



# Pi-hole järjestelmän rakentaminen ja liittäminen lähiverkkoon

Eetu Toivonen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2024

Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
Tietoliikennetekniikka ja tietoverkot

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
Tietoliikennetekniikka ja tietoverkot

TOIVONEN, EETU:

Pi-hole järjestelmän rakentaminen ja liittäminen lähiverkkoon

Opinnäytetyö 24 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Toukokuu 2024

---

Lähes jokaisella on lähiverkko joko kotonaan tai työpaikallaan. Tämä opinnäytetyö tarjoaa ohjemuotoisen oppaan siitä, miten lähiverkosta voi tehdä turvallisimman aiheuttaen minimaalista haittaa loppukäyttäjälle.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli koostaa helposti seurattava ohje Pi-hole järjestelmän asentamisesta luottokortin kokoiselle Raspberry Pi – tietokoneelle. Tämän opinnäytetyön kirjoittaja halusi tuoda esille omaa intohimoaan tietoliikenneverkkoja kohtaan

Tämä opinnäytetyö on kirjoitettu selkeästi ja helposti ymmärrettävästi. Tämä tulee esille monien havainnollistavien kuvien sekä käytännön esimerkkien kautta. Opinnäytetyössä esitellään myös yleisimmät vikatilanteet sekä niiden korjaaminen.

Yhteenvedona opinnäytetyö tarjoaa lukijalleen paremman ymmärryksen DNS filterin rakentamisesta ja ylläpidosta hyödyntäen Pi-hole järjestelmää Raspberry Pi – tietokoneella.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in ICT Engineering  
Telecommunications and Networks

TOIVONEN, EETU:

Installing a Pi-hole System and Connecting It to a Local Area Network

Bachelor's thesis 24 pages, appendices 0 pages  
May 2024

---

Almost everyone has a local area network at their home or at their workplace. This thesis provided a guide on how to better secure the network with minimal interference to the user experience.

The purpose of this thesis was to put together an easy-to-follow guide on how to install and configure a Pi-hole system running on a credit card sized Raspberry Pi-computer. The writer of this theses wanted to showcase their passion for information and communication technologies and show their background in ICT related hobbies and studies.

This thesis was written in an easy to understand and easy to follow format. This could be seen with the number of instructional pictures throughout the thesis and the practical examples. In the thesis the reader also got a picture of the benefits of the system in actions and help for basic troubleshooting.

The conclusion of this thesis is that the reader should now have a better understanding on how to build and maintain a DNS blocker using Pi-hole and Raspberry Pi computer.

---

Key words: dns-filtering, raspberry pi, pi-hole

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	TYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT LAITTEISTOT JA TEKNOLOGIAT .....	6
2.1	Raspberry Pi .....	6
2.1.1	DNS .....	6
2.1.2	IP-osoite (IPv4).....	6
2.1.3	SSH .....	7
2.1.4	Raspberry Pi OS.....	7
3	PI-HOLE JÄRJESTELMÄN ASENNUS JA KONFIGUROINTI .....	8
4	TOIMINTA.....	14
4.1	Hallintapaneelin esittely .....	14
4.1.1	Pi-holen asettaminen oletus DNS-palvelimeksi .....	15
4.1.2	Testaaminen.....	17
4.2	Vikatilanteet .....	20
4.2.1	Mainos ei filteröidy.....	20
4.2.2	Nettisivu ei lataudu oikein.....	20
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	22
	LÄHTEET .....	23

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoite on opastaa lukija asentamaan Pi-hole mainostenestojärjestelmä omaan lähiverkkoon Raspberry Pi 3B – tietokonetta käyttäen. Tavoitteena on myös järjestelmän peruskonfigurointi, käyttöönotto sekä testaus.

Opinnäytetyön tarkoituksena on olla helposti seurattava ohje, jonka avulla kuka tahansa voi Pi-hole järjestelmän itselleen asentaa. Opinnäytetyön tarkoituksena on myös tuoda lukijalle ilmi, mitä hyötyjä Pi-hole järjestelmästä on omassa lähiverkossa.

## 2 TYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT LAITTEISTOT JA TEKNOLOGIAT

### 2.1 Raspberry Pi

Tähän opinnäytetyöhön toteutustusalustaksi valikoitui Raspberry Pi – alusta. Opinnäytetyössä käytetään Raspberry Pi 3B – tietokonetta.

Raspberry Pi on edullinen, luottokortin kokoinen tietokone, jonka voi kiinnittää televisioon tai näyttöön ja joka käyttää normaalia hiirtä ja näppäimistöä. Raspberry Pillä voi käytännössä tehdä kaiken saman kuin täysikokoisella pöytätietokoneellakin, aina internetin selailusta ja videontoistosta perinteiseen tietojenkäsittelyyn sekä pelien pelaamiseen. (Raspberry Pi Foundation, 2023.)

Versiosta B SoC- piirin lisäksi RasPi:stä löytyy kaksi USB-porttia, yksi Ethernet portti, micro-USB-liitin virransyöttöä varten, SD-muistikortinpaikka (jota käytetään tietokoneen kiintolevynä), komposiitti (RCA) ja HDMI-lähtö sekä 3,5 mm kuulo-keliitäntä ääniä varten. (Hutasu-net, 2023.)

#### 2.1.1 DNS

DNS on lyhenne sanoista Domain Name System, ja suomeksi sitä kutsutaan nimellä internetin nimipalvelu. Kyseessä on ikään kuin internetin puhelinluettelo. Domain Name viittaa verkkotunnukseen, eli internet-sivuston osoitteeseen. DNS on läsnä kaikessa internetin selaamisessamme: ilman sitä joutuisimme selaamisessamme nojautumaan IP-osoitteisiin. (NordVPN, 2023.)

#### 2.1.2 IP-osoite (IPv4)

IP-osoite on tietokoneen tai muun verkkoon liitetyn laitteen Internet Protocol-reititysprotokollan mukainen osoite, jolla laite tunnistetaan verkossa. Kaikilla verkoossa olevilla laitteilla on yksilöllinen IP-osoite, joka rakentuu neljästä pisteellä erotetusta numerosta. Netissä surffatessa ei kuitenkaan tarvitse tietää sivuston

IP-osoitetta, vaan nimi riittää, sillä netin nimipalvelu "(DNS)" yhdistää tekstimuotoisen nimen numerosarjasta koostuvaan IP-osoitteeseen. (Kotimikro, 2023)

### **2.1.3 SSH**

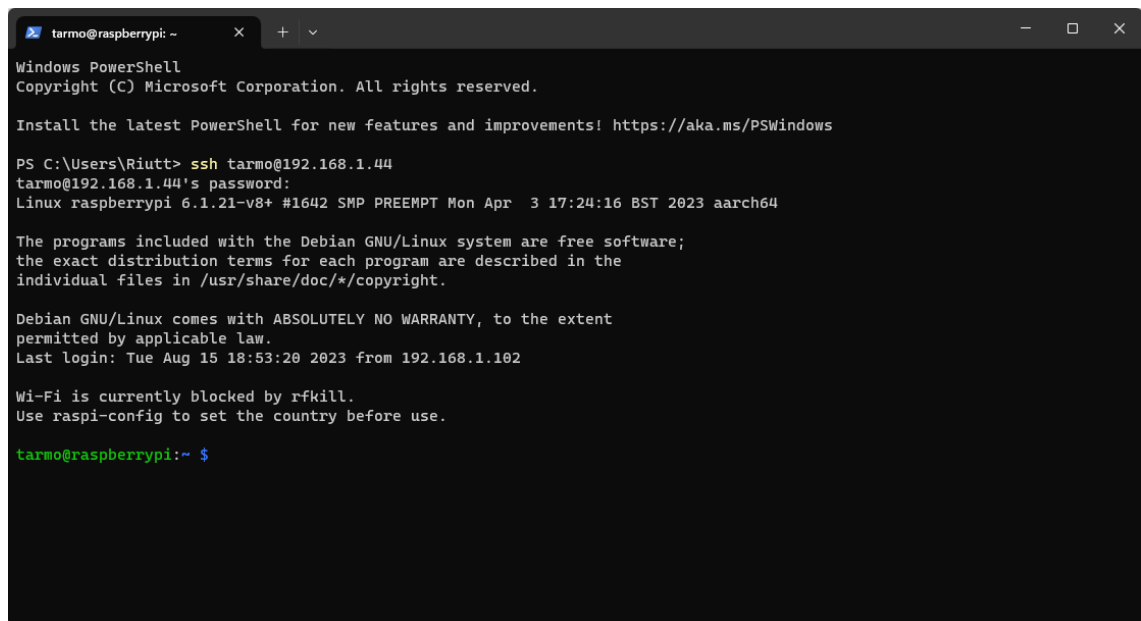
Secure Shell, tai toisin sanoen SSH, on turvallinen tapa siirtää tiedostoja tietokoneelta palvelimelle. SSH käyttää erilaisia yhteyksiä, kuten TCP-yhteyttä (Transmission Control Protocol), kun se muodostaa yhteyden palvelimiin (tai tietokoneisiin). Kun yhteys on muodostettu, SSH lähettää datan paketteihin, joihin on ladattu mainittuja tietoja. (One.com, 2024). Tässä työssä SSH yhteyttä käytetään ottamaan yhteys lähiverkossa sijaitsevaan Raspberry Pi-tietokoneeseen.

### **2.1.4 Raspberry Pi OS**

Raspberry Pi OS on ilmainen, Debianiin pohjautuva käyttöjärjestelmä, joka on optimoitu Raspberry Pi alustalle. (Raspberry Pi Foundation, 2024) Tässä työssä käyttöjärjestelmänä käytetään Raspberry Pi OS:n kevyempää kevytversiota, jossa ei tule työpöytäkäyttöliittymää ollenkaan mukana.

### 3 PI-HOLE JÄRJESTELMÄN ASENNUS JA KONFIGUROINTI

Aluksi otetaan omassa lähiverkossa sijaitsevaan Raspberry Pi – tietokoneeseen yhteys käyttämällä SSH – protokollaa. Käyttämällä Windows-tietokonetta, tämä tapahtuu PowerShell komennolla ”ssh”. Kuvassa 1 otetaan SSH-yhteys PowerShellillä.



```
tarmo@raspberrypi: ~
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

Install the latest PowerShell for new features and improvements! https://aka.ms/PSWindows

PS C:\Users\Riutt> ssh tarmo@192.168.1.44
tarmo@192.168.1.44's password:
Linux raspberrypi 6.1.21-v8+ #1642 SMP PREEMPT Mon Apr  3 17:24:16 BST 2023 aarch64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

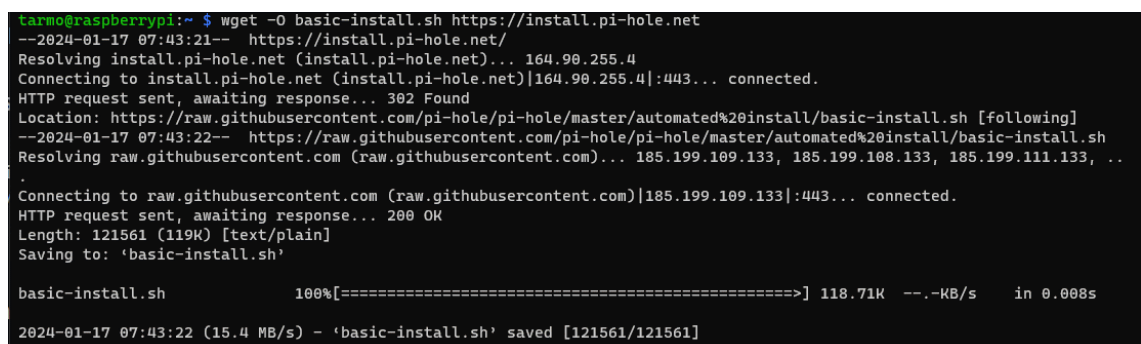
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Tue Aug 15 18:53:20 2023 from 192.168.1.102

Wi-Fi is currently blocked by rfkill.
Use raspi-config to set the country before use.

tarmo@raspberrypi:~ $
```

KUVA 1. SSH-yhteyden ottaminen PowerShellä käyttämällä.

Kuvassa 2 ladataan asennustiedosto osoitteesta ”https://install.pi-hole.net”.



```
tarmo@raspberrypi:~ $ wget -O basic-install.sh https://install.pi-hole.net
--2024-01-17 07:43:21-- https://install.pi-hole.net/
Resolving install.pi-hole.net (install.pi-hole.net)... 164.90.255.4
Connecting to install.pi-hole.net (install.pi-hole.net)|164.90.255.4|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 302 Found
Location: https://raw.githubusercontent.com/pi-hole/pi-hole/master/automated%20install/basic-install.sh [following]
--2024-01-17 07:43:22-- https://raw.githubusercontent.com/pi-hole/pi-hole/master/automated%20install/basic-install.sh
Resolving raw.githubusercontent.com (raw.githubusercontent.com)... 185.199.109.133, 185.199.108.133, 185.199.111.133, ..
Connecting to raw.githubusercontent.com (raw.githubusercontent.com)|185.199.109.133|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 121561 (119K) [text/plain]
Saving to: 'basic-install.sh'

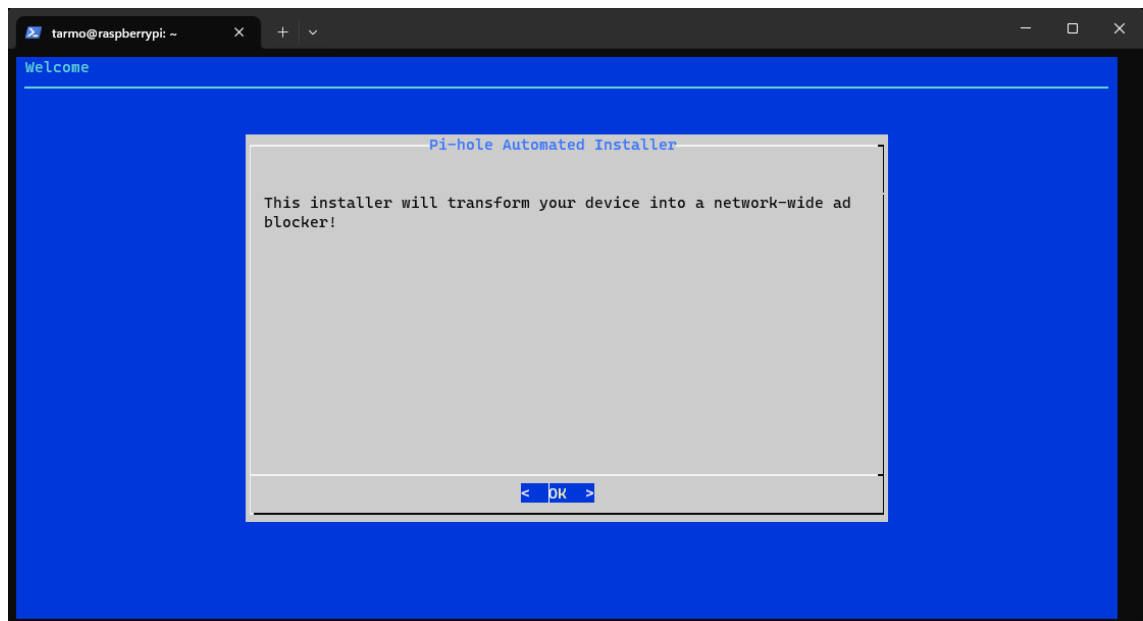
basic-install.sh      100%[=====] 118.71K  --.-KB/s   in 0.008s

2024-01-17 07:43:22 (15.4 MB/s) - 'basic-install.sh' saved [121561/121561]
```

KUVA 2. Asennustiedoston lataaminen.

Kuvassa 3 avataan asennustiedosto komennolla ”sudo bash basic-install.sh”. Kun komento on ajettu, suorittaa asennustiedosto alkuun tarvittavat käyttöjärjestelmäpäivitykset ja käyttäjä pääsee asennusruutuun.

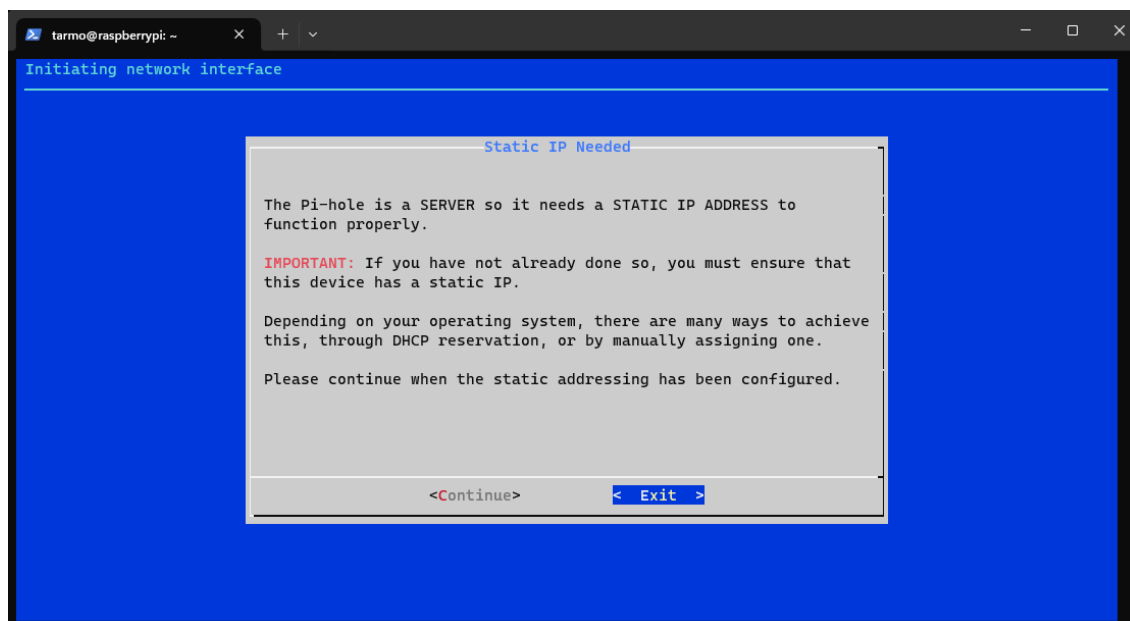




KUVA 3. Pi-hole järjestelmän tervehdysruutu.

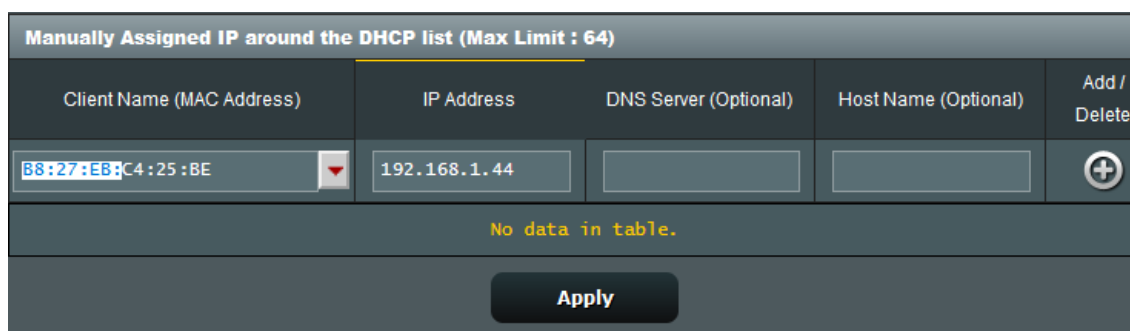
Päästäkseen eteenpäin, käyttäjän pitää painaa välilyöntipainiketta näppäimistöltään sillä hiiri ei komentolinjassa toimi. Välilyönti ja näppäimistön nuolinäppäimet ovat ainoa tapa navigoida asennusvalikoissa.

Painamalla välilyöntiä asennusohjelmisto pyytää varmistamaan, että Raspberry Pi – laitteella on staattinen IP-osoite. Jos laitteelle ei ole määritetty staattista IP-osoitetta niin Pi-hole järjestelmä lakkaa toimimasta seuraavan kerran, kun Raspberry Pi:n IP-osoite muuttuu. Tämä näkyy kuvassa 4.



KUVA 4. Pi-hole asennustiedoston ensimmäinen kohta.

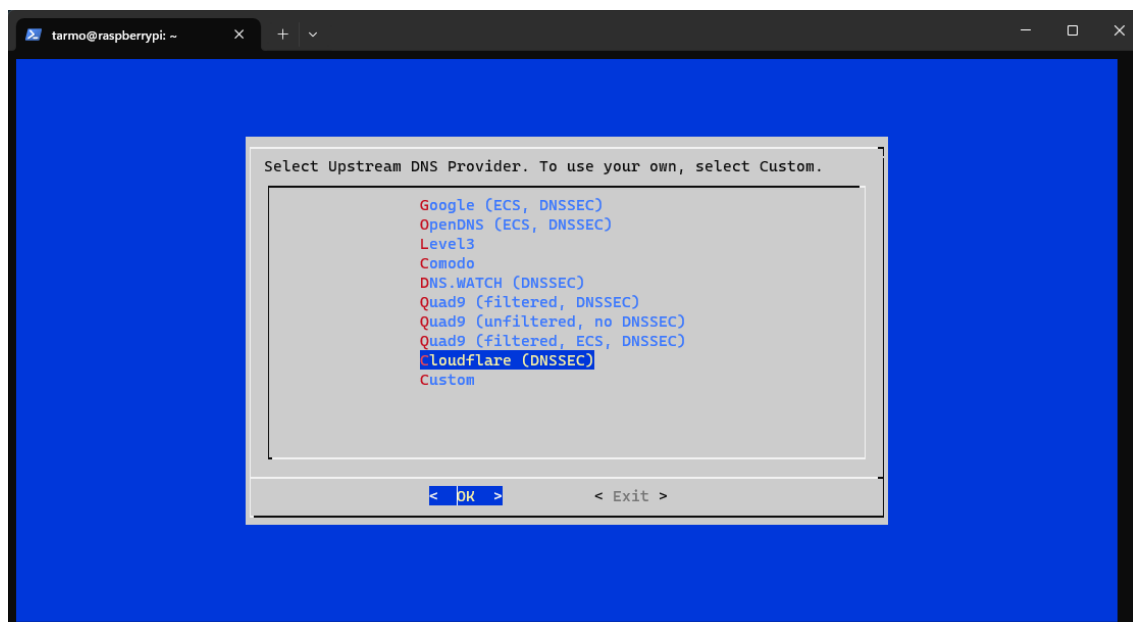
Tässä kohtaa käyttäjän pitää oman reitittimen DHCP-asetusten kautta käydä määrittämässä Raspberry Pi:lle staattinen IP-osoite. Tämä tapahtuu oman reitittimen ohjeiden mukaisesti hallintapaneelisti. Kuvassa 5. asetetaan ASUS -merkisen reitittimen hallintapaneelisti Raspberry Pi:lle staattinen IP-osoite.



KUVA 5. Annetaan Raspberry Pi:lle staattinen lähiverkon IP-osoite.

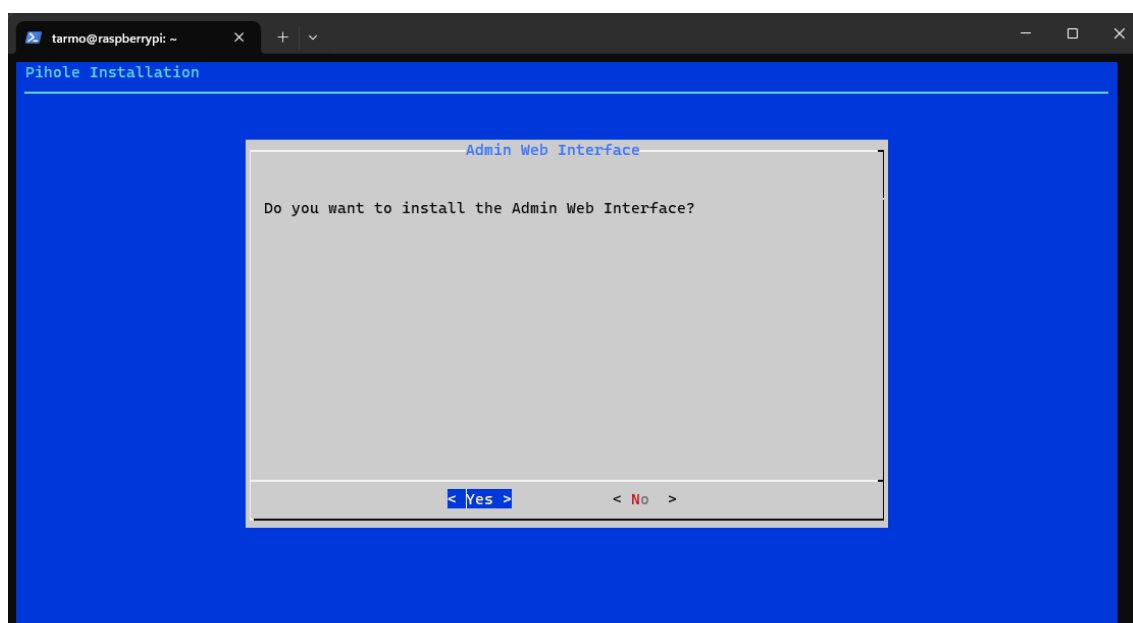
Omassa tapauksessa annan laitteelle IP-osoitteen "192.168.1.44". Kun tämä on tehty, voidaan valita kuvan 3 kohdasta "continue".

Seuraavaksi asennustiedosto pyytää käyttäjää valitsemaan DNS-palvelimen mitä käytetään internetin selaamiseen. Itse valitsen tässä tapauksessa Cloudflare (DNSSEC) palvelimen kuvan 6. mukaan.



KUVA 6. DNS-palvelimen valinta.

DNS-palvelinvalinnan jälkeen asennustiedosto kysyy, halutaanko asentaa graafinen käyttöliittymä, mistä PI-holea voidaan hallita. Tässä tapauksessa valitsen kyllä kuvan 7 mukaan.

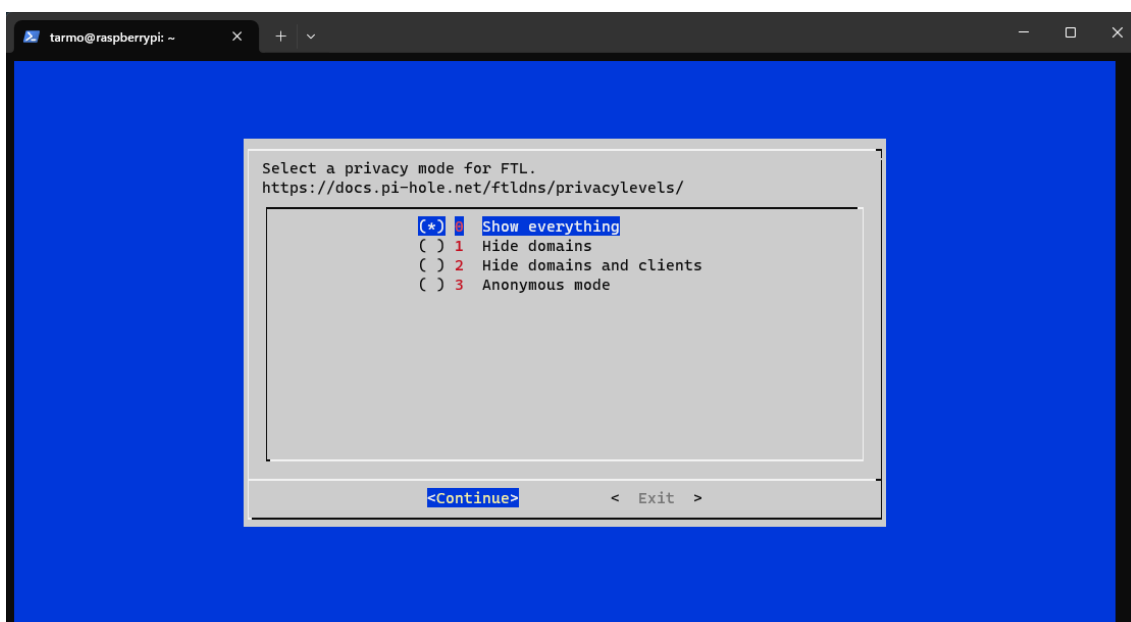


KUVA 7. Graafisen web-käyttöliittymän asennus.

Seuraavaksi asennus kysyy, haluaako käyttäjä ottaa logauksen käyttöön. Tämä tarkoittaa, että kaikki DNS-pyynnöt tietyltä aikaväliltä tallennetaan Raspberry Pi:n muistikortille. Käyttäjältä kysytään myös, että miten tarkasti lokitiedot tallennetaan. Tässä tapauksessa valitsen kyllä kuvan 8 mukaan sekä kohdan "show everything" kuvan 9 mukaan.

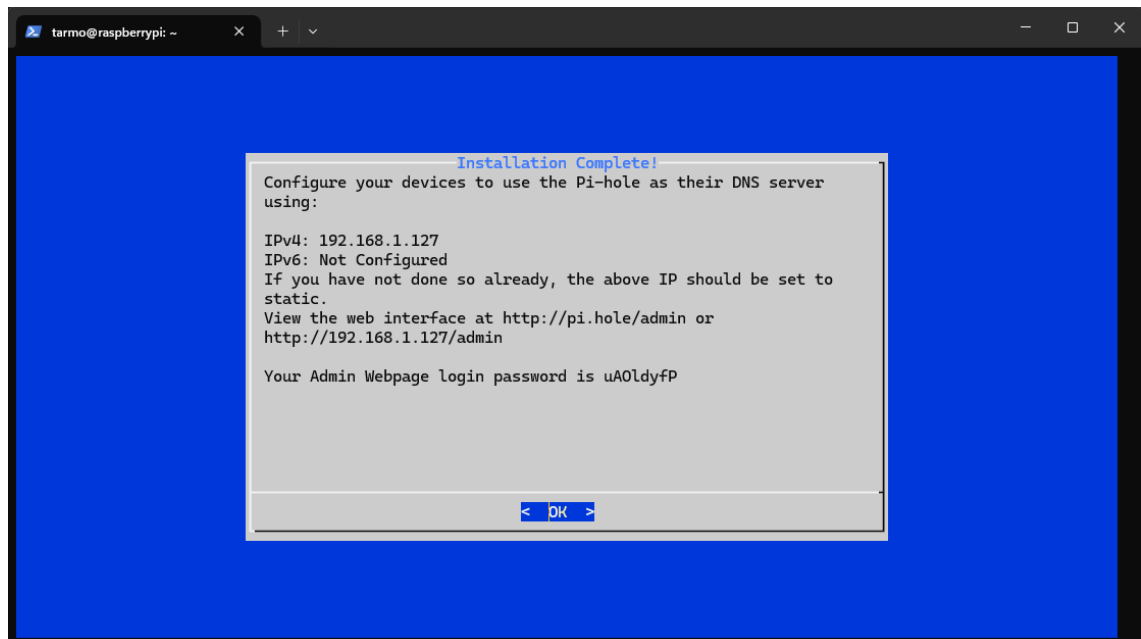


KUVA 8. Lokitietojen tallentaminen.



KUVA 9. Yksityisyysasetus lokitietoihin.

Seuraavaksi asennus on valmis ja käyttäjälle kerrotaan web admin-paneelin selainosoite sekä kirjautumiseen vaadittava salasana. Nämä tiedot näkyvät kuvassa 10.

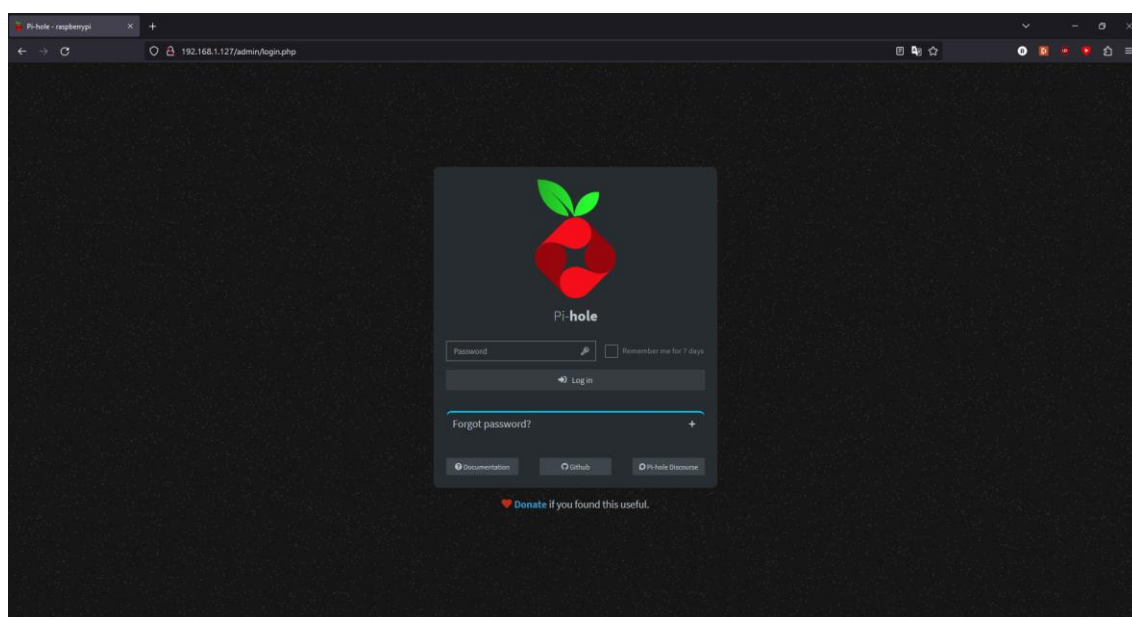


KUVA 10. Asennus on valmis.

## 4 TOIMINTA

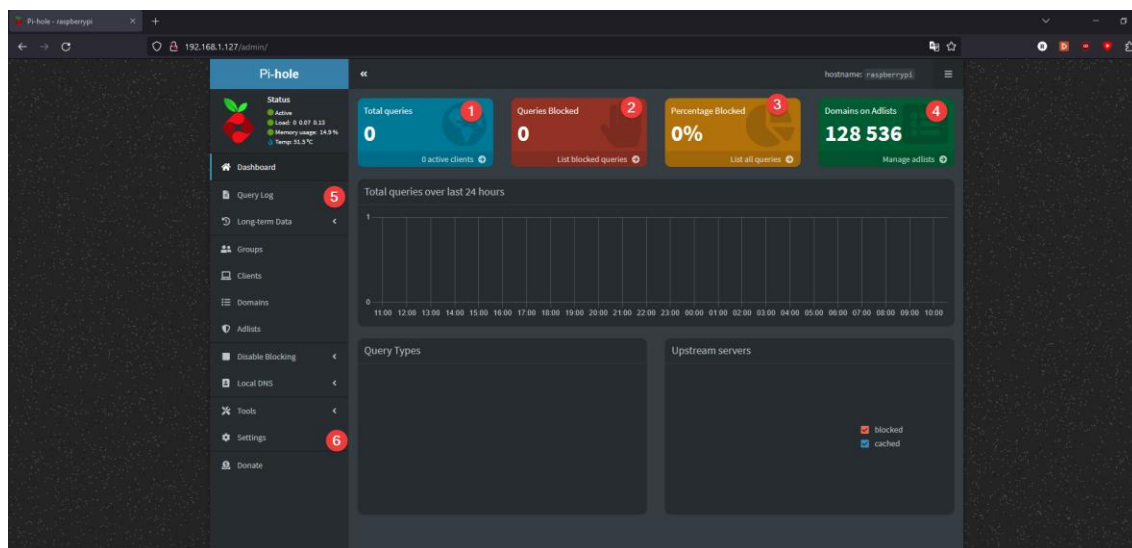
### 4.1 Hallintapaneelin esittely

Kun asennus on saatu suoritettua loppuun, voidaan kirjautua sisään PiHolen hallintapaneeliin. Hallintapaneelin osoite löytyy kuvasta kahdeksan, eli tässä tapauksessa osoitteesta <http://192.168.1.127/admin>. Kirjautumiseen käytetään samassa kuvassa näkyvää salasanaa "uAOLdyfP". Kuvassa 11 Pi-holen hallintapaneelin kirjautumisikkuna.



KUVA 11. Pi-holen hallintapaneelin kirjautumisikkuna.

Sisäänkirjautumisen jälkeen päästään hallintapaneelin etusivulle, jossa näkyy yleistä tietoa järjestelmän toiminnasta. Tämä näkyy kuvassa 12 johon on numeroitu käyttäjälle tärkeimmät kohdat.



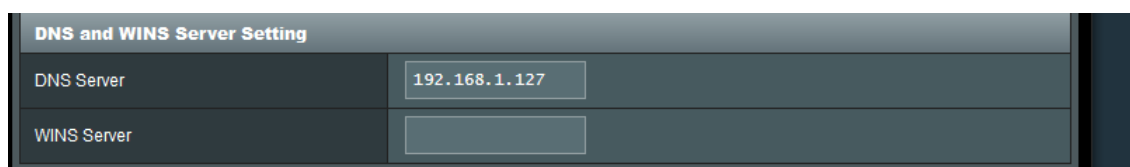
KUVA 12. Hallintapaneeli, johon on merkattu olennaiset kohdat numeroin.

Kuvaan 12 on numeroitu kuusi kohtaa. Kohta yksi näyttää kaikki lähiverkossa tähän mennessä tapahtuneet DNS-pyyntöt. Kohta kaksi kertoo, kuinka moni näistä DNS-pyyntöistä on blokattu Pi-holen blokkilistojen mukaan. Tähän kohtaan tulee näkyviin esimerkiksi estetyt mainosdomainit ja muut haitalliset domainit.

Kohdassa kolme on esitetty blokattujen DNS-pyyntöjen määrä prosentteina. Kohdasta viisi löytyy ”query log”, eli kaikki lähiverkon DNS-pyyntöt listattuna. Kohdasta kuusi pääsee mukauttamaan hallintapaneelia kuten vaihtamaan kielen tai teeman.

#### 4.1.1 Pi-holen asettaminen oletus DNS-palvelimeksi

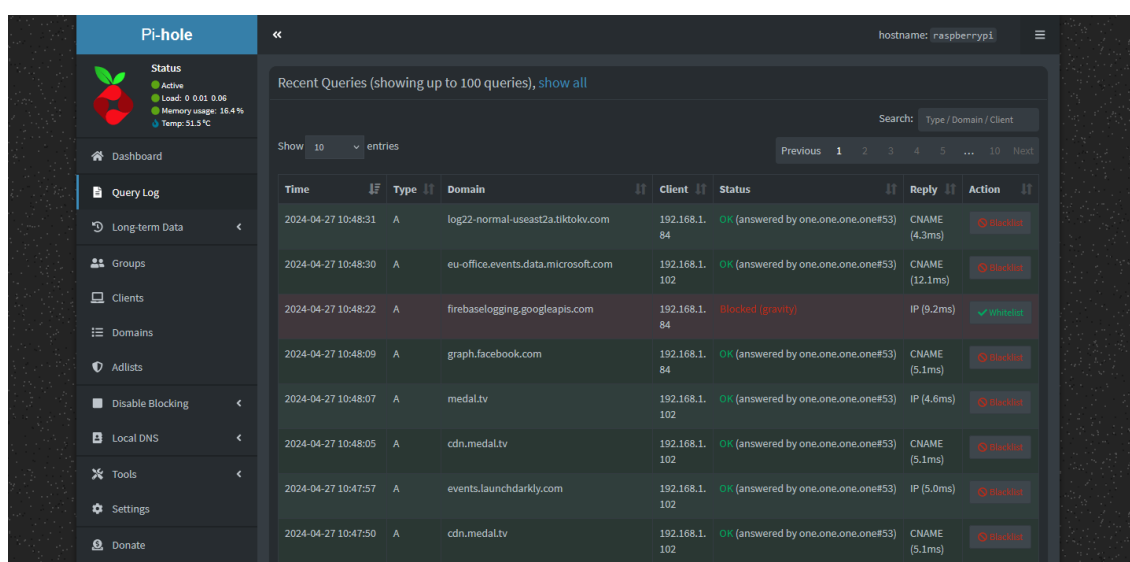
Jotta lähiverkon laitteet ymmärtävät käyttää DNS-palvelimenaan Pi-holea, täytyy se laittaa lähiverkon reitittimestä oletus DNS-palvelimeksi. Tämä tapahtuu Asus RT-AC86U reitittimellä laittamalla LAN-valikon kohtaan ”DNS Server” Pi-holen IP-osoite, kuvan 13 mukaisesti.



KUVA 13. Pi-holen asetus DNS-palvelimeksi.

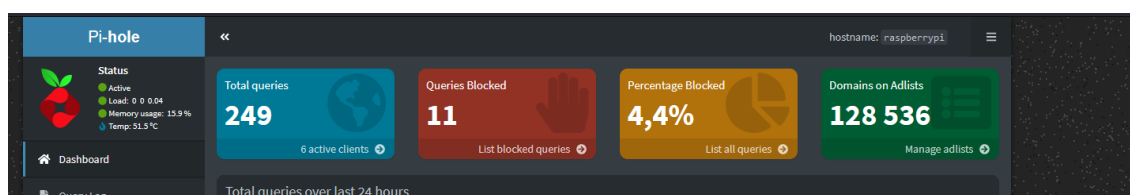
Tämän jälkeen painetaan ”apply” ja odotetaan, että reititin uudelleen käynnistyy. Kun reititin on käynnistynyt uudelleen on Pi-hole järjestelmä käyttövalmis.

Tämä voidaan vielä todeta katsomalla, että hallintapaneelin kohdassa ”Query Log” näkyy DNS-pyyntöjä. Tämä esitettynä kuvassa 14.



KUVA 14. Pi-holen Query Log DNS-palvelimen vaihdon jälkeen.

Kuten kuvasta 14 nähdään, on Pi-hole alkanut saamaan ja filteröimään lähiverkon DNS-pyyntöjä. Tämän jälkeen voidaan palata takaisin kuvassa 15 näkyvään hallintapaneelin yhteenvetoon ja tarkistaa, että hallintapaneeliin on tullut dataa näkyviin.

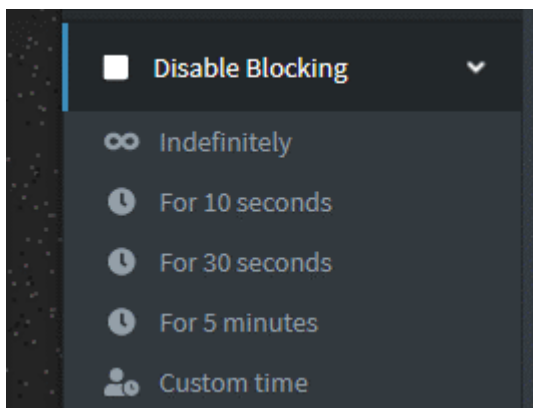


KUVA 15. Hallintapaneelissa näkyy dataa käyttöönoton jälkeen.



#### 4.1.2 Testaaminen

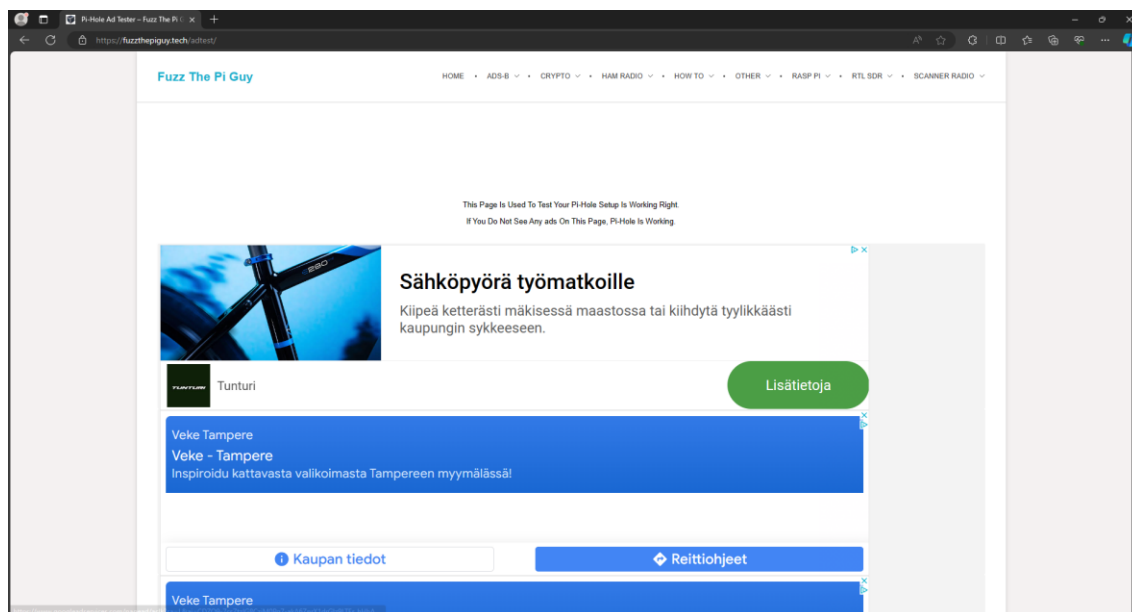
Testataan vielä järjestelmän toimintaa lataamalla mainoksia täynnä oleva sivu "<https://fuzzthepiguy.tech/adtest/>". Sitä ennen laitetaan hallintapaneelistä päälle "Disable blocking", esitettynä kuvassa 16.



KUVA 16. Disable blocking-valikko hallintapaneelissa.

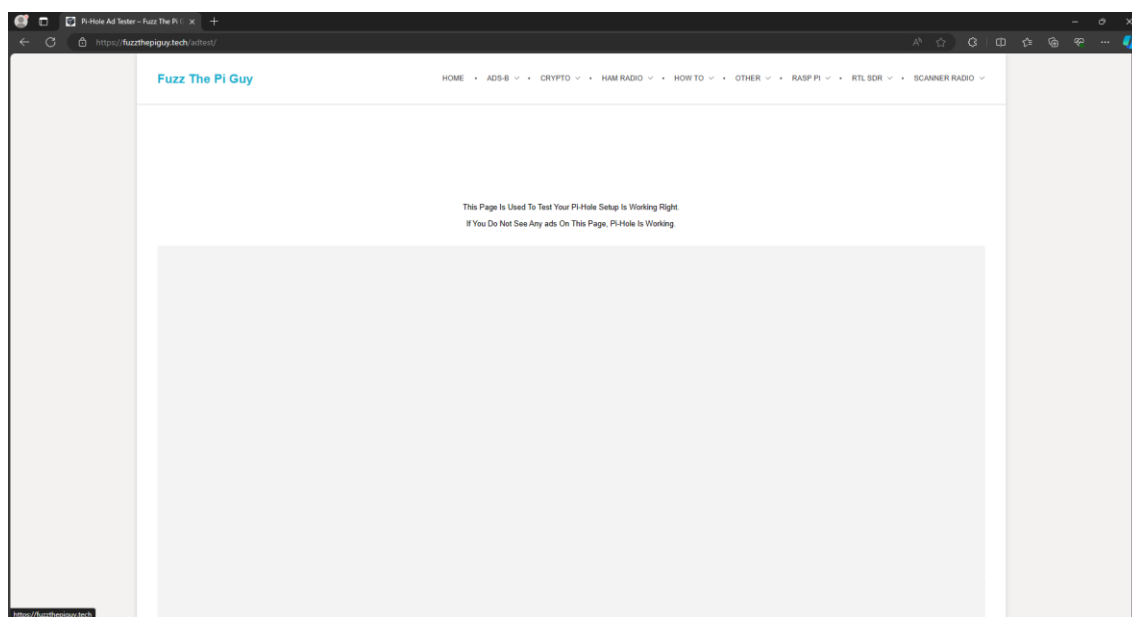
Laitetaan kuvan 16 valikosta päälle "For 5 minutes". Tällä pysäytetään DNS-filtteröinti halutuksi ajaksi, tässä tapauksessa viideksi minuutiksi.

Katsotaan ensin, miltä nettisivu näyttää ilman DNS-filtteröintiä. Tämä tehdään avaamalla "Pi-hole ad tester" sivustolta <https://fuzzthepiguy.tech/adtest/>. Avataan tämä sivu kuvan 17 mukaan.



KUVA 17. Mainoksia sisältävä nettisivu ilman Pi-hole järjestelmää.

Tämän jälkeen laitetaan blokkaukset takaisin päälle painamalla "Enable blocking". Päivitetty sivu esitettynä kuvassa 18.



KUVA 18. Sama nettisivu Pi-hole järjestelmän ollessa käytössä.

Vertaamalla kuvia 17 ja 18 huomataan, että mainokset eivät lataudu. Tämä voidaan myös todeta katsomalla hallintapaneelisti kohtaa "Query log". Avataan Query log kuvan 19 mukaisesti.

Time	Type	Domain	Client	Status	Reply	Action
2024-04-27 11:37:27	A	incoming.telemetry.mozilla.org	192.168.1.102	Blocked (gravity)	IP (0.6ms)	Whitelist
2024-04-27 11:37:05	HTTPS	pagead2.googlesyndication.com	192.168.1.102	Blocked (gravity)	NODATA (0.2ms)	Whitelist
2024-04-27 11:37:05	A	pagead2.googlesyndication.com	192.168.1.102	Blocked (gravity)	IP (0.3ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:14	A	engagements.appsflyer.com	192.168.1.84	Blocked (gravity)	IP (0.6ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:03	HTTPS	fundingchoicesmessages.google.com	192.168.1.102	Blocked (gravity)	NODATA (0.3ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:03	A	fundingchoicesmessages.google.com	192.168.1.102	Blocked (gravity)	IP (0.3ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:03	HTTPS	googleads.g.doubleclick.net	192.168.1.102	Blocked (gravity)	NODATA (0.0ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:03	A	googleads.g.doubleclick.net	192.168.1.102	Blocked (gravity)	IP (0.1ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:03	HTTPS	www.googletagmanager.com	192.168.1.102	Blocked (gravity)	NODATA (0.3ms)	Whitelist
2024-04-27 11:36:03	A	www.googletagmanager.com	192.168.1.102	Blocked (gravity)	IP (0.3ms)	Whitelist
Time	Type	Domain	Client	Status	Reply	Action

KUVA 19. Query log – näkymä mainoksia sisältäneiden nettisivun lataamisen jälkeen.

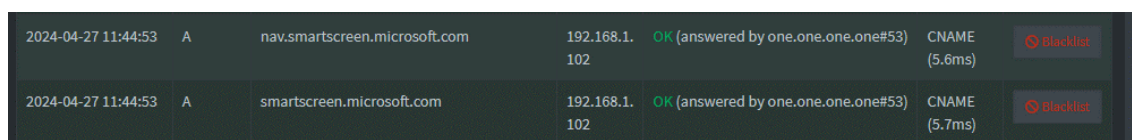
Kuten kuvasta 19 huomataan, kaikki Googlen mainoksia välittävät domainit on blokattu nettiliikenteen seasta ja näin ollen kohdeverkkosivu ei niitä pystynyt lataamaan. Voidaan todeta, että Pi-hole järjestelmä toimii halutulla tavalla ja jättää DNS-filtteröinti pysyvästi päälle.

## 4.2 Vikatilanteet

Tässä kappaleessa käydään läpi muutama yleinen vika- tai ongelmatilanne Pi-hole järjestelmän kanssa. Kappaleessa esitellään myöskin mahdolliset toimenpiteet ongelmatilanteiden ratkaisemiseksi.

### 4.2.1 Mainos ei filtteröidy

Jos Pi-hole järjestelmä jättää tietyn mainoksen blokkaamatta, voi sen lisätä manuaalisesti blokkilistalle. Tämä tapahtuu avaamalla ”Query log” ja paikantamalla ladatun mainoksen URL-osoite. Kuvassa 20 näkymä Query Logista mainososoitteiden kohdalta.



2024-04-27 11:44:53	A	nav.smartscreen.microsoft.com	192.168.1.102	OK (answered by one.one.one.one#53)	CNAME (5.6ms)	Blacklist
2024-04-27 11:44:53	A	smartscreen.microsoft.com	192.168.1.102	OK (answered by one.one.one.one#53)	CNAME (5.7ms)	Blacklist

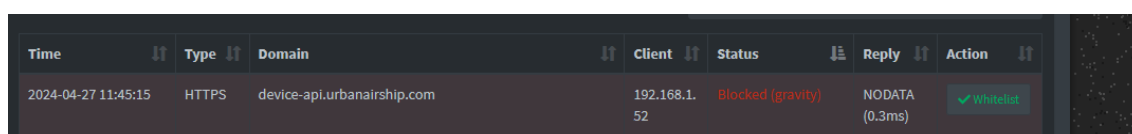
KUVA 20. Näkymä Query logista kahden mainososoitteen kohdalta.

Kuten kuvasta 20 nähdään, on kaksi Microsoftin mainososoitetta jäänyt blokkaamatta. Painamalla oikeassa reunassa näkyvää ”Blacklist” – painiketta voidaan URL-osoite lisätä blokkilistalle ja näin ollen sen latautuminen estetään myös jatkossa.

### 4.2.2 Nettisivu ei lataudu oikein

Välillä voi käydä niin, että Pi-hole järjestelmä estää nettisivua latautumasta oikein, jos joku sivun elementeistä jää DNS-filtteriin kiinni. Tällöin voidaan etsiä kyseinen URL-osoite Query logilta ja sallia sen latautuminen.

Kuvassa 21 esitettynä URL-osoite, jota ei haluta blokattavan.



Time	Type	Domain	Client	Status	Reply	Action
2024-04-27 11:45:15	HTTPS	device-api.urbanairship.com	192.168.1.52	Blocked (gravity)	NODATA (0.3ms)	Whitelist

KUVA 21. Väärä URL-osoite blokattuna.

Salliminen tapahtuu painamalla kuvan 21 oikeassa laidassa näkyvää "Whitelist" – painiketta. Tämän jälkeen Pi-hole ei enää filtteröi kyseistä URL-osoitetta.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön keskeisimpänä ideana oli tarjota helposti ymmärrettävä asennusohje Pi-hole järjestelmän asentamisesta Raspberry Pi – tietokoneelle sekä sen liittämistä omaan lähiverkkoon sekä sen peruskonfigurointi. Tähän tulokseen päästiin mielestäni hyvin ja opinnäytetyötä voikin pitää onnistuneena, sillä tätä opinnäytetyötä voi hyödyntää kuka tahansa Pi-hole järjestelmän asennuksesta tai toimintaperiaatteesta kiinnostunut.

Opinnäytetyössä näytettiin esimerkkinä nettisivu ennen ja jälkeen järjestelmän käyttöönoton. Näin lukijalle näytettiin konkreettisesti Pi-hole järjestelmän yksi isoimmista hyödyistä.

Opinnäytetyötä varten tutkin yrityksiä ja organisaatioita, jotka Pi-holea omassa lähiverkossaan käyttävät. Tämän tiedon löytäminen osoittautui haastavaksi lähinnä siksi, että yritykset eivät halua omaa verkkoinfrastruktuuriaan tuoda julkisesti esille. Näin ollen opinnäytetyöstä jäi puuttumaan järjestelmän hyödyt yrityksen tai organisaation näkökulmasta.

## LÄHTEET

Hutasu. 2023. Raspberry Pi minitietokone. Viitattu 2.11.2023  
<https://www.hutasu.net/raspi/>

Kotimikro. 2023. Mikä ihmeen IP-osoite? Viitattu 2.11.2023  
<https://kotimikro.fi/internet/verkko/mika-on-ip-osoite>

NordVPN. 2023. DNS: aloittelijan opas internetin nimipalvelujärjestelmään. Viitattu 2.11.2023  
<https://nordvpn.com/fi/blog/mika-on-dns/>

One.com. 2024. Mikä on secure shell? Viitattu 17.1.2024  
<https://www.one.com/fi/webhotelli/mika-on-secure-shell>

Raspberry Pi Foundation. 2024. Raspberry Pi Os. Viitattu 17.1.2024