Forenzička analiza operacijskog sustava Windows 11

Vručina, Ivan

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE

V A R A Ž D I N

Ivan Vručina

Forenzička analiza operacijskog sustava Windows 11

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE

V A R A Ž D I N

Ivan Vručina

Matični broj: 0336037543

Studij: Primjena informacijske tehnologije u poslovanju

Forenzička analiza operacijskog sustava Windows 11

ZAVRŠNI RAD

Mentor/Mentorica:

Doc. dr. sc. Igor Tomičić

Varaždin, rujan 2024.

Ivan Vručina

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autor/Autorica potvrdio/potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi

Sažetak

Tema ovog rada je forenzička analiza operacijskog sustava Windows 11. Rad istražuje metode digitalne forenzike primijenjene na ovu verziju Windowsa, uključujući teorijski pregled digitalne forenzike, razvoj sustava i sigurnosne značajke Windowsa 11. Korišteni alati uključuju FTK Imager, Registry Viewer, Event Viewer, Volatility, ProcMon, BitLocker i druge. Praktični dio sadrži kratki vodič kroz ključne komponente Windows operacijskog sustava relevantne za forenzičku analizu. Provedena je forenzička analiza koja obuhvaća analizu Windows Registry-a, logova događaja, procesa, memorijskog dumpa i povijesti web preglednika, uz izradu forenzičkog izvještaja za provedenu analizu. Zaključci naglašavaju važnost forenzičkih metoda u analizi operacijskih sustava te pružaju smjernice za buduća istraživanja u digitalnoj forenzici.

Ključne riječi: Windows, Forenzička analiza, Registry, FTK Imager, Event Viewer, Windows 11 , disk, Event Viewer, Volatility, Volatility Workbench, BitLocker, ProcMon, BrowsingHistoryView, WebBrowserPassView

Sadržaj

1. Uvod

Tema ovog završnog rada je forenzička analiza operacijskog sustava Windows 11. Materija koja se istražuje u ovom radu od velike je važnosti jer operacijski sustavi, uključujući najnoviju verziju Windowsa, igraju ključnu ulogu u svakodnevnom korištenju računala, kako u osobnom, tako i u profesionalnom okruženju. Forenzička analiza operacijskih sustava je od velike važnosti za otkrivanje, razumijevanje i rješavanje sigurnosnih incidenata te za prikupljanje digitalnih dokaza koji mogu biti ključni u pravnim postupcima.

Temu forenzičke analize operacijskog sustava Windows 11 odabrao sam zbog osobnog interesa za područje digitalne forenzike, kao i iz želje za dubljim razumijevanjem kako moderni operacijski sustavi funkcioniraju i kako se mogu analizirati u kontekstu forenzičkih istraga. Windows 11, kao najnovija verzija jednog od najčešće korištenih operacijskih sustava na svijetu, predstavlja idealan subjekt za ovu vrstu analize zbog svojih naprednih sigurnosnih značajki i široke primjene.

2. Metode i tehnike rada

Za izradu ovog završnog rada korištene su različite metode i tehnike kako bi se postigli postavljeni ciljevi i obuhvatila forenzička analiza operacijskog sustava Windows 11. Koristio sam online baze podataka poput Google Scholar-a i Google-a za prikupljanje relevantne literature i informacija koje su poslužile kao teoretska osnova rada. Alat Zotero korišten je za organizaciju i prikazivanje izvora unutar rada, omogućujući precizno i učinkovito upravljanje referencama. U praktičnom dijelu rada korišten je niz forenzičkih alata ključnih za prikupljanje i analizu digitalnih dokaza. Korišteni su i alati FTK Imager za izradu forenzičkih kopija diskova i drugih digitalnih medija, Registry Viewer za pregled i analizu Windows registra, Event Viewer za pregled Windows logova događaja, Volatility Workbench i Volatility za analizu memorijskog dumpa, ProcMon za praćenje i analizu procesa, BitLocker za analizu šifriranih diskova, te BrowsingHistoryView i WebBrowserPassView za analizu povijesti pregledavanja i lozinki spremljenih u web preglednicima.

3. Digitalna forenzika

Digitalna forenzika je dio forenzičke znanosti koji je usmjeren na istragu, oporavak i prezentaciju digitalnih dokaza u pravnim postupcima. [1] Digitalna forenzika je ključna za moderno provođenje zakona i kibernetičku sigurnost a počela se razvijati ranih 1980-ih zbog sve veće upotrebe osobnih računala i potrebe za izvlačenjem digitalnih podataka. Isprva fokusirana na računalni kriminal, digitalna forenzika proširila je svoj opseg s razvojem tehnologije, uključujući pametne telefone, internet i cloud platforme, zahtijevajući sofisticiranije metode za ekstrakciju i analizu podataka.

U početku su alati i tehnike bili osnovni što je ograničavalo učinkovitost istraga. S napretkom tehnologije, alati za digitalnu forenziku su postali napredniji što je značilo i poboljšanje metoda izdvajanja podataka, analize i dokumentacije. Evoluciju ovog polja potaknuli su i novi zakoni i propisi usmjereni na borbu protiv kibernetičkog kriminala koji naglašavaju važnost pouzdanih i sofisticiranih forenzičkih alata i metodologija. [2]

Digitalna forenzika se koristi u kriminalnim istragama, građanskim parnicama, obavještajnim operacijama, administrativnim poslovima, krađi intelektualnog vlasništva, industrijskoj špijunaži i stečajnim istragama. Njezini ciljevi uključuju obnavljanje, analizu i očuvanje digitalnih materijala za sudsku prezentaciju, utvrđivanje motiva i identifikaciju počinitelja. Digitalna forenzika se primjenjuje na mjestima zločina kako bi se očuvao integritet dokaza, uključujući prikupljanje podataka, dupliciranje i oporavak izbrisanih datoteka. Digitalna forenzika brzo identificira dokaze, procjenjuje utjecaj zlonamjernih aktivnosti i izrađuje forenzička izvješća uz očuvanje lanca nadzora. [1] Digitalna forenzika se, ovisno o uređaju ili sustavu koji sadrži digitalne dokaze, dijeli na nekoliko grana. Te grane uključuju računalnu forenziku, forenziku mobilnih uređaja, mrežnu forenziku i forenziku baza podataka.[3]

Zbog prirode dokazivanja u digitalnoj forenzičkoj znanosti, neophodno je poštivati rigorozne standarde. Među izazovima s kojima se susreće digitalna forenzika su izvlačenje podataka iz zaključanih ili uništenih računalnih uređaja, pronalaženje specifičnih unosa podataka unutar velikih količina podataka pohranjenih lokalno ili u cloud-u, praćenje digitalnog lanca nadzora i osiguravanje integriteta podataka tijekom istrage.[1]

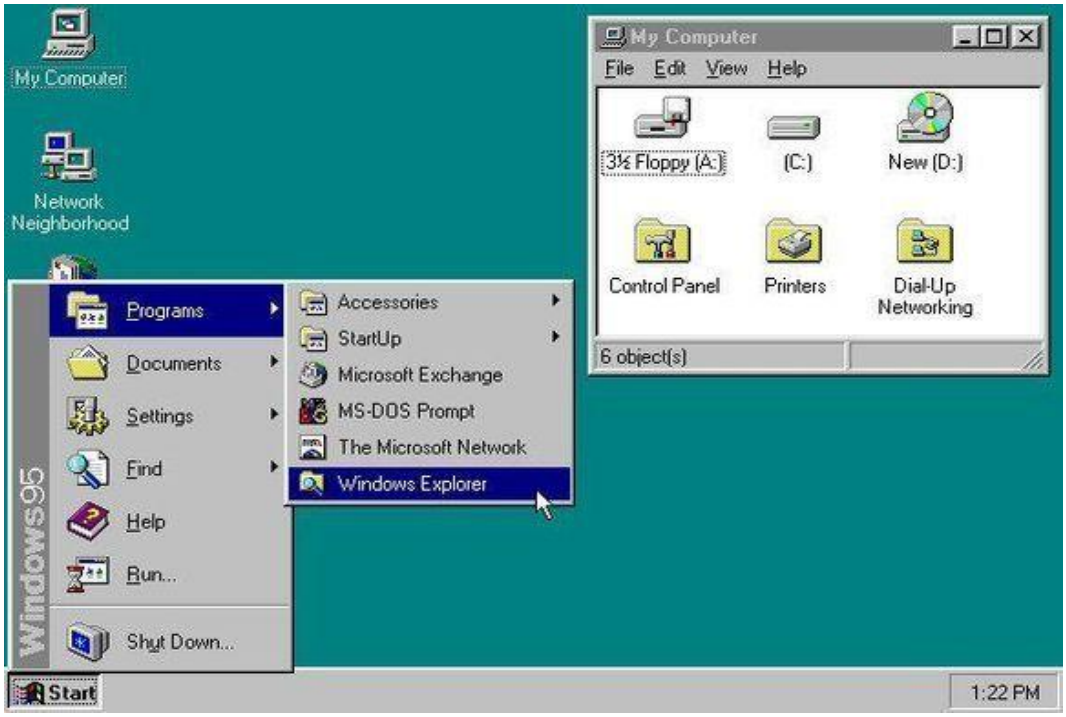
Računalna forenzika obuhvaća pronalaženje i analizu digitalnih informacija s računala i uređaja za pohranu. Policijske i korporativne istrage digitalnih prijevara i kršenja internih pravila oslanjaju se na stručnjake računalne forenzike za prikupljanje dokaza kada dođe do zločina. U ovom području digitalne forenzike, podaci iz forenzike mreže i tvrdog diska koriste se u ispitivanju od strane osoblja za provođenje zakona, poslovnih rukovoditelja i sudova.[2]

Računalna forenzika i kibernetička sigurnost su vrlo bliska područja u polju informatike. Oba se fokusiraju na slične ciljeve, poput zaštite digitalne imovine i primjene strategija oporavka podataka za forenzičke svrhe, no unatoč sličnostima, svako područje ima svoje ključne razlike. Računalna forenzika se bavi analizom podataka koji su već kompromitirani ili ukradeni, dok se kibernetička sigurnost usredotočuje na sprečavanje krađe, prijevare i drugih oblika gubitka podataka.[4]

Budućnost digitalne forenzike usko je povezana s napretkom tehnologije, evolucijom pravnih okvira i rastućim kibernetičkim prijetnjama. Ključni trendovi u razvoju digitalne forenzike uključuju integraciju umjetne inteligencije i strojnog učenja, automatizaciju zadataka, prepoznavanje obrazaca i prediktivnu analitiku za anticipaciju prijetnji. Prilagodba cloud-u i Internet of Things okruženjima zahtijeva razvoj novih alata i tehnika za upravljanje složenim pravnim pitanjima. Blockchain tehnologija i kriptovalute donose izazove i prilike zbog potrebe za alatima koji prate transakcije i osiguravaju integritet dokaza. Kvantno računarstvo donosi i rizike i koristi te zahtijeva nove metode šifriranja. Pravna i etička pitanja zahtijevaju ravnotežu između temeljitih istraga i prava na privatnost, dok stalno usavršavanje vještina i interdisciplinarna obuka ostaju ključni za stručnjake u ovom polju.[2]

4. Windows

Microsoft Windows je operativni sustav razvijen za osobna računala koji se pojavio na tržištu 1985. godine. Windows je brzo postao dominantan na tržištu jer je nudio grafičko korisničko sučelje (GUI) za IBM računala. Danas oko 90 posto osobnih računala koristi neku verziju Windowsa. Prva verzija, temeljena na MS-DOS-u, omogućila je vizualno upravljanje radnim površinama. Kasnije verzije donijele su širu funkcionalnost uključujući ugrađene programe poput File Managera, Program Managera i Print Managera. Windows 95, objavljen 1995. godine, integrirao je Windows i DOS te dodao podršku za internet i web preglednik Internet Explorer.[5] Na slikama od 1. do 4. prikazana su korisnička sučelja Windows 95, Vista, 7 i 10.



Slika 1: Korisničko sučelje Windows-a 95 (Izvor: David Grossman, 2017)

Slika 2: Korisničko sučelje Windows-a XP (Izvor: Jo Best, 2014.)

Slika 3: Korisničko sučelje Windows-a 7 (Izvor: GFC Global, bez dat.)

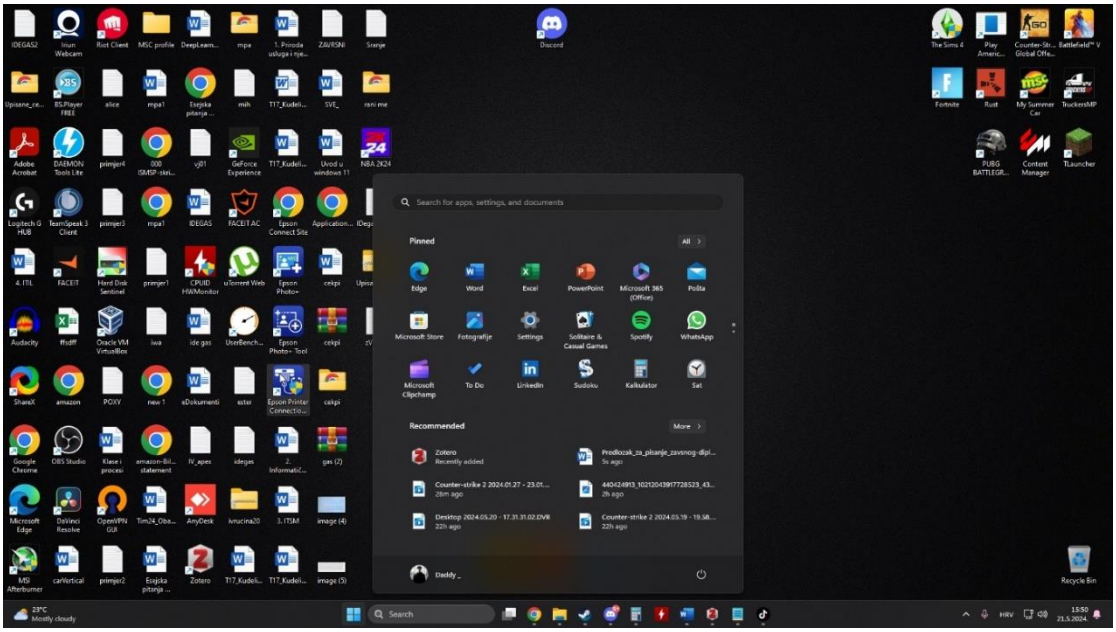
Slika 4: Korisničko sučelje Windows-a 10 (Izvor: Michael Muchmore, 2022.)

Microsoft je 2001. godine predstavio Windows XP, koji je objedinio različite verzije za privatne korisnike , poslovne korisnike i programere. XP je predstavio bolju jezgru i poboljšano sučelje te naprednije upravljanje memorijom i aplikacijama. Windows Vista iz 2006. godine imao je problema s implementacijom i bio je percipiran kao spor i zahtjevan. Microsoft je 2009. odgovorio s Windows 7, koji je donio poboljšanja u brzini i zahtjevima sustava. Windows 8 iz 2012. godine imao je drugačije korisničko sučelje. Windows 10, objavljen 2015., uveo je digitalnog asistenta Cortanu i novi web preglednik Microsoft Edge. Windows 11, izdan 2021., karakteriziran je poboljšanim sučeljem i većom brzinom.[5]

4.1. Windows 11

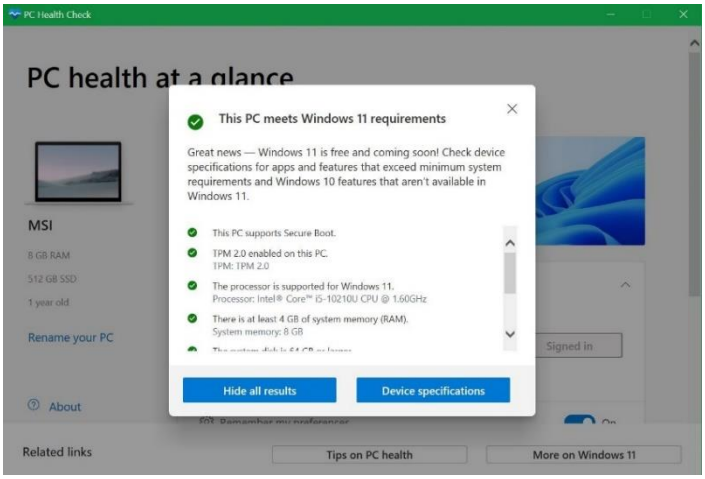
Microsoft je 2021. predstavio Windows 11 koji je karakteriziran poboljšanim sučeljem i većom brzinom u radu u usporedbi s Windowsom 10. Međutim, Cortana je uklonjena iz OS-a zbog zaostajanja u performansama u usporedbi s konkurentnim virtualnim pomoćnicima poput Siri i Amazonove Alexe. Umjesto Cortane, Microsoft je uveo novu značajku nazvanu Copilot, koja koristi generativnu umjetnu inteligenciju (AI) kako bi se poboljšala produktivnost korisnika. kako bi generirao sadržaj na temelju korisničkih naredbi, Copilot koristi velike jezične modele inspirirane tehnologijom populariziranom od strane ChatGPT-a i Google Geminija. Ova

značajka integrirana je u aplikacije poput Microsoft 365, koji uključuje Word i PowerPoint, te Bing i u programsku traku sustava Windows.[5] Sučelje Windows-a 11 prikazano je na slici 5..



Slika 5: Korisničko sučelje Windows-a 11 (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Microsoft tvrdi da je Windows 11 podigao sigurnosni baseline kako bi postao najsigurnija verzija do sad. Iskoristili su više od 8,2 trilijuna signala iz Microsoft threat intelligence, reverse engineering kao i savjete vodećih stručnjaka, poput NSA-a (National Security Agency), Nacionalnog centra za kibernetičku sigurnost Ujedinjenog Kraljevstva i Kanadskog centra za kibernetičku sigurnost, da bi dizajnirali security baseline u Windows 11 kako bi sustav mogao rješavati sve veće prijetnje s kojima se sam Windows 11 ne bi mogao boriti.[5] Neke od sigurnosnih značajki koje pomažu da podaci korisnika i operativni sustav ostanu zaštićeni su Virtualization-based security (VBS), UEFI Secure Boot i Trusted Platform Module (TPM). Neke od njih je potrebno aktivirati u BIOS-u da bi bilo moguće nadograditi s Windows 10 na Windows 11 i to je moguće vidjeti na slici 6..



Slika 6: Zahtjevi za nadogradnju na Windows 11 (Izvor: Rohan Pal, 2022.)

4.1.1. Trusted Platform Module (TPM)

Trusted Platform Module (TPM) je specijalizirana hardverska komponenta za povećanje sigurnosti u računalima. Može biti mikro kontroler na matičnoj ploči ili integriran u procesor (CPU). TPM koristi kriptografiju za sigurno pohranjivanje važnih informacija, poput lozinki, korisničkih podataka, otisaka prstiju i enkripcijskih ključeva, štiteći ih od vanjskih napada. Kao siguran kriptoprocesor, TPM integrira kriptografske ključeve u uređaje i nudi sigurnosne funkcije temeljene na hardveru. Nudi višu razinu sigurnosti jer pohranjuje kriptografske ključeve u hardver, čime su otporniji na neovlašteno mijenjanje i napade. TPM obavlja kriptografske funkcije poput generiranja ključeva, enkripcije i dešifriranja, podržavajući simetrične i asimetrične algoritme šifriranja. Tako osigurava da osjetljive informacije ostanu zaštićene i održava integritet i autentičnost platforme. Jedna od primarnih funkcija TPM-a je sigurno pohranjivanje kriptografskih ključeva, uključujući ključeve za šifriranje podataka i digitalne potpise. Također generira i sigurno pohranjuje dijelove enkripcijskih ključeva za osobna računala. Pri pokretanju računala, TPM igra ključnu ulogu u autentifikaciji, dajući kriptografski ključ za otključavanje enkriptanog diska. Ako je ključ potvrđen, sustav se normalno pokreće; u suprotnom računalo se neće pokrenuti, osiguravajući ovlašteni pristup i zaštitu sustava od prijetnji.[6]

Kao što je gore navedeno da bi se nadogradilo na Windows 11 potreban je TPM 2.0 koji za cilj ima podići sigurnosnu bazu Windows-a. TPM 2.0 omogućuje Windows-u da bude istinski operativni sustav bez lozinka, te time rješava phishing i druge napade koji se temelje na lozinkama.[7]

4.1.2. UEFI Secure Boot

UEFI Secure Boot je sigurnosna značajka koja je osmišljena za sprječavanje učitavanja neovlaštenog ili zlonamjernog softvera tijekom procesa pokretanja računala. Dio je UEFI firmware-a koji služi kao moderna zamjena za starije BIOS firmware sučelje. UEFI Secure Boot radi tako da koristi digitalne potpise kako bi se osiguralo da se samo pouzdani softver učitava tijekom boot proces. Svaki dio softvera, kao što je bootloader, kernel i upravljački programi, moraju imati priznati i pouzdani certifikat. UEFI firmware uključuje bazu podataka svih pouzdanih certifikata i hashova koji se koriste za provjeru digitalnog potpisa. Ako se potpis softvera podudara s certifikatom u bazi podataka firmware-a, dopušteno mu je pokretanje, u suprotnom je blokiran. Međutim, UEFI Secure Boot može predstavljati problem. Može uzrokovati probleme s kompatibilnošću s određenim operacijskim sustavima, upravljačkim programima ili starijim hardverom bez potpisanog firmware-a. Upravljanje ključevima i certifikatima može dodati složenost, posebno u poslovnim okruženjima. Osim

toga, napredni korisnici koji žele pokrenuti prilagođeni ili nepotpisani softver možda će morati onemogućiti Secure Boot, potencijalno smanjujući sigurnost.[8]

4.1.3. Virtualization-based security (VBS)

Virtualization-based security (VBS) koristi hardversku virtualizaciju za kreiranje i izoliranje sigurnog područja memorije od osnovnog operativnog sustava. Cilj je zaštititi operativni sustav i uređaj od zlonamjernog softvera i napada izolacijom procesa. VBS koristi Windows hypervisor za stvaranje izoliranog okruženja, omogućujući virtualizaciju hardvera i kreiranje virtualnih strojeva (VM) koji hostaju sistemske procese. Time se osigurava da napad na jedan proces ili aplikaciju ne može ugroziti druge aplikacije ili preuzeti kontrolu nad cijelim računalom.[9]

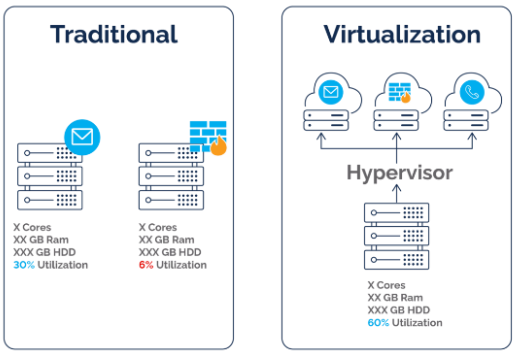
VBS izolira osjetljive informacije, otežavajući dohvaćanje ključnih podataka tijekom istrage. To može spriječiti analitičare u pristupu važnim dokazima unutar sigurnog okruženja VBS-a. Forenzički alati koji nisu dizajnirani za VBS mogu biti neučinkoviti, ostavljajući praznine u prikupljenim dokazima. VBS komplicira memory dump analizu, čineći standardne alate neučinkovitima u hvatanju zaštićenih regija. Potrebni su specijalizirani alati za pristup memoriji zaštićenoj VBS-om, što otežava forenzički proces. Također, izvođenje live response akcija na sustavima s VBS-om postaje izazovno jer zaštitne mjere ograničavaju izvršavanje naredbi i dohvaćanje podataka bez mijenjanja stanja sustava. Onemogućavanje VBS-a može ugroziti integritet istrage promjenom dokaza ili aktiviranjem zlonamjernog softvera.[10]

Ključne komponente VBS-a su **Hypervisor**, **HVCI** (Hypervisor-Enforced Code Integrity) i **Credential Guard.**

4.1.3.1. Windows Hypervisor

Windows Hypervisor služi kao temeljni sloj za omogućavanje VBS-a. On djeluje kao lagana, učinkovita iteracija hypervisora Hyper-V koji je izrađen posebno za upravljanje virtualnim strojevima i izoliranim okruženjima unutar operativnog sustava. Windows Hypervisor uspostavlja sigurno, izolirano područje memorije, odvojeno od općeg rada sustava, u kojem rad kritične sigurnosne usluge i osjetljivi podaci su zaštićeni. Iskorištavanjem hardverskih virtualizacijskih tehnologija kao što su Intel VT-x i AMD-V, učvršćuje izolirano okruženje, povećavajući otpornost na neovlašteno korištenje i time jača robusnost. Ovaj mehanizam

particioniranja djeluje kao bedem, štiteći osnovne komponente operativnog sustava od zlonamjernog softvera i sprječavajući napade koji žele iskoristiti ranjivosti kernela.[11]



Slika 7: Pojednostavljeni prikaz Hypervisora (Izvor: Jordan Macpherson, 2022.)

4.1.3.2. Windows Credential Guard

Windows Credential Guard je sigurnosna značajka koja služi kao obrana od prijetnji koje ciljaju identifikacijske podatke korisnika Windows-a. Izolira identifikacijske podatke kao što su hash lozinke NTLM, Kerberos ticket-granting tickets i druge tajne u sigurno područje memorije koje su nedostupne ostatku operativnog sustava. Ova izolacija pomaže kod sprečavanja napadača koji koriste uobičajene tehnike napada kao što su Pass-the-Hash ili Pass-the-Ticket gdje dobivaju pristup tokenima za autentifikaciju, te ih onda zloupotrebljavaju. Credential Guard osigurava da čak ako je i glavni operativni sustav ugrožen, identifikacijski podaci koisnika unutar izoliranog okruženja ostanu zaštićene, te to značajno smanjuje rizik lateralnog kretanja unutar mreže i neovlaštenog pristupa osjetljivim resursima.[12]

4.1.3.3. Hypervisor-Enforced Code Integrity (HVCI)

Hypervisor-Enforced Code Integrity (HVCI) je sigurnosna značajka koja koristi Windows Hypervisor za provođenje stroge kontrole integriteta koda. HVCI osigurava da se u kernel modu može izvršavati samo kod potpisan od pouzdanih autoriteta, sprječavajući time nepotpisan ili zlonamjeran kod. Provjerom integriteta koda, HVCI štiti sustav od malwarea i eksploatacija koje pokušavaju pokrenuti neovlašteni kod na najvišim razinama povlastica. Ova značajka pruža dodatni sloj obrane koji nadopunjuje druge sigurnosne mehanizme unutar operativnog sustava.[13]

Analitičarima može biti teško koristiti forenzičke alate na razini kernela koje HVCI ne prepoznaje te tako ograničava njihovu sposobnost dubinske analize. Zaobilaženje HVCI-ja je složeno i rizično jer može uključivati onemogućavanje sigurnosnih značajki i uništavanje dokaza. HVCI može blokirati prilagođene drivere koje forenzički alati koriste ako ne ispunjavaju njegove zahtjeve. Stoga analitičari moraju koristiti alate usklađene sa strogim sigurnosnim standardima HVCI-a, što može ograničiti izbor alata za istrage.

Zajedno, ove komponente rade usklađeno kako bi stvorile robusnu sigurnosnu arhitekturu koja značajno poboljšava zaštitu Windows 11. Ovakav višeslojni pristup pomaže ublažiti širok raspon sigurnosnih prijetnji i pruža sigurnije računalno okruženje za korisnike i poduzeća.

Zaobilaženje VBS-a i HVCI-a u forenzičke svrhe zahtijeva visoku specijalizaciju i rad s snažnim sigurnosnim mehanizmima. Neki softverski dobavljači nude forenzičke alate dizajnirane za rad u okruženjima zaštićenima VBS-om i HVCI-jem, koje operacijski sustav potpisuje i prepoznaje i tako omogućava rad bez onemogućavanja sigurnosnih značajki. Na primjer, Microsoftov Sysinternals Suite uključuje alate poput ProcDump-a i ProcMon-a za dubinsku analizu procesa i memorije. Certificirani forenzički alati usklađeni s HVCI standardima osiguravaju kompatibilnost i funkcionalnost. Kernel debugging alati, poput Windows Debugging Tools, pružaju duboke uvide u sustav i mogu raditi unatoč aktivnim VBS-u i HVCI-ju. Postavljanje debug veze preko serijske veze (USB ili mreža) ili korištenjem kernel debugging preko Ethernet-a omogućuje udaljeno debugging bez izravnog uplitanja u sustav.

5. Vodič

Ovaj sveobuhvatni vodič detaljno opisuje lokacije i značaj raznih forenzičkih artefakata u sustavu Windows 11, kao što su datoteke registra, logovi događaja i povijesti preglednika. Ovaj vodič služi kao vrijedan izvor forenzičkim istražiteljima koji analiziraju sustave Windows 11.

5.1. Windows Registry

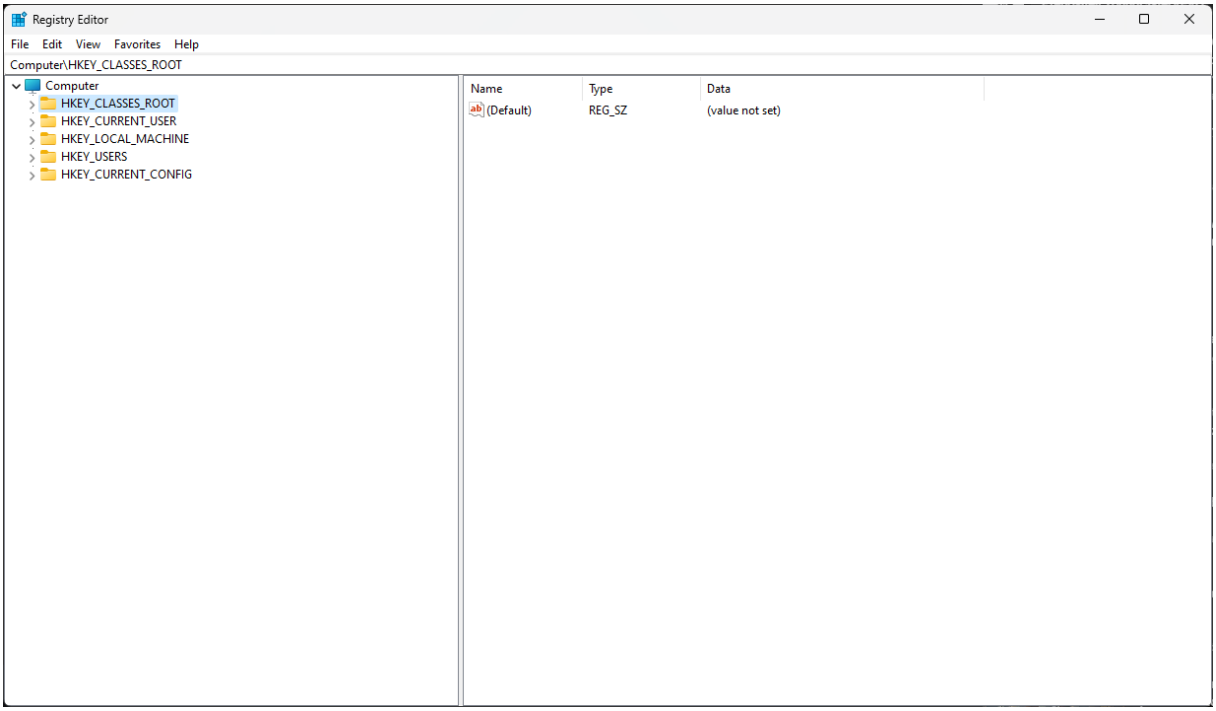
Windows Registry je kritična komponenta Windows operativnih sustava, koja pohranjuje konfiguracijske postavke i opcije. To je centralizirana, hijerarhijska baza podataka koja upravlja resursima i pohranjuje konfiguracijske postavke za aplikacije u operacijskom sustavu Windows. Sadrži informacije, postavke i opcije za operativni sustav, instalirane aplikacije, usluge sigurnosnog računa, korisnička sučelja i drivere uređaja. Također pomaže u praćenju performansi sustava i dijagnosticiranju grešaka u sustavu. Forenzički istražitelji često analiziraju Registry kako bi otkrili dokaze o aktivnostima korisnika, konfiguraciji sustava i instaliranom softveru.[14]

Windows Registry podijeljen je na nekoliko logičnih odjeljaka koji se nazivaju košnice. Svaka košnica sadrži hijerarhiju ključeva i vrijednosti, slično mapama i datotekama. Primarne košnice koje su od interesa za forenzičku analizu su:

- HKEY_LOCAL_MACHINE (HKLM) - sadrži lozinke, datoteke za pokretanje, datoteke za instalaciju softvera i sigurnosne postavke
- HKEY_CURRENT_USER (HKCU) - sadrži postavke i konfiguracije specifične za korisnika
- HKEY_CLASSES_ROOT (HKCR) - pohranjuje informacije o asocijacijama datoteka i postavkama povezivanja i ugrađivanja objekata (OLE)
- HKEY_USERS (HKU) - Sadrži sve aktivno učitane korisničke profile na računalu
- HKEY_CURRENT_CONFIG (HKCC) - sadrži informacije o hardverskom profilu koji koristi lokalno računalo pri pokretanju sustava

Unutar tih košnica nalazi se još mapa koje se nazivaju ključevi. Ključevi sadrže vrijednosti koje predstavljaju postavke. Postavke ključa su vrlo detaljne i sastoje se od brojeva i kodova. Za razliku od ključeva i vrijednosti, košnice se ne mogu kreirati, izbrisati ili preimenovati jer Registry Editor to ne dozvoljava. Microsoft ne sprječava da korisnik poboljša svoje računalo , nego nema potrebe da korisnik bilo šta radi sa košnicama. Ključevi i vrijednosti koji čine sve košnice je ono gdje je zapravo stvarna vrijednost Windows registra. No, zato korisnik može dodavati, mijenjati i brisati ključeve i vrijednosti u registru.[15]

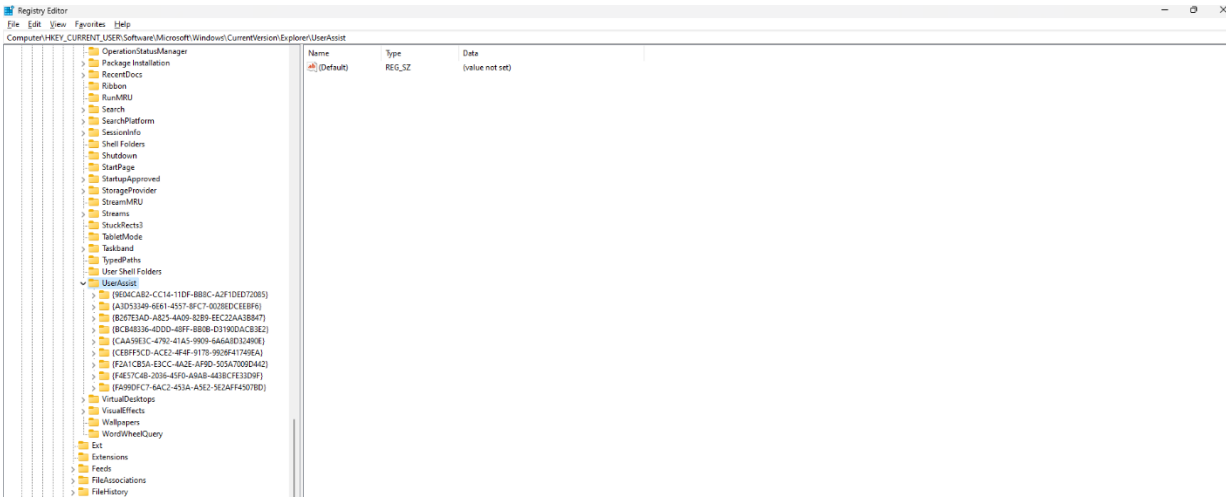
Da bi pronašli iznad navedene košnice potrebno je pokrenuti Registry Editor. On se pokreće na način da u tražilicu napišite „regedit“ i odaberete Registry Editor, nakon toga Windows vas pita za dopuštenje i morate odabrati „Da“, nakon toga se otvara prozor kao što je prikazano na slici 8.



Slika 8: Sučelje Registry Editora (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

5.1.1. UserAssist

UserAssist je ključni forenzički artefakt unutar operacijskog sustava Windows koji pruža vrijedne informacije o aktivnostima korisnika na računalu. Ovi se podaci pohranjuju u Windows Registry i uključuju zapise o programima i aplikacijama koje je korisnik pokrenuo. UserAssist je ključ registra koji bilježi podatke o aplikacijama i programima koje pokreće korisnik. Windows Explorer ažurira ovaj ključ kad god se program pokrene, pohranjujući pojedinosti poput putanje programa, brojanja izvršenja i zadnjeg vremena izvršenja. U Windows registru UserAssist nalazi se pod putanjom " HKEY_CURRENT_USER\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Explorer\UserAssist", koja je prikazana na slici 9.[16]

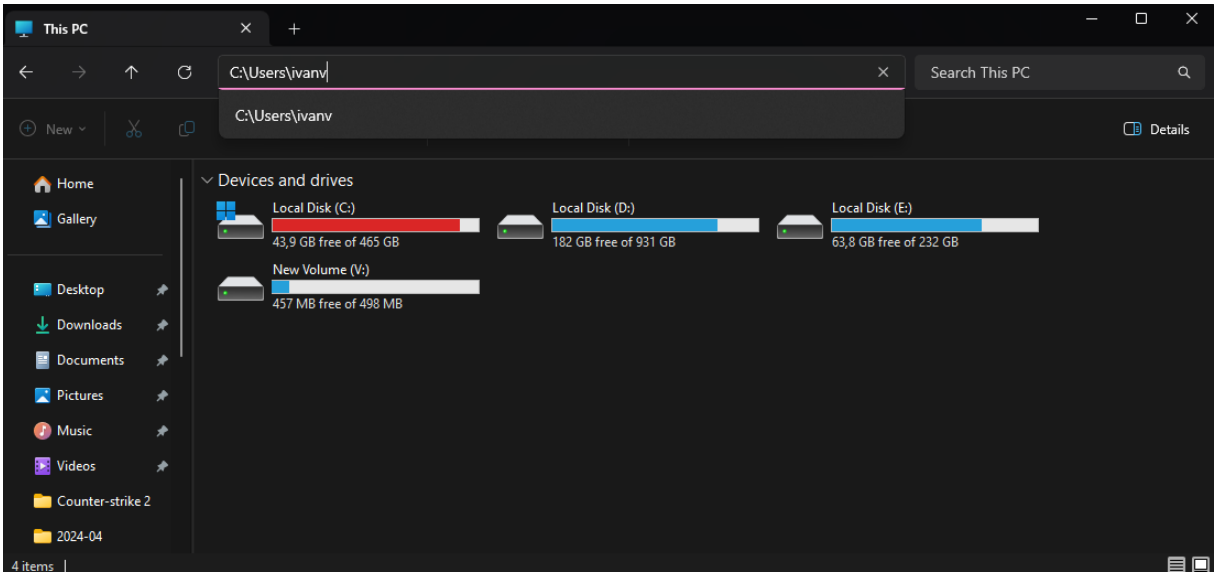


Slika 9: Putanja do UserAssist u Windows Registry (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

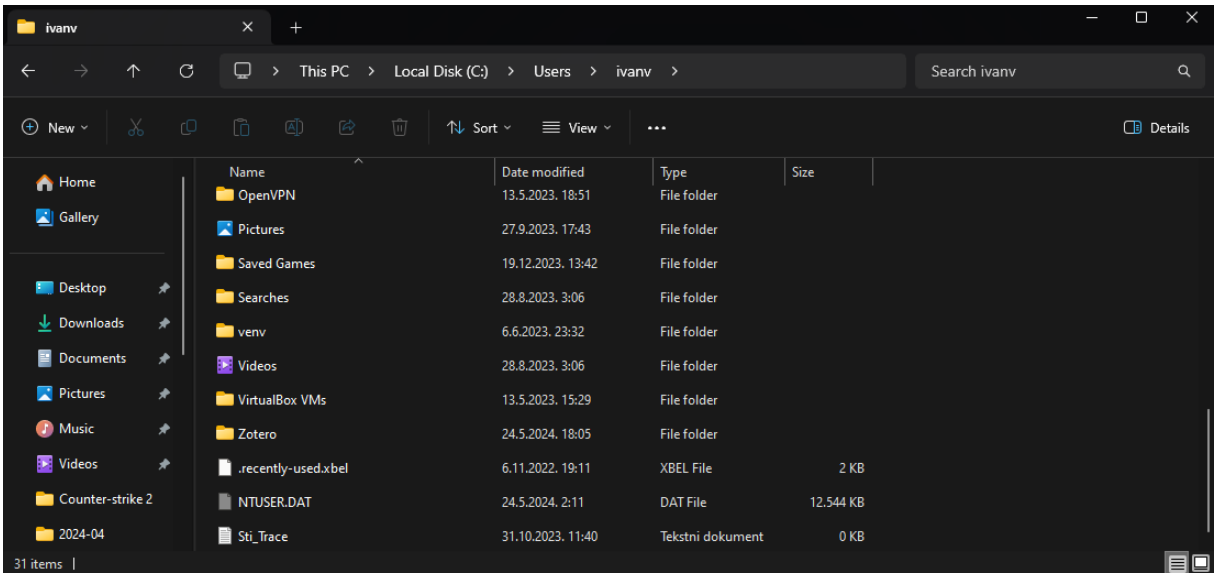
Forenzički značaj UserAssist podataka leži u njegovoj sposobnosti da pruži detaljan uvid u aktivnost korisnika na Windows sustavu. Ispitivanjem unosa UserAssist-a, istražitelji mogu identificirati koje je programe i aplikacije korisnik pokrenuo, uključujući učestalost i vrijeme tih izvršavanja. Ove su informacije neprocjenjive za rekonstrukciju ponašanja korisnika i razumijevanje obrazaca aktivnosti, što može pomoći u prepoznavanju sumnjivih ili zlonamjernih radnji. Dodatno, podaci UserAssist-a mogu potkrijepiti druge oblike dokaza, kao što su vremena pristupa datotekama i zapisnici događaja, pružajući sveobuhvatniju sliku interakcije korisnika sa sustavom. To čini UserAssist ključnim artefaktom u forenzičkim istragama, osobito kada se prati neovlaštena upotreba softvera ili istražuju sigurnosni incidenti.[16]

5.1.2. NTUSER.DAT

U svakom korisničkom profilu nalazi se datoteka „**NTUSER.DAT**“. Ova datoteka sadrži korisničke postavke, stoga nema potrebe da ju korisnik briše ili editira, jer Windows automatski učitava, mijenja i sprema ovu datoteku. Svaki put kada korisnik napravi neku promjenu na svojem računalu, bilo da se radi o promjeni rezolucije ili o promjeni bolje korisničkog sučelja, Windows mora zapamtiti te postavke kada se sljedeći put učita. On postiže tako da prvo te informacije pohrani u Registry, točnije u HKEY_CURRENT_USER košnicu. To znači da kada korisnik ugasi računalo, Windows tada sprema te informacije u datoteku koja se naziva „NTUSER.DAT“. Te kada korisnik sljedeći puta upali računalo, Windows može učitati tu datoteku i postavke korisnika može ponovno učitati u Registry. To omogućuje da svaki profil na jednom računalu ima zasebne postavke. Da biste pronašli i pristupili datoteci, potrebno je otvoriti File Explorer, te napisati putanju do mape korisnika, kao što je prikazano na slici 10..[17]

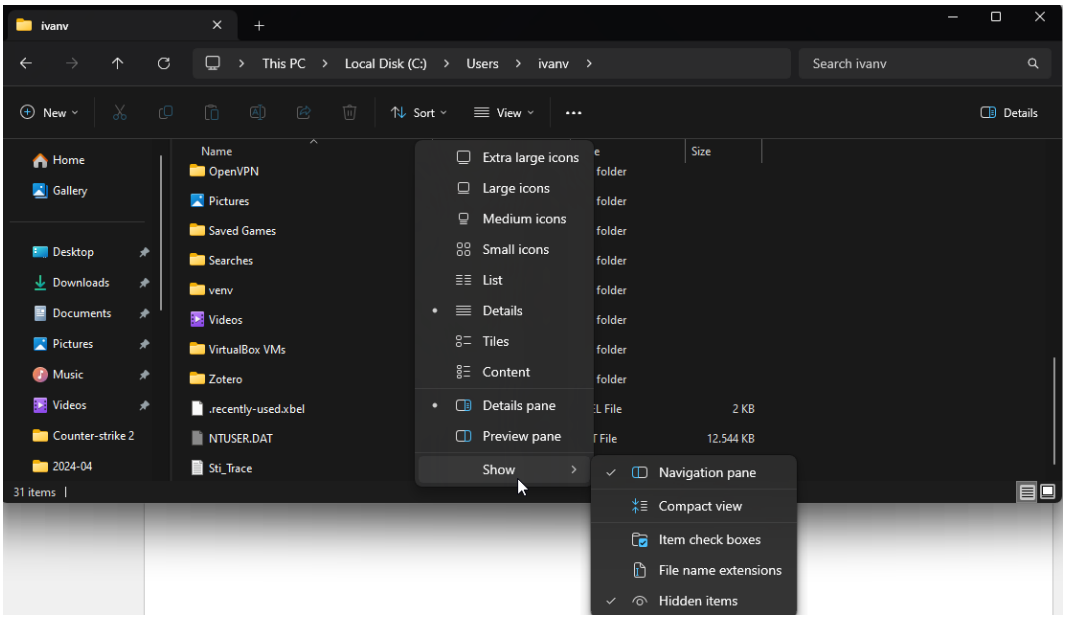


Slika 10: Pretraživanje File Explorera do datoteke (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



Slika 11: Pronalazak datoteke "NTUSER.DAT" (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Nakon toga trebali bi pronaći datoteku. U slučaju da ju ne pronađete, potrebno je uključiti da se prikazuju skrivene stvari, kao što je prikazano na slici 12. Da biste mogli otvoriti datoteku potrebno je koristiti RegRipper, Registry Explorer ili FTK Imager alate.



Slika 12: Uključivanje postavke za prikazivanje skrivenih datoteka (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Istražitelji mogu pronaći dokaze zlonamjerne aktivnosti unutar te datoteke, uključujući tragove zlonamjernog softvera i programa postavljenih za pokretanje pri pokretanju. Datoteka pomaže u stvaranju vremenske trake aktivnosti korisnika kroz vrijeme zadnjeg pisanja ključeva registra i pretpostavljena vremena prijave i odjave. Osim toga, sadrži internetsku povijest, kao što su postavke preglednika i povijest pregledavanja weba. Sve u svemu, datoteka je zlatni rudnik informacija u forenzičkim istragama, pružajući uvid u ponašanje korisnika, konfiguraciju

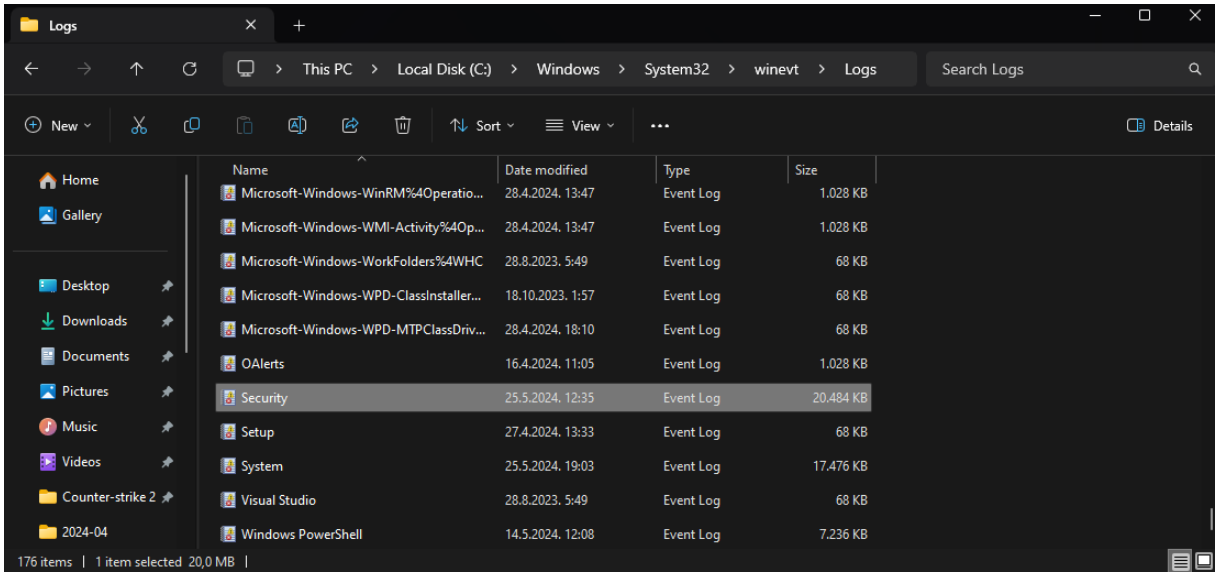
sustava i potencijalne sigurnosne incidente. Njegovi detaljni zapisi korisničkih postavki i aktivnosti čine ga neprocjenjivim resursom za rekonstrukciju radnji poduzetih na Windows računalu.

5.2. Logovi događaja

Logovi događaja ključne su komponente u forenzičkim istragama na Windows sustavima. Bilježe značajne događaje kao što su promjene sustava, sigurnosni incidenti, pogreške u aplikaciji i aktivnosti korisnika. Analizirajući log-ove događaja, forenzički istražitelji mogu rekonstruirati vremenski slijed događaja, otkriti neovlaštene radnje i razumjeti ponašanje korisnika i aplikacija u sustavu. Windows pohranjuje log-ove događaja u standardni format koji omogućuje jasno razumijevanje informacija. Glavni elementi log-a događaja su:

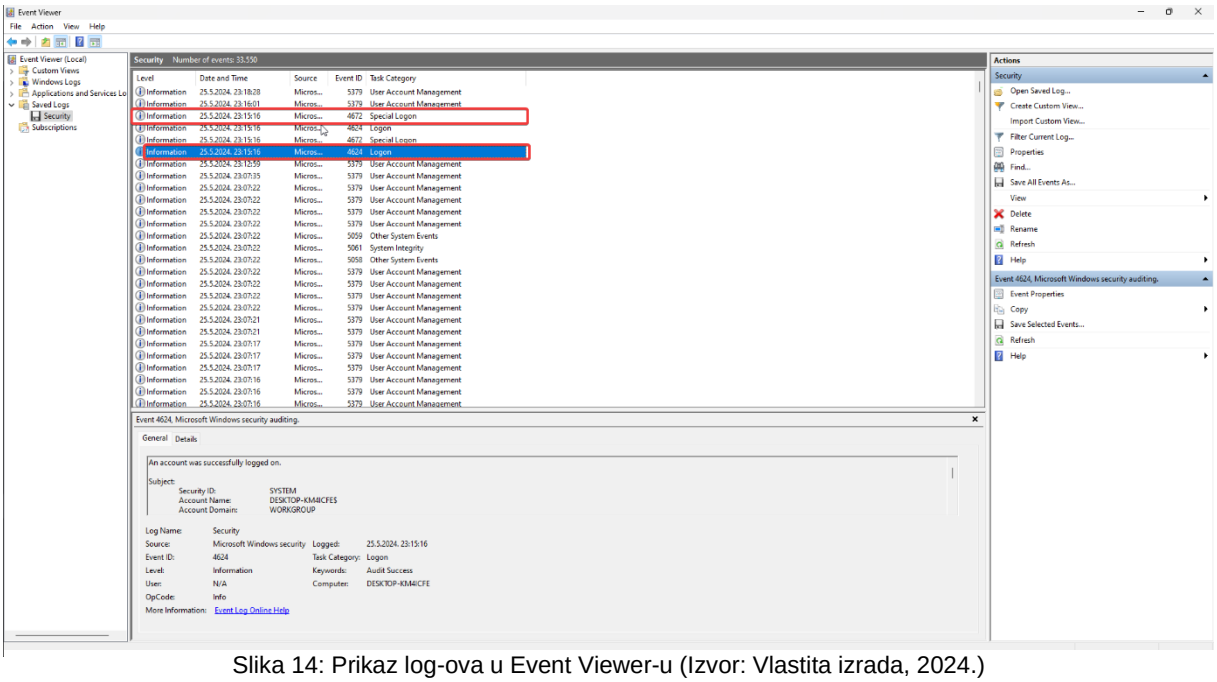
- Naziv
- Datum i vrijeme
- Kategorija zadatka
- ID događaja
- Izvor
- Razina
- Korisnik
- Računalo.[18]

Da biste pronašli log-ove događaja potrebno je otvoriti File Explorer, zatim u tražilicu napisati putanju do mape „Log“, a putanja izgleda ovako „C:\Windows\System32\winevt\Logs“. Nakon toga otvara se mapa koja izgleda kao na slici 13.



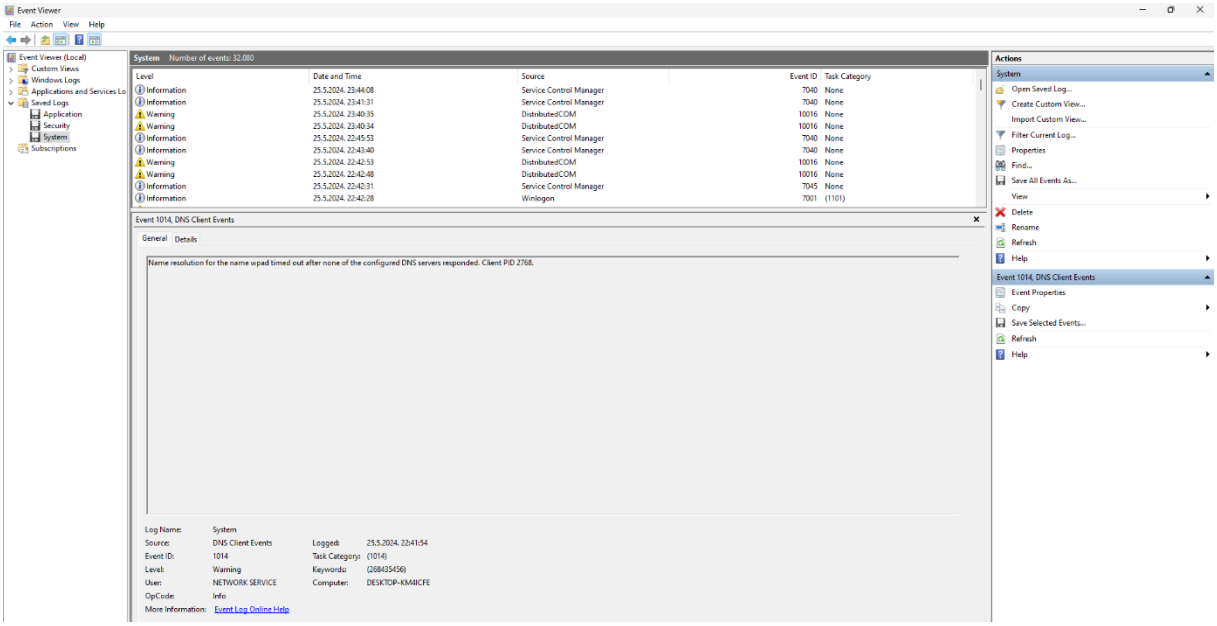
Slika 13: Prikaz mape Logs (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na slici 14. prikazani su log-ovi događaja, u Event Viewer-u, koji prikazuju log-ove vezane za Security. Na primjer Log vezan za login i za specijalni login. Preko tog log-a možemo

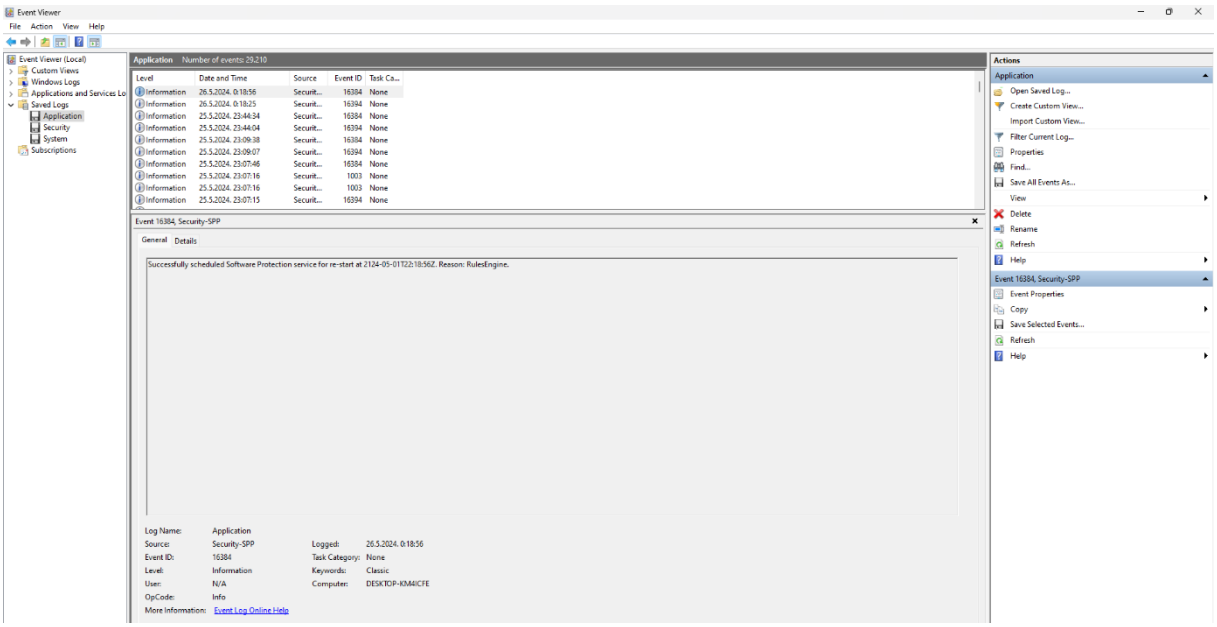


Slika 14: Prikaz log-ova u Event Viewer-u (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

vidjeti kada se korisnik ulogirao i kada se dodijelila specijalna prava računu. Pritiskom na željeni log, možemo vidjeti ime log-a, izvor, datum prijave, računalo, korisnik, id događaja i ostalo. Također postoje i log-ovi još za sustav, aplikacije, Powershell i slično. Na slici 15. i 16. prikazani su log-ovi događaja za sustav i aplikacije.



Slika 15: Prikaz log-ova za sustav (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



Slika 16: Prikaz log-ova za aplikacije (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Kao što je moguće vidjeti na slikama iznad, postoji više vrsta logova kao što su sigurnosni, aplikacijski i sistemski. Sigurnosni logovi bilježe događaje koji se odnose na sigurnosne aspekte sustava. To uključuje prijave korisnika, pokušaje pristupa resursima, promjene u sigurnosnim postavkama i neuspjele pokušaje autentifikacije. Sigurnosni logovi su ključni za praćenje i analiziranje potencijalnih sigurnosnih prijetnji. Primjeri događaja u sigurnosnim logovima uključuju prijave i odjave korisnika, bilo uspješne ili neuspješne. Također, evidentiraju se promjene u korisničkim privilegijama ili dozvolama. Logovi bilježe i aktivnosti povezane s enkripcijom ili izmjenom sigurnosnih politika. Osim toga, pristupi zaštićenim datotekama ili resursima također su zabilježeni u ovim logovima. Logovi su često prvi izvor informacija kada se istražuju sigurnosni incidenti, kao što su pokušaji probijanja lozinki, neovlašteni pristupi ili promjene u postavkama sigurnosti. [19]

Aplikacijski logovi bilježe aktivnosti specifičnih aplikacija koje se izvršavaju na sustavu. Ovi logovi su korisni za praćenje funkcioniranja aplikacija, dijagnosticiranje problema, praćenje performansi i razumijevanje ponašanja aplikacija. Primjeri događaja u aplikacijskim logovima uključuju greške u aplikacijama, kao što su rušenja ili iznimke, promjene u konfiguraciji aplikacija, upite prema bazi podataka i njihove rezultate, te korištenje specifičnih funkcionalnosti unutar aplikacije. Koriste se za dijagnostiku problema u aplikacijama, optimizaciju performansi i analizu kako korisnici koriste aplikaciju. Oni su ključni za razvojne inženjere i sistemske administratore kada se pojave problemi s aplikacijama.[19]

Sistemski logovi prate aktivnosti operativnog sustava i njegove komponente. Oni obuhvaćaju informacije o pokretanju i gašenju sustava, radu drivera, greškama hardvera i općim operativnim događajima. Primjeri događaja u sistemskim logovima uključuju pokretanje i gašenje operativnog sustava, što omogućava praćenje rada računala. Također, evidentira

pokretanje, zaustavljanje ili padovi sistemskih servisa, što je ključno za održavanje stabilnosti sustava. Hardverske greške, poput problema s diskom ili memorijom, također su zabilježene u logovima kako bi se olakšalo prepoznavanje i rješavanje tih problema. Uz to, sistemski logovi bilježe instalaciju i ažuriranje sistemskih komponenti, što je važno za održavanje sigurnosti i funkcionalnosti sustava. [19]

Log-ovi događaja bogat su izvor forenzičkih podataka koji bilježe širok raspon aktivnosti sustava i korisnika. Analizirajući te zapisnike, forenzički istražitelji mogu otkriti dokaze o neovlaštenom pristupu, promjenama sustava, problemima s aplikacijama i ponašanju korisnika. Razumijevanje strukture, uobičajenih ID-ova događaja i alata za analizu zapisa događaja ključno je za provođenje temeljitih i učinkovitih forenzičkih istraga na Windows sustavima.

5.3. Povijest preglednika

Povijest preglednika kritična je komponenta u forenzičkim istragama, koja nudi uvid u online aktivnosti korisnika. Ovi podaci uključuju posjećene web stranice, upite za pretraživanje, preuzimanja i druge interakcije temeljene na webu. Analiza povijesti preglednika može pomoći istražiteljima da razumiju ponašanje korisnika, identificiraju potencijalne sigurnosne incidente i prikupe dokaze o nezakonitim aktivnostima.[20]

Povijest preglednika bilježi posjećene web stranice, upite za pretraživanje i preuzete datoteke. Ove informacije omogućuju forenzičkim istražiteljima da rekonstruiraju online aktivnosti korisnika, pružajući uvid u njegove radnje, interese i obrasce ponašanja. Analiza povijesti može otkriti posjete sumnjivim ili zlonamjernim web stranicama, što može ukazivati na pokušaje krađe identiteta, pristup nedopuštenom sadržaju ili izloženost zlonamjernom softveru. Ovo je posebno korisno u odgovoru na incident, gdje je ključno razumjeti početni vektor kibernetičkog napada. [21]

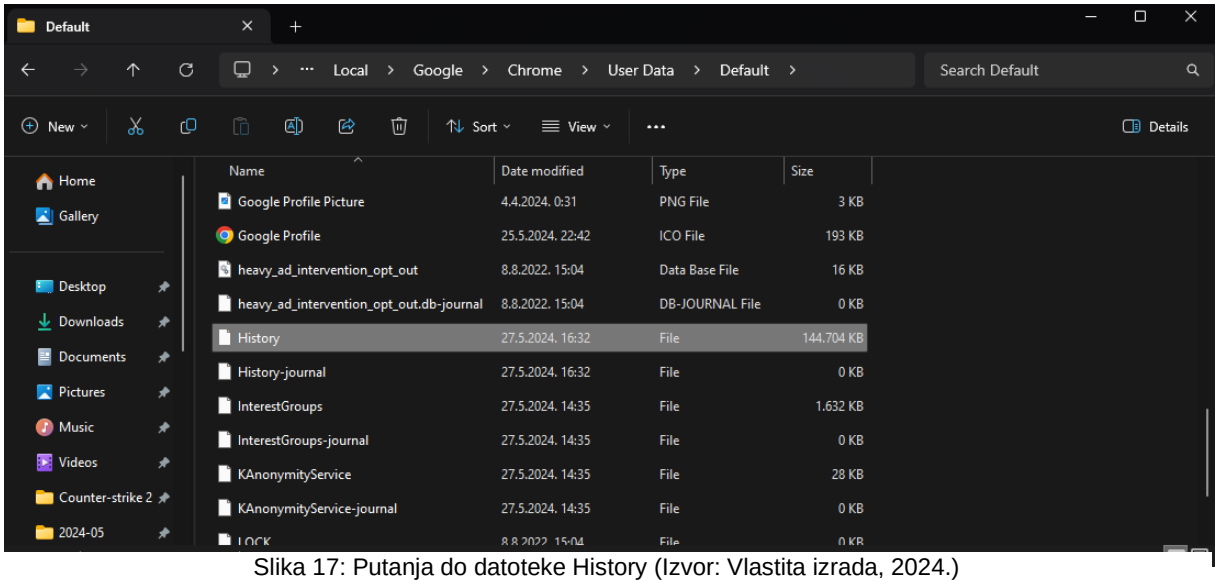
U pravnim istragama, povijest preglednika može poslužiti kao uvjerljiv dokaz na sudu. Ona može pokazati korisnikovo znanje, namjere i radnje, što može biti kritično u kaznenim i građanskim slučajevima. Ispravno prikupljena i dokumentirana povijest preglednika može pomoći u utvrđivanju vremenskih okvira, potvrđivanju alibija te opovrgnuti ili poduprijeti tvrdnje uključenih strana. [21]

Google Chrome, razvijen od strane Googlea, jedan je od najpopularnijih preglednika, kompatibilan sa svim platformama. Chrome nudi integraciju sa Google uslugama, sinkronizaciju lozinki, širok raspon dodataka, proširenja i anonimni način rada. U IT-u artefakti su tragovi na računalu koji pomažu u identifikaciji zlonamjernog prometa i napada. Chrome pohranjuje ove artefakte u specifične mape unutar operativnog sustava, uključujući povijest

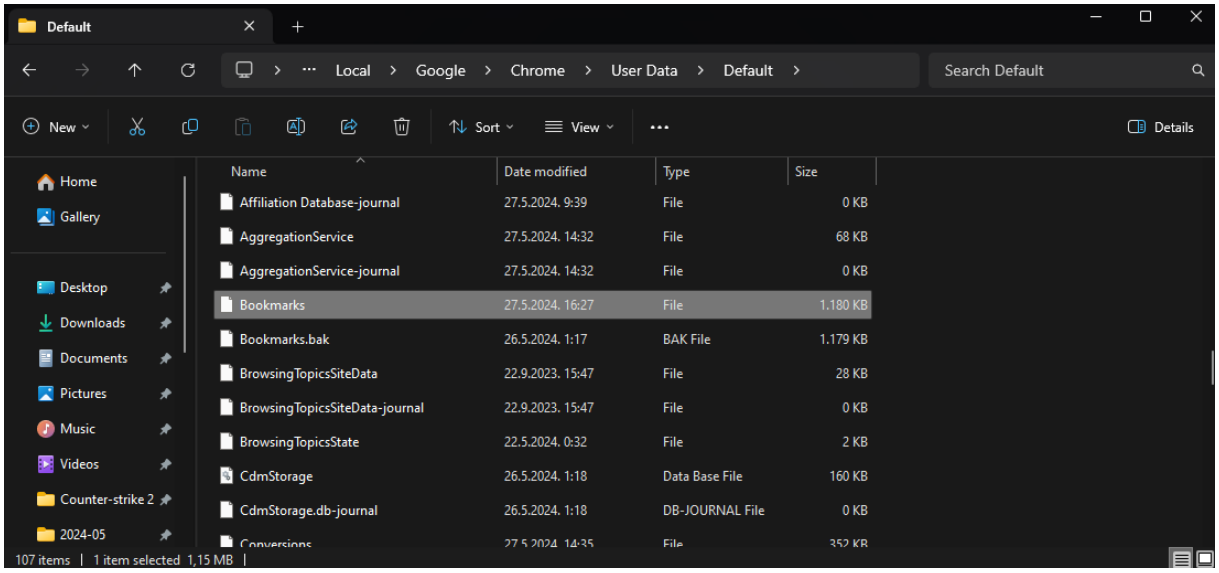
navigacije, podatke automatskog dovršavanja, bookmarkove, informacije o dodacima, cache podatke, informacije o prijavama korisnika, podatke unesene u web-obrasce, favikone, podatke o sesiji, minijature i favorite.[20]

Postoji puno artefakata koje Chrome pohranjuje a u nastavku biti će prikazane lokacije par artefakata koje se mogu pregledati tijekom forenzičke istrage na Chrome-u:

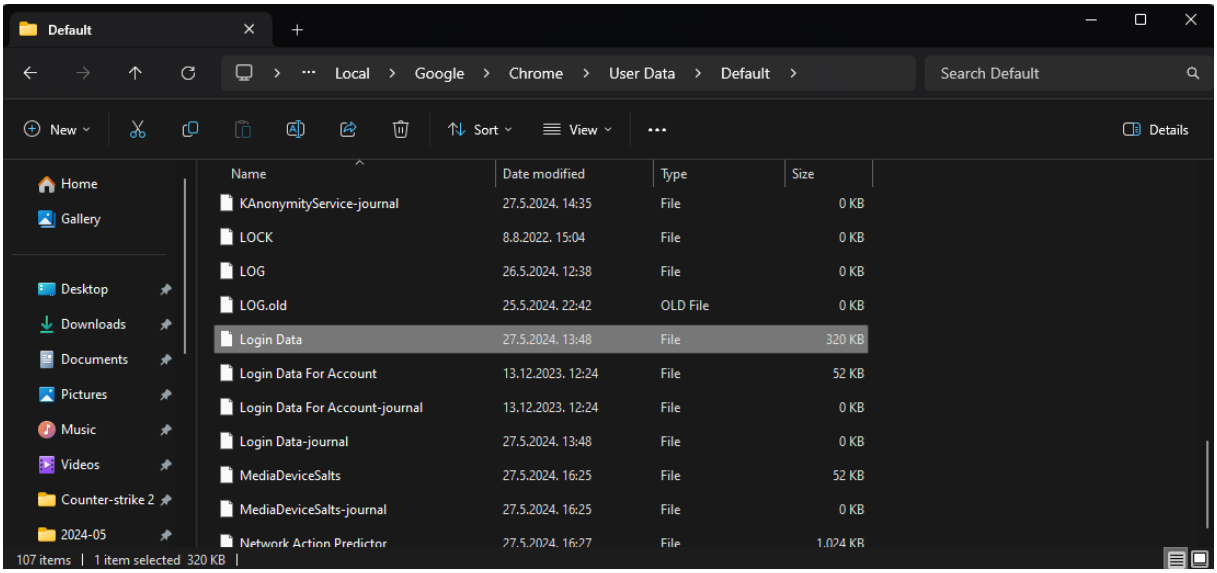
- C:\Users\UserName\AppData\Local\Google\Chrome\User Data\Default\History– putanja do datoteke koja sadrži povijest pretraživanja, povijest navigacije i preuzimanja
- C:\Users\UserName\AppData\Local\Google\Chrome\User Data\Default\Bookmarks – putanja do datoteke koja sadrži bookmark korisnika
- C:\Users\UserName\AppData\Local\Google\Chrome\User Data\Default\Login Dana – putanja do datoteke koja sadrži podatke o prijavama



Slika 17: Putanja do datoteke History (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



Slika 18: Putanja do datoteke Bookmarks (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



Slika 19: Putanja do datoteke Login Data (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

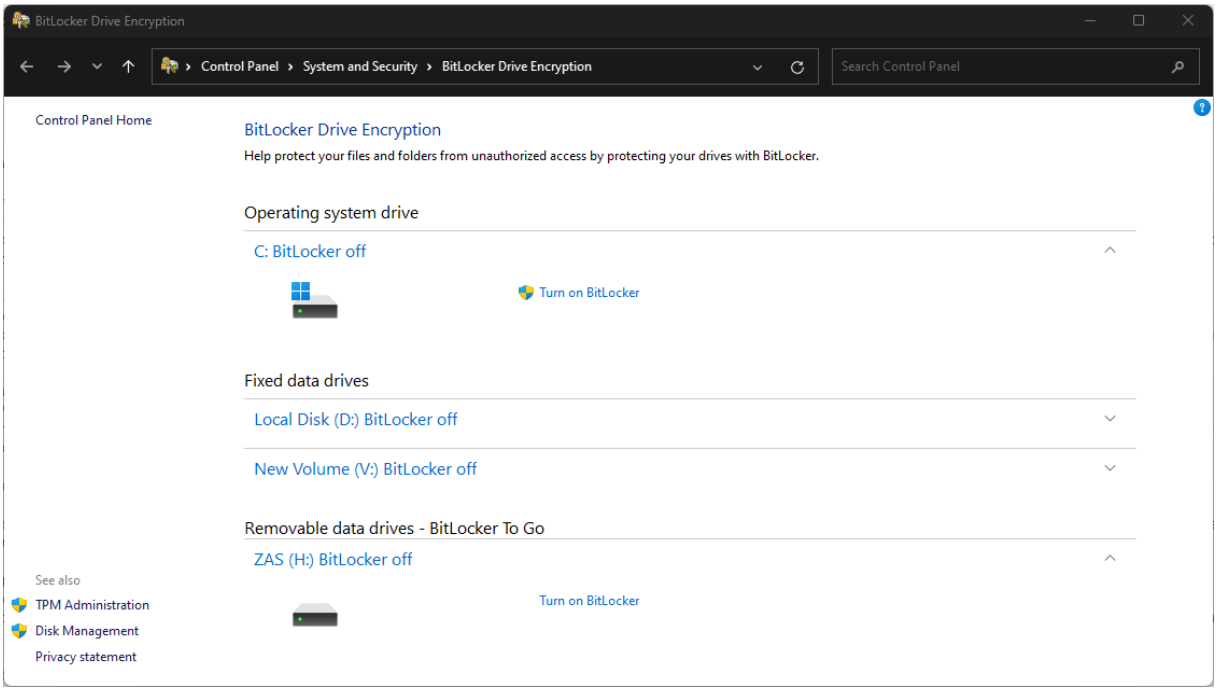
Povijest preglednika vitalni je artefakt u forenzičkim istragama zbog mogućnosti da pruži detaljne i kontekstualne uvide u online aktivnosti korisnika. Rekonstruiranjem online ponašanja, identificiranjem zlonamjernih radnji, razumijevanjem namjere korisnika, potkrepljivanjem drugih dokaza i praćenjem krađe podataka, povijest preglednika igra ključnu ulogu u otkrivanju istine i podržavanju pravnih postupaka. Učinkovita analiza povijesti

preglednika ključna je forenzičkim istražiteljima za izgradnju sveobuhvatnih i pouzdanih slučajeva.

5.4. BitLocker

BitLocker je sigurnosna funkcija integrirana u Microsoft Windows koja šifrira sve tvrde diskove, uključujući operativni sustav, sistemske datoteke i korisničke podatke. Cilj šifriranja je zaštita osjetljivih podataka na računaru od neovlaštenog pristupa, krađe ili napada hakera. BitLocker se često koristi u kombinaciji s TPM-om, hardverskim čipom ugrađenim u mnoge moderne računala, koji omogućava sigurno pohranjivanje kriptografskih ključeva. BitLocker koristi TPM za provjeru autentičnosti sustava prije pokretanja operativnog sustava, čime se osigurava integritet šifriranih podataka. Kada se BitLocker aktivira, on šifrira sve datoteke pohranjene na tvrdim diskovima, pretvarajući ih u nečitljiv kod koji se može dešifrirati samo pomoću određenog ključa. Ovaj ključ za šifriranje može se otključati pomoću korisničke lozinke ili pametne kartice. BitLocker koristi napredni enkripcijski standard (AES) sa 128-bitnim ili 256-bitnim ključevima, koji je prepoznat kao jedan od najsigurnijih algoritama za šifriranje. Dodatno, BitLocker je osmišljen da besprijekorno funkcionira s drugim značajkama Windowsa, kao što su Microsoft Management Console, Group Policy i Active Directory. [22]

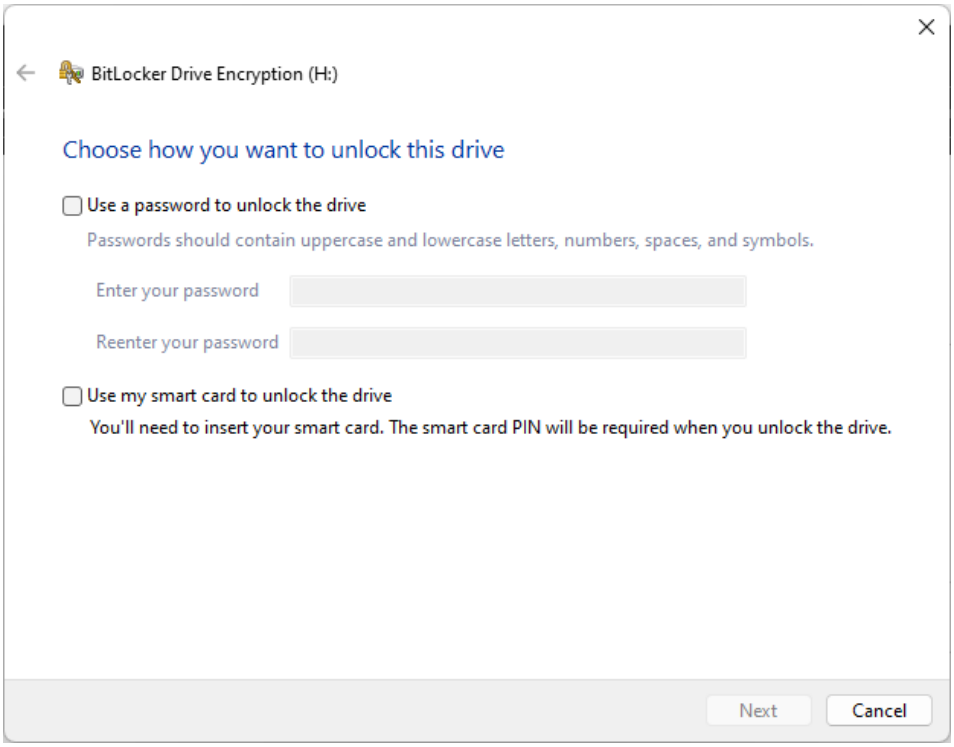
BitLocker sučelje otvara se pomoću Windows tražilice te se nakon toga otvara prozor prikazan na slici 20.



Slika 20: Sučelje Bitlocker-a (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

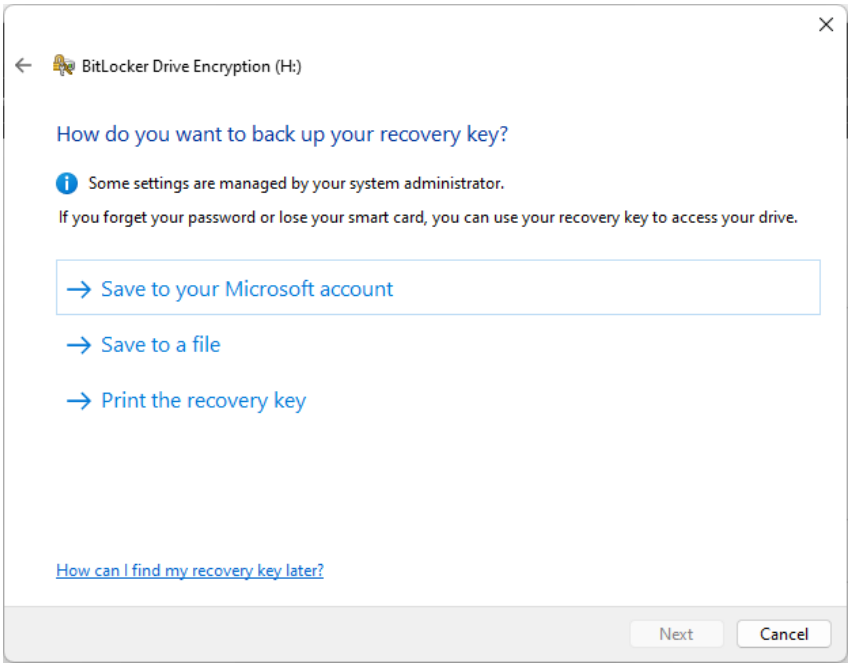
Nakon otvaranja prozora, prikazane su nam particije nad kojima je moguće koristiti BitLocker. U našem slučaju koristiti ćemo particiju H: koja je zapravo prijenosni disk. Nakon

odabira particije otvara nam se prozor u kojem možemo odlučiti kako ćemo nakon šifriranja otvarati disk, što je prikazano na slici 21.



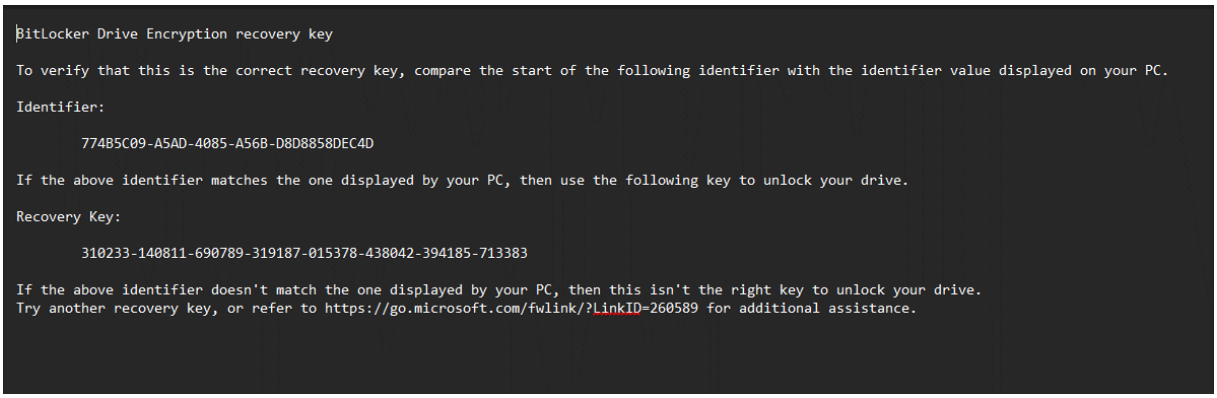
Slika 21: Odabir otvaranja diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

U ovom slučaju odabrati ćemo lozinku koja će biti „Test1234!“ i nakon upisivanja lozinke otvara se novi prozor u kojem je moguće odabrati kamo će se spremiti ključ za oporavak, što je moguće vidjeti na slici 22.



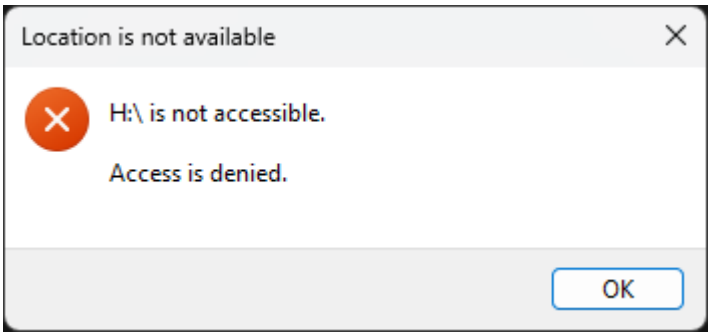
Slika 22: Odabir spremanja ključa za oporavak (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Ako se odlučimo na drugu opciju tada će se ključ spremiti u datoteku na odabrano mjesto. Te će datoteka izgledati kao na slici 23.

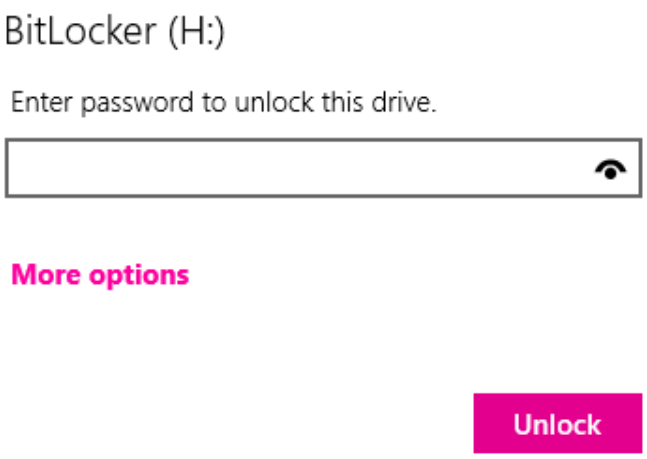


Slika 23: Datoteka s ključem za oporavak (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Nakon što smo BitLocker uključili, kada bismo disk željeli otvoriti na drugom računalo, pojavila bi se obavijest o nemogućnosti pristupa disku i bilo bi potrebno unijeti lozinku kao što je prikazano na slikama 24. i 25.



Slika 24: Obavijest o nemogućnosti pristupa disku (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



Slika 25: Prozor za unos lozinke (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

BitLocker predstavlja izazov za forenzičku analizu jer šifrira sve podatke na disku, čineći ih nedostupnima bez odgovarajućeg ključa za dešifriranje, kao što su Recovery Key, TPM modul ili PIN. Ključevi za dešifriranje mogu se nalaziti na različitim mjestima, poput TPM modula, USB sticka, ili u Microsoftovom oblaku, što često zahtijeva suradnju s vlasnikom sustava ili sudski nalog kako bi se do njih došlo. U slučajevima kada je računalo aktivno i BitLocker već dešifrirao disk, istražitelji imaju priliku pristupiti podacima. Međutim, ova vrsta analize mora biti izvedena brzo i precizno, jer ponovno pokretanje sustava ili gubitak napajanja može rezultirati gubitkom pristupa. Budući da su BitLocker ključevi često pohranjeni u RAM-u, istražitelji mogu pokušati doći do njih analizom memorije, ali ovo zahtijeva specijalizirane alate i tehnike koje nisu uvijek pouzdane. Neki komercijalni forenzički alati, poput EnCase ili FTK, nude mogućnosti rada s BitLocker šifriranim diskovima, ali samo ako istražitelj već ima odgovarajuće ključeve za dešifriranje. No, čak i tada su mogućnosti alata često ograničene na situacije u kojima su ključevi dostupni.[22]

Pristupanje šifriranim podacima bez dozvole vlasnika može biti ilegalno, stoga je uvijek važno osigurati da posjedujete odgovarajuće dozvole ili naloge za pristup takvim podacima. U mnogim zemljama postoji zakonska obaveza zaštite privatnosti korisnika, što znači da prilikom pristupanja šifriranim podacima morate poduzeti sve potrebne mjere kako biste zaštitili osjetljive informacije. Pristup šifriranim podacima nosi sa sobom veliku odgovornost. Trebalo bi raditi isključivo u interesu zaštite podataka i privatnosti, izbjegavajući bilo kakve radnje koje bi mogle narušiti povjerenje korisnika. S obzirom na to da šifriranje podataka često služi zaštiti od zloupotrebe, etički je važno ne zloupotrijebiti pristup tim podacima.

6. Forenzička analiza

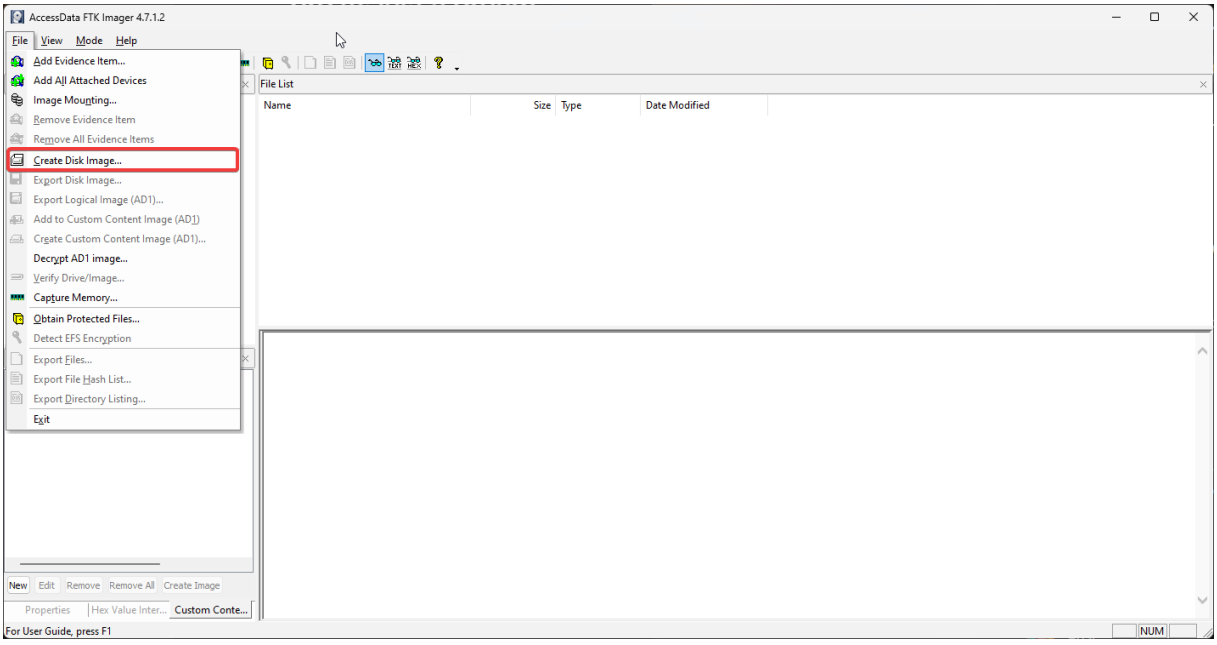
U ovom dijelu rada provest će se forenzičku istragu na sustavu Windows 11 u fiktivnom slučaju neovlaštenog dijeljenja povjerljivih informacija. Ovaj proces uključuje tri glavne faze: prikupljanje podataka, analizu artefakata i pisanje izvješća. Cilj je pružiti praktičan uvid u forenzički proces i istaknuti osobitosti rukovanja Windows 11 sustavima.

Scenarija je da tvrtka sumnja da je zaposlenik odavao povjerljive informacije konkurenciji. Zaposlenikovo računalo sa sustavom Windows 11 zaplijenjeno je radi forenzičke analize. U nastavku biti će prikazani postupci koji se koriste u forenzičkoj analizi, a to su prikupljanje podataka s diska koristeći adekvatne alate, analiza registra sustava i logo-va događaja, na kraju napraviti kratki izvještaj o ovoj forenzičkoj analizi.

6.1. Prikupljanje podataka s diska

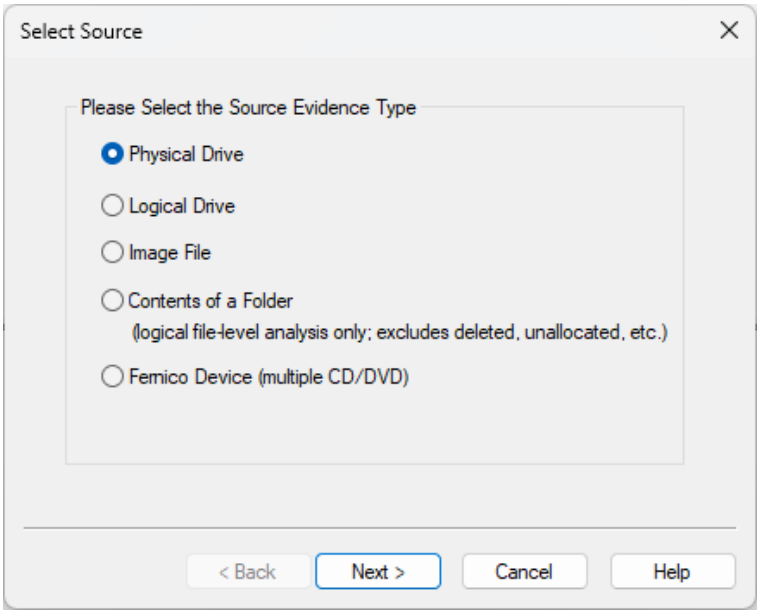
Prikupljanje podataka kritičan je korak u forenzičkoj istrazi. Uključuje snimanje bit-po-bit kopije medija za pohranu kako bi se osigurala točna replika izvornih podataka. Ovaj proces osigurava očuvanje cjelovitosti dokaza, a izvorni podaci ostaju nepromijenjeni. Forenzičku sliku diska, nad kojim ćemo napraviti lažnu forenzičku analizu, kreirati ćemo s alatom FTK Imager. FTK Imager je jedan od najboljih alata za kreiranje slika tvrdih diskova nad kojima se želi napraviti forenzička analiza.

Da bismo napravili sliku diska osumnjičenog potrebno je u FTK Imager preko File → Create Disk Image napravimo sliku željenog diska, kao što je prikazano na slici 26.



Slika 26: Kreiranje slike diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Nakon toga, otvara nam se prozor koji nas pita koja je vrsta izvora dokaza. Postoje fizički disk, logički disk, slikovna datoteka, sadržaj mape ili CD/DVD. U našem slučaju disk nad kojim radimo forenzičku analizu je USB stick i on je fizički, kao što je prikazano na slici 27.

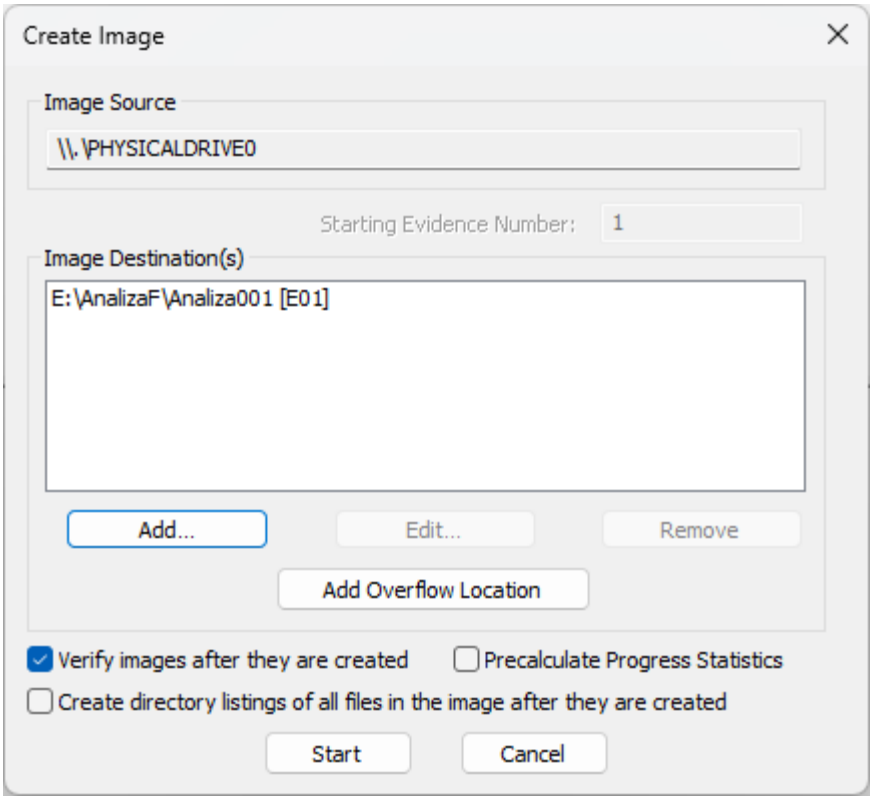


Slika 27: Odabir vrstu izvora dokaza (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Zatim iskače prozor u kojem trebamo odabrati za koji disk želimo napraviti sliku i odabiremo u našem slučaju USB stick. Nakon odabira diska pojavljuje se prozor, prikazan na slici 28., na kojem trebamo odabrati mapu u kojoj će se spremiti slika.

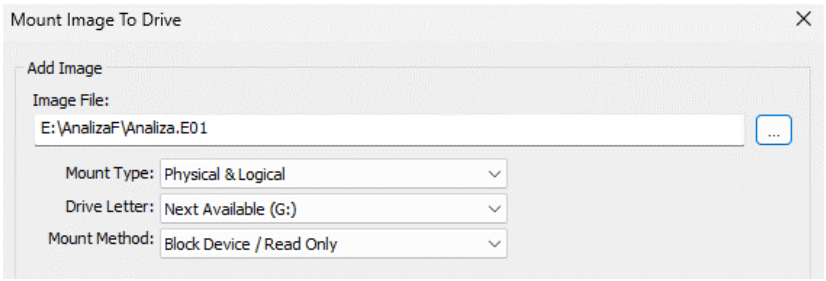
Nakon pritiska na gumb „Add“ otvara se novi prozor u kojem je potrebno odabrati kojeg tipa da slika bude, mi ćemo odabrati E01 jer izvorno podržava kompresiju te to obično rezultira da je slikovna datoteka manje veličine.[23].

Nakon upisivanja informacija o slici, pojavljuje se novi prozor kod kojeg je potrebno odabrati u koju mapu želimo da se dijelovi slike spreme i pod kojim nazivom. I nakon što smo sve prethodne korake odradili, vraćamo se na prozor sa slike 28. , ali je sada dodana mapa za spremanje slike i moguće je sada pokrenuti stvaranje slike diska, tj. u našem slučaju USB stick-a osumnjičenog.



Slika 28: Pokretanje stvaranje slike diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

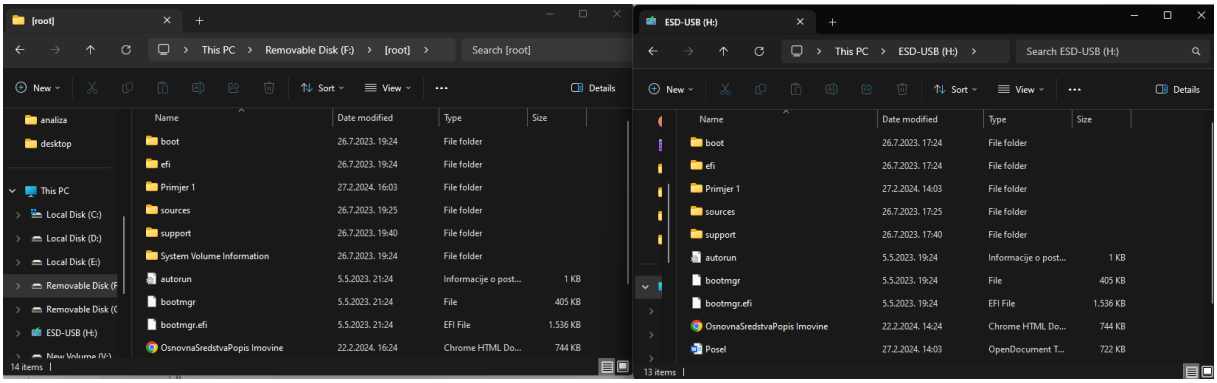
Nakon kreiranja slike diska, moguće je vidjeti dijelove slike u mapi koju smo sami odabrali. Nakon toga je moguće sliku pokrenuti na drugom računalu bez da smo u riziku da originalne podatke promijenimo ili obrišemo. Da bi se dodala nova kreirana slika USB stick-a potrebno je ići na File → Image Mounting i odaberemo prvi dio slike koju smo kreirali i odaberemo da je podatke moguće samo pregledavati zbog toga jer se radi o istrazi. Postupak je prikazan na slici 29.



Slika 29: Montiranje novo kreirane slike (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Nakon uspješnog montiranja slike, u File Exploreru moguće je vidjeti da je Windows dodijelio novu particiju. Kada ju otvorimo možemo vidjeti da su podaci isti kao i na originalnom disku, što je prikazano na slici 24. Jedina razlika je u tome da u novo dodijeljenoj particiji nije moguće dodavati ili mijenjati datoteke zbog toga što smo to odredili kod montiranja slike, to znači da možemo otvarati datoteke, mape i aplikacije isto kao što bi i na originalnom disku samo što je ovako sigurnije raditi s podacima jer nema rizika da bismo mogli naštetiti istrazi. Sada možemo vidjeti je li korisnik na ovom disku pohranio neke informacije koje je potencijalno

mogao odati nekom izvan tvrtke. Također u alatu FTK Imager možemo dodati montiranu sliku kao „Evidence Item“ i tada možemo vidjeti neke datoteke koje je osumnjičeni obrisao, a prethodno nam nisu bile vidljive. To je vidljivo na slici 30..



Slika 30: Prikaz podataka kod montirane slike i originalnog diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Kod prikupljana podataka na Windows 11 moguće je naići na neke poteškoće jer je Windows 11 uveo nekoliko novih značajki i promjena koje mogu utjecati na forenzičku analizu. Jedna od tih značajka je BitLocker koji je često omogućen i on šifrira cijeli disk radi zaštite podataka od neovlaštenog pristupa. Praktičan uvid bi bio da za disk koji je šifriran od strane BitLocker-a nabavimo ključeve za šifriranje. Ključevi se mogu dobiti od korisnika, IT odjela poduzeća ili putem Active Directory-a ako je stroj pridružen domeni.

Također jedna od značajka Windows-a 11 je Standby koji održava sustav u stanju niske potrošnje energije dok održava mrežnu povezanost. Praktičan uvid bi bio da on može ometati forenzičko snimanje tako što bi stavio uređaj u stanje niske potrošnje energije. Jedna od radnji bila bi da deaktiviramo tu značajku ili da pokušamo sustav održati budnim uz pomoć nekih postavki ili alata.

6.2. Analiza artefakata

Analiza artefakata ključna je faza u forenzičkim istragama u kojima se ispituju digitalni dokazi kako bi se otkrile relevantne informacije o korisničkim aktivnostima, događajima u sustavu i potencijalnim zlonamjernim aktivnostima

6.2.1. Analiza registra

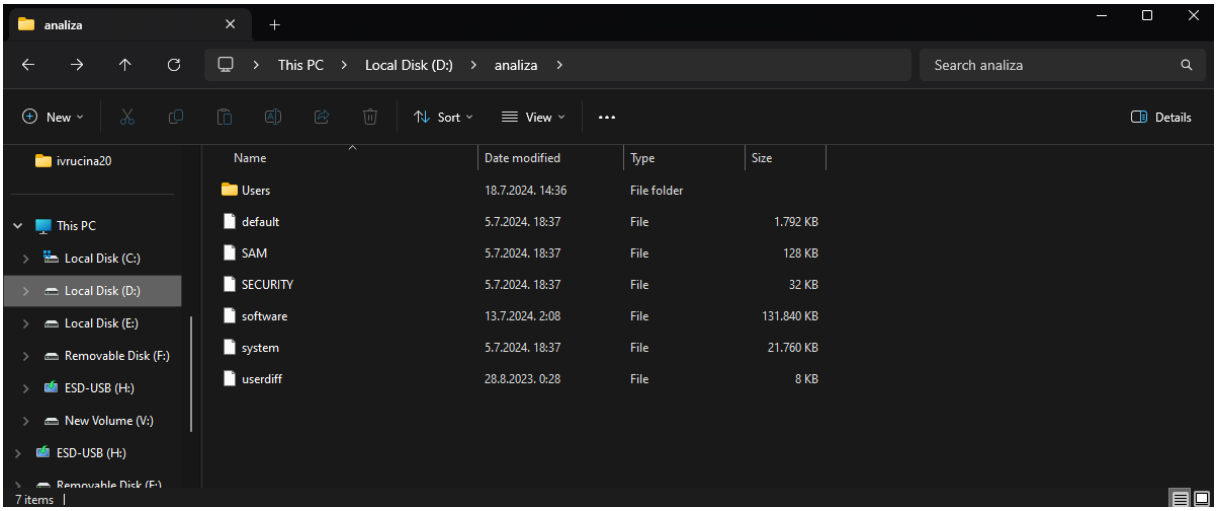
Analiza registra uključuje ispitivanje Windows registra, koji sadrži vrijedne informacije poput aktivnosti korisnika, konfiguracije sustava i pojedinosti o instaliranim programima.

Prilikom provođenja analize registra ključno je usredotočiti se na ključne košnice. NTUSER.DAT košnica sadrži podatke specifične za korisnika, uključujući nedavne datoteke i

naredbe Run. Košnica SYSTEM pruža detalje o konfiguraciji sustava i povezanim uređajima. SOFTWARE košnica otkriva informacije o instaliranim aplikacijama i postavkama sustava.

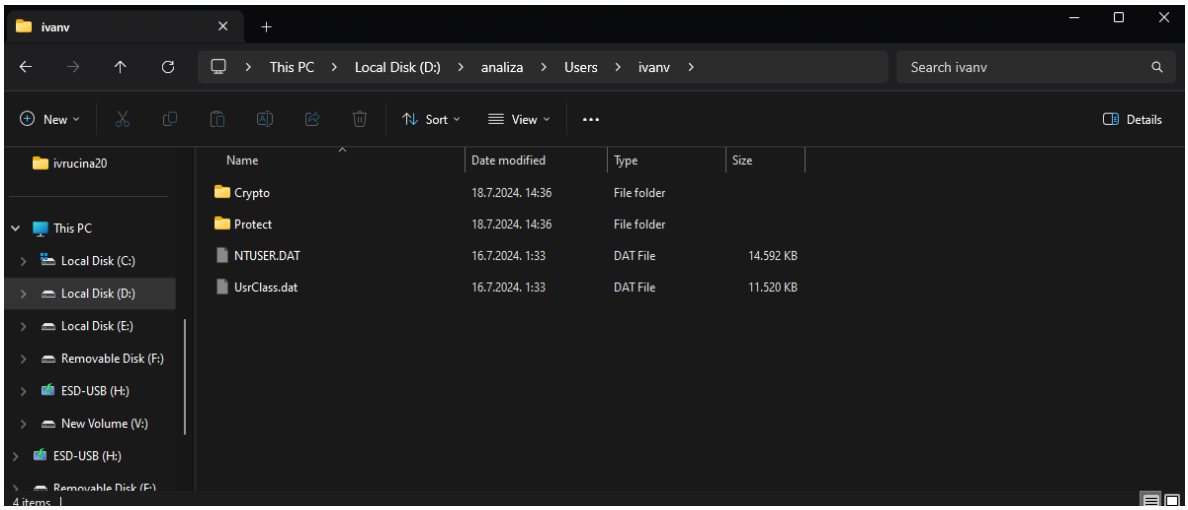
6.2.1.1. NTUSER.DAT

Za početak ćemo na računalu osumnjičenog preko alata FTK Imager dobiti zaštićene datoteke tako da ćemo na karticu „File“ → “Obtain Protected Files“ i te datoteke ćemo spremiti u određenu mapu. Nakon što se operacija izvela u odabranoj datoteci možemo naći zaštićene datoteke, što je prikazano na slici 31..



Slika 31: Prikaz dobivenih zaštićenih datoteka (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

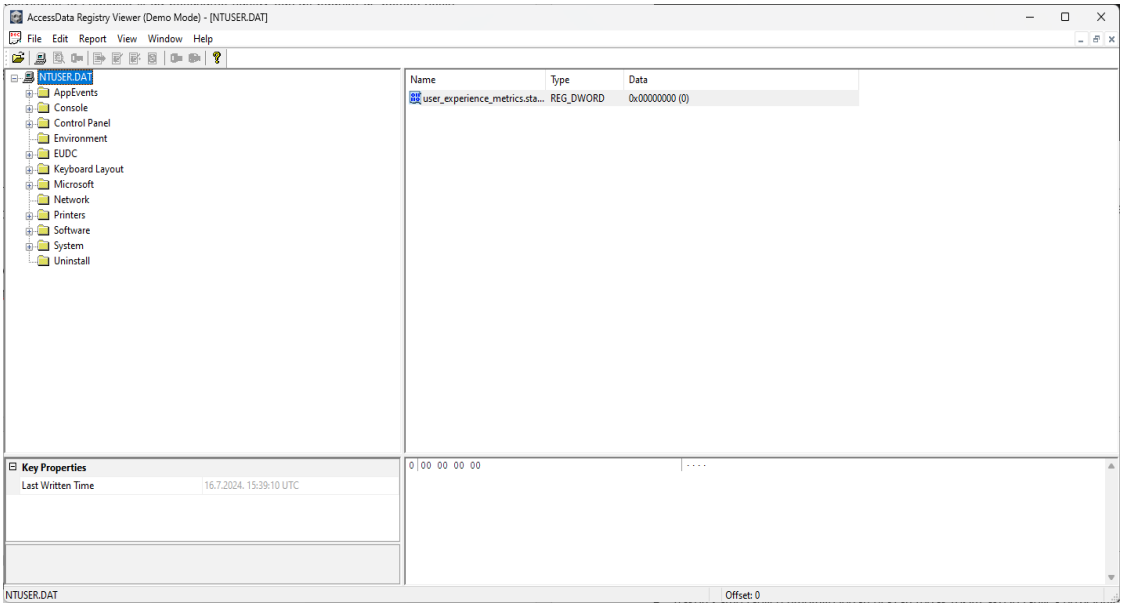
Da bismo našli željenu datoteku NTUSER.DAT potrebno je ući u mapu Users i tada odabrati korisnika koji je prijavljen na računalu i tada možemo pronaći željenu datoteku NTUSER.DAT, što je prikazano na slici 32..



Slika 32: Putanja do datoteke NTUSER.DAT (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

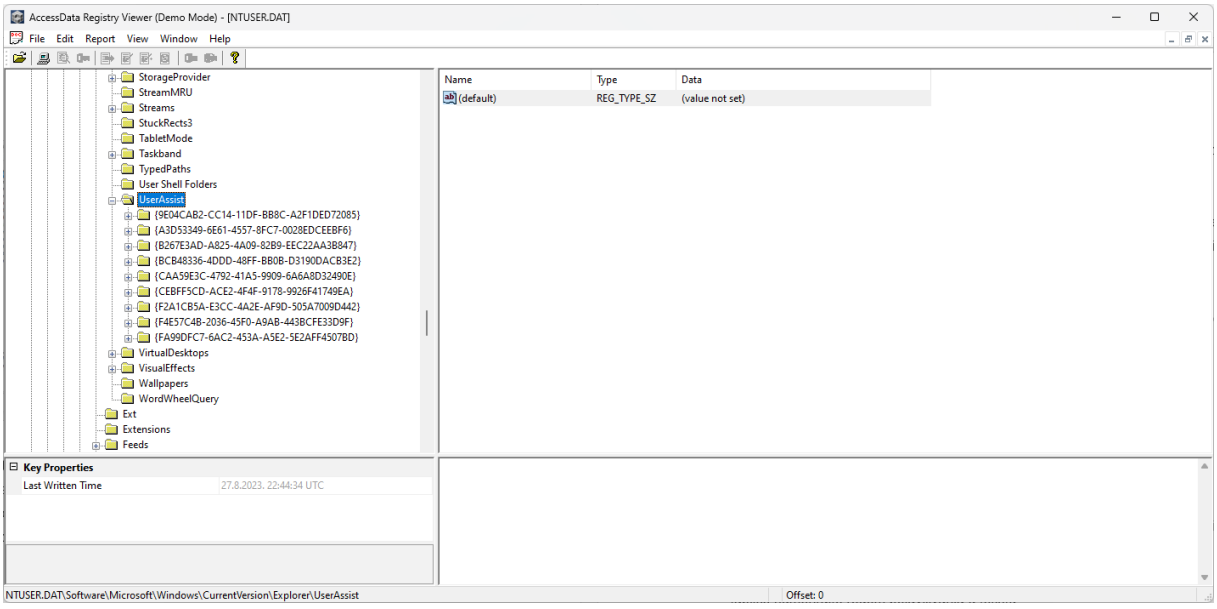
Za pregledavanje datoteke NTUSER.DAT koristiti ćemo alat Registry Viewer. Kada otvorimo datoteku u alatu dobiti ćemo različite mape koji sadrže različite ključeve s

vrijednostima koje zapravo predstavljaju postavke i vremena zadnje uporabe pojedine aplikacije, što je prikazano na slici 33..



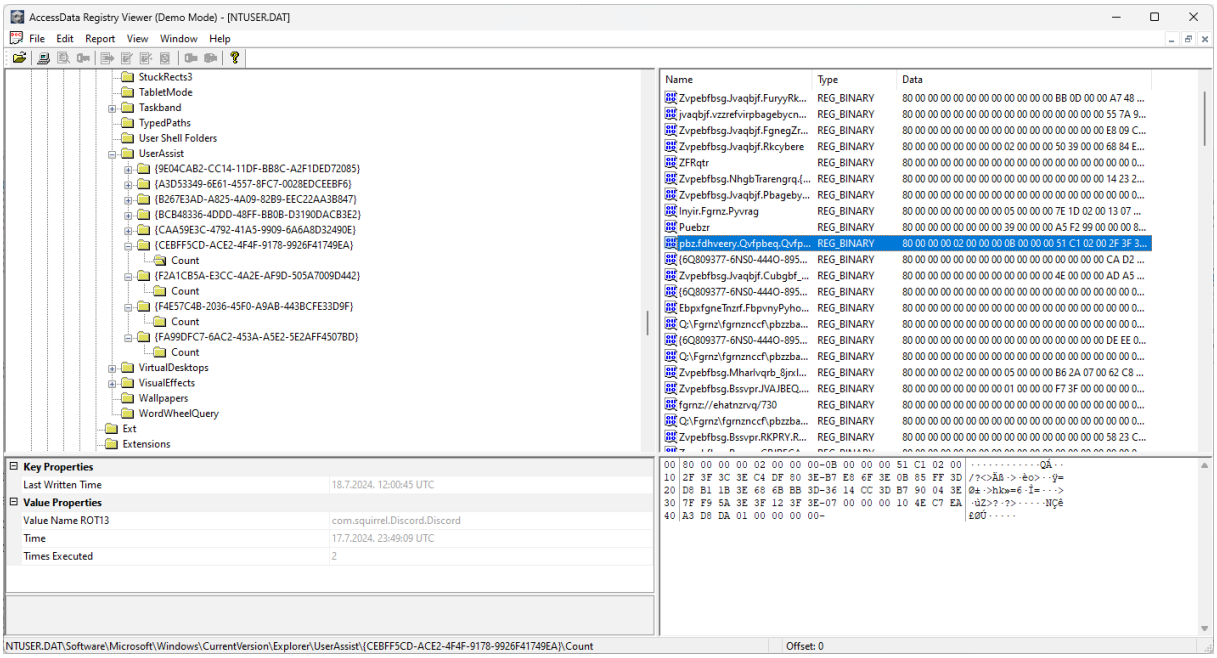
Slika 33: Prikaz mape koje sadrži NTUSER.DAT (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

U datoteci prvo ćemo pronaći UserAssist mapu koja sadrži vrijednosti koje zapravo govore što je osumnjičeni točno radio, koje programe je koristio, u koje vrijeme i slično. Da bismo došli do mape UserAssist potrebno je otvoriti mapu Software/Microsoft/Windows/CurrenVersion/Explorer/UserAssist, kao što je prikazano na slici 34..



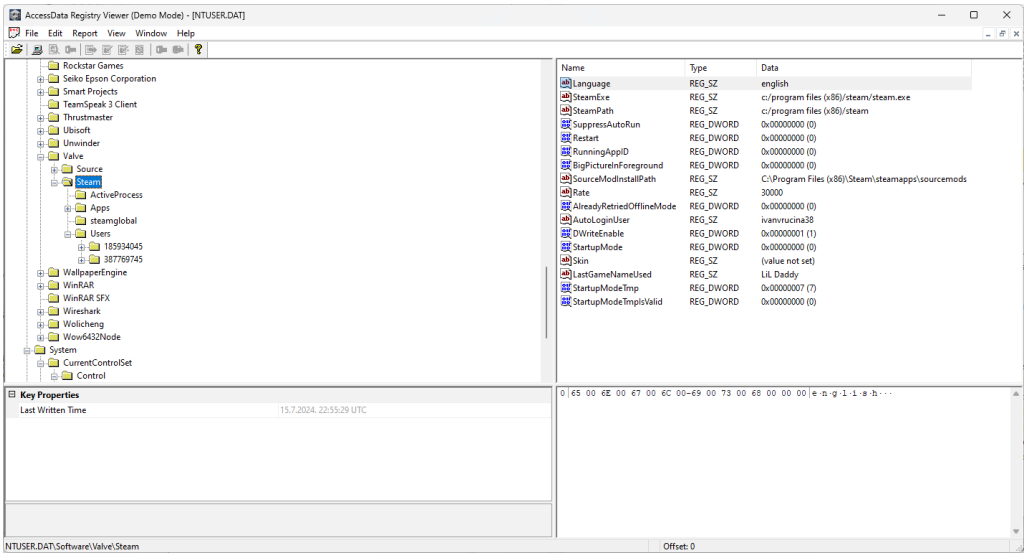
Slika 34: Prikaz mape UserAssist u Registry Viewer (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Zatim možemo u jednim od mapa pronaći kada je osumnjičeni zadnji puta otvorio određenu aplikaciju, na primjer u našem slučaju možemo vidjeti kada ja osumnjičeni zadnji put otvorio aplikaciju Discord. Na slici 35. možemo vidjeti da je aplikacija Discord bila pokretana dva puta i da je zadnji put otvorena 17.7.2024. u 23:49:09 UTC. Te tako možemo vidjeti za većinu aplikacija.



Slika 35: Prikaz ključa koji sadrži vrijednosti zadnjeg otvaranja aplikacije Discord (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

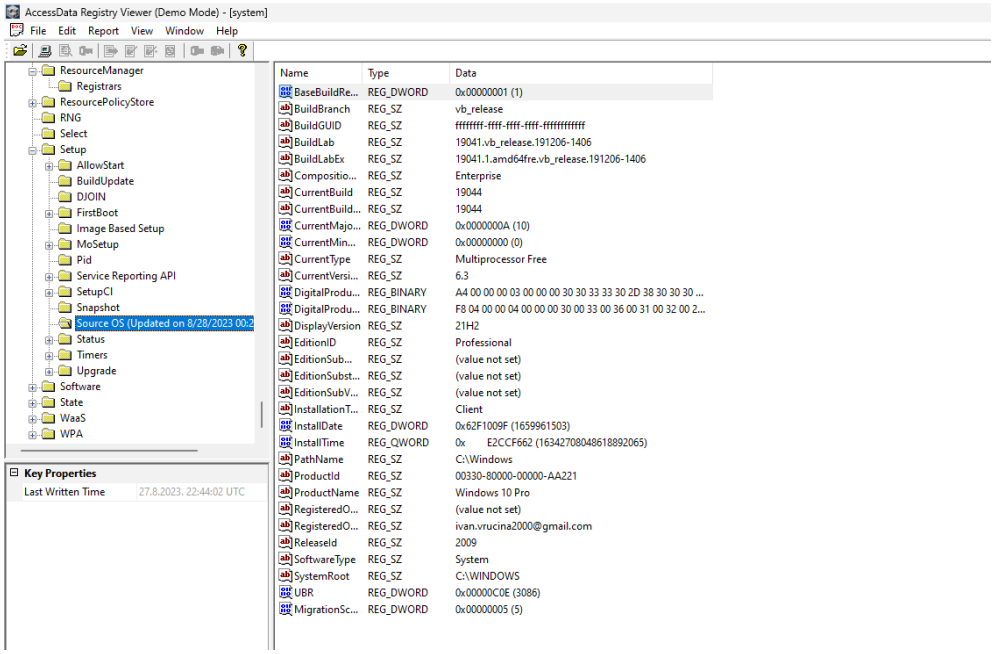
Također možemo u mapi Softver/Valve/Steam pronaći kada se osumnjičeni zadnji puta prijavio u aplikaciju Steam i to s kojim korisničkim imenom, koju igru je kada pokrenuo i slično, prikazano na slici 36..



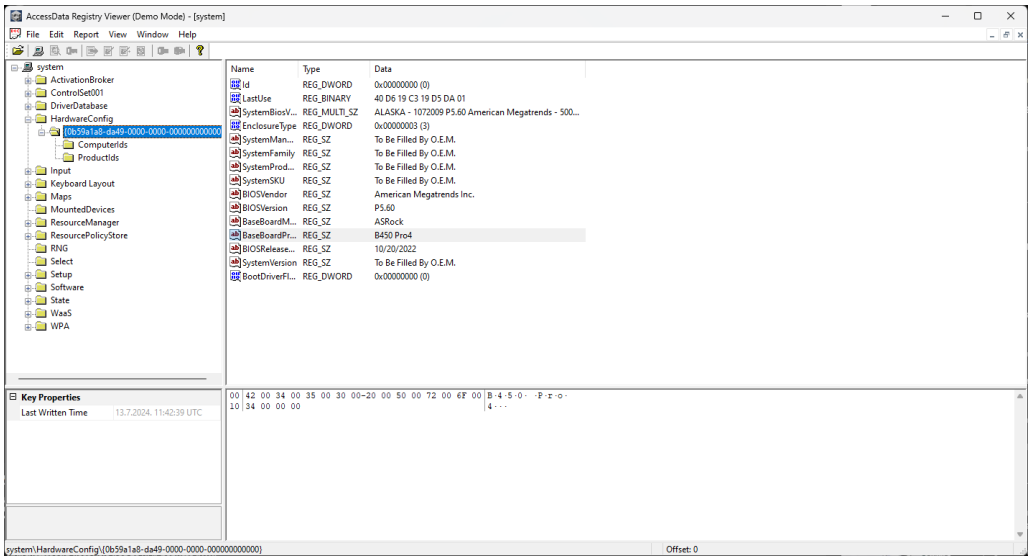
Slika 36: Prikaz podataka za prijavu na aplikaciji Steam (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

6.2.1.2. SYSTEM

Na slici 37. možemo vidjeti da postoje i ostale datoteke koje možemo otvoriti u Registry Viewer-u i u nastavku ćemo otvoriti datoteku SYSTEM. Ona se u alatu otvara isto kao i prethodna NTUSER.DAT datoteka. Kada ju otvorimo u njoj možemo pronaći podatke o konfiguraciji sustava. Na slikama 37. i 38. možemo saznati koju verziju Windows-a je osumnjičeni koristio, s kojom email adresom je prijavljen na Microsoft rač i koju verziju BIOS-a i model matične ploče računalo koristi.

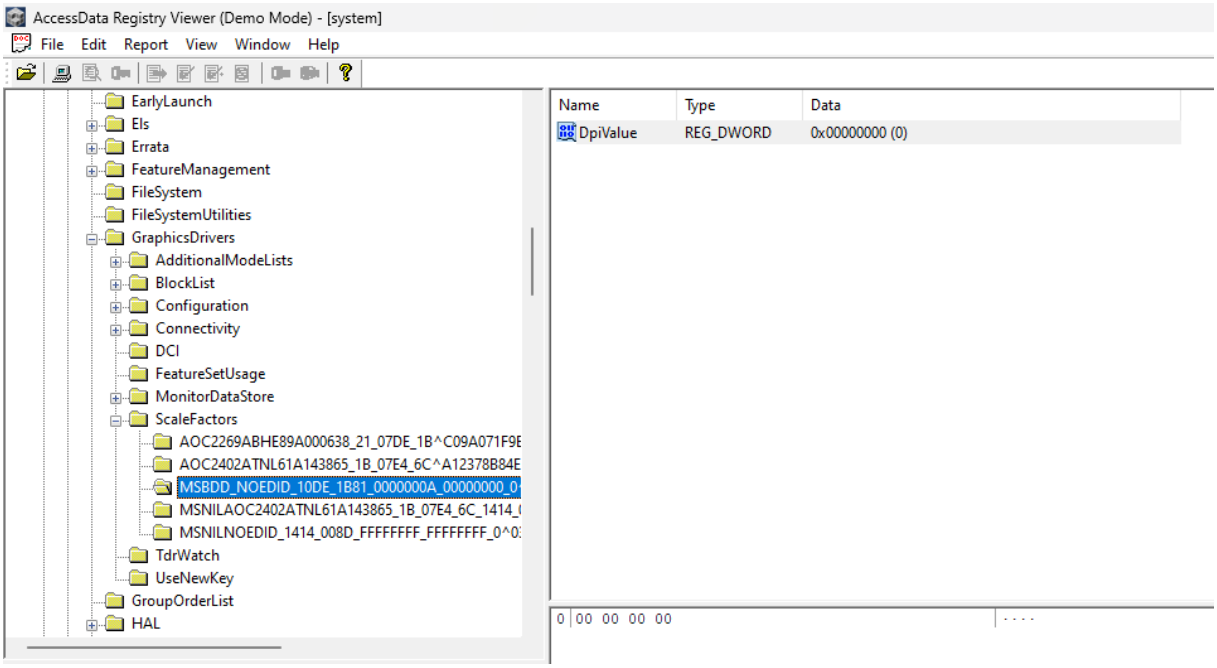


Slika 37: Prikaz ključeva u mapi SYSTEM (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

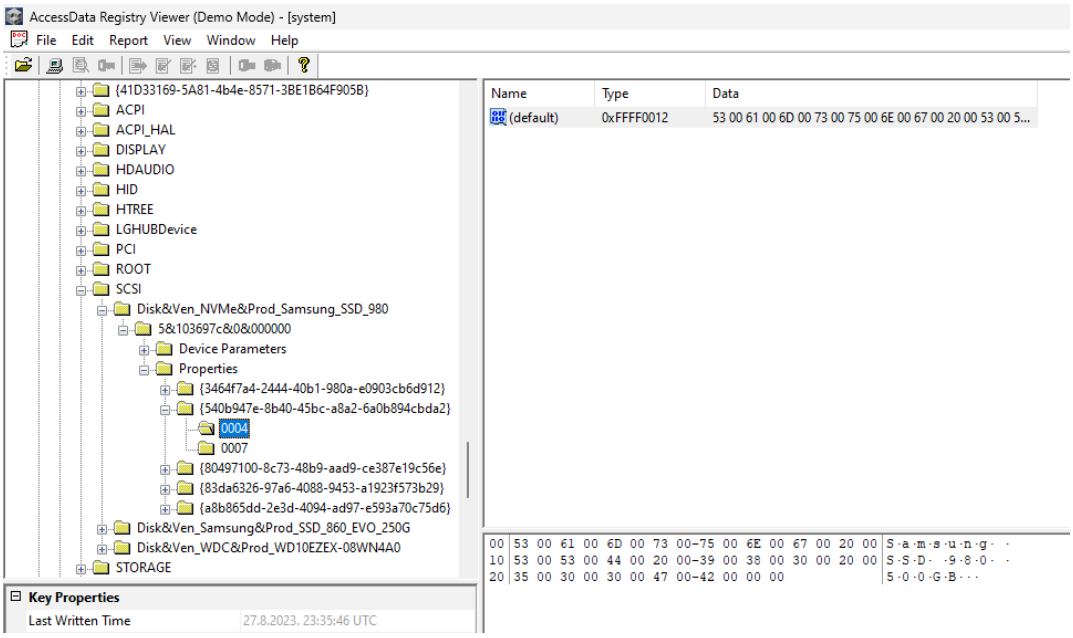


Slika 38: Prikaz ključeva o matičnoj ploči (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Kroz mapu SYSTEM moguće je vidjeti koju vrstu monitora je osumnjičeni koristio, koju svu ostalu periferiju, koju vrstu diskova za pohranu je koristio i koji su sve prijenosni diskovi bili priključeni na računalo i slično. To sve se može vidjeti na slikama 39. i 40..



Slika 39: Vrsta monitora koju je osumnjičeni koristio (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



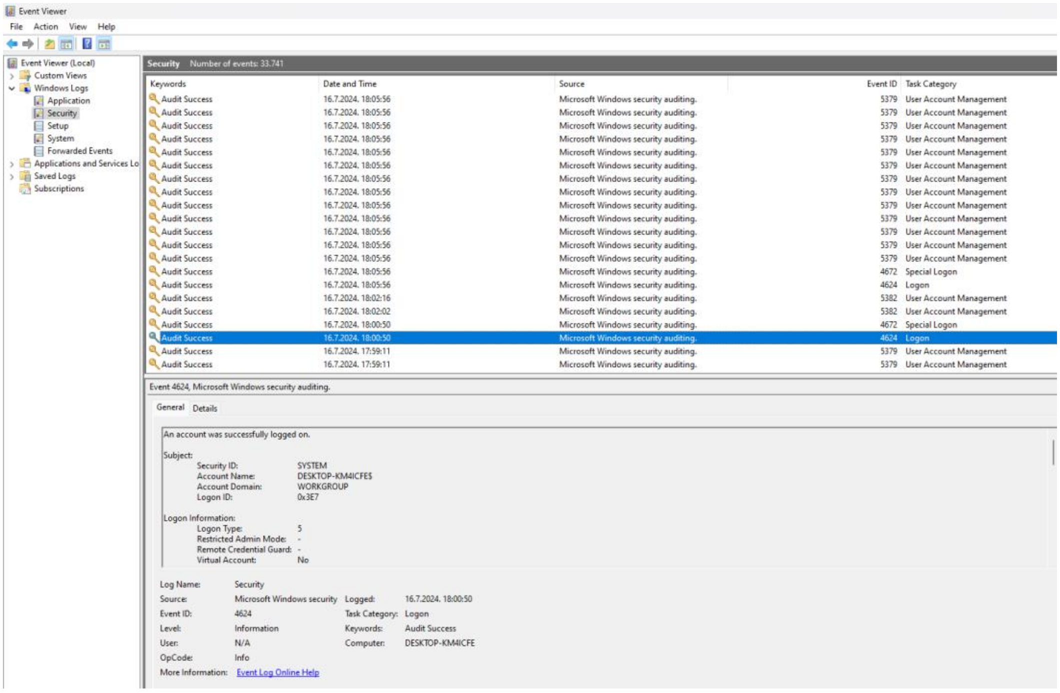
Slika 40: Svi korišteni diskovi za pohranu (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Temeljitim analiziranjem mape SYSTEM, možemo otkriti kritične dokaze o stanju sustava i radnjama koje se na njemu izvode, što može značajno pridonositi ukupnoj forenzičkoj istrazi.

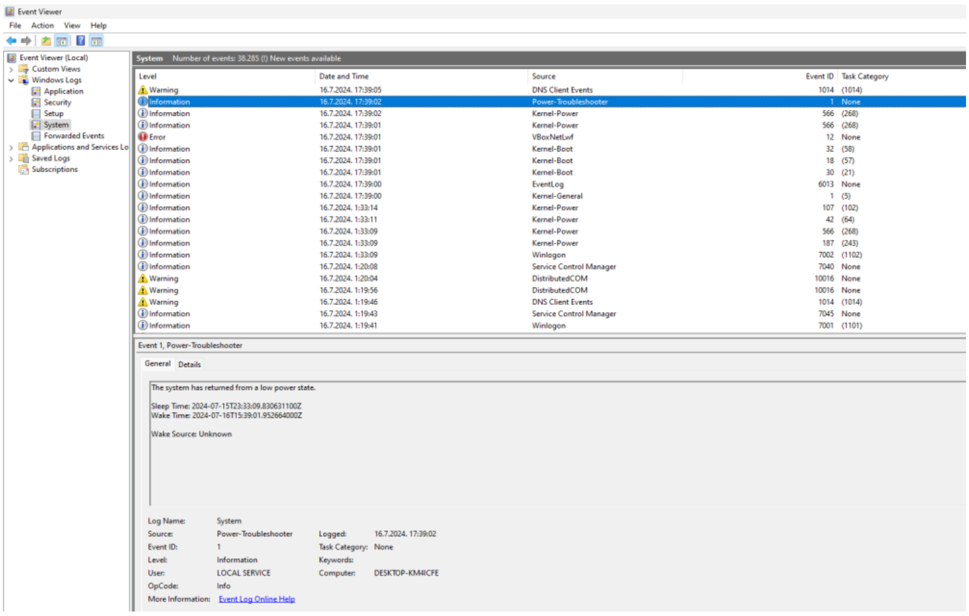
6.3. Analiza log-ova događaja

Logovi događaja su ključni izvor informacija u forenzičkim istragama jer oni bilježe sistemske, sigurnosne i aplikacijske događaje tako što daju vremensku traku aktivnosti koje mogu biti ključne za razumijevanje onoga što se dogodilo na sustavu osumnjičenoga.

U nastavku prikazati ću nekoliko primjera koje smo pronašli na sustavu osumnjičenog. Prvi primjer, prikazan na slici 41., vezan je uz sigurnosne događaje koji nam prikazuje kada je osumnjičeni zadnji puta upalio računalo i kada se zadnji puta prijavio na sustav. Na slici 42. moguće je vidjeti da je sustav osumnjičenog bio u stanju mirovanja skoro 16 sati.

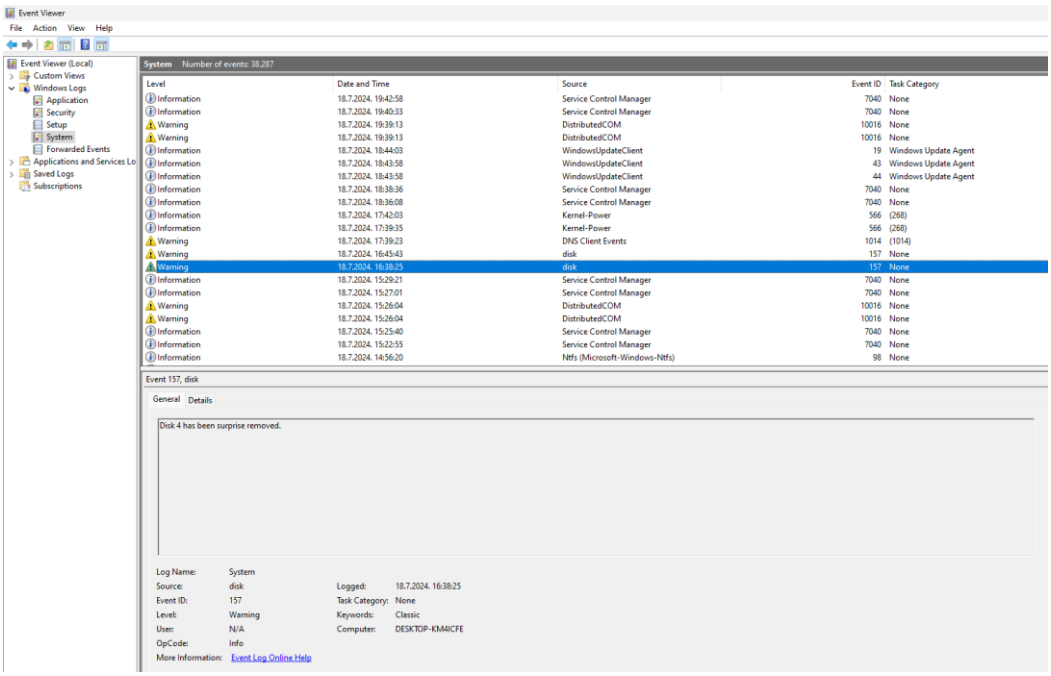


Slika 41: Prikaz događaja za prijavu u sustav (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



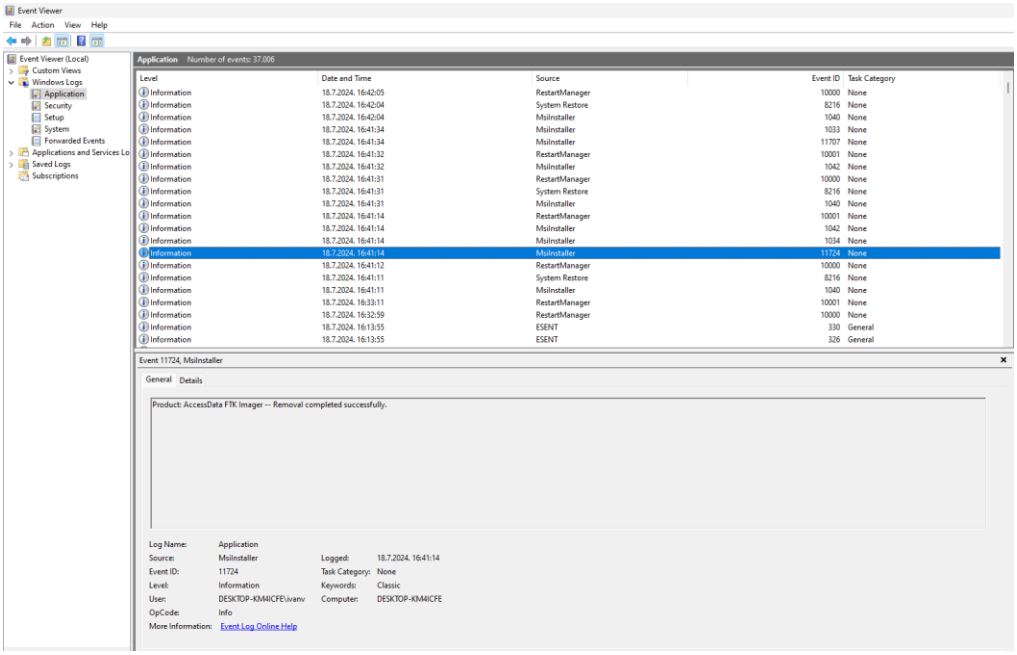
Slika 42: Prikaz događaja za mirovanje sustava (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na drugom primjeru, prikazanom na slici 43. možemo vidjeti da je osumnjičeni zbog nepoznatih razloga uklonio disk 4 i disk 3.



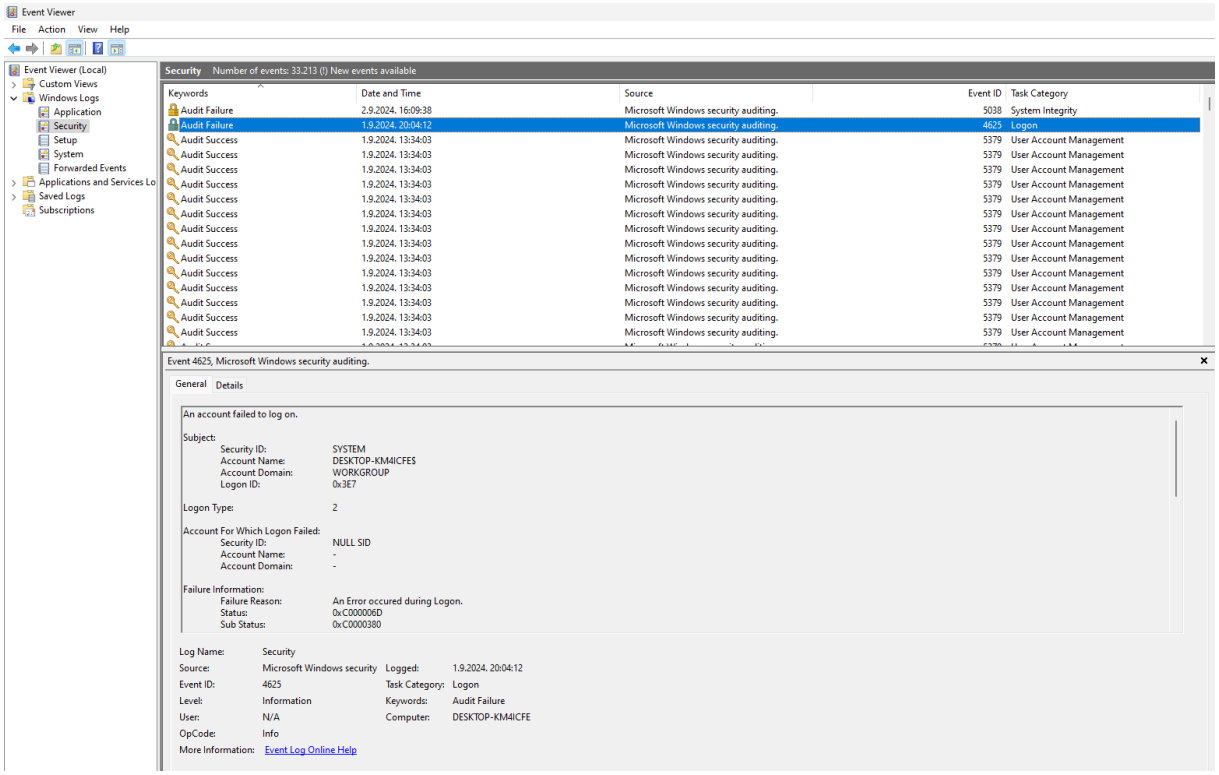
Slika 43: Prikaz događaja za uklanjanje diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

I na slici 44. moguće je vidjeti da je osumnjičeni brisao i instalirao nekoliko aplikacija.



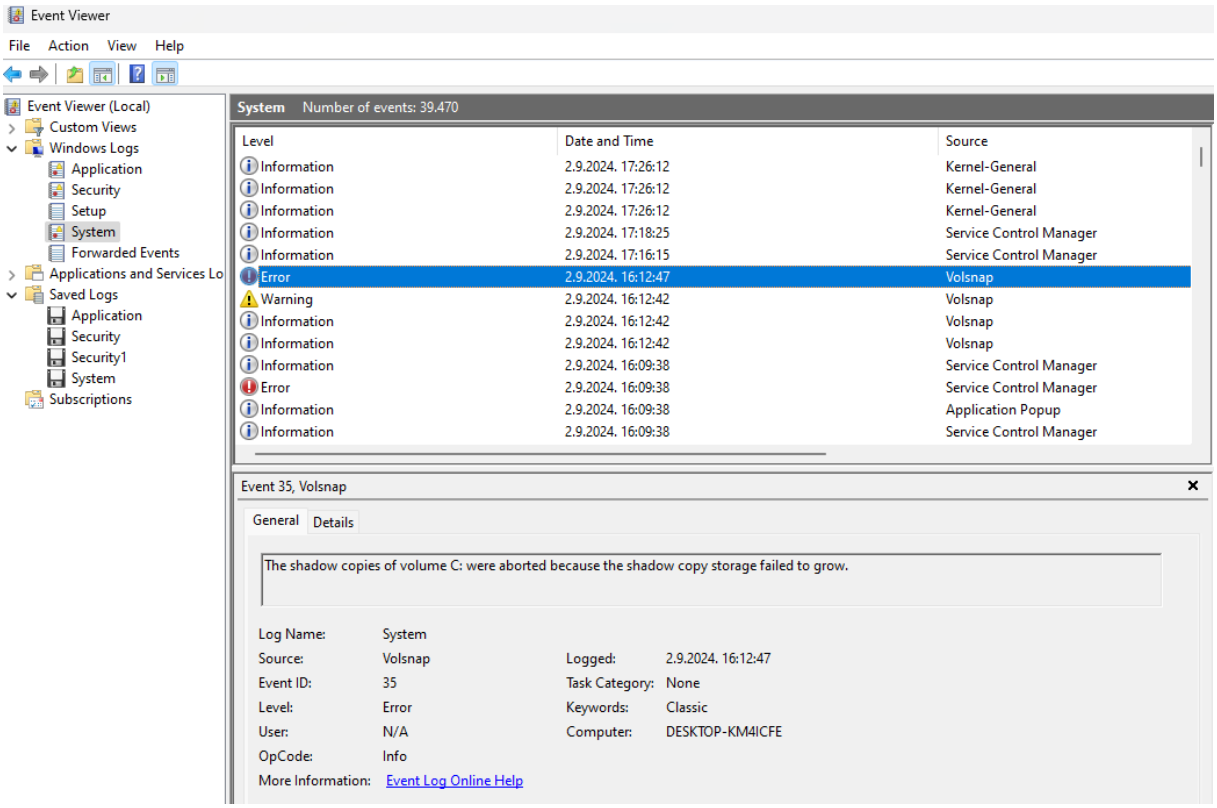
Slika 44: Prikaz događaja za brisanje aplikacije (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Uz prethodne logove događaja, prikazati ću još i par sigurnosnih i sistemskih logova. Na slici 45. prikazan je sigurnosni log koji prikazuje da je 1. 9. 2024. bilo neuspješnog pokušaja prijave na račun.



Slika 45: Sigurnosni log koji prikazuje neuspješnu prijavu (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Zatim je na slici 46. moguće vidjeti da sistemski log koji prikazuje da je nastala greška tijekom kopiranja zbog nedostatka prostora na disku, te je sustav zbog toga prekinuo operaciju.



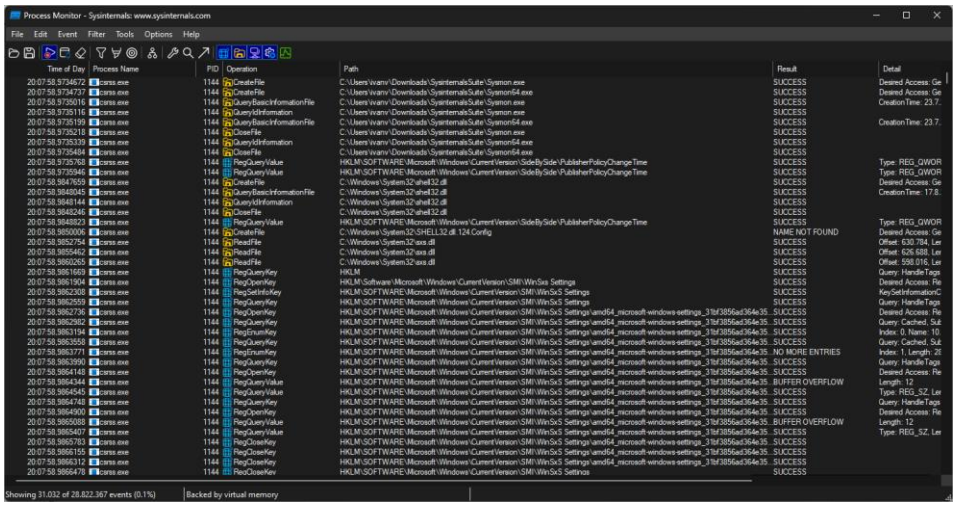
Slika 46: Sistemski log koji prikazuje grešku kod kopiranja diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na temelju ovih logova događaja možemo zaključiti da je računalo osumnjičenog 1.9.2024. u 20:04: bilo pokrenuto, te da je bilo neuspješne prijave, zatim možemo vidjeti da je zbog nepoznatih razloga osumnjičeni radio kopiju datoteka, te mu je ponestalo prostora na disku zbog čega se pojavila greška u sistemskom logu.

6.4. Analiza procesa

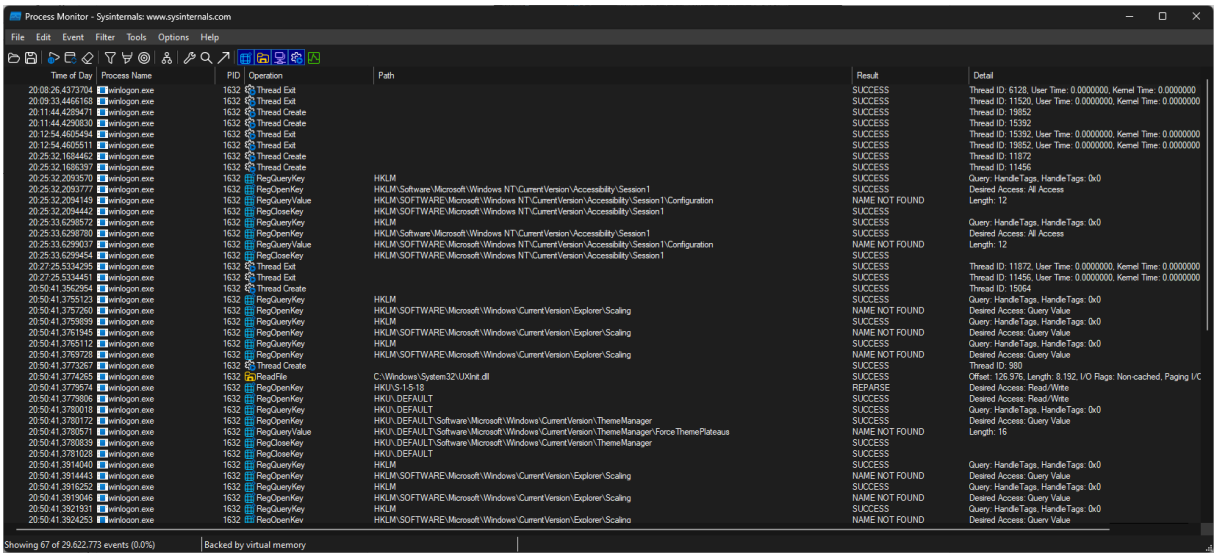
U ovom dijelu napraviti ćemo analizu procesa i memorije pomoću programa ProcMon i ProcDump. Process Monitor (ProcMon) je moćan alat iz Sysinternals Suite-a koji omogućuje praćenje aktivnosti sistema u realnom vremenu, uključujući pristup datotekama, registre, procese, i mrežne aktivnosti. Kada su omogućene značajke poput Virtualization-Based Security (VBS) i Hypervisor-Enforced Code Integrity (HVCI), ProcMon je ključan za praćenje kako ove sigurnosne mjere utječu na procese i otkrivanje eventualnih pokušaja zaobilaženja tih zaštita. ProcMon također omogućuje da analizirate kada i kako se događaji odvijaju, identificirate anomalije, te procijenite učinkovitost VBS-a i HVCI-a u zaštiti sustava. Na temelju ovih podataka možete dokumentirati prijetnje, preporučiti dodatne sigurnosne mjere i poboljšati sigurnosnu strategiju sustava.

U programu ProcMon proučavat ćemo par procesa koja od iznimnog značaja za siguran rad operativnog sustava. Jedan od tih procesa je „**csrss.exe**“. On je ključan sistemski proces u operativnom sustavu Windows koji igra vitalnu ulogu u upravljanju korisničkim sesijama i konzolnim prozorima, kao što je Command Prompt. Ovaj proces se pokreće pri dizanju sustava i odgovoran je za stvaranje i upravljanje osnovnim funkcijama korisničkog sučelja. U starijim verzijama Windowsa, „csrss.exe“ je imao i ulogu u grafičkim operacijama, no danas se uglavnom fokusira na konzolne aplikacije i upravljanje procesima. Praćenje csrss.exe procesa pomoću alata kao što je ProcMon može pomoći u otkrivanju neovlaštenih promjena ili zlonamjernih aktivnosti koje bi mogle ugroziti sigurnost sustava. Budući da ovaj proces podržava osnovne funkcije korisničkog sučelja i stabilnost operativnog sustava, njegovo praćenje je ključan korak u osiguravanju integriteta sustava, posebno u kontekstu naprednih sigurnosnih značajki poput VBS i HVCI. [24] Na slici 47. moguće je vidjeti vrijeme operacije, koje sve operacije je proces odradio, da li je operacija bila uspješna, putanja do drugog procesa kojeg je operacija pozvala i slično.



Slika 47: Praćenje aktivnosti procesa "csrss.exe" u programu ProcMon (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Sljedeći proces kojeg ćemo promatrati je „**winlogon.exe**“. On je ključni proces u Windows operativnom sustavu koji upravlja prijavama korisnika i sigurnosnim funkcijama poput provjere autentičnosti i učitavanja korisničkih profila. Ovaj proces je odgovoran za upravljanje početnim fazama korisničke sesije i osiguranje pravilnog pristupa sistemskim resursima. U forenzičkoj istrazi, winlogon.exe je od velike važnosti jer može pomoći u otkrivanju neovlaštenih prijava i drugih sumnjivih aktivnosti. Ako se sumnja na kompromitaciju sustava, analiza aktivnosti winlogon.exe može otkriti pokušaje manipulacije sigurnosnim postavkama ili pristupom. Napadači često ciljaju ovaj proces kako bi sakrili svoje aktivnosti, pa neuobičajeno ponašanje ili promjene u vezi s winlogon.exe mogu ukazivati na prisutnost zlonamjernog softvera ili druge sigurnosne prijetnje. Praćenjem i analizom ovog procesa, forenzičari mogu prikupiti ključne dokaze za razumijevanje i istraživanje sigurnosnih incidenata. Kao i za prošli proces možemo vidjeti preko programa ProcMon vrijeme operacije, koje sve operacije je proces odradio, da li je operacija bila uspješna, putanja do drugog procesa kojeg je operacija pozvala i detalje o toj aktivnosti i slično i to je prikazano na slici 48. [25]



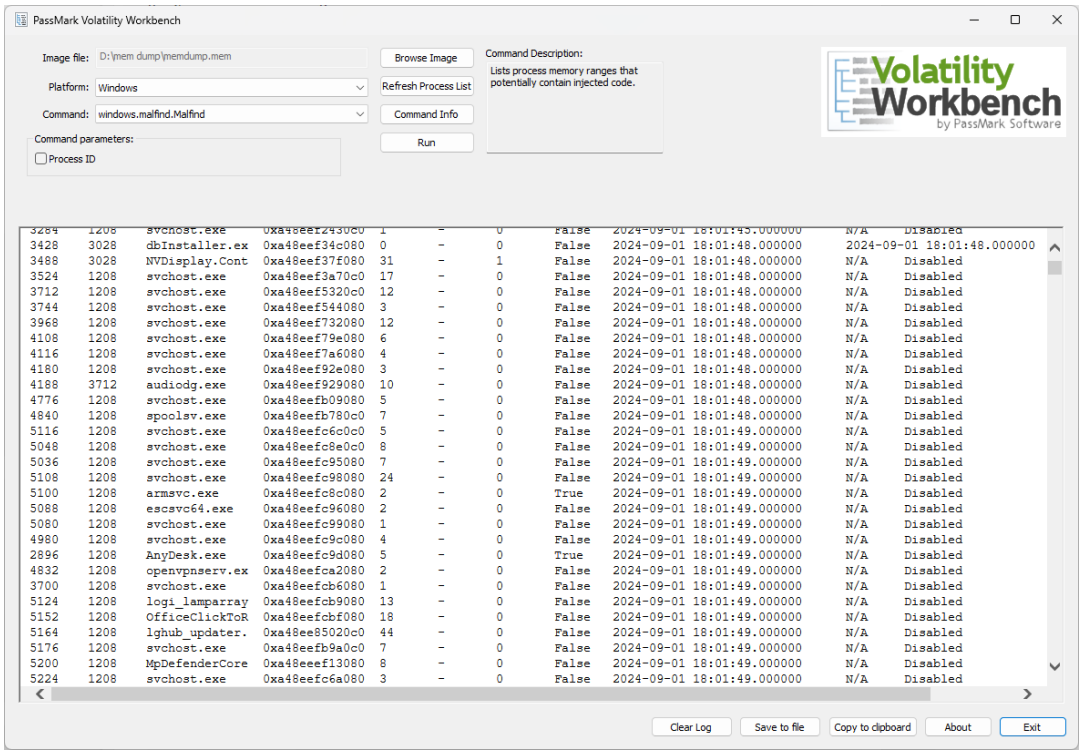
Slika 48: Praćenje aktivnosti procesa " winlogon.exe" u programu ProcMon (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Analiziranjem i praćenjem aktivnosti ovih procesa na računalu osumnjičenog forenzičari analiziraju aktivnosti određenih procesa na računalu osumnjičenog kako bi ustanovili da li je računalo bilo hakirano ili podložno nekoj drugoj vrsti zlonamjernih aktivnosti.

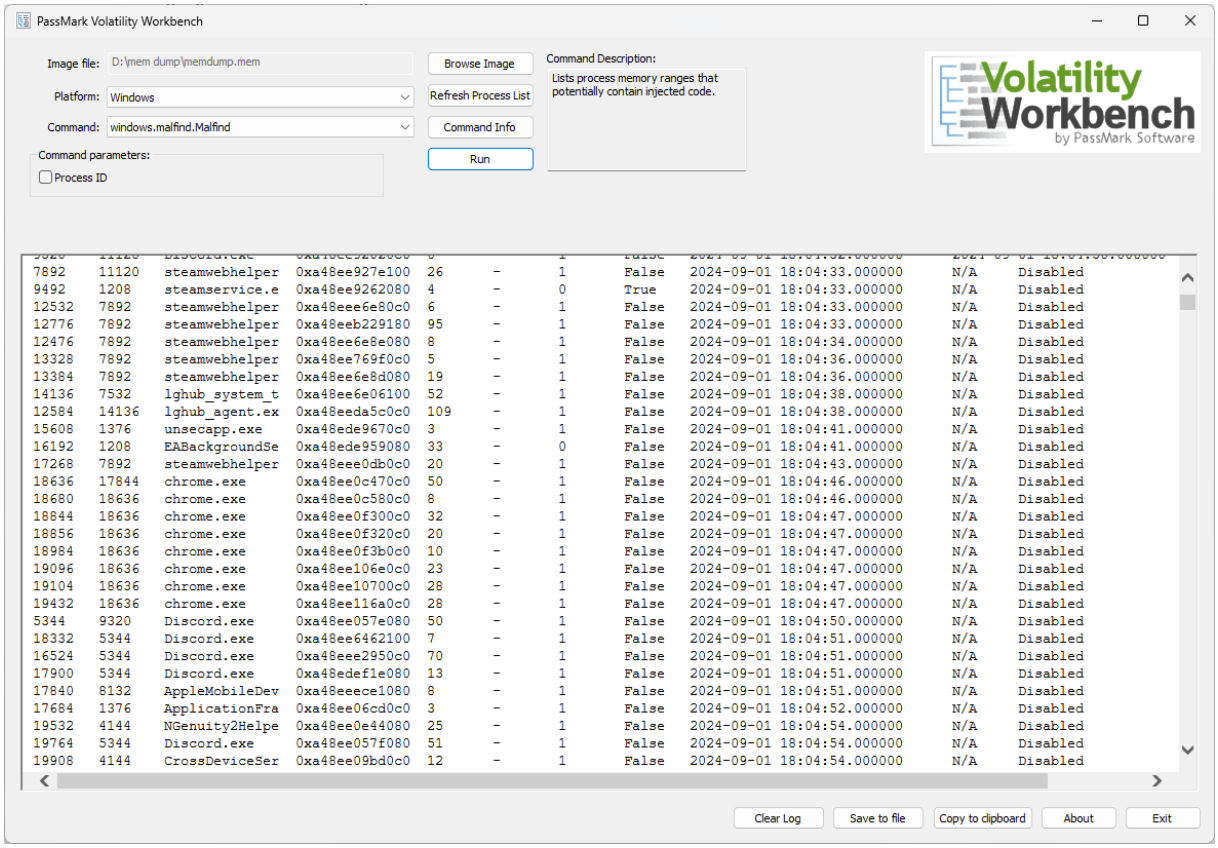
6.5. Analiza memorijskog dumpa

Memorijski dump je snimka trenutnog stanja radne memorije (RAM-a) računala u određenom trenutku. Sadrži sve podatke koji su u tom trenutku pohranjeni u RAM-u, uključujući aktivne procese, otvorene datoteke, mrežne konekcije i dijelove programa koji su u upotrebi. Ovakva snimka je ključna za forenzičku analizu jer omogućuje detaljan uvid u radnu okolinu računala u trenutku kada je snimka napravljena. Često se koriste u forenzičkim istragama, posebno u slučajevima istraživanja zlonamjernog softvera, hakiranja ili drugih sumnjivih aktivnosti. Također se koristi u programiranju za otklanjanje grešaka, jer omogućuje programerima da vide gdje je program naišao na problem. Budući da se zlonamjerni softver često pokreće iz memorije, memorijski dump može pomoći u otkrivanju prijetnji koje možda nisu pohranjene na disku. Može sadržavati razne informacije, uključujući popis aktivnih procesa, podatke koji se obrađuju, ali nisu zapisani na disk, šifrirane ključeve, pa čak i osjetljive informacije poput lozinki ili e-mailova. Zbog toga je memorijski dump vrijedan alat za istraživače, analitičare i inženjere koji žele detaljno ispitati stanje sustava u određenom trenutku. [26]Za analizu memorijskog dumpa potrebni su nam alati kao što su FTK Imager, koji koristimo za izradu memorijskog dumpa na računalu osumnjičenog, i Volatility, koji nam omogućuje analizu tog memorijskog dumpa. U FTK Imager-u potrebno je odabrati „Capture Memory“ i nakon toga odaberemo lokaciju gdje želimo da se memorijski dump spremi. Nakon

kreiranja memorijskog dumpa, otvaramo Volatility Workbench i u njemu uneseno prethodno kreirani memorijski dump. Nakon toga dobiva se rezultat kao što je prikazano na slici 49..

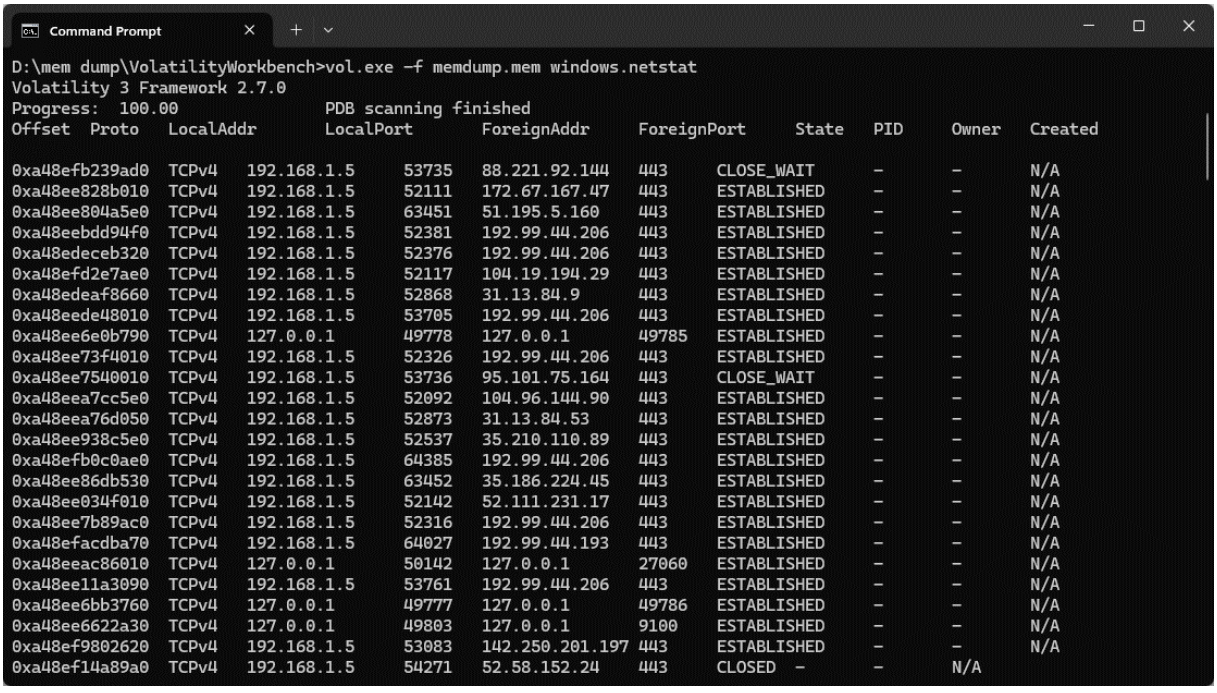


Slika 49: Rezultat unosa memorijskog dumpa u Volatility (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



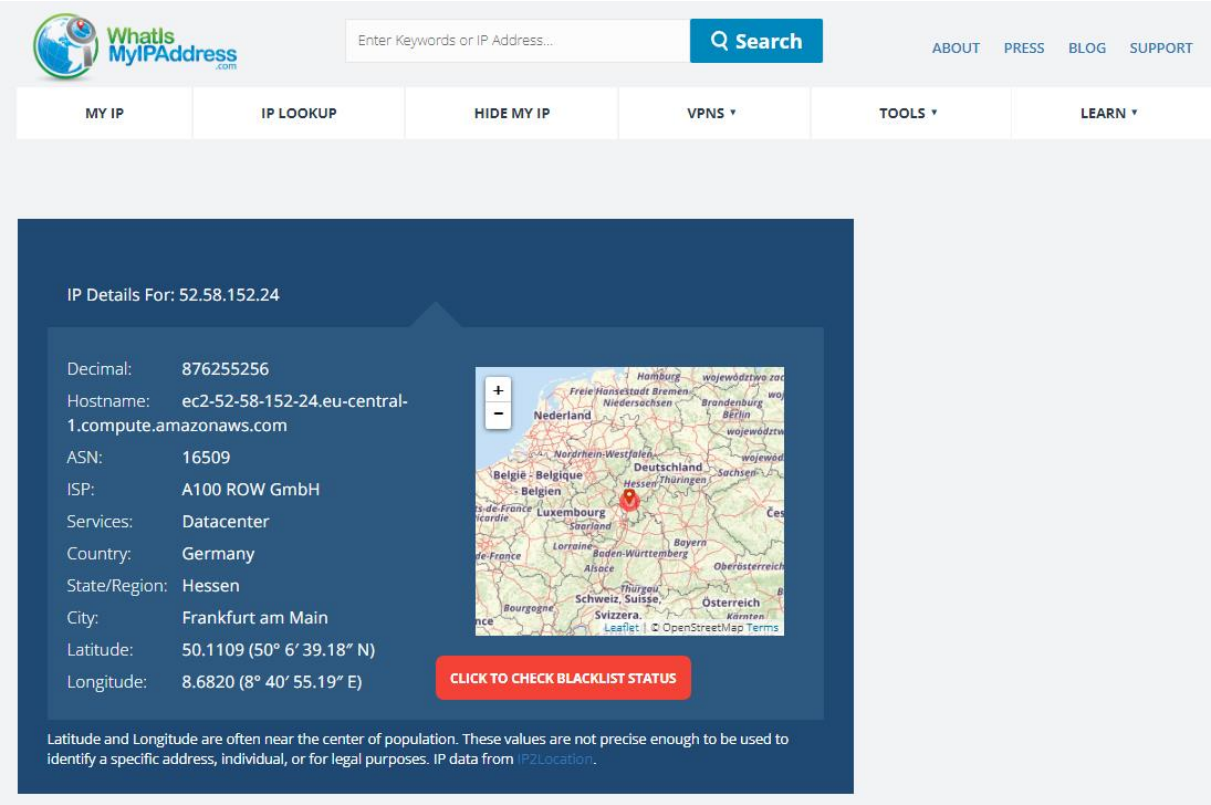
Slika 50: Rezultat unosa memorijskog dumpa u Volatility (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na temelju slike 49. i 50. možemo vidjeti da je osumnjičeni koristio aplikacije poput Anydesk-a, aplikacije Logitech G Hub, da koristi drivere za grafičku karticu Nvidia, da za web preglednik koristi Google Chrome za koji ćemo napraviti analizu povijesti, također da koristi Discord aplikaciju za komunikaciju i slično. Zatim ćemo umjesto Volatility Workbench-a koristiti Volatility preko cmd-a. Da bismo to napravili potrebno je memorijski dump preseliti u mapu gdje se nalazi Volatility i u cmd-u otvoriti mapu gdje se nalazi Volatility. Nakon što smo to napravili koristiti ćemo naredbu „**windows.netstat**“ plugin koji simulira funkcionalnost komande netstat iz Windows operativnog sustava i koristi se za analizu mrežnih veza koje su bile aktivne u trenutku snimanja memorijskog dumpa. Kada se pokrene ovaj plugin u Volatilityju, pruža informacije o mrežnim konekcijama i slušačima na računalu. To uključuje popis svih aktivnih TCP i UDP veza, zajedno s IP adresama i portovima koji su trenutno otvoreni. Također, dobiva se popis svih portova na kojima sustav čeka dolazne mrežne konekcije, tj. slušače. Uz to, plugin prikazuje trenutni status svake mrežne veze, poput povezano, zatvoreno ili u stanju čekanja. Kada izvršimo taj plugin, dobiva se rezultat koji je prikazan na slici 51..



Slika 51: Rezultat plugin-a u cmd-u (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Proučavanjem IP adresa na slici 51. možemo otkriti koja od njih je sumnjiva. To bismo napravili tako da bi one sumnjive unijeli na web stranicu „What's my IP address“ i na temelju toga bismo ih eliminirali. Na primjer, uzmemo jednu od IP adresa dobivenih u cmd-u i zalijepimo ju u gore navedenu web stranicu i dobivamo rezultat kao na slici 52.



Slika 52: Rezultat unosa dobivene IP adrese (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Ovakvom provjerom možemo otkriti s kojim računalima ili serverima je računalo osumnjičenog komuniciralo u trenutku kreiranja memorijskog dumpa. Ovaj plugin značajno doprinosi forenzičkim analizama i omogućava identifikaciju potencijalno sumnjivih mrežnih aktivnosti koje mogu ukazivati na prisutnost zlonamjernog softvera, neovlaštenih pristupa ili drugih sigurnosnih prijetnji.

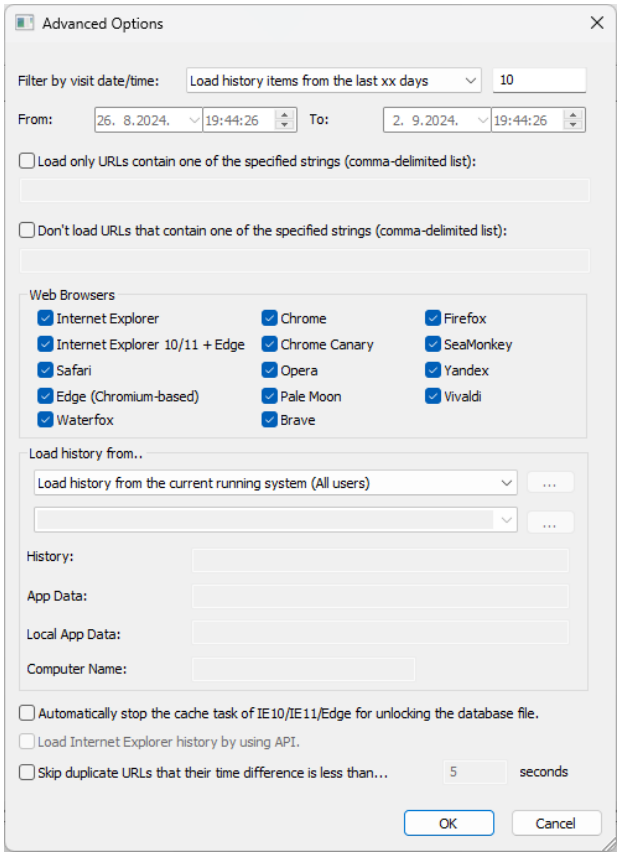
6.6. Analiza povijesti web preglednika

Analiza povijesti web preglednika igra ključnu ulogu u digitalnoj forenzici. Web preglednici poput Chromea, Firefox-a i Edge-a pohranjuju podatke o korisničkim aktivnostima, uključujući posjećene web stranice, preuzete datoteke, kolačiće i spremljene lozinke. Ovi podaci pomažu istražiteljima u rekonstrukciji korisničkog ponašanja na internetu, što može biti presudno u istrazi zločina, cyber-kriminala ili povreda korporativnih politika. Iako korisnici mogu brisati povijest pregledavanja ili koristiti privatne modove, napredni forenzički alati često mogu povratiti te podatke. Sve ovo čini analizu povijesti web preglednika nezamjenjivom u mnogim digitalnim istragama.

Tijekom ove analize pomoću alata BrowsingHistoryView i WebBrowserPassView moći ćemo pregledati povijest web preglednika osumnjičenog i također moguće sve email adrese, korisnička imena i lozinke korištene u web pregledniku. Za početak ćemo koristiti gore navedeni alat BrowsingHistoryView. BrowsingHistoryView je jedan od alata razvijen od strane

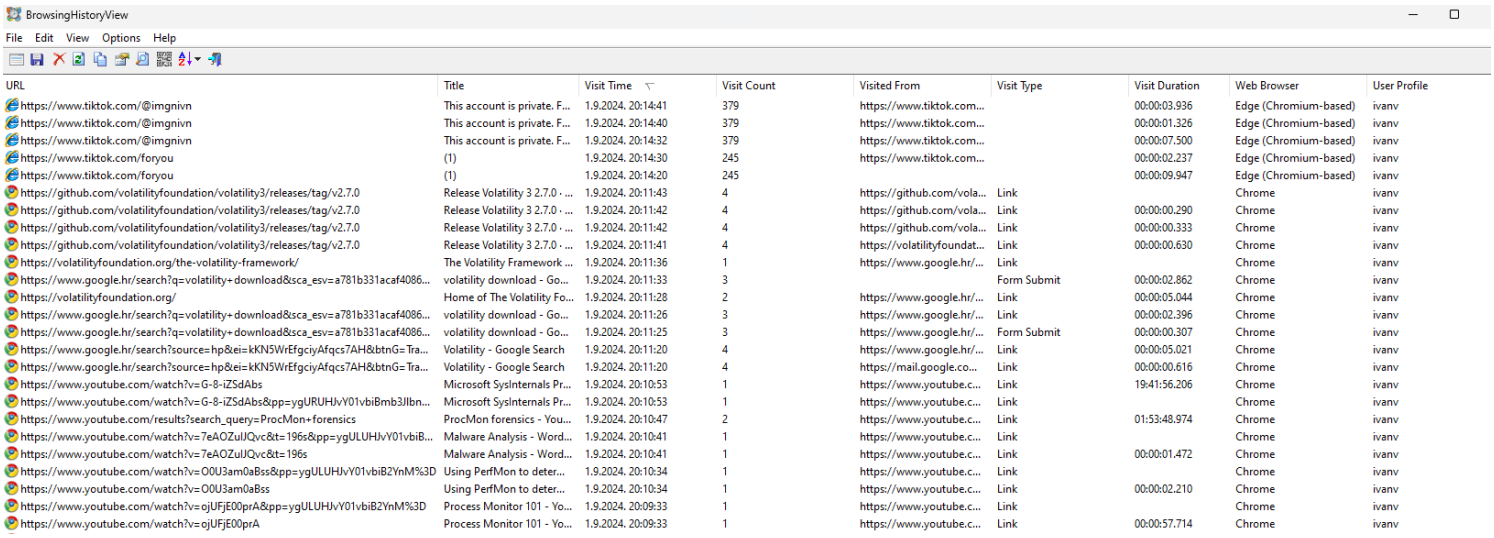
NirSoft-a, koji je dizajniran za pregled i analizu povijesti pregledavanja iz različitih web preglednika. Ovaj alat omogućuje korisnicima da jednostavno pregledaju, filtriraju i izvezu povijest pregledavanja sa svojih uređaja.

Kada pokrenemo ovaj alat otvaraju nam se dva prozori. Da bismo mogli pretraživati osumnjičenikovu povijest potrebno je odabrati datume između kojih želimo da se povijest učita s računala, što je prikazano na slici 53.



Slika 53: Opcije za učitavanje povijest web preglednika (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

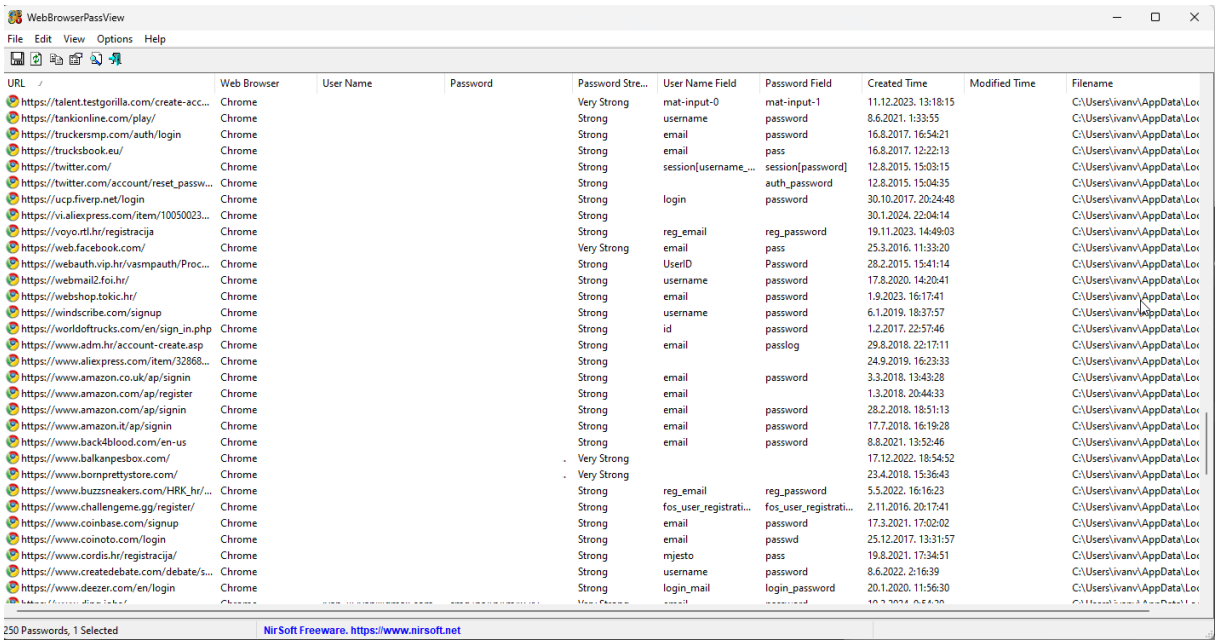
Budući da smo na slici 53. odabrali da se povijest web preglednika učita od 26.8.2024. do 2.9.2024. te na slici 54. je moguće vidjeti da je osumnjičeni pretraživao po web stranicama github, Youtube, po tražili Google i slično. Uz te web stranice moguće je vidjeti u koje vrijeme je on pristupao tim web stranicama, na koji način je pristupao (link ili preko neke forme, kao što je submit), koliko dugo se zadržao na kojoj web stranici i preko kojeg web preglednika je pristupano.



URL	Title	Visit Time	Visit Count	Visited From	Visit Type	Visit Duration	Web Browser	User Profile
https://www.tiktok.com/@imgnivn	This account is private. F...	1.9.2024. 20:14:41	379	https://www.tiktok.com...		00:00:03.936	Edge (Chromium-based)	ivanv
https://www.tiktok.com/@imgnivn	This account is private. F...	1.9.2024. 20:14:40	379	https://www.tiktok.com...		00:00:01.326	Edge (Chromium-based)	ivanv
https://www.tiktok.com/@imgnivn	This account is private. F...	1.9.2024. 20:14:32	379	https://www.tiktok.com...		00:00:07.500	Edge (Chromium-based)	ivanv
https://www.tiktok.com/foryou	(1)	1.9.2024. 20:14:30	245	https://www.tiktok.com...		00:00:02.237	Edge (Chromium-based)	ivanv
https://www.tiktok.com/foryou	(1)	1.9.2024. 20:14:20	245			00:00:09.947	Edge (Chromium-based)	ivanv
https://github.com/volatilityfoundation/volatility3/releases/tag/v2.7.0	Release Volatility 3 2.7.0 · ...	1.9.2024. 20:11:43	4	https://github.com/vola...	Link		Chrome	ivanv
https://github.com/volatilityfoundation/volatility3/releases/tag/v2.7.0	Release Volatility 3 2.7.0 · ...	1.9.2024. 20:11:42	4	https://github.com/vola...	Link	00:00:00.290	Chrome	ivanv
https://github.com/volatilityfoundation/volatility3/releases/tag/v2.7.0	Release Volatility 3 2.7.0 · ...	1.9.2024. 20:11:42	4	https://github.com/vola...	Link	00:00:00.333	Chrome	ivanv
https://github.com/volatilityfoundation/volatility3/releases/tag/v2.7.0	Release Volatility 3 2.7.0 · ...	1.9.2024. 20:11:41	4	https://volatilityfoundat...	Link	00:00:00.630	Chrome	ivanv
https://volatilityfoundation.org/the-volatility-framework/	The Volatility Framework ...	1.9.2024. 20:11:36	1	https://www.google.hr/...	Link		Chrome	ivanv
https://www.google.hr/search?q=volatility+download&sca_esv=a781b331acaf4086...	volatility download - Go...	1.9.2024. 20:11:33	3		Form Submit	00:00:02.862	Chrome	ivanv
https://volatilityfoundation.org/	Home of The Volatility Fo...	1.9.2024. 20:11:28	2	https://www.google.hr/...	Link	00:00:05.044	Chrome	ivanv
https://www.google.hr/search?q=volatility+download&sca_esv=a781b331acaf4086...	volatility download - Go...	1.9.2024. 20:11:26	3	https://www.google.hr/...	Link	00:00:02.396	Chrome	ivanv
https://www.google.hr/search?q=volatility+download&sca_esv=a781b331acaf4086...	volatility download - Go...	1.9.2024. 20:11:25	3	https://www.google.hr/...	Form Submit	00:00:00.307	Chrome	ivanv
https://www.google.hr/search?source=hp&ei=kKN5WrEfgciyAfqcs7AH&btnG=Tra...	Volatility - Google Search	1.9.2024. 20:11:20	4	https://www.google.hr/...	Link	00:00:05.021	Chrome	ivanv
https://www.google.hr/search?source=hp&ei=kKN5WrEfgciyAfqcs7AH&btnG=Tra...	Volatility - Google Search	1.9.2024. 20:11:20	4	https://mail.google.co...	Link	00:00:00.616	Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=G-8-iZSdAbs	Microsoft Sysinternals Pr...	1.9.2024. 20:10:53	1	https://www.youtube.c...	Link	19:41:56.206	Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=G-8-iZSdAbs&pp=ygURUHJvY01vbiBmb3JlbnsI...	Microsoft Sysinternals Pr...	1.9.2024. 20:10:53	1	https://www.youtube.c...	Link		Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/results?search_query=ProcMon+forensics	ProcMon forensics - You...	1.9.2024. 20:10:47	2	https://www.youtube.c...	Link	01:53:48.974	Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=7eAOZuUQvc&t=196s&pp=ygULUHJvY01vbiB...	Malware Analysis - Word...	1.9.2024. 20:10:41	1	https://www.youtube.c...	Link		Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=7eAOZuUQvc&t=196s	Malware Analysis - Word...	1.9.2024. 20:10:41	1	https://www.youtube.c...	Link	00:00:01.472	Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=O0U3am0aBss&pp=ygULUHJvY01vbiB2YnM%3D	Using PerfMon to deter...	1.9.2024. 20:10:34	1	https://www.youtube.c...	Link		Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=O0U3am0aBss	Using PerfMon to deter...	1.9.2024. 20:10:34	1	https://www.youtube.c...	Link	00:00:02.210	Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=ojUFjE00prA&pp=ygULUHJvY01vbiB2YnM%3D	Process Monitor 101 - Yo...	1.9.2024. 20:09:33	1	https://www.youtube.c...	Link		Chrome	ivanv
https://www.youtube.com/watch?v=ojUFjE00prA	Process Monitor 101 - Yo...	1.9.2024. 20:09:33	1	https://www.youtube.c...	Link	00:00:57.714	Chrome	ivanv

Slika 54: Prikaz povijesti web preglednika (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Nakon pregleda povijest web preglednika, koristeći alat WebBrowserPassView. WebBrowserPassView je forenzički alat koji omogućuje brzo i jednostavno dohvaćanje lozinki pohranjenih u različitim web preglednicima. Razvijen od strane NirSoft-a, ovaj alat može izvući lozinke koje su korisnici spremili za automatsku prijavu na web stranice. Pokretanjem alata, on automatski dohvaća lozinke iz različitih web preglednika, te na kraju dobivamo rezultat kao što je na slici 55..



URL	Web Browser	User Name	Password	Password Stre...	User Name Field	Password Field	Created Time	Modified Time	Filename
https://talent.testgorilla.com/create-acc...	Chrome			Very Strong	mat-input-0	mat-input-1	11.12.2023. 13:18:15		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://tankionline.com/play/	Chrome			Strong	username	password	8.6.2021. 1:33:55		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://truckersmp.com/auth/login	Chrome			Strong	email	password	16.8.2017. 16:54:21		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://trucksbook.eu/	Chrome			Strong	email	pass	16.8.2017. 12:22:13		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://twitter.com/	Chrome			Strong	session[username_...	session[password]	12.8.2015. 15:03:15		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://twitter.com/account/reset_passw...	Chrome			Strong		auth_password	12.8.2015. 15:04:35		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://ucp.fiverp.net/login	Chrome			Strong	login	password	30.10.2017. 20:24:48		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://vi.aliexpress.com/item/10050023...	Chrome			Strong			30.1.2024. 22:04:14		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://voyo.rtl.hr/registracija	Chrome			Strong	reg_email	reg_password	19.11.2023. 14:49:03		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://web.facebook.com/	Chrome			Very Strong	email	pass	25.3.2016. 11:33:20		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://webauth.vip.hr/vasmpauth/Proc...	Chrome			Strong	UserID	Password	28.2.2015. 15:41:14		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://webmail2.foi.hr/	Chrome			Strong	username	password	17.8.2020. 14:20:41		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://webshop.tokic.hr/	Chrome			Strong	email	password	1.9.2023. 16:17:41		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://windscribe.com/signup	Chrome			Strong	username	password	6.1.2019. 18:37:57		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://worldoftrucks.com/en/sign_in.php	Chrome			Strong	id	password	1.2.2017. 22:57:46		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.adm.hr/account-create.asp	Chrome			Strong	email	passlog	29.8.2018. 22:17:11		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.aliexpress.com/item/32868...	Chrome			Strong			24.9.2019. 16:23:33		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.amazon.co.uk/ap/signin	Chrome			Strong	email	password	3.3.2018. 13:43:28		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.amazon.com/ap/register	Chrome			Strong	email		1.3.2018. 20:44:33		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.amazon.com/ap/signin	Chrome			Strong	email	password	28.2.2018. 18:51:13		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.amazon.it/ap/signin	Chrome			Strong	email	password	17.7.2018. 16:19:28		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.back4blood.com/en-us	Chrome			Strong	email	password	8.8.2021. 13:52:46		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.balkanpesbox.com/	Chrome			Very Strong			17.12.2022. 18:54:52		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.bornprettystore.com/	Chrome			Very Strong			23.4.2018. 15:36:43		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.buzzsneakers.com/HRK_hr/...	Chrome			Strong	reg_email	reg_password	5.5.2022. 16:16:23		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.challengeme.gg/register/	Chrome			Strong	fos_user_registrati...	fos_user_registrati...	2.11.2016. 20:17:41		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.coinbase.com/signup	Chrome			Strong	email	password	17.3.2021. 17:02:02		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.coinoto.com/login	Chrome			Strong	email	passwd	25.12.2017. 13:31:57		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.cordis.hr/registracija/	Chrome			Strong	mjesto	pass	19.8.2021. 17:34:51		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.createdebate.com/debate/s...	Chrome			Strong	username	password	8.6.2022. 2:16:39		C:\Users\ivanv\AppData\Lo
https://www.deezer.com/en/login	Chrome			Strong	login_mail	login_password	20.1.2020. 11:56:30		C:\Users\ivanv\AppData\Lo

Slika 55: Podaci o računu korisnika iz različitih web preglednika (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na slici 55. moguće je vidjeti da je korisnik kreirao račune na web stranicama kao što su Twitter, Facebook, Amazon, Ali Express, Voyo i slično. Uz svaku stranicu, ponuđeni su

korisnička imena i lozinka za svaku web stranicu i uz to je moguće vidjeti da li je umjesto korisničkog imena korišten email, uz sve to moguće je još vidjeti kada je račun kreiran i kada je zadnji put promijenjeno.

Ovi podaci omogućuju forenzičarima da precizno rekonstruiraju aktivnosti osumnjičenog na računalu, identificiraju račune koje je koristio tijekom određenog vremenskog razdoblja, te otkriju moguće obrasce ponašanja i namjere koje su ključne za istragu.

6.7. Pisanje forenzičkog izvještaja

Forenzički izvještaj je dokument koji priprema stručnjak s posebnim znanjem ili obukom za istragu zločina, bilo da se radi o kibernetičkom kriminalu ili fizičkom zločinu. Postoje različite vrste forenzičkih izvješća: računalno, medicinsko, istražno i evaluacijsko forenzičko izvješće. Računalno forenzičko izvješće koristi se za istraživanje zločina počinjenih putem elektroničkih uređaja kao što su mobilni telefoni, računala i tableti. Takvo izvješće pruža informacije o tome kada se zločin dogodio i koji su njegovi uzroci. Korištenje forenzičkih izvješća je važno jer omogućava detaljnu analizu i razumijevanje zločina, što može pomoći u njihovom rješavanju i prevenciji budućih incidenata.[27]

U nastavku je prikazan simulirani forenzički izvještaj koji se sastojati od sažetka slučaja, analiziranih dokaza, prikupljenih dokaza, koraka istrage i zaključka.

6.7.1. Forenzički izvještaj

Identifikacija slučaja i relevantnih strana

Dana 25. svibnja 2024. godine, tvrtka Micro pokrenula je istragu s brojem slučaja **#2024-0515-MICRO** zbog ozbiljne sumnje da je zaposlenik Ivo Ivić odavao povjerljive informacije konkurentskoj tvrtki. Zaposlenikovo računalo, koje koristi operativni sustav Windows 11, zaplijenjeno je kako bi se istražile te sumnje i kako bi se provela opsežna digitalna forenzička analiza.

Istragu je vodila digitalna forenzička ekipa tvrtke Micro, čiji članovi su:

- Marko Horvat, glavni forenzičar s dugogodišnjim iskustvom u analizi digitalnih dokaza
- Ana Petrović, specijalist za analizu digitalnih artefakata i rekonstrukciju korisničkih aktivnosti
- Luka Kovačić, stručnjak za prikupljanje, očuvanje i analizu digitalnih dokaza, s posebnim naglaskom na forenzičku obradu diskova

Tijekom ove forenzičke analize tim je pristupio prikupljanju i očuvanju svih relevantnih podataka s diska računala. Analiza je obuhvatila detaljno ispitivanje povijesti web preglednika kako bi se utvrdile eventualne posjete sumnjivim web stranicama ili komunikacijske aktivnosti s konkurencijom. Osim ispitivanja povijesti web preglednika, analizirani su digitalni artefakti, uključujući datoteke, logove i privremene podatke kako bi se rekonstruirale aktivnosti na računalu.

Forenzička ekipa je istražila sve zabilježene događaje i procese na računalu, uključujući pokretanje aplikacija, promjene datoteka i sistemske događaje. Cilj ove opsežne analize bio je utvrditi prisutnost bilo kakvih dokaza koji bi potvrdili ili opovrgli sumnje o odavanju povjerljivih informacija konkurenciji, te omogućiti precizne zaključke i daljnje pravne korake.
Kronologija događaja

Kronologija događaja

Istraga u vezi sa slučajem #2024-0515-MICRO započela je 25. svibnja 2024. godine, kada je tvrtka Micro pokrenula postupak zbog sumnje da zaposlenik Ivo Ivić odaje povjerljive informacije konkurenciji.

Detaljna kronologija dokumentira svaki korak poduzet tijekom istrage, pružajući jasan vremenski okvir i objašnjenje postupaka koji su provedeni kako bi se prikupili relevantni dokazi i donijeli zaključci o mogućem odavanju povjerljivih informacija.

25. svibnja 2024.

- **09:00** - Interna istraga započinje nakon što su prijavljene sumnje o mogućem odavanju povjerljivih informacija. Forenzički tim tvrtke Micro sastavljen je i dobio zadatak istražiti ovaj slučaj.
- **10:30** - Donosi se odluka o zapljeni računala zaposlenika Ive Ivića, koje koristi operativni sustav Windows 11zato što je računalo identificirano kao ključni izvor potencijalnih dokaza.
- **11:30** - Računalo je formalno zaplijenjeno i premješteno u forenzički laboratorij tvrtke Micro radi provođenja digitalne analize. U ovom trenutku, računalni sustav je zaštićen kako bi se očuvala cjelovitost podataka.

26. svibnja 2024.

- **08:00** - Forenzički tim započinje s procesom stvaranja forenzičke kopije cijelog diska računala. Forenzička kopija uključuje sve aktivne datoteke, izbrisane datoteke i

nedodijeljeni prostor koji može sadržavati ostatke izbrisanih podataka. Proces je vođen strogim procedurama kako bi se osiguralo da svi podaci ostanu netaknuti.

- **14:00** - Forenzička kopija diska je dovršena, a njezina cjelovitost je provjerena koristeći odgovarajuće alate za verifikaciju. Kopija je pohranjena na sigurne medije, a originalno računalo je izolirano kako bi se spriječio bilo kakav daljnji pristup.

27. svibnja 2024.

- **09:00** - Tim započinje s detaljnom analizom povijesti web preglednika, tražeći bilo kakve znakove posjeta sumnjivim web stranicama ili korištenje internetskih komunikacijskih kanala koji bi mogli ukazivati na odavanje povjerljivih informacija. Posebna pažnja posvećena je nedavno posjećenim stranicama i pretraživačkim pojmovima.
- **13:00** - Slijedi analiza digitalnih artefakata, uključujući pregled privremenih datoteka, sistemskih logova, i drugih zapisa koji mogu pomoći u rekonstrukciji aktivnosti korisnika. Ova analiza pruža uvid u korisnikove radnje, kao što su pristupi određenim datotekama, korištenje aplikacija, te vrijeme i način korištenja računala.
- **16:00** - Tim provodi dodatnu analizu zabilježenih događaja na sustavu, uključujući promjene u datotekama, instalacije softvera, i druge ključne događaje koji mogu biti relevantni za istragu.

28. svibnja 2024.

- **10:00** - Forenzički stručnjaci istražuju pokrenute procese na računalu, uključujući aplikacije koje su mogle biti korištene za komunikaciju s konkurencijom ili prijenos povjerljivih podataka. Tim analizira i procese koji su bili aktivni u vrijeme sumnjivih radnji kako bi se identificirali potencijalni kanali curenja informacija.
- **13:30** - Na temelju provedenih analiza, tim pregledava i organizira prikupljene dokaze. Povezuju se različiti dijelovi informacija kako bi se stvorila cjelovita slika događaja i mogućih radnji zaposlenika.
- **16:00** - Istraga se privodi kraju, a forenzički tim započinje izradu detaljnog izvještaja koji uključuje sve ključne nalaze, prikupljene dokaze i zaključke. Izvještaj će poslužiti kao temelj za daljnje korake, uključujući eventualne pravne postupke protiv osumnjičenog.

Tehnički detalji

U ovoj istrazi korišten je niz forenzičkih alata, od kojih je svaki imao specifičnu ulogu u različitim fazama analize. FTK Imager, na primjer, bio je ključan u početnoj fazi za stvaranje forenzičkih slika tvrdih diskova i drugih uređaja za pohranu podataka, osiguravajući pritom integritet dokaza pomoću generiranih hash vrijednosti. Volatility i Volatility Workbench omogućili su dubinsku analizu memorije sustava, otkrivajući informacije poput aktivnih procesa i mrežnih veza koje nisu bile sačuvane na disku. Registry Viewer poslužio je za detaljan pregled Windows Registry-ja, gdje su identificirane ključne promjene i artefakti vezani za sigurnosne postavke sustava. Event Viewer omogućio je analizu Windows event logova, pružajući uvid u važne događaje poput sigurnosnih incidenata i promjena u konfiguraciji sustava. Process Monitor (ProcMon) pružio je mogućnost praćenja aktivnosti u stvarnom vremenu, čime su identificirani sumnjivi procesi i njihove interakcije s datotekama i registry-jem. Za analizu povijesti pregledavanja, korišten je BrowsingHistoryView, koji je omogućio identifikaciju posjećenih web stranica relevantnih za istragu. WebBrowserPassView je bio koristan za pronalazak sačuvanih lozinki u web preglednicima, čime su otkriveni potencijalno kompromitirani korisnički računi. Konačno, BitLocker je korišten za dešifriranje podataka zaštićenih enkripcijom, omogućujući pristup i analizu sadržaja koji bi inače bio nedostupan.

Tijekom forenzičke istrage, izrađena je slika osumnjičenog diska pomoću alata FTK Imager s ciljem očuvanja svih podataka u njihovom izvornom stanju i omogućavanja detaljne analize. Analizirane su različite vrste datoteka, uključujući dokumente, slike, videozapise, arhivske datoteke, izvršne datoteke i sistemske datoteke relevantne za slučaj. Izbrisane datoteke identificirane su nakon što je slika diska montirana u FTK Imageru, gdje su se vidjeli tragovi tih datoteka u slobodnom prostoru na disku i u područjima diska koja nisu dodijeljena nijednoj datoteci (unallocated space). Skrivene datoteke otkrivene su analizom sistemskih atributa, kao i pregledom metapodataka i anomalija u strukturi datotečnog sustava.

Za analizu artefakata s računala osumnjičenog korišten je alat Registry Viewer radi detaljnog pregleda Windows registra. Poseban fokus bio je na datoteci NTUSER.DAT, koja sadrži korisnički specifične podatke. Analizirane su aplikacije poput Discorda i Steama zbog njihove mogućnosti za komunikaciju u stvarnom vremenu, što je relevantno za istragu. Pregledani su podaci o korištenju ovih aplikacija, uključujući vrijeme posljednjeg pristupa, učestale kontakte i druge relevantne aktivnosti. Također je analizirana sistemska datoteka system, koja pruža informacije o hardveru računala. Proučeni su ključevi koji otkrivaju detalje o matičnoj ploči, vrsti monitora koji je korišten, kao i diskovima upotrijebljenim za pohranu podataka. Ovi podaci omogućili su rekonstrukciju hardverske konfiguracije računala, što je

ključno za razumijevanje načina korištenja računala i povezivanje specifičnih komponenti s analiziranim artefaktima. Ova analiza registra pružila je važne uvide u aktivnosti korisnika i tehničke aspekte sustava, osiguravajući temelj za daljnju forenzičku analizu i potencijalne dokaze u istrazi.

Za analizu logova događaja korišten je alat Event Viewer, koji je omogućio pregled sigurnosnih, aplikacijskih i sistemskih logova. Analizom ovih logova prikupljeni su ključni podaci o aktivnostima na računalu osumnjičenog, uključujući trenutke prijave u sustav, vrijeme paljenja računala, trajanje perioda mirovanja sustava, te informacije o uklanjanju diskova i brisanju aplikacija. Proučeni su logovi kako bi se utvrdilo kada je osumnjičeni pristupio sustavu, koliko je vremena računalo provelo u stanju mirovanja, te kada je i koji disk bio uklonjen. Također su identificirani trenuci kada su aplikacije bile obrisane, kao i zapisi o neuspješnim prijavama. Ova analiza omogućila je rekonstrukciju ključnih aktivnosti i događaja koji su se odvijali na računalu, pružajući važne uvide za daljnju istragu.

Analizom csrss.exe u alatu ProcMon moguće je otkriti različite aktivnosti koje taj proces obavlja. Kroz ProcMon se prate datoteke koje proces otvara, čita, piše ili mijenja, promjene u registru, kao i procese koje stvara ili uklanja. Također se mogu pratiti putanje koje proces koristi, te zabilježiti greške i izuzetci koji se javljaju. Ove informacije pomažu u prepoznavanju sumnjivih aktivnosti i problema sa sustavom, pružajući uvid u način na koji csrss.exe funkcionira i identificirajući potencijalne anomalije ili sigurnosne prijetnje. Analiza omogućuje detaljno razumijevanje ponašanja procesa i može otkriti aktivnosti koje nisu u skladu s normalnim operacijama sustava.

Za analizu memorijskog dumpa korišteni su alati Volatility Workbench i Volatility. Ovi alati omogućili su detaljno ispitivanje sadržaja memorije i identifikaciju aktivnosti korisnika. Analizom memorijskog dumpa otkriveno je da je korisnik koristio aplikaciju AnyDesk, koja omogućuje udaljeni pristup i može se koristiti za prenošenje podataka konkurenciji. Također su identificirani podaci o grafičkoj kartici koju je korisnik koristio, web pregledniku koji je bio aktivan, te IP adresama s kojima je računalo imalo vezu. Ove informacije pružaju uvid u tehničke aspekte rada računala i mrežne aktivnosti, što je ključno za daljnje razumijevanje korisnikovih radnji i potencijalnih sigurnosnih prijetnji.

Za analizu povijesti web preglednika korišteni su alati BrowsingHistoryView i WebBrowserPassView. Ovi alati omogućili su dubinsko istraživanje aktivnosti osumnjičenog na internetu. BrowsingHistoryView omogućava pregled detaljne povijesti pregledavanja,

uključujući web stranice kao što su GitHub, YouTube i Google tražilica. Alat prikazuje podatke o vremenskim oznakama kada je osumnjičeni posjećivao ove stranice, trajanje sesija na svakoj stranici te koji web preglednik je korišten. Ova analiza pružila je uvid u obrasce pretraživanja i aktivnosti korisnika na internetu. WebBrowserPassView je korišten za otkrivanje pohranjenih vjerodajnica u web pregledniku. Alat je omogućio pristup svim email adresama, korisničkim imenima i lozinkama koje su bile pohranjene u pregledniku. Na taj način, prikupljeni su podaci o računima koje je osumnjičeni koristio, uključujući web stranice na kojima su ti računi bili aktivni. Zajedno, ovi alati omogućili su sveobuhvatan pregled internetskih aktivnosti osumnjičenog, otkrivajući koje su stranice posjećene, koliko je vremena provedeno na njima i kakve su informacije bile pohranjene. Ovi podaci su ključni za razumijevanje obrazaca ponašanja korisnika i mogu pružiti važne uvide u moguće sumnjive aktivnosti ili sigurnosne prijetnje.

Tijekom forenzičke istrage prikupljeni dokazi su popraćeni odgovarajućim hash vrijednostima kako bi se osigurao njihov integritet. Za svaku forenzičku kopiju diska izračunate su hash vrijednosti koristeći standardne algoritme, poput MD5 i SHA-1. Ove hash vrijednosti prikazane su u izvještaju kako bi se dokazalo da podaci nisu mijenjani od trenutka njihovog prikupljanja do trenutka analize. Prikazane hash vrijednosti za sve forenzičke kopije potvrđuju da su dokazi autentični i nepromijenjeni, što je ključno za održavanje vjerodostojnosti cjelokupnog forenzičkog postupka. Time se osigurava da rezultati analize temelje na originalnim, nepromijenjenim podacima, što je od suštinske važnosti za integritet i valjanost istrage. Prikupljene hash vrijednosti prikazane su na slici 56.

Opis metodologije

Tijekom analize slike diska pregledane su sve datoteke, uključujući sistemske datoteke, korisničke dokumente, aplikacijske datoteke, privremene datoteke, logove, datoteke vezane uz mrežni promet, datoteke preglednika i izbrisane datoteke, pri čemu nije pronađena nijedna koja bi bila povezana s firmom. Zatim, tijekom analize datoteke NTUSER.DAT proučavane su aplikacije koje su bile otvarane, s posebnim fokusom na aplikacije Discord i Steam zbog njihove upotrebe u komunikaciji, pri čemu Discord omogućava čak i prijenos uživo. Nadalje, analizirana je datoteka SYSTEM u kojoj su pregledani podaci o računalu osumnjičenog, uključujući informacije o matičnoj ploči, vrsti monitora, diskovima korištenim za pohranu podataka i verziji BIOS-a koju je osumnjičeni koristio. Zatim su analizirani logovi događaja, koji su pokazali da se osumnjičeni prijavio u sustav 16.7.2024. u 18:00, da je računalo 16.7.2024. u 17:39 bilo u stanju mirovanja, da je osumnjičeni 18.7.2024. u 16:38 uklonio disk 4, da je 18.7.2024. u 16:41 obrisao aplikaciju FTK Imager, te da je 1.9.2024. bilo neuspjelih prijava na sustav, kao i da je 2.9.2024. u 16:12 došlo do greške prilikom kopiranja diska. Kod analize

procesa proučavani su procesi CSRSS.EXE i WINLOGON.EXE. Analizom kreiranog memorijskog dumpa utvrđeno je da je osumnjičeni koristio aplikaciju Anydesk, aplikaciju Logitech G Hub, drivere za grafičku karticu Nvidia te web preglednik Google Chrome. Također, pomoću plugin-a Windows.NETSTAT analizirane su IP adrese s kojima je računalo imalo vezu. Daljnjom analizom je otkriveno da je korisnik preko Google Chrome web preglednika pretraživao web stranice poput YouTube, TikTok, GitHub, te koliko je puta i koliko dugo je posjećivao svaku od tih stranica. Na kraju, analizom računa utvrđeno je da je korisnik imao aktivne račune na web stranicama kao što su Twitter, Facebook, AliExpress i Voyo, koje je redovito koristio.

Nakon stvaranja slike diska, provedena je detaljna analiza svih vrsta datoteka. Istražene su sistemske datoteke ključne za operativni sustav, korisnički dokumenti, aplikacijske datoteke, privremene datoteke, logovi, datoteke preglednika te izbrisane datoteke koje bi mogle sadržavati preostale informacije. Unatoč iscrpnoj analizi svih mogućih izvora podataka, relevantni dokazi nisu pronađeni

S obzirom na to da je Discord platforma za komunikaciju, a Steam za kupnju i igranje igara, oba sustava su podvrgnuta detaljnoj analizi u cilju identifikacije potencijalnih dokaza. Koristili smo forenzičke alate za pristup svim razgovorima i aktivnostima na Discordu i Steamu, uključujući mogućnost prijenosa uživo na Discordu. Također su analizirane aplikacije otvorene putem datoteke NTUSER.DAT, kao i podaci iz datoteke SYSTEM, koji sadrže informacije o računalu osumnjičenog, poput matične ploče i verzije BIOS-a. Svi pronađeni dokazi dokumentirani su s detaljnim informacijama o korisnicima, vremenskim oznakama i sadržaju poruka.

Analizom logova događaja utvrđeno je da osumnjičeni je pristupio sustavu 16. srpnja 2024. u 18:00 sati, neposredno nakon što je računalo izašlo iz stanja mirovanja u 17:39 sati. Dana 18. srpnja 2024. u 16:38 sati, osumnjičeni je fizički uklonio disk 4 iz računala, a samo tri minute kasnije, u 16:41 sati, obrisao je aplikaciju FTK Imager, koja je korištena za forenzičko ispitivanje i analizu podataka. Ove radnje ukazuju na moguće namjerno uklanjanje dokaza. Nadalje, 1. rujna 2024. zabilježene su neuspješne prijave na sustav, što može sugerirati pokušaje neovlaštenog pristupa ili prikrivanja aktivnosti. Konačno, 2. rujna 2024. u 16:12 sati, došlo je do greške prilikom kopiranja diska, što može biti povezano s prethodnim radnjama uklanjanja diska ili brisanja aplikacija, te može ukazivati na moguću manipulaciju podacima ili fizičke smetnje u sustavu.

Tijekom analize procesa, posebno su proučavani procesi CSRSS.EXE i WINLOGON.EXE. Nakon detaljne istrage, nije pronađen nijedan dokaz koji bi upućivao na to da je osumnjičeni obavljao aktivnosti kojima bi odavao informacije konkurenciji. Analizom ovih procesa nisu identificirane nikakve neobične aktivnosti ili manipulacije koje bi sugerirale da je osumnjičeni bio uključen u neovlašteno prikupljanje ili prijenos informacija.

Analizom memorijskog dumpa utvrđeno je da je osumnjičeni koristio aplikaciju AnyDesk za daljinsko upravljanje računalom, Logitech G Hub za upravljanje perifernim uređajima, te grafičke drivere Nvidia za optimizaciju grafičkih performansi. Također je identificiran web preglednik Google Chrome, što ukazuje na aktivnosti pregledavanja interneta. Dodatno, pomoću plugin-a Windows.NETSTAT analizirane su IP adrese s kojima je računalo imalo aktivne veze, pružajući uvid u mrežne aktivnosti i potencijalne komunikacije s vanjskim poslužiteljima.

Daljnjom analizom utvrđeno je da je korisnik putem web preglednika Google Chrome pretraživao različite web stranice, uključujući YouTube, TikTok i GitHub. Precizirane su informacije o učestalosti posjeta i vremenskom trajanju svakog posjeta tim stranicama, što omogućuje razumijevanje obrazaca korištenja. Osim toga, analizom korisničkih računa ustanovljeno je da je korisnik imao aktivne račune na nekoliko značajnih web stranica, uključujući Twitter, Facebook, AliExpress i Voyo. Ovi računi su korišteni redovito, što sugerira aktivno sudjelovanje na tim platformama.

Zaključci s analizom

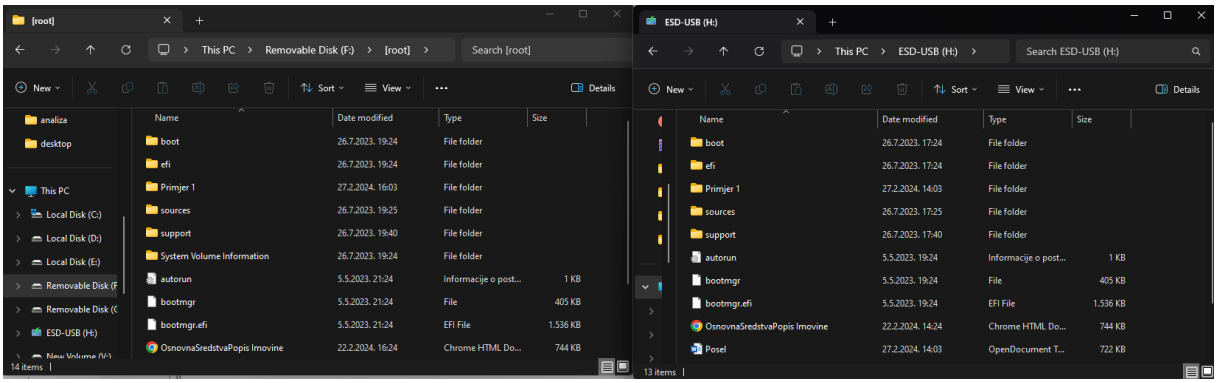
Na temelju temeljite forenzičke analize svih dostupnih podataka, uključujući slike diska, logove događaja, memorijske dumpove te aktivnosti na različitim platformama i aplikacijama, utvrđeni su sljedeći rezultati. Analizom slike diska obuhvaćene su sistemske datoteke, korisnički dokumenti, aplikacijske i privremene datoteke, logovi, datoteke preglednika i izbrisane datoteke. Unatoč temeljitoj pretrazi, nijedna od ovih datoteka nije sadržavala relevantne dokaze koji bi upućivali na curenje podataka ili druge neovlaštene radnje. Detaljna analiza platformi Discord i Steam pokazala je da su svi razgovori i aktivnosti, uključujući mogućnost prijenosa uživo na Discordu, pregledani bez pronalaska sumnjivih radnji. Također su analizirane aplikacije otvorene putem datoteke NTUSER.DAT i podaci iz datoteke SYSTEM, no nisu otkriveni dokazi koji bi sugerirali prijenos informacija konkurenciji ili druge neovlaštene aktivnosti. Istraživanjem logova događaja ustanovljeno je da je osumnjičeni pristupio sustavu 16. srpnja 2024., neposredno nakon izlaska računala iz stanja mirovanja. Dana 18. srpnja 2024. uklonio je disk 4 i obrisao aplikaciju FTK Imager. Iako su zabilježene neuspješne prijave na sustav i greška prilikom kopiranja diska 2. rujna 2024., ove radnje nisu

direktno povezane s curenjem podataka, ali mogu sugerirati pokušaje prikrivanja aktivnosti. Analizom procesa CSRSS.EXE i WINLOGON.EXE, nije pronađen nijedan dokaz koji bi upućivao na aktivnosti koje bi sugerirale odavanje informacija konkurenciji. Detaljna istraga ovih procesa nije otkrila nikakve nepravilnosti ili manipulacije. Memorijski dump je pokazao korištenje aplikacija AnyDesk, Logitech G Hub, grafičkih drivera Nvidia i web preglednika Google Chrome. Analizom IP adresa pomoću plugin-a Windows.NETSTAT, nije identificirana sumnjiva mrežna aktivnost koja bi upućivala na curenje podataka. Daljnjom analizom web aktivnosti otkriveno je da je korisnik redovito posjećivao stranice poput YouTubea, TikToka, GitHub-a, Twittera, Facebooka, AliExpressa i Voya. Ove aktivnosti nisu pokazale znakove neovlaštenog pristupa ili prijenosa informacija.

Istraživanjem svih dostupnih podataka, uključujući fizičko uklanjanje diska i brisanje aplikacija, forenzička analiza nije otkrila nikakve dokaze o curenju podataka ili odavanju informacija. Analizirani dokazi, uključujući aktivnosti na Discordu i Steamu, logove događaja, procese i memorijske dumpove, nisu pokazali konkretne znakove neovlaštenog prijenosa informacija ili sumnjivih radnji koje bi ukazivale na kršenje sigurnosti. Unatoč detaljnoj analizi svih relevantnih izvora, nije pronađena poveznica koja bi sugerirala da je osumnjičeni bio angažiran u aktivnostima koje bi mogle uključivati odavanje informacija konkurenciji.

Prilozi

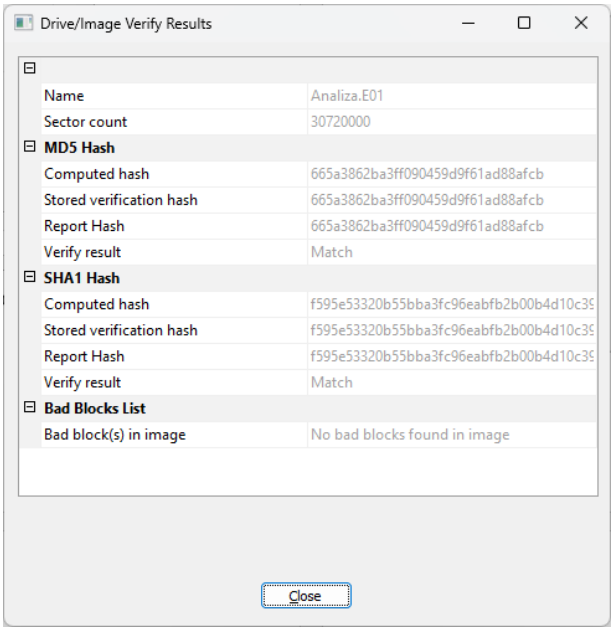
Na slici 56 prikazana je slika diska osumnjičenog, koja je bila podvrgnuta detaljnoj forenzičkoj analizi. Tijekom ovog procesa pažljivo su proučavane različite vrste datoteka, uključujući sistemske i korisničke datoteke, kao i one aplikacijske i privremene naravi. Posebna pozornost posvećena je datotekama koje su bile izbrisane jer su one mogle sadržavati ključne informacije ili tragove aktivnosti osumnjičenog.



Slika 56: Analiza slike diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

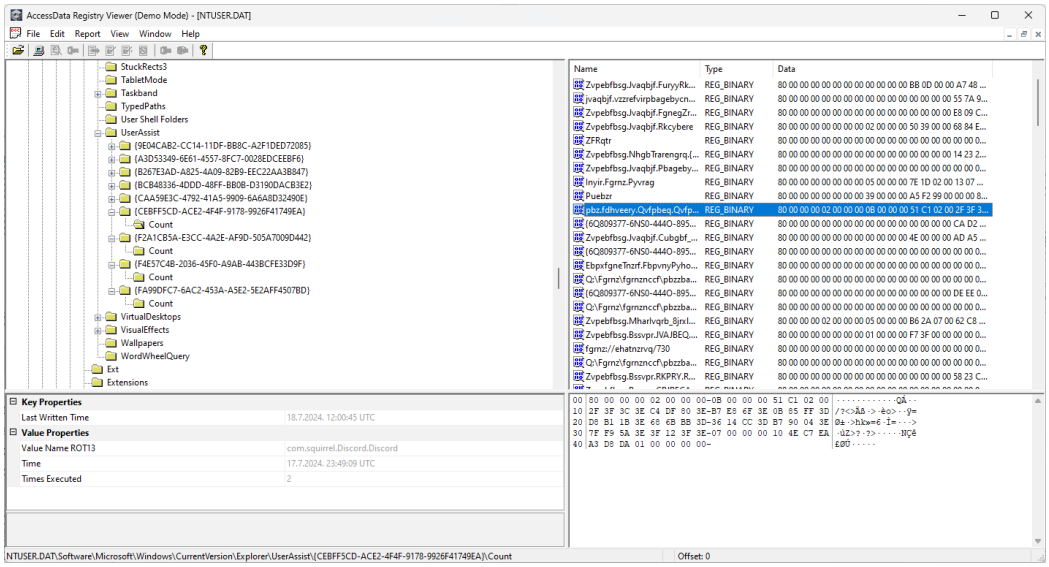
.

Na slici 57 prikazane su hash vrijednosti koje su dobivene nakon izrade forenzičke slike diska osumnjičenog pomoću alata FTK Imager. Ove hash vrijednosti ključne su za verifikaciju integriteta podataka tijekom cijelog procesa analize. One omogućuju stručnjacima da potvrde da podaci na slici diska nisu bili promijenjeni ili manipulirani nakon što je slika napravljena. U slučaju bilo kakve promjene u sadržaju diska, hash vrijednosti bi se promijenile što bi odmah ukazalo na potencijalnu neovlaštenu intervenciju. Time hash vrijednosti služe kao osnovni alat u održavanju vjerodostojnosti i pouzdanosti forenzičke analize.



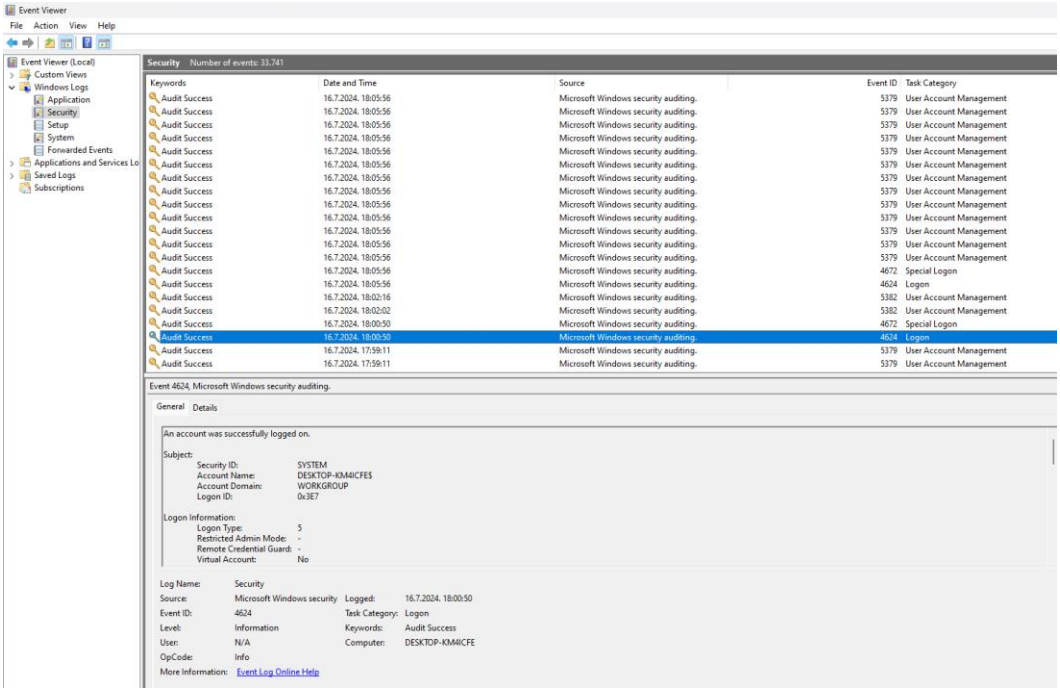
Slika 57: Hash vrijednosti slike diska (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na slici 58. prikazane su informacije iz Registry Viewera koje detaljno prikazuju posljednje vrijeme pristupa aplikaciji Discord na računalu osumnjičenog. U ovom slučaju, podaci iz registra pokazuju točan datum i vrijeme kada je aplikacija Discord zadnji put pokrenuta ili korištena. Ovi podaci su ključni za razumijevanje vremenskog okvira aktivnosti korisnika, posebno u kontekstu analize potencijalnih sumnjivih radnji. Analizom ovih informacija, može se povezati aktivnosti na Discordu s drugim događajima na sustavu, kao što su promjene u datotekama ili mrežnim vezama, što može pomoći u stvaranju cjelovite slike o korisnikovom ponašanju u kritičnim trenucima.



Slika 58. Informacije o zadnjem otvaranju aplikacije Discord (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

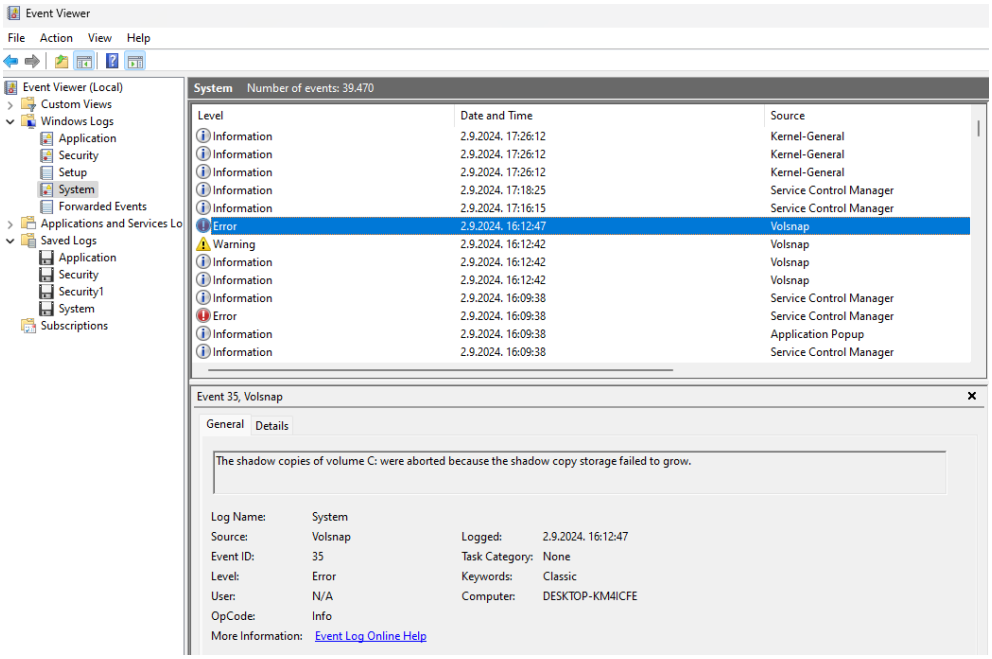
Na slici 59 prikazani su logovi događaja koji bilježe točan trenutak kada se osumnjičeni zadnji put prijavio na svoj račun. Analizom ovih logova omogućeno je praćenje aktivnosti osumnjičenog te procjena vremena kada su se odvijale potencijalno sumnjive radnje. Ovi podaci ključni su za rekonstrukciju događaja i utvrđivanje prisutnosti osumnjičenog tijekom ključnih trenutaka istrage.



Slika 59: Prikazi logova događaja za prijave na sustav (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

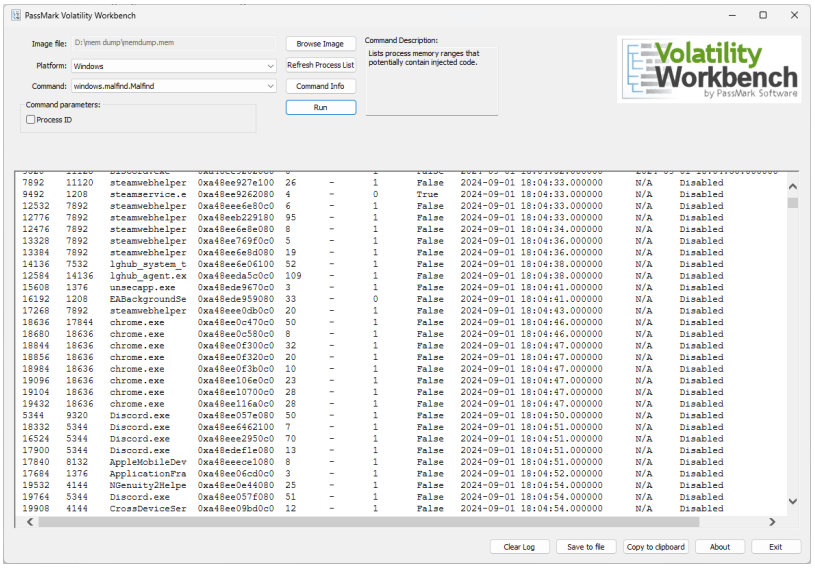
Na slici 60 prikazani su logovi događaja koji jasno dokumentiraju pokušaj osumnjičenog da napravi kopiju diska C:. Ovi logovi pružaju detaljan prikaz aktivnosti sustava tijekom

pokušaja kopiranja, uključujući točno vrijeme početka operacije, korištene alate i ciljnu lokaciju na koju je disk trebao biti kopiran. Prema zapisima, operacija je prekinuta zbog nedostatka prostora na odredišnom disku, što je spriječilo uspješno dovršavanje kopiranja.



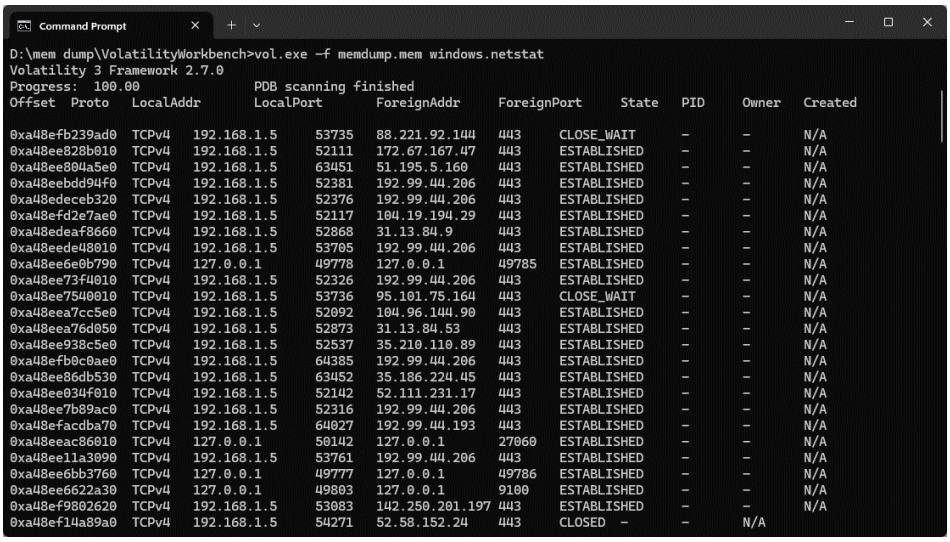
Slika 60: Analiza logova događaja za prekinutu operaciju kopiranja (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na slici 61. prikazan je memorijski dump analiziran pomoću alata Volatility Workbench, koji omogućuje pregled svih aplikacija aktivnih u trenutku kreiranja dumpa na računalu osumnjičenog. Ovaj memorijski dump sadrži podatke o procesima, pokrenutim aplikacijama, te informacijama o mrežnim konekcijama i korisničkim sesijama.



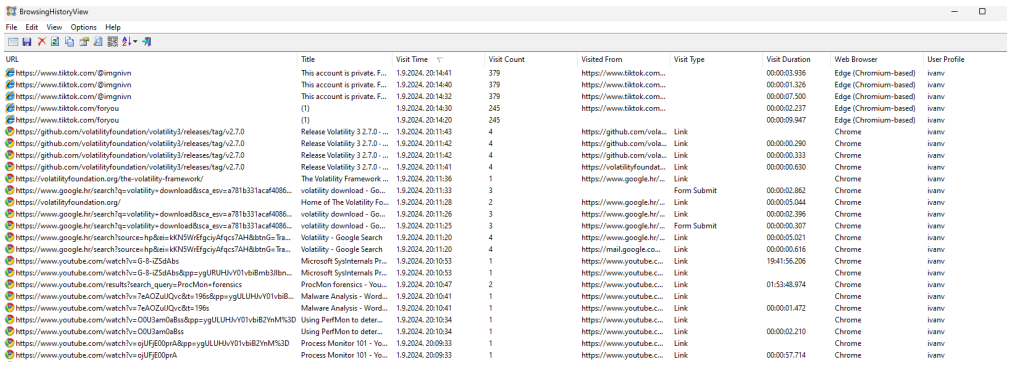
Slika 61: Analiza memorijskog dumpa pomocu alata Volatility Workbench (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na slici 62. prikazan je rezultat dobiven korištenjem alata Volatility nakon pokretanja plugin-a windows.netstat. Ovaj alat omogućuje detaljan prikaz svih aktivnih mrežnih veza na računalu osumnjičenog u trenutku izrade memorijskog dumpa. Prikazane su sve IP adrese s kojima je računalo uspostavilo vezu, uključujući lokalne i udaljene IP adrese, kao i odgovarajuće portove koji su korišteni za komunikaciju. Svaka od ovih IP adresa detaljno je analizirana kako bi se utvrdilo jesu li povezane s legitimnim ili sumnjivim mrežnim aktivnostima.

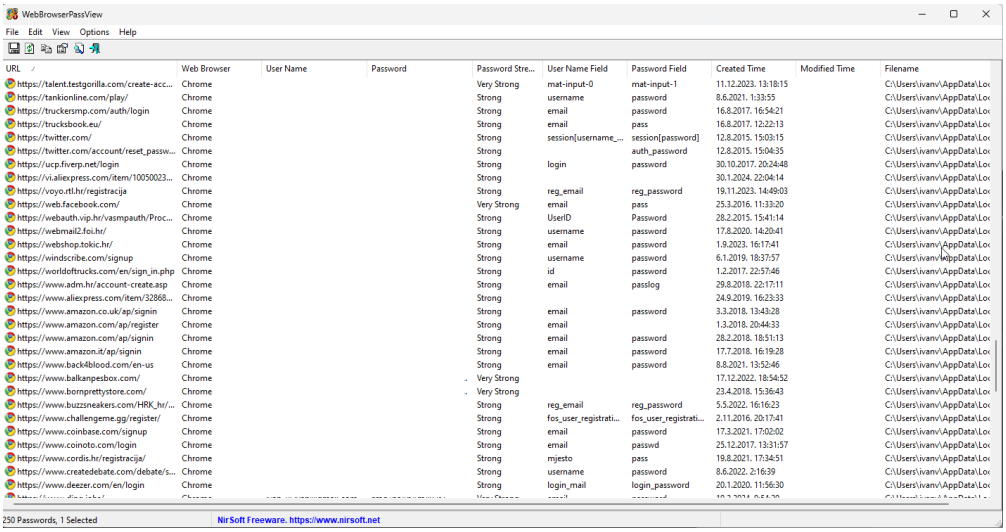


Slika 62: Prikaz rezulata nakon pokretanja plugin-a windows.netstat (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

Na slikama 63. i 64. prikazani su rezultati dobiveni korištenjem dva ključna forenzička alata BrowsingHistoryView i WebBrowserPassView. BrowsingHistoryView omogućio je detaljan pregled povijesti pregledavanja web stranica na računalu osumnjičenog. Analizom ovih podataka zna se je koje je web stranice osumnjičeni posjetio, u koje vrijeme, koliko puta je posjećivao određene stranice, koliko se dugo zadržavao na njima, te koji je web preglednik koristio za pristup tim stranicama. WebBrowserPassView alat omogućio je pristup svim računima koji su bili korišteni na računalu osumnjičenog. Prikazane su lozinke, korisnička imena, datumi kada su računi kreirani i kada su posljednji put izmijenjeni. Ovi podaci su izuzetno važni jer mogu otkriti je li osumnjičeni koristio više korisničkih računa, potencijalno s različitim identitetima, te jesu li računi korišteni za pristup osjetljivim ili sumnjivim resursima



Slika 63: Prikaz povijesti web preglednika (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)



Slika 64: Podaci o računu korisnika korištene na web preglednicima (Izvor: Vlastita izrada, 2024.)

7. Zaključak

U ovom završnom radu bavio sam se forenzičkom analizom operacijskog sustava Windows 11. U radu sam koristio različite izvore informacija, Google Scholar i Google, dok sam za prikazivanje i upravljanje izvorima u radu koristio alat Zotero. Forenzička analiza provedena je uz pomoć programa FTK Imager, Registry Viewer, Event Viewer, Volatility Workbench, Volatility, WebBrowserPassView, BrowsingHistoryView, ProcMon i BitLocker. Na početku rada, objasnio sam temeljne pojmove vezane uz digitalnu forenziku te sam se osvrnuo na povijest operacijskog sustava Windows. Detaljno sam objasnio ključne značajke Windowsa 11, kao što su TPM (Trusted Platform Module), UEFI Secure Boot i VBS (Virtualization-Based Security).

Kroz praktični dio rada, pružio sam kratki vodič kroz ključne komponente Windows operacijskog sustava koje su relevantne za forenzičku analizu, uključujući Windows Registry, logove događaja, povijest preglednika i BitLocker-a. Nakon teoretskog uvoda i vodiča, prikazao sam forenzičku analizu na simuliranom slučaju što je obuhvatio prikupljanje podataka s diska, analizu artefakata, pregled logova događaja, analizu procesa, analizu memorijskog dumpa i analizu povijesti web preglednika, te izradu izvještaja slučaja.

Ovaj završni rad daje sveobuhvatan pregled forenzičke analize Windowsa 11, pružajući korisne alate i metode za prikupljanje i analizu digitalnih dokaza. Ovaj rad može poslužiti kao vodič za buduće forenzičke analize i istraživanja u području digitalne forenzike, posebno u kontekstu najnovijih operacijskih sustava.

Popis literature

[1] “What Is Digital Forensics? | Simplilearn,” Simplilearn.com. Accessed: May 16, 2024. [Online]. Available: https://www.simplilearn.com/what-is-digital-forensics-article
[2] “What Is Digital Forensics? A Closer Examination of the Field.” Accessed: May 20, 2024. [Online]. Available: https://www.apu.apus.edu/area-of-study/information-technology/resources/what-is-digital-forensics/
[3] V. dizajn, “Virtus dizajn.” Accessed: Jul. 23, 2024. [Online]. Available: https://detektiv-mreza.hr/hr/usluga/digitalna-forenzika-27
[4] tprestianni, “What is Computer Forensics?,” National University. Accessed: May 16, 2024. [Online]. Available: https://www.nu.edu/blog/what-is-computer-forensics/
[5] “Microsoft Windows | History, Versions, & Facts | Britannica.” Accessed: May 20, 2024. [Online]. Available: https://www.britannica.com/technology/Microsoft-Windows
[6] O. H.-L. P. A. Malware, sophisticated cyberattacks T. technology can be embedded into modern CPUs, and “securely storeartifacts used to authenticate the platform ”2 The artifacts TPMs protect range from passwords to certificates to fingerprints-any important information users want securely stored, “What Is a Trusted Platform Module (TPM) Intel,” Intel. Accessed: May 23, 2024. [Online]. Available: https://www.intel.com/content/www/us/en/business/enterprise-computers/resources/trusted-platform-module.html
[7] W. I. Blog and T. W. Team, “Update on Windows 11 minimum system requirements and the PC Health Check app,” Windows Insider Blog. Accessed: May 23, 2024. [Online]. Available: https://blogs.windows.com/windows-insider/2021/08/27/update-on-windows-11-minimum-system-requirements-and-the-pc-health-check-app/
[8] “Security Comparison Windows 11 and Windows 10.” Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: https://answers.microsoft.com/en-us/windows/forum/all/security-comparison-windows-11-and-windows-10/b702855b-a299-4f92-9136-37659107fe8e
[9] “What is virtualization-based security (VBS)? | Definition from TechTarget,” Enterprise Desktop. Accessed: May 15, 2024. [Online]. Available: https://www.techtarget.com/searchenterprisedesktop/definition/virtualization-based-security-VBS
[10] “Computer Forensics: Forensic Issues with Virtual Systems | Infosec.” Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: https://www.infosecinstitute.com/resources/digital-forensics/computer-forensics-forensic-issues-virtual-systems/
[11] “What is a Hypervisor? - Hypervisor Explained - AWS,” Amazon Web Services, Inc. Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: https://aws.amazon.com/what-is/hypervisor/
[12] J. Boone, “Windows Defender Credential Guard and PEAP MS-CHAPv2,” SecureW2. Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: https://www.securew2.com/blog/windows-defender-credential-guard-and-peap-ms-chapv2
[13] barrygolden, “Hypervisor-Protected Code Integrity (HVCI) - Windows drivers.” Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/bringup/device-guard-and-credential-guard
[14] “What Is the Windows Registry and How Does It Work?,” What Is the Windows Registry and How Does It Work? Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: https://www.avast.com/c-windows-registry
[15] “What Is a Hive in the Windows Registry?,” Lifewire. Accessed: May 25, 2024. [Online]. Available: https://www.lifewire.com/what-is-a-registry-hive-2625986
[16] “UserAssist,” The 4N6 Post. Accessed: May 25, 2024. [Online]. Available: https://www.4n6post.com/2023/02/userassist.html
[17] J. Hendrickson, “What Is the NTUSER.DAT File in Windows?,” How-To Geek. Accessed: May 25, 2024. [Online]. Available: https://www.howtogeek.com/401365/what-is-the-ntuser-file/

[18] “What Is a Windows Event Log? - IT Glossary | SolarWinds.” Accessed: May 25, 2024. [Online]. Available: https://www.solarwinds.com/resources/it-glossary/windows-event-log
[19] “Understanding Windows Event Log,” Motadata. Accessed: Sep. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.motadata.com/it-glossary/windows-event-log/
[20] “Browser forensics: Google chrome | Infosec.” Accessed: May 26, 2024. [Online]. Available: https://www.infosecinstitute.com/resources/digital-forensics/browser-forensics-google-chrome/
[21] Wisemonkeys, “Web Browser Forensics:Tools,Evidence Collection And Analysis,” Medium. Accessed: May 27, 2024. [Online]. Available: https://medium.com/@wisemonkeysoffpage/web-browser-forensics-tools-evidence-collection-and-analysis-162a175fda87
[22] “What is BitLocker - javatpoint,” www.javatpoint.com. Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: https://www.javatpoint.com/what-is-bitlocker
[23] P. Froklage, “Forensic Images for DVR Analysis (E01 or DD) in Magnet Witness,” Magnet Forensics. Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.magnetforensics.com/blog/dvr-examiner-forensic-images-for-dvr-analysis-e01-or-dd/
[24] “What Is Csrss.exe?,” Lifewire. Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.lifewire.com/what-is-csrss-exe-4584354
[25] C. Hoffman, “What Is Windows Logon Application (winlogon.exe), and Why Is It Running on My PC?,” How-To Geek. Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.howtogeek.com/322411/what-is-windows-logon-application-winlogon.exe-and-why-is-it-running-on-my-pc/
[26] “Memory dump definition – Glossary | NordVPN.” Accessed: Sep. 02, 2024. [Online]. Available: https://nordvpn.com/cybersecurity/glossary/memory-dump/
[27] xadmin, “Forensic Report Example → Free Report Examples.” Accessed: Jul. 20, 2024. [Online]. Available: https://www.reportexamples.org/forensic-report-example/

Popis slika