Outlook ili Outlook na webu, pretvara 'poštanski sandučić' u točku za upravljanje osobnim podacima kao što su kalendar, kontakti, popisi zadataka i bilo koja vrsta datoteka. Korisnici mogu dijeliti neke ili sve ove podatke u svom poštanskom sandučiću s drugim korisnicima u sustavu poruka i započeti suradnju.“ [27] Najveća prednost Exchangea je što podržava integraciju s Active Directoryjem i omogućava automatsko kreiranje domenskog korisnika kreiranjem korisnika *maila*.

Exchange je dostupan u dva izdanja: lokalno ili kao servis u *cloudu*. Za lokalni Exchange potreban nam je Windows Server 2016 u izdanju Standard jer Microsoft ne podržava instaliranje Exchange Servera na poslužitelj koji pokreće Windows Server u izdanju Essentials. Licenciranje lokalnog Exchange Servera poprilično je skupo jer ono zahtijeva licencu za Exchange Server 2016, licencu za Windows Server 2016 u izdanju Standard, klijentske licence za Exchange i klijentske licence za Windows Server. Cijena licence za Exchange iznosi 7499,00 kuna [28], licence za Windows Server 2016 u izdanju Standard

iznosi 6754,00 kuna [29]. Dalje, za 15 klijenata potrebna su 3 paketa po 5 licenci za pristup Windows Serveru 2016, a cijena jednog paketa je 1672,00 kuna [30]. Uz to, potrebno nam je i 15 licenci za pristup Exchangeu, čija cijena iznosi 1049,00 kuna po licenci [31]. Važno je napomenuti da su licence za pristup Exchangeu licencirane po uređaju zbog toga što Protis nema u ponudi korisničke (nisam tražio kod drugih prodavača kako bi se osigurala konzistentnost). Licenca je za Exchange 2019, ali je primjenjiva i za starije verzije Exchangea. Uz sav trošak licenciranja potreban nam je i poslužitelj koji će ujedno biti i web-poslužitelj te se njegova osnovna cijena dijeli na pola. Preporučeno je 16 GB RAM-a te će biti potrebno nadograditi poslužitelj s dodatnih 8 GB RAM-a. *Mailbox*-bazu je potrebno pohraniti u redundantan način te su nam potrebna 3 diska za RAID5 polje. Cijena dodatne RAM memorije za odabrani poslužitelj iznosi 1008,00 kuna [32]. Ukupna cijena Exchange *mail*-poslužitelja iznosi 40 329,00 kuna.

MailEnable je odabran kao alternativa Exchange serveru zbog toga što nudi najvažnije mogućnosti Exchangea po puno povoljnijoj cijeni. Moguće ga je instalirati na Windows Server s licencom Essentials. U Enterprise Premium izdanju MailEnable nudi i integraciju s Microsoft Outlookom. Za potpunu integraciju s Outlookom potreban je ActiveSync. Izdanje Enterprise Premium sadrži sve mogućnosti koje nudi MailEnable, dok je za Active Sync potrebno plaćati godišnju licencu. Cijena Enterprise Premium izdanja iznosi 1098,00 USD, dok godišnja licenca za ActiveSync za 20 *mailboxova* iznosi 199,00 USD [33]. Za period od 3 godine potrebno je izdvojiti 1695 USD što je jednako 11 475,15 kuna, ne uključujući cijenu poslužitelja koja se dijeli s web-poslužiteljem, dodatnih diskova za redundantnu pohranu *mailbox*-baze i operacijskog sustava. Ukupna cijena iznosi 19 428,15 kuna.

Internet Information Services 10 ili skraćeno IIS 10 je 10. izdanje Microsoftovog web-poslužitelja koji je jedna od rola Windows Servera. Sa svakom novom verzijom Microsoft je dodavao nove mogućnosti. IIS ima različite mogućnosti autentifikacije od kojih su najvažnije autentifikacija pomoću certifikata i integrirana Windows autentifikacija zbog koje se korisnici ne moraju ručno ulogirati prilikom posjeta web-stranici, već će klijentsko računalo poslati IIS poslužitelju informacije o korisniku. Integrirana web-autentifikacija se često koristi na intranetima kako bi se pristup omogućio zaposlenicima koji su za to ovlašteni. IIS će biti na istom poslužitelju kao i *mail*-servis te se cijena fizičkog poslužitelja dijeli na dva dijela. No, kako za Exchange i MailEnable nije jednaka verzija Windows Servera, a samim time i cijena, cijena Microsoftovog web-poslužitelja ne uključuje cijenu licence, već je ona uključena kod izračuna za *mail*. Zato cijena iznosi 1983,00 kune.

Moguća alternativa IIS-u je Apache web-poslužitelj, no u praksi se Apache ne koristi na operacijskim sustavima Windows Server, pa nije primjerena alternativa.

„Active Directory omogućuje administratorima da učinkovito upravljaju informacijama za cijelo poduzeće iz središnjeg spremišta koje se može globalno distribuirati. Jednom kada su informacije o korisnicima i grupama, računalima i pisačima te aplikacijama i uslugama dodane u Active Directory, one mogu biti dostupne za korištenje u čitavom poduzeću, koliko god mnogo ili malo ljudi želite. Struktura informacija može odgovarati strukturi vaše organizacije, a vaši korisnici mogu upitati Active Directory kako bi pronašli lokaciju pisača ili adresu e-pošte kolege. S organizacijskim jedinicama možete delegirati kontrolu i upravljanje podacima, kako smatrate prikladnim.“ [34]

Ne postoji alternativa imeničkom servisu Active Directory na operacijskom sustavu Windows Server. Korištenje Active Directoryja nam omogućava korištenje Group Policyja. Group Policy nam pak omogućava konfiguraciju skoro svih parametara korisnika i računala u domeni. Active Directory, DNS i DHCP su infrastrukturni servisi – u trenutku kada koristimo Active Directory, nema smislene alternative Microsoftovom DHCP i DNS poslužitelju zbog njihove integracije s Active Directoryjem. Ako se Microsoftov DHCP servis nalazi na poslužitelju u domeni, moramo ga autorizirati u toj domeni kako bi on mogao odgovarati na upite klijenata. Da bismo osigurali redundanciju DHCP poslužitelja, Microsoftov DHCP nam nudi opciju konfiguracije *Failover Scopea*. Dva DHCP poslužitelja dijele isti raspon adresa te međusobno razmjenjuju informacije. DNS servis je moguće konfigurirati na dva načina: da svoju bazu sprema u tekstualnu datoteku ili u bazu Active Directoryja. Spremanje DNS baze u Active Directory omogućava automatsku replikaciju DNS baze na sve domenske kontrolere u domeni korištenjem replikacijskih mehanizama Active Directoryja. Da bismo osigurali redundanciju, dovoljno je instalirati DNS servis na sve domenske kontrolere i pohraniti DNS bazu u Active Directory. Kao što je navedeno kod izračuna cijene za datotečni poslužitelj, cijena iznosi 3801,00 kunu za svaki od 4 servisa.

Da bismo omogućili siguran udaljeni pristup zaposlenicima koristeći Microsoftove tehnologije, imamo dvije mogućnosti: tradicionalni VPN koji je sastavni dio *Routing and Remote Access* role i DirectAccess. Tradicionalne VPN veze često se moraju ručno konfigurirati, česte su pogreške pri konfiguraciji vatrozida koje mogu onemogućiti udaljeni pristup ili omogućiti pristup svemu. Nadalje, period između spajanja na infrastrukturu tvrtke može biti dug, pa se zaposlenikovo računalo neće na vrijeme ažurirati i implementirati GPO politike, zbog čega će ih korisnici morati sami pokrenuti, a to opet zahtijeva obuku korisnika.

DirectAccess predstavlja rješenje ovih problema. DirectAccess dopušta povezivanje na internu infrastrukturu tvrtke vanjskim korisnicima čim se njihovo računalo poveže na internet. To omogućuje administriranje njihovih računala te određivanje do kojih internih resursa imaju pristup. DirectAccess nije podržan na svim verzijama Windowsa 10, već samo na verziji Windows 10 Enterprise. U trenutno predviđenoj infrastrukturi za DirectAccess i za tradicionalni VPN potreban nam je dodatni poslužitelj i licenca Windows Server 2016 Essentials za njega te je cijena jednaka 7602,00 kuna. Cijena za opciju DirectAccess može biti veća ovisno o dogovorenoj cijeni za Windows 10 Enterprise s Microsoftovim prodajnim partnerom.

Microsoft ne nudi ni jedno rješenje za vatrozid osim vatrozida integriranog u svaki operacijski sustav. On ne nudi dovoljno mogućnosti da bi poslužio kao vatrozid za potrebe tvrtke. Microsoft Forefront Threat Management Gateway 2010 bio je namijenjen tome da bude rubni uređaj – jedna od ponuđenih mogućnosti bio je i vatrozid, ali je prestao s razvojem 9. rujna 2012. Zbog toga je kao primarni odabir uzet pfSense u obliku posebnog uređaja koji se plaća, dok je alternativan odabir pfSense instaliran kao operacijski sustav na poslužitelj koji smo mi odabrali. Za male tvrtke pfSense preporuča Netgateov SG-1100 kao dedicerani uređaj za potrebe vatrozida. Cijena uređaja i dostave do Republike Hrvatske ukupno iznosi 229,38 USD [35] što je 1552,90 kuna. Ako se odlučimo instalirati pfSense na zadani poslužitelj, potrebno mu je dodati mrežnu karticu Intel Gigabit CT s cijenom od 292,00 kuna [36]. Ako bismo se odlučili za instalaciju operacijskog sustava pfSense na zadani poslužitelj, ukupna cijena s dodatnom mrežnom karticom iznosi 4258,00 kuna.

Servis	Primarni odabir i alternativa	Cijena
<i>Backup</i>	Windows Server Backup	9936,00 kn
	Veeam	20 292,46 kn
<i>File sharing</i>	DFS	8469,00 kn
	File share	8469,00 kn
<i>Email</i>	Exchange Server 2016 Standard	40 329,00 kn
	MailEnable	19 428,15 kn



Web-hosting	Internet Information Services 10	1983,00 kn
	-	-
Imenički servis	Active Directory (AD)	3801,00 kn
	-	-
DHCP	Windows DHCP	3801,00 kn
	-	-
DNS	Windows DNS	3801,00 kn
	-	-
VPN	Direct Access	7602,00 kn
	RRAS VPN	7602,00 kn
Vatrozid	pfSense uređaj	1552,90 kn
	pfSense	4258,00 kn

Tablica 4.3 Usporedba servisa za Microsoftovu infrastrukturu

#### 4.2.2. Linux okruženje

Za CentOS 7 dostupni su mnogi načini izrade sigurnosnih kopija podataka, od jednostavnog periodičnog kopiranja koristeći jednostavne skripte do složenih alata. Kao primarni odabir za izradu sigurnosnih kopija uzeo sam BackupPC. BackupPC je rješenje visokih performansi za izradu sigurnosnih kopija u poslovnom okruženju. Nije potreban nikakav softver za klijente, osim ako ne želimo da BackupPC koristi rsync. Sadrži grafičko sučelje koje omogućava konfiguraciju, pregled logova, nadzor i upravljanje izradom sigurnosnih kopija. Zbog načina na koji je napisan, BackupPC štedi diskovni prostor prepoznavanjem identičnih datoteka kroz više sigurnosnih kopija. BackupPC je potpuno besplatan te podržava izradu sigurnosnih kopija Linux, Windows i MacOS računala.

Box Backup je odabran kao alternativa BackupPC-u. Box Backup je sustav za izradu sigurnosnih kopija za Linux. Na klijentima na kojima želimo izraditi sigurnosnu kopiju

pokrenut je *daemon* tj. pozadinski proces koji detektira promijene u datotekama, enkriptira i kopira promjene na poslužitelj, tako da su sigurnosne kopije kontinuirane, ali su i tradicionalne sigurnosne kopije moguće. Svi su podaci na poslužitelju kriptirani i može ih dekriptirati jedino originalni klijent. Svojim ponašanjem Box Backup podsjeća na sigurnosnu kopiju na vrpci – dostupne su stare verzije i obrisane datoteke. Kako bi se uštedio prostor, stare verzije datoteka pohranjene su kao izmjene trenutne verzije. Klijenti mogu koristiti operacijski sustav Linux, Windows ili MacOS. Sigurnosne kopije želimo pohraniti na redundantan način te su nam stoga u oba slučaja potrebna 3 dodatna diska za RAID5 polje te je ukupna cijena za BackupPC ili za Box Backup jednaka 6300,00 kn.

GlusterFS je uzet kao primarni odabir jer je GlusterFS raspodijeljeni podatkovni sustav kojim se može osigurati redundantnost podataka. Na više poslužitelja konfiguriraju se logički diskovi. Diskovi se mogu povezati na više načina. „Podrazumijevani način povezivanja diskova je *distributed*, što znači da se naprosto pribrajaju diskovi na različitim računalima, a datoteke se, koristeći ugrađene algoritme, raspodjeljuju po njima. Na taj način dobija se najviše diskovnog prostora, ali zbog nedostatka redundancije ispadom jednog čvorišta podaci koji su spremljeni na njemu prestaju biti dostupni. Sigurnije je čuvati redundantne kopije podataka korištenjem *replicated* sustava ili kombinacijom *distributed-replicated*. Moguće je, tamo gdje su podaci jako važni, sustav podesiti da čuva višestruke kopije podataka, raspršene po čvorištima virtualnog spremišta. Treći način zapisivanja podatka je *stripe*, koji, poput RAID 0 polja, istu datoteku istovremeno zapisuje na različite diskove. Izbor načina zapisivanja podataka ovisi o poslovnim potrebama korisnika.“ [37] Način konfiguracije koji bi se koristio jest *replicated* kako bi se osigurala konzistentnost između dvaju poslužitelja podataka.

Alternativa GlusterFS-u je NFS poslužitelj. NFS nema mogućnost osiguravanja replikacije podataka, već to možemo ostvariti periodičkim kopiranjem podataka s jednog poslužitelja na drugi da bismo postigli konzistentnost podataka u slučaju nedostupnosti primarnog poslužitelja. U slučaju nedostupnosti primarnog poslužitelja korisnici bi se morali ručno prebaciti na drugi poslužitelj. Automatsko prebacivanje na drugi poslužitelj i konzistentnost podataka moguće je ostvariti pomoću Distributed Replicated Block Devicea (DRBD) i heartbeata. DRBD se koristi kako bi se osigurala replikacija podataka, a heartbeat za detektiranje otkaza poslužitelja i virtualizaciju IP adrese NFS poslužitelja tako da klijenti vide samo jednu IP adresu. Podatke na datotečnim poslužiteljima želimo pohraniti na redundantan način te su nam stoga potrebna 3 dodatna diska u oba poslužitelja u oba slučaja.

Osim što će imati funkciju datotečnog poslužitelja, isti će poslužitelji imati i funkciju imeničkih, DHCP i DNS poslužitelja te se zato cijena dvaju poslužitelja dijeli na 4 jednaka dijela koji iznosi 1983,00 kuna. Uz dodatne diskove cijena datotečnog poslužitelja iznosi 6651,00 kunu.

Kao primarno rješenje za elektroničku poštu odabrana je Zimbra. Zimbra je rješenje za *email*, kalendar i kolaboraciju za potrebe tvrtki. Podržava integraciju s FreeIP-om i s Active Directoryjem te je zato uzeta kao primarni odabir. Zimbra postoji u dva izdanja: izdanje otvorenog koda koje je besplatno i Network Edition koje se plaća. Izdanje Network Edition nudi se u dvije verzije: osnovnoj Standard i naprednijoj Professional. Za naprednije funkcije, npr. dvorazinsku autentifikaciju, modul za interoperabilnost s Outlookom, globalne adresne liste, *chat* integriran u web-klijent, potrebno je plaćati godišnju licencu za Network Edition, čiju je cijenu potrebno zatražiti od prodajnih partnera. Cijena raste s brojem *mail*-korisnika. Nije moguće kupiti licencu za manje od 25 korisnika. Cijena po korisniku za pretplatu koja uključuje podršku i ažuriranja iznosi 17,00 eura po korisniku godišnje.

iRedMail za pohranu korisničkih računa može koristiti samo OpenLDAP, MySQL i PostgreSQL te službeno ne podržava integraciju ni s jednim LDAP poslužiteljem, uključujući FreeIP-u, već samo s OpenLDAP-om te zato nije primaran odabir. Integracija s Active Directoryjem djelomično je podržana. iRedMail se sastoji od više komponenti otvorenog koda koje su integrirane u jedno rješenje kako bi se olakšala implementacija i održavanje. Komponente iRedMaila mogu se vidjeti u tablici (Tablica 4.4 Komponente iRedMaila).

Name	Comment
Postfix	Mail Transfer Agent (MTA)
Dovecot	POP3, IMAP and Managesieve server
Apache, Nginx	Web server
OpenLDAP, ldapd(8)	LDAP server, used for storing mail accounts (optional)
MySQL, MariaDB, PostgreSQL	SQL server used to store application data. Could be used to store mail accounts too.
mlmmj	Mailing list manager. Shipped in iRedMail-0.9.8 and later releases.
Amavisd-new	Interface between Postfix and SpamAssassin, ClamAV.
SpamAssassin	Content-based spam scanner
ClamAV	Virus scanner
Roundcube	Webmail (PHP)
SOGo Groupware	A groupware which provides calendar (CalDAV), contact (CardDAV), tasks and ActiveSync services
Fail2ban	Scans log files and bans IPs that show the malicious signs
Awstats	Apache and Postfix log analyzer

iRedAPD	A postfix policy server developed by iRedMail team
---------	----------------------------------------------------

Tablica 4.4 Komponente iRedMaila [38]

Cijena iRedMaila i Zimbre neće se razlikovati ukoliko odaberemo Zimbru u izdanju Open Source jer su oboje besplatni. Potreban nam je poslužitelj, čija se cijena dijeli između web i *mail*-servisa na dva jednaka dijela te ona za *mail*-servis iznosi 1983,00 kuna. Zbog toga što želimo *mailbox*-bazu pohraniti na redundantan način, potrebna su nam tri dodatna diska čija cijena iznosi 778,00 kn po komadu, pa je ukupna cijena *mail*-servisa 4317,00 kuna. No Network izdanje Zimbre plaća se godišnje po korisniku te bi za 15 korisnika na vremenski period od 3 godine bilo potrebno izdvojiti dodatnih 765,00 eura odnosno 5683,79 kuna. Ukupna cijena Zimbre u izdanju Network iznosi 10 000,79 kuna.

Apache HTTP Server je HTTP poslužitelj otvorenog koda koji razvija Apache HTTP Server Project s ciljem razvijanja i održavanja web-poslužitelja koji je siguran, efikasan i proširljiv. Apache je uzet kao primaran odabir jer „Apache je najlakši za konfiguriranje, ima najveću količinu dostupne dokumentacije, najkompatibilniji je i prisutan u svim distribucijama Linuxa“. [39]

Nginx je uz Apache i Microsoftov IIS jedan od najpopularnijih web-poslužitelja. Poznat je po visokim performansama, stabilnosti i malom korištenju resursa, što omogućava njegova asinkrona arhitektura. Asinkrona arhitektura omogućava nginxu da za razliku od Apachea ne koristi poseban proces za svaki korisnički zahtjev. Nginxova arhitektura nastala je kao rezultat izazova u kojemu je bio cilj poslužiti 10 000 simultanih klijenata. U oba slučaja web-poslužitelji imaju jednaku cijenu. Uz funkciju web-poslužitelja, isti poslužitelj će obnašati funkciju *mail*-poslužitelja te se zato cijena fizičkog poslužitelja dijeli na dva dijela i za svaki od servisa ona iznosi 1983,00 kn.

FreeIPA se sastoji od više komponenti kako bi se postiglo integrirano rješenje za upravljanje sigurnosnim informacijama. Kako bi to postigla, FreeIPA koristi FreeIPA imenički poslužitelj koji je baziran na 389 LDAP poslužitelju – bazi rješenja za upravljanje identitetima, MIT Kerberos za potrebe autentifikacije korisnika, servisa i ostalih komponenti, certifikacijskog sustava Dogtag, integriranog DNS-a baziranog na BIND9 i web-sučelje koje podržava dva načina rada (administratorski i klijentski). Administratorski način rada omogućava administraciju, dok je klijentsko sučelje zamišljeno kao „*self-service*“ gdje obični korisnici mogu vidjeti osnovne informacije i promijeniti lozinku. Zbog integriranog DNS poslužitelja i certifikacijskog autoriteta koji olakšavaju administraciju i nadograđuju imenički servis, FreeIPA je uzeta kao primarni odabir.

OpenLDAP odabran je kao alternativa jer su njegova konfiguracija i administracija teže te ima manje mogućnosti od sustava FreeIPA. OpenLDAP je implementacija LDAP protokola otvorenog koda. Sastoji se od pozadinskog servisa slapd koji odgovara na LDAP upite, programskih knjižica koje implementiraju LDAP protokol i klijentskih aplikacija. OpenLDAP nema integrirano web ni grafičko sučelje za upravljanje, već se može konfigurirati samo preko komandne linije. Ako želimo koristiti web-sučelje za konfiguraciju, moramo ga sami instalirati. Postoji više web-sučelja za konfiguraciju od kojih su poznatiji phpLDAPadmin i LDAP Account Manager. Cijena poslužitelja je jednaka u oba slučaja, ali će uz funkciju imeničkih poslužitelja isti fizički poslužitelji obnašati i funkciju DHCP, DNS i datotečnih poslužitelja. Stoga se cijena fizičkih poslužitelja dijeli na 4 servisa i iznosi 1983,00 kuna po servisu.

Kea je relativno nov DHCP poslužitelj koji je razvila ustanova Internet Systems Consortium, skraćeno ISC, kao nasljednika ISC DHCP-a, s ciljem da ga zamijeni u većini implementacija. Kea je zamišljena kao modularni DHCP poslužitelj visokih performansi koji podatke o najmu adresa i rezervacije pohranjuje u bazu podataka. Kea kao i ISC DHCP podržava visoku dostupnost, no Kea ima dvije veoma bitne prednosti. ISC DHCP podržava visoku dostupnost samo za DHCPv4, a Kea podržava visoku dostupnost za DHCPv4 i DHCPv6 te ISC DHCP podržava visoku dostupnost sa samo dva poslužitelja, dok Kea podržava visoku dostupnost s dva aktivna poslužitelja i neograničenim brojem priručnih poslužitelja koji sadrže ažuriranu bazu najmovi adresa. U slučaju nedostupnosti jednog od aktivnih poslužitelja, administrator ga ručno može vrlo brzo zamijeniti nekim od priručnih.

ISC DHCP jedan je od prvih DHCP poslužitelja koji je razvio ISC. ISC DHCP je *open source* kompletno rješenje za implementaciju DHCP poslužitelja te podržava IPv4 i IPv6. Uzet je kao alternativan odabir jer čak i sam ISC preporuča Keu kao poslužitelj za nove implementacije. ISC je pouzdan i dobro dokumentiran poslužitelj.

Kao primarni odabir za DNS poslužitelj uzet je DNS poslužitelj integriran u sustav FreeIPA. Prednosti FreeIPA-inog integriranog DNS poslužitelja su sljedeće: klijenti mogu biti konfigurirani da automatski ažuriraju svoj DNS zapis, FreeIPA domena sama brine o LDAP i Kerberos SRV zapisima te to omogućuje da klijenti sami „otkriju“ domenu, automatsko kreiranje i održavanje DNS zapisa potrebnih za „trust“ između AD i FreeIPA domene te automatsko usmjeravanje DNS zapisa na certifikacijski poslužitelj u domeni. Integrirani DNS poslužitelj ostvaren je pomoću projekta bind-dyndb-ldap koji omogućava DNS

poslužitelju BIND da koristi LDAP instancu unutar sustava FreeIPA za pohranu podataka, što uvelike olakšava postupak replikacije.

BIND9 je odabran kao alternativa integriranom DNS poslužitelju u sustav FreeIPA. Ako koristimo sustav FreeIPA, nema razloga da odaberemo samostalan DNS poslužitelj. BIND9 je fleksibilan DNS poslužitelj s puno mogućnosti te neovisno o primjeni koju odaberemo, vrlo je vjerojatno da će biti dostatan. Zbog toga nas činjenica da je BIND9 najčešće korišten DNS poslužitelj u svijetu *open sourcea* ne bi uopće trebala iznenaditi.

OpenVPN je *open source* VPN protokol, poslužitelj i klijent. Dostupan je na mnogim platformama, uključujući Windows Server 2016, CentOS 7 i pfSense. Podržava SSL i TLS protokole, TCP i UDP tunele, prolazak kroz NAT i *proxy*, dinamičke IP adrese i DHCP. Postoje tri načina osiguravanja VPN tunela: pomoću korisničkih imena i lozinki, pomoću unaprijed znanih ključeva te pomoću klijentskih i poslužiteljskih certifikata. OpenVPN podržava i neenkriptirane VPN tunele, ali oni se koriste samo za potrebe testiranja. Uređaj pfSense podržava OpenVPN protokol te ako uređaj pfSense ima funkciju VPN poslužitelja, cijena se dijeli između dva servisa i iznosi 776,45 kuna po servisu. Moguće je instalirati OpenVPN na poslužitelj s dodatnom mrežnom karticom i operacijskim sustavom CentOS koji ima ulogu vatrozida, ali i u tom se slučaju cijena poslužitelja dijeli između vatrozida i VPN poslužitelja. Tada ona iznosi 2129,00 kuna za svaki servis.

SoftEther VPN je alternativa OpenVPN-u. Radi se o *open source* VPN poslužitelju koji omogućava laku uspostavu brzih VPN tunela za udaljeni pristup i između lokacija. Podržava SSL-VPN te sljedeće VPN protokole: OpenVPN, IPsec, L2TP, MS-SSTP, L2TPv3 i EtherIP. Podržava spajanje iPhone, Android i Windows klijenata bez instalacije dodatnih programa. Podržava do 4096 istovremenih VPN sesija. Kao i kod OpenVPN-a, nema potrebe za statičkim IP adresama. SoftEther se instalira na poslužitelj s dodatnom mrežnom karticom koji preuzima funkciju vatrozida te se u tom slučaju cijena između njih dijeli i po servisu iznosi 2129,00 kuna.

Kao primarni odabir za vatrozid uzet je uređaj pfSense. pfSense je vatrozid i usmjernik baziran na operacijskom sustavu FreeBSD. Dostupan je kao besplatan operacijski sustav koji možemo instalirati na poslužitelj te kao poseban uređaj. Odabirom posebnog uređaja dobivamo testiranu konfiguraciju i ne moramo se brinuti o odabiru odgovarajućeg hardvera. Velika prednosti vatrozida pfSense je web-sučelje koje uvelike olakšava konfiguraciju. Osim što je vatrozid, pfSense je i usmjernik, VPN poslužitelj i IDS/IPS sustav. Cijena uređaja pfSense jednaka je kao i kod infrastrukture bazirane na Microsoftovim tehnologijama, dok

se u ovom slučaju uređaj pfSense može koristiti kao VPN poslužitelj – cijena se dijeli između njih te ona iznosi 776,45 kuna.

firewalld je sučelje za upravljanje vatrozidom na Linux operacijskim sustavima. Koristi se kao zadani alat za upravljanje vatrozidom na operacijskim sustavima Red Hat 7 i CentOS 7. Odabran je kao alternativa pfSenseu jer poslužitelj koji konfiguriramo kao vatrozid lako možemo konfigurirati i kao VPN poslužitelj instalacijom odgovarajućih paketa. Lakšu administraciju omogućuje grafičko sučelje firewall-config. firewalld zahtijeva poslužitelj s dodatnom mrežnom karticom koji je u tom slučaju i VPN poslužitelj te se cijena fizičkog poslužitelja dijeli između ta dva servisa i iznosi 2129,00 kuna.

<b>Servis</b>	<b>Primarni odabir i alternativa</b>	<b>Cijena</b>
<b><i>Backup</i></b>	BackupPC	6300,00 kn
	Box Backup	6300,00 kn
<b><i>File sharing</i></b>	GlusterFS	6651,00 kn
	NFS	6651,00 kn
<b><i>Email</i></b>	Zimbra	10 000,79 kn
	iRedMail	4317,00 kn
<b>Web-hosting</b>	Apache HTTP Server	1983,00 kn
	Nginx	1983,00 kn
<b>Imenički servis</b>	FreeIPA	1983,00 kn
	OpenLDAP	1983,00 kn
<b>DHCP</b>	Kea	1983,00 kn
	ISC DHCP	1983,00 kn
<b>DNS</b>	FreeIPA integrirani BIND9	1983,00 kn
	BIND9	1983,00 kn
<b>VPN</b>	OpenVPN	776,45 kn

	SoftEther	2129,00 kn
<b>Vatrozid</b>	pfSense uređaj	776,45 kn
	firewalld	2129,00 kn

Tablica 4.5 Usporedba servisa za Linux infrastrukturu

### 4.3. Klijentski operacijski sustavi

Windows 10 je Microsoftov operacijski sustav za osobna računala. Nasljednik je Windowsa 8.1 te je izdan 29. srpnja 2015. godine. Postoji više izdanja Windowsa 10, no u ovom radu prilikom usporedbe koristit ćemo izdanje Windows 10 Pro jer je upravo ono namijenjeno malim tvrtkama, pa mu je lako odrediti cijenu. Windows 10 Home nema mogućnost dodavanja računala u domenu te ga zato ne možemo koristiti. Windows 10 Education i Enterprise nije moguće kupiti u maloprodaji, već se mora zatražiti cijena od Microsofta ili njihovog partnera. Windows 10 Enterprise i manjim dijelom Education podržavaju naprednije mogućnosti koje na ostalim verzijama Windowsa 10 nisu podržane. Kad govorimo o dodatnim mogućnostima, svakako treba naglasiti da nam treba Windows 10 Enterprise ako želimo koristiti DirectAccess VPN.

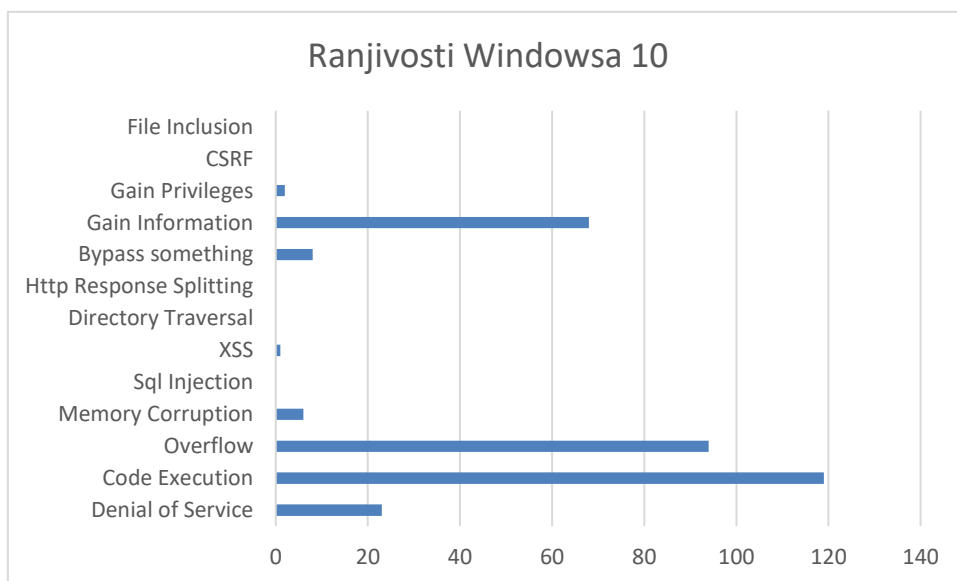
Cijena svih izdanja Windowsa 10 poprilično varira od trgovca do trgovca. Cijena Windowsa 10 u izdanju Pro iznosi 1036,00 kuna s elektroničkim certifikatom [40]. Minimalni sistemski zahtjevi Windowsa 10 zahtijevaju procesor minimalne brzine 1 GHz i minimalno 2 GB RAM-a za 64-bitnu verziju. Iako 32-bitna verzija zahtijeva samo 1 GB RAM-a, u usporedbi ćemo koristiti zahtjeve za 64-bitnu verziju.

Kao i za Windows Server, Microsoftova službena dokumentacija dostupna je putem docs.microsoft.com te je podijeljena u različite kategorije. Dokumentacija za administraciju Windowsa 10 nalazi se pod kategorijom Windows. U kategoriji IT Pro dokumentaciju za Windows 10 pronaći ćemo u potkategoriji Windows 10 i Windows 10 Mobile. Podršku za Windows 10 možemo zatražiti iz samog Windowsa 10 i kroz preglednik putem alata Zatražite pomoć. Kroz alat Zatražite pomoć Microsoft će pretražiti svoju bazu te nam predložiti članke koji nam potencijalno mogu riješiti problem. Ako pomoću tih članaka ne riješimo problem, možemo razgovarati s agentom za podršku koja se plaća ili pitati na besplatnom forumu na web-adresi answers.microsoft.com. Na forumu se oslanjamo na to da će zajednica odgovoriti na naš upit.



Prema podacima o udjelu operacijskih sustava instaliranih na stolna računala i prijenosnike na web-stranici NetMarketShare u lipnju 2019. godine, Windows 10 koristilo je 45,79 % klijentskih računala. Windows 7 koristilo je 35,38 % korisnika, a Windows 8.1 koristilo je 4,51 % klijentskih računala. [41] Kad to zbrojimo, dolazimo do brojke od 85,68 % što znači da većina korisnika na svojim kućnim računalima koristi operacijski sustav Windows. Upravo zbog tako velikog postotka korištenja Windowsa možemo reći da je većina korisnika, a samim time i zaposlenika, upoznata s korištenjem Windowsa 10. Ako i nije, da je upoznata s korištenjem nekog drugog operacijskog sustava Windows te da će vrijeme prilagodbe i upoznavanja s operacijskim sustavom biti puno kraće za razliku od prijelaza s klijentskog računala s Windows OS-om na klijentsko računalo s CentOS 7 ili nekim drugim Linux OS-om.

Prema podacima s web-stranice CVE Details, operacijskom sustavu Windows 10 pronađene su 326 ranjivosti u razdoblju od 1. siječnja do 16. rujna 2019. godine. [42]



Slika 4.8 Prikaz ranjivosti Windowsa 10 u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine – Vlastiti rad autora

Kao što se može vidjeti na slici 3.3, od 326 ranjivosti 119 omogućuje izvršavanje koda.

Dio usporedbe i kriterija za CentOS 7 već je obrađen u dijelu Usporedba poslužiteljskih operacijskih sustava te pošto se radi o istom operacijskom sustavu kao i kod poslužitelja, cijena licence, sistemski zahtjevi, podrška i dokumentacija te sigurnost već su uspoređeni. Cijena licence klijentskih računala uvelike će utjecati na ukupan trošak zbog broja klijentskih računala. Kako tvrtka raste, tako će rasti i broj klijentskih računala, a samim time i trošak licenci.

Kod sigurnosti CentOS-a 7 i svakog Linux operacijskog sustava važno je reći da je upravo zbog manjeg broja klijentskih računala koja koriste Linux puno manje virusa i otkrivenih ranjivosti za razliku od operacijskih sustava Windows.

Prosječni korisnici uglavnom nemaju puno iskustva s Linux operacijskim sustavima, pa tako ni s CentOS-om 7. Prema podacima o udjelu operacijskih sustava instaliranih na stolna računala i prijenosnike s web-stranice NetMarketShare u lipnju 2019. godine, Linux operacijske sustave – ne računajući Mac OS X – koristilo je 1,55 % klijentskih računala. [41] Statistika o postotku korisnika CentOS-a nije zabilježena na stranici jer je taj broj vrlo malen. Iznimno malen broj korisnika znači da je vrlo vjerojatno da zaposlenici nisu prije koristili Linux operacijske sustave te da će biti nužno držati edukacije o korištenju CentOS-a 7, da će vrijeme prilagodbe na OS biti duže te da će biti više poteškoća.

Nakon što smo usporedili Windows 10 i CentOS 7 prema svim kriterijima i ocijenili ih prema uvjetima, popunimo tablicu za usporedbu.

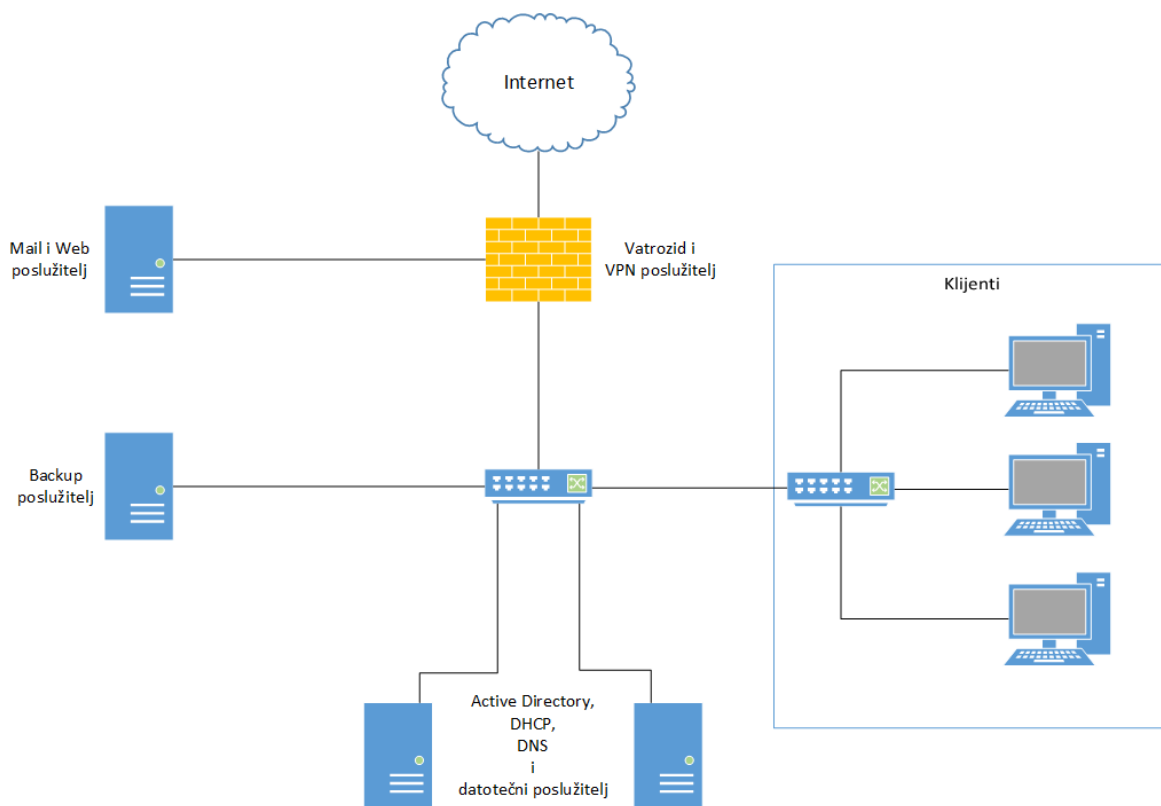
<b>Kriteriji za klijente</b>	<b>Težina kriterija</b>	<b>Ocjena Windows 10</b>	<b>Ocjena CentOS 7</b>
<b>Cijena licence</b>	5	1	3
<b>Sistemske zahtjevi</b>	3	1	2
<b>Podrška i dokumentacija</b>	4	3	1
<b>Iskustvo korisnika</b>	5	3	1
<b>Sigurnost</b>	5	1	3

Tablica 4.6 Ocjene Windowsa 10 i CentOS-a 7

## 5. Implementacija odabrane infrastrukture

Odabir infrastrukture ovisi o potrebama tvrtke te bih za potrebe referentne tvrtke Imperij d.o.o. predložio hibridnu infrastrukturu kako bi se iskoristile najveće prednosti Linux i Microsoft tehnologija. Predložena infrastruktura sastoji se od 4 poslužitelja i dedicanog uređaja za potrebe vatrozida i VPN-a. Za izradu sigurnosnih kopija koristit će se BackupPC instaliran na CentOS 7 poslužitelj s dodatnim diskovima. BackupPC je odabran zbog pametnog načina pohrane kojim se smanjuje zauzeće diska i ubrzava rad, odličnog web-sučelja koje omogućava laku konfiguraciju te širokog izbora opcija za povrat podataka koje uvelike olakšavaju taj zadatak. Za potrebe elektroničke pošte koristit će se Zimbra u izdanju Network zbog značajne uštede nasuprot Exchangea i mogućnosti integracije s Active Directoryjem i Outlookom. Uz odabrani pretplatni model dobivamo podršku i ažuriranja. Za potrebe hostanja web-stranice koristit će se Apache implementiran na istom poslužitelju sa Zimbrom. Apache je odabran zbog opširne dokumentacije i velike baze korisnika. Kao imenički servis koristit će se Active Directory zbog toga što je daleko najnaprednije rješenje i najlakši je za konfiguraciju i održavanje. Ni jedan drugi imenički poslužitelj ne nudi takvu jednostavnost konfiguracije svih klijenata putem grupnih politika. Uz to, zahvaljujući grafičkom sučelju uvelike je olakšano upravljanje poslužiteljima Windows Server s instalacijom Desktop Experience, a samim time i svim servisima koji se nalaze na njima. Kad smo odabrali Active Directory kao imenički servis, svakako moramo odabrati DHCP, DNS i datotečni poslužitelj koji su dio Windows Servera kako bismo maksimalno iskoristili njegove mogućnosti. Da bi se osigurala redundancija domenskog kontrolera, DHCP, DNS i datotečnog poslužitelja, bit će implementirana dva poslužitelja te će se za potrebe dijeljenja datoteka koristiti DFS. Za potrebe vatrozida i VPN poslužitelja odabran je pfSense u obliku posebnog uređaja zbog toga što zadovoljava sve potrebe tvrtke, nudi integrirane napredne mogućnosti kao što je IDS/IPS, lako ga je konfigurirati kroz web-sučelje i cjenovno je najpovoljniji. Ukupna cijena Microsoft i Linux IT infrastrukture iznosi 38 155,79 kuna. Zbog korištenja Active Directoryja i Windows klijentske okoline da bi klijentima bilo lakše, potrebno je kupiti licence za klijentska računala, za što će trebati izdvojiti dodatnih 15 540,00 kuna. Iako je CentOS 7 kao klijentski operacijski sustav besplatan, troškovi obuke zaposlenika i podrške bili bi puno veći nego kod kupnje licenci za operacijski sustav Windows 10. Vatrozid je povezan na internet, centralni preklopnik te *mail* i web-poslužitelj. Ostali poslužitelji povezani su na centralni preklopnik, koji je povezan s pristupnim

preklopnikom za klijente. Web i *mail*-poslužitelj izdvojen je od ostatka interne infrastrukture jer on mora biti dostupan na internetu. Radi lakšeg razumijevanja predložene infrastrukture, tu je slika (Slika 5.1 Shema predložene infrastrukture) koja ju prikazuje.



Slika 5.1 Shema predložene infrastrukture – Vlastiti rad autora

## Zaključak

IT infrastruktura iznimno je bitna komponenta svake tvrtke – služi kao pomagač u svakodnevnom poslovanju i omogućuje lakši rast i razvoj. Iznimno je bitno pravilno isplanirati IT infrastrukturu jer pravilnim planiranjem umanjujemo rizike i snižavamo kasnije troškove. Kod planiranja treba uzeti u obzir i *open source* alternative jer često nude slične mogućnosti uz puno manju cijenu. Naravno, plaćene alternative često nude mnoge prednosti kao što su puno bogatije mogućnosti i lakše administriranje. Ne postoji određena infrastruktura koja je najbolja za svaku tvrtku, već svaka tvrtka ima svoje specifične potrebe koje mora uzeti u obzir kod planiranja. Prilikom planiranja potrebno je odrediti kriterije i važnost pojedinog kriterija da bi se zadovoljile potrebe tvrtke te usporediti odabrane alternative kako bi se pronašlo optimalno rješenje u odnosu na zadane kriterije. Kao što je vidljivo u tablici u nastavku, operacijski sustavi Windows lakši su za konfiguraciju, ali i jednostavniji za korištenje korisnicima, pa su zato u predloženoj infrastrukturi korišteni za infrastrukturne servise i klijentske operacijske sustave. Oni imaju i svoju negativnu stranu koja uključuje veći broj ranjivosti i visoku cijenu. Cijena je donekle ublažena izdanjem poslužitelja Essentials te su poslužitelji nedostupni putem interneta. Dio infrastrukture koji je javno dostupan, *mail* i web-servisi su na operacijskom sustavu CentOS 7 koji je besplatan, ima manje ranjivosti, manje vrijeme nedostupnosti, ali je kompleksniji za administraciju.

Kriteriji za usporedbu poslužiteljskog OS-a	Windows Server 2016	CentOS 7	Kriteriji za usporedbu klijentskog OS-a	Windows 10	CentOS 7
Cijena licence	5	15	Cijena licence	5	15
Sistemske zahtjevi	3	6	Sistemske zahtjevi	3	6

Podrška i dokumentacija	12	4	Podrška i dokumentacija	12	4
Kompleksnost administracije	15	5	Iskustvo korisnika	15	5
Vrijeme nedostupnosti zbog ažuriranja	2	4	-	-	-
Sigurnost	5	15	Sigurnost	5	15
Ukupna ocjena	42	49	Ukupna ocjena	40	45

Tablica 5.0.1 Usporedba poslužiteljskog i klijentskog operacijskog sustava

Kroz izradu ovog završnog rada uvidio sam koliko je zapravo velik izbor alternativa pojedinim servisima, koliko je kompleksno zadovoljavanje potreba čak i infrastruktura malih tvrtki te da je teško odabrati između pojedinih alternativa. Iz tablice (Tablica 5.0.1 Usporedba poslužiteljskog i klijentskog operacijskog sustava) vidljivo je da su Windows Server 2016 i Windows 10 skuplji od CentOS-a 7 u ulozi klijentskog i poslužiteljskog operacijskog sustava. Sistemski zahtjevi najviše ovise o samim servisima koje će poslužitelji obavljati, ali ako govorimo o zahtjevima OS-a, Windows sustavi su zahtjevniji. Podrška Windows sustava je bolja zbog službene dokumentacije i plaćene podrške koja nam može uvelike olakšati administraciju. Za administraciju sustava CentOS potrebna je veća količina znanja jer se administracija odvija kroz komandnu liniju. Najviše korisnika ima iskustva s klijentskim operacijskim sustavom Windows, što je vrlo bitan faktor kod odabira klijentskog OS-a. Sustavima CentOS potrebno je manje vremena za ažuriranje i održavanje te je njihova sigurnost veća. Da smo se odlučili za infrastrukturu baziranu samo na Microsoftovim

tehnologijama, najveći nedostatak bio bi upravo cijena sveukupne infrastrukture zbog velikog broja skupih licenci. S druge strane, najveći je nedostatak Linux infrastrukture kompleksnost administracije operacijskog sustava i svih servisa koji su nam potrebni te malen broj korisnika koji je naviknut na rad u Linux okruženju. Prilikom odabira IT infrastrukture ne bismo se trebali ograničavati samo na Microsoft ili samo na Linux tehnologije. Njihovim zajedničkim korištenjem možemo iskoristiti prednosti obje strana i nadopuniti njihove nedostatke te na taj način ostvariti potrebe svake tvrtke.

## Popis kratica

IT	Information Technology	Informatička tehnologija
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	
DNS	Dynamic Name Server	
NTP	Network Time Protocol	
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol	
MIT	Massachusetts Institute of Technology	
TCP	Transmission Control Protocol	
IP	Internet Protocol	
VPN	Virtual Private Network	
OS	Operating System	Operacijski sustav
RAM	Random Access Memory	
CLI	Command-line interface	Komandna linija
GUI	Graphical User Interface	Grafičko sučelje
CVE	Common Vulnerabilities and Exposures	
TCO	Total Cost of Ownership	Ukupna cijena vlasništva
CAL	Client Access Licence	Licence za pristup klijenta
RSAT	Remote Server Administration Tools	Alati za udaljenu administraciju



## Popis slika

Slika 4.1 Izbornik pri standardnoj instalaciji Windows Servera – Vlastiti rad autora .....	17
Slika 4.2 bash naredbena ljuska – Vlastiti rad autora.....	20
Slika 4.3 Planirana nedostupnost i prekid rada poslužiteljskog operacijskog sustava poduzeća u 2019. godini izražena u satima po mjesecu .....	21
Slika 3.3 Prikaz ranjivosti Windows Servera 2016 u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine - Vlastiti rad autora .....	22
Slika 4.5 Prikaz ranjivosti Red Hat Enterprise Linuxa u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine – Vlastiti rad autora .....	23
Slika 4.6 Mogućnosti Veeam Backup Essentialsa s licencom Standard .....	25
Slika 4.7 Izračun potrebnog broja Veeam licenci.....	26
Slika 4.8 Prikaz ranjivosti Windowsa 10 u razdoblju od 1. 1. do 16. 9. 2019. godine – Vlastiti rad autora .....	39
Slika 5.1 Shema predložene infrastrukture – Vlastiti rad autora.....	42

## Popis tablica

Tablica 2.1 Zahtjevi referentne tvrtke .....	7
Tablica 3.1 Usporedba poslužiteljskih operacijskih sustava .....	10
Tablica 3.2 Kriteriji za uspoređivanje klijenata.....	14
Tablica 4.1 Različita izdanja Windows Servera 2016 [13] .....	16
Tablica 4.2 Ocjene operacijskih sustava Windows Server 2016 i CentOS 7 .....	23
Tablica 4.3 Usporedba servisa za Microsoftovu infrastrukturu .....	31
Tablica 4.4 Komponente iRedMaila [38].....	34
Tablica 4.5 Usporedba servisa za Linux infrastrukturu.....	38
Tablica 4.6 Ocjene Windowsa 10 i CentOS-a 7 .....	40
Tablica 5.0.1 Usporedba poslužiteljskog i klijentskog operacijskog sustava.....	44

## Literatura

- [1] »European Commission,« [Mrežno]. Available: [https://ec.europa.eu/growth/smes\\_en](https://ec.europa.eu/growth/smes_en). [Pokušaj pristupa 02 Srpanj 2019].
- [2] N. Breslauer i M. Gregorić, »Utjecaj suvremenih informacijskih tehnologija na učinkovitost poduzetničkih projekata,« *Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu*, svez. 6, br. 2, pp. 49-57, siječanj 2016.
- [3] European Union, »Commission Recommendation of 6 May 2003 concerning the definition of micro, small and medium-sized enterprises,« *Official Journal of the European Union*, svez. 46, br. L 124, pp. 36-41, 20 svibanj 2003.
- [4] Prvi plan, »Prvi plan,« 2019 lipanj 26. [Mrežno]. Available: <https://prviplan.hr/biznis/zadar-i-bjelovar-vodeci-po-broju-novih-poduzeca-evo-u-cemu-je-njihova-tajna/>. [Pokušaj pristupa 5 srpanj 2019].
- [5] G. S. T. R. H. B. W. D. M. Evi Nemeth, *UNIX and Linux System Administration Handbook (5th Edition)*, Addison-Wesley Professional, 2017.
- [6] M. W. Matthias Kalle Dalheimer, *Running Linux, Fifth Edition*, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2009.
- [7] G. Carter, *LDAP System Administration: Putting Directories to Work*, Sebastopol: O'Reilly Media, 2003.
- [8] R. P. B. Ž. R. S. B. B. R. S. K. A. P. M. Ivan Čavar, *Sigurnost računalnih mreža*, Zagreb: Algebra d.o.o., 2014.
- [9] M. G. Sobell, *A Practical Guide to Fedora and Red Hat Enterprise Linux (7th Edition)*, Prentice Hall, 2014.
- [10] S. Özkan, »CVE Details,« [Mrežno]. Available: <https://www.cvedetails.com/cve-help.php>. [Pokušaj pristupa 13 rujan 2019].

- [11] The CentOS Project, »CentOS Project,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.centos.org/about/>. [Pokušaj pristupa 16 rujan 2019].
- [12] V. M. B. W. S. M. D. B. Brian Svidergol, Mastering Windows Server 2016, Indianapolis: Sybex, 2018.
- [13] M. O'Shea, »TechNet,« Microsoft, 26 srpanj 2016. [Mrežno]. Available: <https://blogs.technet.microsoft.com/ausoemteam/2016/07/26/windows-server-2016-editions/>. [Pokušaj pristupa 2019 rujan 2019].
- [14] Protis d.o.o., »Protis,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/software-oem-win-svr-essentials-2016-64bit-eng-1pk-dvd-g3s01045/117944>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [15] R. W. S. Vicki Stanfield, Linux System Administration, Second Edition, Alameda: Sybex, 2002.
- [16] Microsoft, »Microsoft Docs,« [Mrežno]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/get-started/system-requirements>. [Pokušaj pristupa 12 26 2019].
- [17] CentOS Project, »CentOS Product Specifications,« [Mrežno]. Available: <https://wiki.centos.org/About/Product>. [Pokušaj pristupa 26 12 2019].
- [18] A. Yagi, »CentOS,« 6 siječanj 2015. [Mrežno]. Available: <https://wiki.centos.org/Documentation>. [Pokušaj pristupa 16 rujan 2019].
- [19] F. Boljat, »"CENTRALIZIRANA ADMINISTRACIJA KORIŠTENJEM POWERCLI-A", Završni rad,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:225:647538>. [Pokušaj pristupa 1 listopad 2019].
- [20] ITIC, »ITIC,« [Mrežno]. Available: <https://itic-corp.com/wp-content/uploads/2019/06/07.jpg>. [Pokušaj pristupa 15 rujan 2019].
- [21] S. Özkan, »CVE Details,« [Mrežno]. Available: [https://www.cvedetails.com/product/34965/Microsoft-Windows-Server-2016.html?vendor\\_id=26](https://www.cvedetails.com/product/34965/Microsoft-Windows-Server-2016.html?vendor_id=26). [Pokušaj pristupa 16 rujan 2019].

- [22] S. Özkan, »CVE Details,« [Mrežno]. Available: [https://www.cvedetails.com/product/78/Redhat-Enterprise-Linux.html?vendor\\_id=25](https://www.cvedetails.com/product/78/Redhat-Enterprise-Linux.html?vendor_id=25). [Pokušaj pristupa 16 rujan 2019].
- [23] Protis d.o.o., »Protis,« [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/dell-poweredge-t30-e31225v58gbddr41tbsatadvdrw3ynbd/136645>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [24] C. S. P. M. J. N. Ryan Baclit, Foundations of CentOS Linux: Enterprise Linux On the Cheap, Apress, 2009.
- [25] Protis d.o.o., »Protis,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/hdd-interni-wd-red-nas-35-3-tb-intellipower-wd30efrx/62411>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [26] Veeam® Software, »Veeam,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.veeam.com/pricing-calculator?product=VBE&ad=in-text-link>. [Pokušaj pristupa 08 listopad 2019].
- [27] B. S. B. W. V. M. Clifton Leonard, Mastering Microsoft Exchange Server 2016, Indianapolis: Sybex, 2016.
- [28] Protis d.o.o., »Protis,« [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/exchgsvrstd-2016-sngl-olp-nl-31204349/126740>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [29] Protis d.o.o., »Protis,« [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/software-oem-windows-server-std-2016-64bit-16-core-p7307113/117945>. [Pokušaj pristupa 10 listopad 2019].
- [30] Protis d.o.o., »Protis,« [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/software-windows-server-cal-2016-english-1pk-dsp-oei-5-clt-user-cal-r1805244/119244>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [31] Protis d.o.o., [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/exchgstdcal-2019-sngl-olp-nl-dvccal-38104491/142583>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].

- [32] Protis d.o.o., »Protis,« [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/srv-dod-dell-mem-8gb-1rx-8-ddr4-udimm-2400mhz-ecc/139966>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [33] MailEnable, »MailEnable,« [Mrežno]. Available: <https://www.mailenable.com/pricing.asp>. [Pokušaj pristupa 8 10 2019].
- [34] J. R. R. A. A. G. L.-N. Brian Desmond, Active Directory: Designing, Deploying, and Running Active Directory, Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.
- [35] »netgate,« Rubicon Communications, LLC, [Mrežno]. Available: <https://store.netgate.com/pfSense/SG-1100.aspx>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [36] Protis d.o.o., »Protis,« [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/mrezna-kartica-strong-stylebackgroundyellowintelstrong-strong-stylebackgroundyellowgigabitstrong-ct-ethernet-10baset100basetx1000baset/18375>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [37] A. Dmitrović, »sys.portal CARNet,« 04 04 2012. [Mrežno]. Available: <https://sysportal.carnet.hr/node/977>. [Pokušaj pristupa 2 listopad 2019].
- [38] iRedMail, »iRedMail,« [Mrežno]. Available: <https://docs.iredmail.org/used.components.html>. [Pokušaj pristupa 3 listopad 2019].
- [39] V. Dakić, Napredno administriranje otvorenih operacijskih sustava, Zagreb: Algebra d.o.o., 2015.
- [40] Protis d.o.o., »Protis,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.protis.hr/products/details/operativni-sustav-microsoft-windows-10-professional-hrvatski-64bita-oem-fqc08937/100559>. [Pokušaj pristupa 8 listopad 2019].
- [41] NetMarketShare, »NetMarketShare,« [Mrežno]. Available: <https://netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx?options=%7B%22filter%22%3A%7B%22%24and%22%3A%5B%7B%22deviceType%22%3A%7B%22%24in%22%3A%5B%22Desktop%22Flaptop%22%5D%7D%7D%5D%7D%2C%22dateLabel%22%3A%22Custom%22%2C%22attributes%22%3A%22share%22%2C%22group%22%3A%22platformVersion%22%2C%22sort>

%22%3A%7B%22share%22%3A-  
1%7D%2C%22id%22%3A%22platformsDesktopVersions%22%2C%22dateInterval%  
%22%3A%22Monthly%22%2C%22dateStart%22%3A%222019-  
06%22%2C%22dateEnd%22%3A%222019-06%22%2C%22segments%22%3A%22-  
1000%22%7D. [Pokušaj pristupa 17 rujan 2019].

- [42] S. Özkan, »CVE Details,« [Mrežno]. Available: [https://www.cvedetails.com/product/32238/Microsoft-Windows-10.html?vendor\\_id=26](https://www.cvedetails.com/product/32238/Microsoft-Windows-10.html?vendor_id=26). [Pokušaj pristupa 17 rujan 2019].
- [43] V. Dakić, Operacijski sustavi - mrežna infrastruktura i servisi, Zagreb: Algebra d.o.o., 2017, p. 110.
- [44] D. C. M. F. I. T. Vedran Dakić, LDAP sustavi, Zagreb: Algebra d.o.o., 2015.
- [45] FreeIPA, »FreeIPA,« [Mrežno]. Available: <https://www.freeipa.org/page/About>. [Pokušaj pristupa 07 srpanj 2019].
- [46] Red Hat, Inc., »389 Directory Server,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://directory.fedoraproject.org/index.html>. [Pokušaj pristupa 8 srpanj 2019].



**ALGEBRA**  
VISOKO  
UČILIŠTE

**Usporedba Linux i Microsoft  
IT infrastrukture kao potpore  
poslovanju male tvrtke**

Pristupnik: Josip Stanešić, 0321006756

Mentor: mag. ing. el. Vedran Dakić