

---

## **FreeNAS ja RAID**

Edullinen vaihtoehto tietojen varmistamiseen kotona ja pienessä yrityksessä



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tietotekniikan koulutusohjelma

Riihimäki, 22.3.2012

Joni Kantonen



Riihimäki  
Tietotekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Joni Kantonen	<b>Vuosi</b> 2012
<b>Työn nimi</b>	FreeNAS ja RAID	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa ja testata tiedonvarmistusjärjestelmä, jota kotikäyttäjä tai pieni yritys voisi käyttää tietojensa varmistamiseen. Työn tavoitteena oli lisäksi verrata toteutetun järjestelmän tarjoamia ominaisuuksia kaupallisten ratkaisujen tarjoamiin ominaisuuksiin.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään tämän työn kannalta oleellimmat levy- ja tiedostojärjestelmät sekä niihin liittyvät tekniikat ja protokollat. Työn suoritusosuus jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa asennettiin ja konfiguroitiin tiedonvarmistusjärjestelmä. Toisessa osassa testattiin järjestelmän luotettavuus, luku- ja kirjoitusnopeus sekä tilannekuva-ominaisuus.

Opinnäytetyön lopputuloksena voidaan todeta, että siinä toteutettu tiedonvarmistusjärjestelmä soveltuu melko hyvin niin kotikäyttäjän kuin pienen yrityksenkin perustarpeisiin. Työn suorituksen aikana järjestelmässä ilmeni kuitenkin niin vakavia ongelmia, että järjestelmää ei ole syytä käyttää kriittisten tietojen varmistamiseen.

**Avainsanat** RAID, Verkkotallennusjärjestelmät, Varmuuskopio, FreeNAS

**Sivut** 48 s.

Riihimäki  
Degree Programme in Information Technology

---

**Author** Joni Kantonen **Year** 2012

**Subject of Bachelor's thesis** FreeNAS and RAID

---

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to implement and test a secure data storage, which a home user or a small company could use to ensure their data. The aim was also to compare the differences between the implemented solution and commercial solutions.

In the theory part of this thesis are treated the most relevant points of disk and file systems and related technologies and protocols. The practice part was divided into two parts. In the first part was installed and configured the secure data storage. In the second part was tested the reliability of the system, read and write speeds and the snapshot feature.

Based on the thesis it can be stated that the implemented solution is pretty suitable for the basic needs of a home user and small companies. The solution should not be used to store critical data, because in its activity occurred in a number of serious problems.

**Keywords** RAID, Network storages, Backup, FreeNAS

**Pages** 48 p.

---

## TERMIT JA LYHENTEET

AFP	(Apple Filing Protocol) on tiedostojenjakoprotokolla, joka mahdollistaa tiedostojenjakopalveluiden käyttämisen Applen Mac OS- ja Mac OS X-käyttöjärjestelmiä käyttävien laitteiden välillä.
CIFS	(Common Internet File System) on tiedostojenjakoprotokolla, jota käytetään Windows-ympäristöissä jakamaan tiedostoja ja tulostimia verkossa.
DAS	(Direct Attached Storage) on termi, joka kuvaa tietokoneen tallennusjärjestelmää, jossa datalevyt on kytketty kaapeilla suoraan työasemaan tai palvelimeen.
Hamming-koodi	Hamming-koodi on virheenkorjaava koodi, jolla pystytään havaitsemaan ja korjaamaan yhden bitin virheet.
Lomitus	Lomitus on termi, joka kuvaa RAID-tason nolla käyttämää tallennustekniikkaa. Lomitusta käytettäessä peräkkäiset tietosegmentit kirjoitetaan peräkkäin fyysisiin kiintolevyihin, jotka muodostavat yhdessä yhden ison loogisen levyn.
NAS	(Network Attached Storage) on suoraan verkkoon liitettävä, tiedostotasoinen tietojen varastointijärjestelmä, jolla voidaan jakaa tiedostot yhteiskäyttöön
NFS	(Network File System) on kolmiosainen hajautettu verkko-tiedostojärjestelmä, joka suunniteltiin mahdollistamaan tiedostojen jakaminen verkossa eri käyttöjärjestelmiä käyttävien palvelinten ja työasemien välillä.
Peilaus	Peilaus on RAID-tasolla yksi käytettävä tekniikka, jolla parannetaan tietojen luotettavuutta. Peilausta käytettäessä, yhdelle kovalevyille kirjoitetut tiedot kopioidaan eli peilataan sellaisenaan myös muille järjestelmään kuuluville kovalevyille.
RAID	(Redundant Array of Inexpensive Disks tai Redundant Array of Independent Disks) on tekniikka, jolla pyritään parantamaan tietokoneiden kovalevyjen nopeutta tai vikasietoisuutta tai näitä molempia, kytkemällä useita yksittäisiä kovalevyjä yhteen yhdeksi loogiseksi levyksi.
SAN	(Storage Area Network) on hyvin korkean suorituskyvyn tarjoava arkkitehtuuri, jota käytetään datavarastojen ja niitä hyödyntävien työasemien ja palvelimien yhdistämiseen.
ZFS	(Zettabyte File System) on Sun Microsystemsin alun perin OpenSolaris-käyttöjärjestelmälle kehittämä tiedostojärjestelmän ja loogisen levynhallintajärjestelmän yhdistelmä.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Aiheen valinta .....	1
1.2	Tavoitteet ja tarkoitus.....	1
1.3	Rajaukset .....	1
2	PAREMMIN VIKASIETOISET LEVYJÄRJESTELMÄT.....	2
2.1	RAID .....	2
2.1.1	RAID 0 .....	3
2.1.2	RAID 1 .....	3
2.1.3	RAID 2 .....	4
2.1.4	RAID 3 .....	5
2.1.5	RAID 4 .....	5
2.1.6	RAID 5 .....	6
2.1.7	RAID 6 .....	6
2.1.8	RAID 10 .....	7
2.1.9	RAID 01 .....	7
2.2	Verkkotalennusjärjestelmät.....	8
2.2.1	Direct Attached Storage .....	9
2.2.2	Network Attached Storage .....	9
2.2.3	Storage Area Network .....	9
2.3	Tiedostojärjestelmät .....	10
2.3.1	Zettabyte File System .....	10
2.4	Tiedostojenjakoprotokollat.....	11
2.4.1	Apple Filing Protocol .....	12
2.4.2	Common Internet File System.....	12
2.4.3	Network File System .....	12
2.5	FreeNAS.....	13
3	JÄRJESTELMÄN ASENNUS, KÄYTTÖ JA TESTAUS .....	14
3.1	Järjestelmän rakennus- ja testaussuunnitelma.....	14
3.2	Järjestelmän rakentaminen .....	14
3.2.1	FreeNAS-palvelimen asennus .....	15
3.2.2	Loogisten levyjen luominen .....	18
3.2.3	Käyttäjryhmän ja käyttäjätilien luominen .....	19
3.2.4	Levyjaon luominen .....	22
3.2.5	Loogisten levyjen käyttöoikeuksien määrittely .....	25
3.2.6	Levyjakopalvelun käynnistäminen .....	26
3.2.7	Levyjaon liittäminen työasemaan.....	28
3.3	Järjestelmän vikasietoisuuden testaaminen.....	30
3.3.1	RAID 1 mukaisen loogisen levyn testaaminen .....	31
3.3.2	RAID 5 mukaisen loogisen levyn testaaminen .....	33
3.3.3	RAID 10 mukaisen loogisen levyn testaaminen .....	36
3.4	Tilannekuvien testaaminen.....	37
3.4.1	Manuaalisen tilannekuvan testaaminen .....	37
3.4.2	Automaattisen tilannekuvan testaaminen .....	40
3.5	Luku- ja kirjoitusnopeuksien testaaminen.....	42
4	TYÖN TULOKSET .....	44

---

4.1	Järjestelmän luotettavuus .....	44
4.2	Järjestelmän käytettävyys.....	44
5	YHTEENVETO .....	46
5.1	Tavoitteiden saavuttaminen.....	46
5.2	Jatkotoimenpiteet ja suositukset.....	46
	LÄHTEET .....	47

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Aiheen valinta

Omista kokemuksista ja yleisistä keskusteluista olen huomannut, että tietojen varmistaminen on monilla pienillä yrityksillä varsin puutteellista. Lisäksi olen huomannut, että suurella osalla kotikäyttäjistä ei ole käytännössä minkäänlaista tietojen varmistusta käytössään. Tästä syystä halusin lähteä etsimään sopivaa menetelmää, jolla toteuttaa tietojen varmistus sekä kotikäyttäjän että pienen yrityksen tarpeita vastaavalla tavalla.

### 1.2 Tavoitteet ja tarkoitus

Työn keskeisenä tavoitteena on toteuttaa ja testata järjestelmä, jota kotikäyttäjä tai pieni yritys voisi käyttää tietojensa varmistamiseen. Lisäksi tavoitteena on tutkia sitä, ovatko tähän työhön valitut tekniikat ja menetelmät oikeasti hyödyllisiä ja käyttökelpoisia verrattuna muihin mahdollisiin tekniikoihin ja menetelmiin tai suoraan kaupasta ostettaviin valmiisiin järjestelmiin?

### 1.3 Rajaukset

Työssä toteutettu järjestelmä rakennettiin siten, että se on käytettävissä pelkästään Windows-käyttöjärjestelmää käyttävillä laitteilla. Työn käytännön osuus rajattiin siten, että siinä toteutettiin vain yleisimpien RAID-tasojen mukaiset loogiset levyt.

## 2 PAREMMIN VIKASIETOISET LEVYJÄRJESTELMÄT

### 2.1 RAID

Termin Redundant Array of Inexpensive Disks (RAID) esittelivät alun perin Berkeleyn yliopiston tutkijat David A Patterson, Garth A. Gibson ja Randy Katz tutkimusraportissaan A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID) vuonna 1988. Tässä raportissa ryhmä esitteli alkuperäiset viisi RAID-tasoa, tasot 1-5. Myöhemmin on lisäksi standardoitu tasot 0 ja 6. Standardoituja tasoja yhdistelemällä on luotu lukuisia joukko eri käyttötarkoituksiin soveltuvia tasoja, joita voidaan kutsua joko sisäkäisiksi RAID-tasoiksi tai hybridi RAIDeiksi. Lisäksi on vielä olemassa joukko standardoimattomia RAID-tasoja, joiden käsittely on rajattu tämän työn ulkopuolelle. (Gibson, Katz & Patterson 1988; Gibson, Katz & Patterson 1989.)

RAID-tekniikan ideana on kytkeä useita erillisiä kovalevyjä yhteen taulukoksi, jota käyttöjärjestelmä tarkastelee yhtenä loogisena levynä. Riippuen siitä, mitä RAID-tasoa kovalevyjen yhdistämiseen käytetään, paranee joko järjestelmän nopeus tai luotettavuus ja joissakin tapauksissa nämä molemmat. (Gibson ym. 1988.)

Taulukko 1. Vertailu RAID-tasoista (Viitanen 2004).

Taso	Kuvaus	Tarvittavien levyjen minimimäärä	Tilankäytön hyötysuhde	Vikasietoisuus	Käyttötarkoitus
RAID 0	Lomittainen	2	1	Ei ole	Sovellukset, joissa tarvitaan korkeaa suorituskykyä, mutta ei minkäänlaista redundanssia
RAID 1	Peilattu	2	1/N	1-N levyä	Kriittisiä tietoja sisältävät järjestelmät
RAID 2	Hamming-koodilla toteutettu pariteetti	3	$1-1/N \cdot \log_2(N-1)$	1 levy	
RAID 3	Bittilomittainen pariteetti	3	1-1/N	1 levy	Esimerkiksi kuvankäsittely ja CAD-sovellukset
RAID 4	Lohkolomittainen pariteetti	3	1-1/N	1 levy	
RAID 5	Hajautettu lohkolomittainen pariteetti	3	1-1/N	1 levy	Tiedosto- ja sovelluspalvelimet
RAID 6	Kahdesti hajautettu lohkolomittainen pariteetti	4	1-2/N	2 levyä	Korkeaa luotettavuutta tarvitsevat järjestelmät
RAID 01	Peilattu lomitus	4	Riippuvainen kombinaation rakenteesta	Vähintään 1 levy	Hyvää suorituskykyä vaativat sovellukset, jotka kuitenkin vaativat redundanssia
RAID 10	Lomitettu peilaus	4	Riippuvainen kombinaation rakenteesta	Vähintään 1 levy	Suurta suorituskykyä ja vikasietoisuutta edellyttävät tietokantapalvelimet
N = Käytössä olevien levyjen määrä					

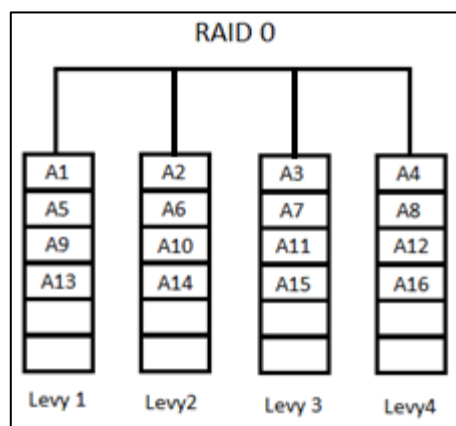
Seuraavissa kappaleissa esitellään tarkemmin standardit RAID-tasot nolasta kuuteen sekä tasoista 1 ja 0 muodostuvat tasot 10 ja 01.



### 2.1.1 RAID 0

RAID 0, josta voidaan käyttää myös nimeä lomitus, ei kuulunut alkuperäisten RAID-tasojen joukkoon, sillä se ei sisällä minkäänlaista tiedon varmistusta. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli yksikin loogisen levyn fyysisistä kovalevyistä hajoaa, menetetään kaikki levyillä ollut data. (Chen, Gibson, Katz, Lee & Patterson 1994; Viitanen 2004.)

Kuvassa 1 on esitetty periaatekuva siitä, miten RAID-tasoa nolla käytettäessä data hajautuu tasaisesti kaikille käytössä oleville fyysisille levyille. Tämä tekniikka kasvattaa loogisen levyn luku- ja kirjoitusnopeutta verrattaessa yksittäisten levyjen nopeuksiin, sillä useaa fyysistä levyä pystytään lukemaan tai kirjoittamaan samanaikaisesti. (Chen ym. 1994; Viitanen 2004.)

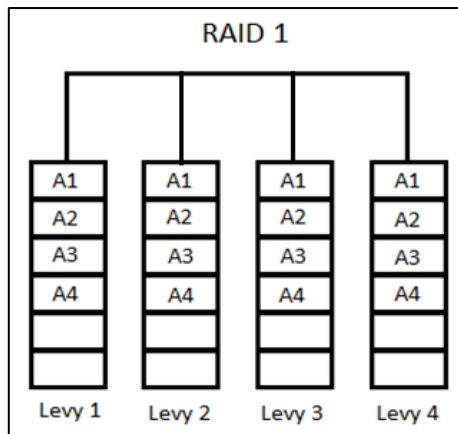


Kuva 1. RAID 0:n periaate.

RAID 0 on käyttökelpoinen tekniikka sellaisissa järjestelmissä, joissa vaaditaan korkeaa suorituskykyä, mutta datan luotettavalla säilymisellä ei ole juurikaan merkitystä (Viitanen 2004).

### 2.1.2 RAID 1

RAID 1, josta käytetään myös nimitystä peilaus, eroaa muista tiedon varmistuksen sisältävistä RAID-tasoista siten, että siinä kuvan 2 mukaisesti, sama tieto kirjoitetaan sellaisenaan kaikille fyysisille levyille, kun muissa tasoissa sen sijaan tiedon varmistamista varten lasketaan pariteetit (Gibson ym. 1988; Chen ym. 1994).



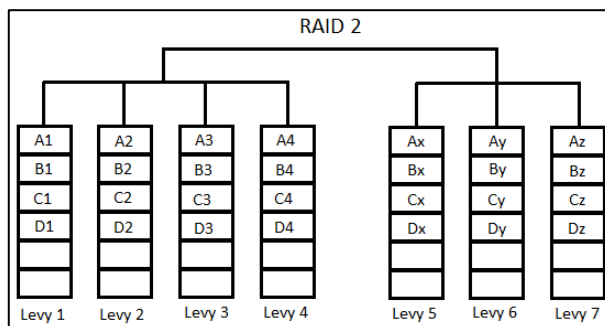
Kuva 2. RAID 1:n periaate.

RAID 1 on erittäin luotettava tekniikka, koska kaikille levyille on kokoajan tallennettuna samat tiedot. Tietojen säilymiseen riittää se, että yksikin fyysisistä kovalevyistä säilyy ehjänä. Lisäksi RAID 1 parantaa jonkin verran lukunopeutta, koska tietoja voidaan lukea samanaikaisesti usealta levyiltä. (Chen ym. 1994; Viitanen 2004.)

RAID 1:n huonoja puolia ovat sen heikko levytilan hyödyntäminen sekä yksittäistä fyysistä kovalevyä heikompi kirjoitusnopeus. Tästä johtuen RAID 1-tekniikkaa käytetään vain kaikkein kriittisimpien tiedostojen ja ohjelmien tallentamiseen. (Chen ym. 1994; Viitanen 2004.)

### 2.1.3 RAID 2

RAID 2 pilkkoo datan aina bittitasolle saakka ja käyttää hyväkseen Hamming-koodia virheiden havaitsemiseen ja korjaamiseen. Kuten kuvasta 3 näkyy, RAID 2-tekniikassa kaikkien datasanojen bitit tallennetaan niitä varten varatuille kovalevyille ja kutakin datasanaa vastaavat, Hamming-koodin avulla lasketut tarkistusbitit omille kovalevyilleen. Yleisesti tarkistusbittien laskemiseen käytetään Hamming(7,4)-koodia, joka pystyy havaitsemaan ja korjaamaan automaattisesti kaikki yhden bitin virheet. (Gibson ym. 1988; Viitanen 2004.)

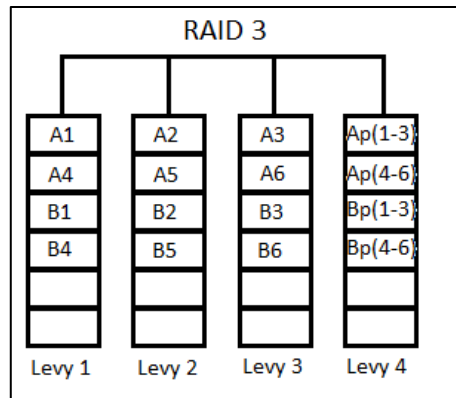


Kuva 3. RAID 2:n periaate.

Tietotekniikan hyvin nopean kehityksen vuoksi RAID 2:n tarjoamat hyödyt muihin RAID-tasoihin verrattuna katosivat varsin nopeasti, mistä johtuen RAID 2-tekniikkaa ei ole koskaan otettu käyttöön (Vadala 2002, 6).

## 2.1.4 RAID 3

RAID 3 on varsin samankaltainen tekniikka kuin RAID 2, mutta se käyttää levytilan huomattavasti paremmin hyödyksi kuin RAID 2, sillä se tarvitsee fyysisten kovalevyjen lukumäärästä riippumatta aina vain yhden ylimääräisen kovalevyn pariteettien tallentamiseen. Toinen merkittävä ero RAID 2-tekniikkaan verrattaessa on se, että virheenkorjaavan Hammingkoodin sijaan, RAID 3 pilkkoo datan tavutasolle ja laskee samoissa sijainneissa eri datalevyillä oleville tavujoukoille yksinkertaiset pariteetit, jotka se tallentaa niille tarkoitetulle kovalevyille. (Gibson ym. 1988; Viitanen 2004.)

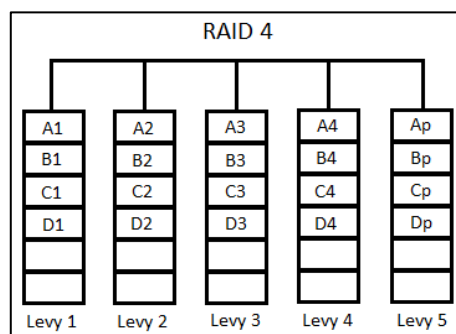


Kuva 4. RAID 3:n periaate.

Kuten RAID 2, myös RAID 3 muuttui varsin nopeasti hyödyttämäksi ja se korvaantui pääsääntöisesti RAID 5-tekniikalla (Vadala 2002, 6).

## 2.1.5 RAID 4

RAID 4 hajauttaa ja tallentaa datan samalla tavoin kuin RAID 0. Erona RAID nollaan on kuitenkin se, että tiedon varmistamiseen käytetään erillistä pariteettilevyä, jolle kunkin datalohkokoryhmän pariteetit kuvan 5 mukaisesti tallennetaan. (Chen ym. 1994; Viitanen 2004.)



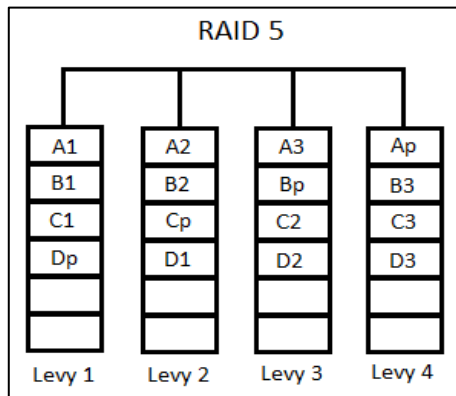
Kuva 5. RAID 4:n periaate.

Pariteettilevyn kova rasitus saattaa muodostua varsin merkittäväksi pulonkaulaksi koko järjestelmälle, jonka vuoksi RAID 4:n sijaan käytetäänkin pääsääntöisesti RAID 5-tekniikkaa. NetApp on käytännössä ainoa yri-

tys, joka on lähtenyt kehittämään RAID 4:n mukaisia järjestelmiä. (Viitanen 2004; Hitz, Lau & Malcolm 2005.)

### 2.1.6 RAID 5

RAID 5 on periaatteeltaan samanlainen kuin RAID 4. Erona RAID neljään verrattaessa on kuitenkin se, että pariteetidatit jaetaan vuorotellen kullekin levyille, jolloin ei muodostu RAID 4:n kaltaista pullonkaulalevyä. (Chen ym. 1994; Viitanen 2004.)



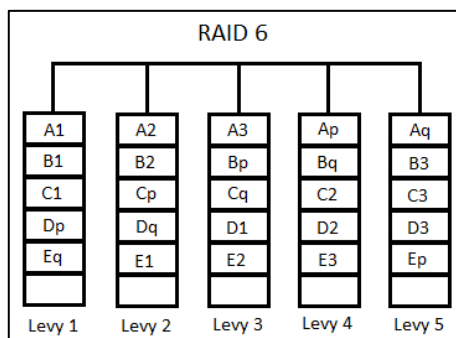
Kuva 6. RAID 5:n periaate.

Pääsyyinä siihen, että RAID 5 on käytetyin RAID-taso, voidaan pitää sen kustannustehokkuutta suhteutettuna saavutettuun luotettavuuteen ja nopeuteen (Viitanen 2004).

Esimerkiksi neljää yhden teratavun fyysistä kovalevyä käytettäessä RAID 5:llä toteutetun loogisen levyn koko on kolme teratavua, RAID 10:llä toteutetun loogisen levyn koko on kaksi teratavua ja RAID 1:llä toteutettu looginen levy on kooltaan ainoastaan yhden teratavun.

### 2.1.7 RAID 6

RAID 6 ei kuulunut alkuperäisten RAID-tasojen joukkoon ja sen voidaan katsoa olevan RAID 5:n laajennus, sillä se on periaatteeltaan täysin samanlainen kuin RAID 5, mutta tuo lisäominaisuutena toisen pariteetinlaskukaavan, jota RAID 5:ssä ei ole (Chen ym. 1994; Viitanen 2004).

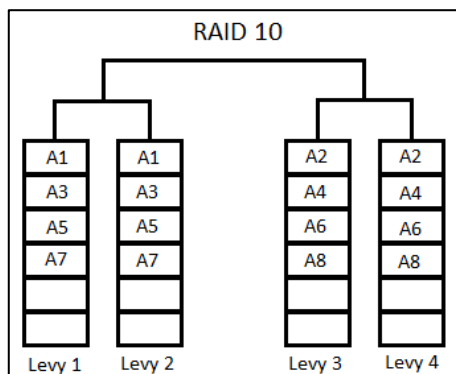


Kuva 7. RAID 6:n periaate.

RAID 6:n etuna on se luotettavuus, sillä se kestää kahden kovalevyn yhtäaikaisen hajoamisen ilman että dataa menetetään. Toisaalta runsas pariteettien määrä hidastaa järjestelmän kirjoitusnopeutta ja lisää levyjen tarvetta verrattuna RAID 5:een. (Chen ym. 1994; Viitanen 2004.)

### 2.1.8 RAID 10

RAID 10 rakentuu RAID 0:n ja RAID 1:n kombinaatiosta. Kuten kuvasta 8 nähdään, voidaan ajatella, että RAID 10 on RAID 0, jonka levyinä käytetään yksittäisten levyjen sijaan RAID 1:n mukaisia peilejä. (Layton 2011; Viitanen 2004.)

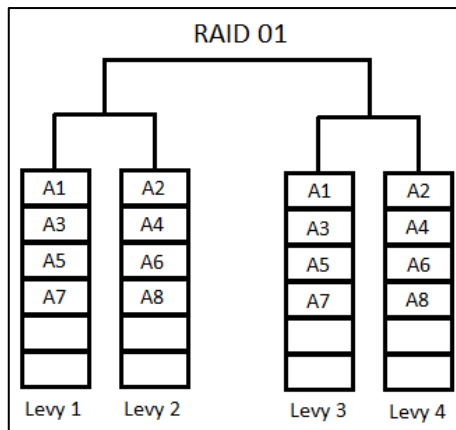


Kuva 8. RAID 10:n periaate.

RAID 10 on hyvin suorituskykyinen ratkaisu, mutta sen luotettavuus on myös hieman tuurista kiinni, sillä sen eheys säilyy niin kauan kuin jokaisessa peilissä on vähintään yksi ehjä kovalevy. Esimerkiksi järjestelmä, jossa on neljä kahden kovalevyn peiliä, kestää parhaimmillaan neljän kovalevyn hajoamisen, kun hajonneet kovalevyt kuuluvat eri peileihin, mutta pahimmillaan jo kahden samassa peilissä olevan kovalevyn rikkoutuminen tuhoaa kaiken levyillä olleen datan. (Layton 2011; Viitanen 2004.)

### 2.1.9 RAID 01

RAID 01 on tavallaan RAID 10:n peilikuva sillä se kootaan samalla tavoin kuin RAID 10, mutta päinvastaisessa järjestyksessä. Kuten kuvasta 9 nähdään, RAID 01 on ikään kuin RAID 1, jonka peilit on toteutettu yksittäisten levyjen sijaan RAID 0:n mukaisesti hajautetuilla levyillä. (Layton 2011; Viitanen 2004.)

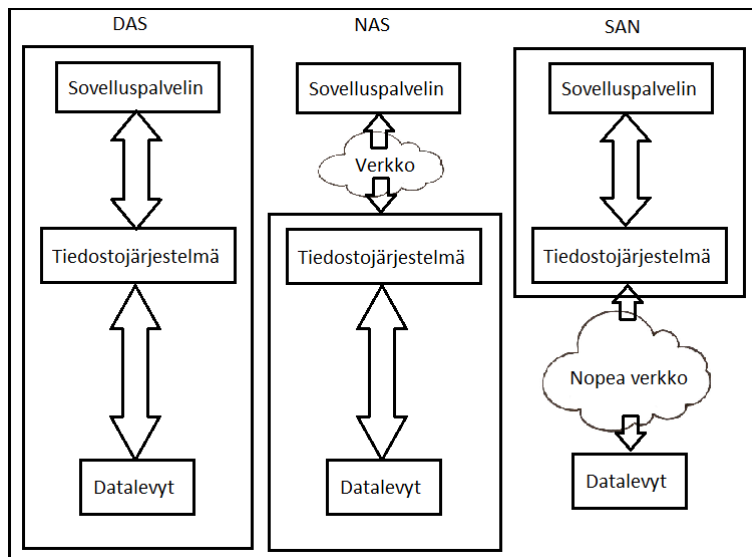


Kuva 9. RAID 01:n periaate.

RAID 01 on myös hyvin suorituskykyinen ratkaisu kuten RAID 10, mutta myös sen luotettavuus on jossain määrin tuurista kiinni, sillä sen eheys säilyy niin kauan kuin järjestelmässä on yksi täysin ehjä peili. Esimerkiksi järjestelmä, jossa on kaksi neljän kovalevyn peiliä kestää parhaimmillaan neljän kovalevyn hajoamisen, kun kaikki hajonneet kovalevyt kuuluvat samaan peiliin, mutta pahimmillaan jo kahden eri peilissä olevan kovalevyn rikkoutuminen tuhoaa kaiken levyillä olleen datan. (Layton 2011; Viitanen 2004.)

## 2.2 Verkkotallennusjärjestelmät

Seuraavissa kappaleissa esitellään kolme yleisesti käytössä olevaa verkkotallennusjärjestelmää sekä niiden keskinäiset erot. Kuvassa 10 ovat esillä DAS, SAN ja NAS-järjestelmien periaatteelliset rakenteet.



Kuva 10. DAS, SAN ja NAS-järjestelmien rakenteet (Programming4Us 2010).

### 2.2.1 Direct Attached Storage

Direct Attached Storage (DAS) on termi, joka kuvaa tietokoneen tallennusjärjestelmää, jossa datalevyt on kytketty kaapeleilla suoraan työasemaan tai palvelimeen. Toisin kuin muissa tallennusjärjestelmissä, DAS-järjestelmässä ei datalevyjen ja palvelimen välille muodosteta erillistä verkkoa. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

DAS-järjestelmän etuja ovat sen helppo hallittavuus, halvat kustannukset sekä sen yksinkertaisuus. DAS-järjestelmän heikkoa kohtaa kuvataan englanninkielisellä termillä ”islands of information”. Termi tarkoittaa sitä, että jokainen DAS-järjestelmä on erotettu muista, jonka vuoksi tietojen jakaminen eri järjestelmien välillä ei onnistu, vaan ne muodostavat ikään kuin joukon erillisiä saarekkeitä. Tästä johtuen DAS-järjestelmiä käytetään lähinnä pienissä ympäristöissä, joissa tietoa on vähän ja sitä ei tarvitse jakaa pitkien etäisyyksien päähän tai laajalle käyttäjäjoukolle. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

### 2.2.2 Network Attached Storage

Network Attached Storage (NAS) on suoraan verkkoon liitettävä, tiedostotasoinen tietojen varastointijärjestelmä, jolla voidaan jakaa tiedostot yhteiskäyttöön. NAS on erityisesti tiedostojen hallintaan ja jakamiseen kehitetty järjestelmä, joka koostuu sekä datalevyistä että tiedostojen hallintaan käytettävästä ohjelmistosta. Yleisesti ottaen NAS-järjestelmät eivät tarvitse pohjakeseen täydellistä käyttöjärjestelmää, vaan niille riittää riisuttu versio käyttöjärjestelmästä. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

Esimerkiksi tässä työssä käytetty avoimen lähdekoodin NAS-ratkaisu FreeNAS, käyttää toiminta-alustanaan riisuttua versiota FreeBSD-käyttöjärjestelmästä.

NAS-järjestelmä sisältää tyypillisesti useita datalevyjä, jotka on kytketty yhdeksi loogiseksi levyksi ja suojattu rikkoutumista vastaan käyttämällä hyväksi RAID-tekniikkaa. Tiedostojen jakamiseen verkon yli käytetään joko NFS, CIFS tai AFP-protokollaa, riippuen siitä, mikä tai mitkä käyttöjärjestelmät NAS-järjestelmää hyväkseen käyttävissä työasemissa ovat käytössä. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

Verrattaessa NAS-järjestelmää DAS-järjestelmään, sen kaksi tärkeintä etua ovat sen huomattavasti parempi tiedon saatavuus sekä sen suorituskykyisyys. NAS-järjestelmän suorituskyvyn kannalta on kuitenkin tärkeää huomioida mahdolliset verkossa esiintyvät pullonkaulat ja ruuhkahuiput, jotka saattavat pudottaa järjestelmän suorituskykyä hetkellisesti huomattavastikin. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

### 2.2.3 Storage Area Network

Storage Area Network (SAN) on hyvin korkean suorituskyvyn tarjoava arkkitehtuuri, jota käytetään datavarastojen ja niitä hyödyntävien työ-

asemien ja palvelimien yhdistämiseen. Palvelimen tai työaseman näkykymästä niihin SAN-arkkitehtuurin mukaisesti liitetyt muualla olevat levyt näyttävät paikallisesti kytketyiltä levyiltä, joita voi käyttää aivan normaalisti paikallisesti kytkettyjen levyjen tapaan. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

Datavarastojen ja niitä hyödyntävien laitteiden välinen verkko toteutetaan tyypillisesti kuitutekniikalla, joka on erittäin luotettava ja nopea tekniikka, joka soveltuu erinomaisesti suurten tietomäärien siirtoon pitkien välimatkojen yli (Alabi 2004).

SAN-järjestelmien korkeista kustannuksista ja monimutkaisesta hallittavuudesta johtuen, niitä on perinteisesti käytetty lähinnä suurten yritysten kriittisissä sovelluksissa. Tekniikan nopean kehittymisen johdosta, SAN-järjestelmät ovat tulleet viimeisen vuosikymmenen aikana myös pienten ja keskisuurten yritysten käyttöön. (Alabi 2004.)

Merkittävin ero NAS ja SAN-tekniikoiden välillä on siinä, että NAS tarjoaa samassa paketissa sekä tietovaraston että tiedostojärjestelmän, kun taas SAN puolestaan tarjoaa vain tietovaraston ja jättää tiedostojärjestelmän kunkin palvelimen tai työaseman huolehdittavaksi. Palvelimelta katsottuna NAS-järjestelmän levyt näyttävät verkkolevyiltä, joihin otetaan yhteys, kun vastaavasti SAN-arkkitehtuurin mukaiset levyt näyttävät paikallisilta levyiltä. Tästä johtuen SAN-järjestelmän levyt ovat aina vain yhden palvelimen tai työaseman käytössä, kun vastaavasti NAS-järjestelmän levyihin pystyy ottamaan yhteyden usealta työasemalta tai palvelimelta samanaikaisesti. (Alabi 2004; itmanagement n.d.)

### 2.3 Tiedostojärjestelmät

Erilaisia tiedostojärjestelmiä on olemassa lukematon määrä, joista tämän työn kannalta käytännössä ainoa todella oleellinen tiedostojärjestelmä on ZFS. Tästä johtuen muiden tiedostojärjestelmien käsittely on rajattu tämän työn ulkopuolelle ja työssä on keskitytty pelkästään ZFS:n ominaisuuksiin ja erityispiirteisiin.

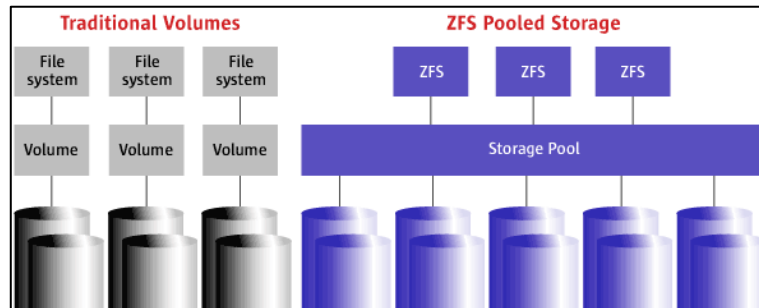
#### 2.3.1 Zettabyte File System

Zettabyte File System (ZFS) on Sun Microsystemsin alun perin OpenSolaris-käyttöjärjestelmälle kehittämä tiedostojärjestelmän ja loogisen levynhallintajärjestelmän yhdistelmä. ZFS on hyvin kehittynyt ja edistyksellinen tiedostojärjestelmä, joka tarjoaa useita sellaisia ominaisuuksia, joita ei ole tarjolla missään muussa tiedostojärjestelmässä. (Linux.fi-wiki 2011; Sun Microsystems 2004.)

ZFS:n tarjoamia ominaisuuksia ovat muun muassa dataintegriteetti tietojen korruptoitumista vastaan, tuki jättimäisille tietomäärille, tilannekuvien käyttö, tuki datan kirjoituksen aikaiselle kopioinnille, tietojen reaaliaikainen tilanneseuranta sekä vioittuneen datan automaattinen korjaaminen. (Linux.fi-wiki 2011; Sun Microsystems 2004.)



Kuten kuvasta 11 nähdään, ZFS:n fyysisen tallennustilan hallinta on toteutettu ryhmitetyn varannon periaatteella, kun perinteisissä tekniikoissa tiedostojärjestelmät ovat olleet sijoitettuina yksittäisten fyysisten levyjen yläpuolelle. Ryhmitetyn varannon ansiosta yksittäisten levyjen lisääminen ja poistaminen helpottuu huomattavasti perinteisiin tekniikoihin verrattuna. (Sun Microsystems 2004.)



Kuva 11. ZFS:n ja tavallisen tiedostojärjestelmän vertailu (Sun Microsystems 2004).

Yksi ZFS:n suunnittelun lähtökohdista oli tehdä siitä erinomaisesti skaalautuva ja sellainen, että se pystyy tarjoamaan riittävän suuren tallennustilan myös tulevaisuudessa. ZFS suunniteltiin 128-bittiseksi, jonka ansiosta se tarjoaa mahdollisuuden luoda lähes käsittämättömän 256 biljoonan zettatavun kokoinen tallennustilan. (Linux.fi-wiki 2011; Sun Microsystems 2004.)

ZFS:n sisältämät tilannekuvat ovat kätevä ominaisuus esimerkiksi silloin, kun käyttäjä on vahingossa poistanut tärkeän tiedoston levyiltä ja se pitäisi saada palautettua takaisin. Tilannekuva on yksinkertaisesti ja nopeasti otettavissa oleva kopio tiedostojärjestelmästä tai taltiosta. Luontihetkellä tilannekuva ei kuluta lainkaan levytilaa, sillä kaikki sen sisältämä data on jo ennestään tallennettuna levyille. Kun levyillä oleva data muuttuu, tilannekuvan levyntarve alkaa kasvaa, sillä se viittaa aiemmin levyillä olleeseen dataan ja näin ollen samalla mahdollistaa palaamisen takaisin aiempaan tilanteeseen. (Linux.fi-wiki 2011.)

## 2.4 Tiedostojenkoprotokollat

Yleisellä tasolla katsottaessa NAS-järjestelmät käyttävät tiedostojen jakamisessa hyväkseen yhtä tai useampaa kolmesta mahdollisesta tiedostojenkoprotokollasta. Tärkein kriteeri jakoprotokollaa valittaessa on huomioida, mitkä käyttöjärjestelmät NAS-järjestelmää hyväkseen käyttävissä palvelimissa ja työasemissa ovat käytössä.

Vaikka tämä työ on rajattu pelkästään Windows-käyttöjärjestelmää käyttäviin laitteisiin, esitellään seuraavissa kappaleissa myös lyhyesti kaksi muuta tiedostojenkoprotokollaa, joista toinen on tarkoitettu Applen Mac OS-käyttöjärjestelmää käyttäville laitteille ja toinen Linuxia käyttäville laitteille.

### 2.4.1 Apple Filing Protocol

Apple Filing Protocol (AFP) on tiedostojenjakoprotokolla, joka mahdollistaa tiedostojenjakopalveluiden käyttämisen Applen Mac OS- ja Mac OS X-käyttöjärjestelmiä käyttävien laitteiden välillä. AFP käyttää hyväkseen yleisesti tunnettua TCP-porttia 548. (Apple 2011.)

AFP tarjoaa kolme erilaista tapaa suojata verkon yli jaossa olevat tiedot. Tiedot voi suojata joko käyttäjien tunnistuksen, levykohtaisten salasanojen tai kansioden oikeuksien määrittelyiden avulla. (Apple 2011.)

### 2.4.2 Common Internet File System

Common Internet File System (CIFS) on paranneltu versio Server Message Block (SMB) -protokollasta. Sitä käytetään pääasiassa jakamaan tiedostoja ja tulostimia niin sisäverkoissa kuin Internetinkin yli. CIFS käyttää hyväkseen yleisesti tunnettua TCP-porttia 445. Verkossa olevien laitteiden nimien selvittämiseen CIFS käyttää Internetin maailmanlaajuisia Domain Naming Service-nimipalvelujärjestelmää. (Heizer, Leach & Perry 1996; Javvin n.d.)

CIFS tarjoaa paljon hyödyllisiä ja käyttökelpoisia ominaisuuksia kuten esimerkiksi lukittautumisen, tuen Unicode-merkistölle, hyvän suorituskyvyn Windows-ympäristöön ja laajan tuen muillekin käyttöjärjestelmille sekä varsin kattavat tietoturvaominaisuudet (Heizer ym. 1996; Javvin n.d.).

### 2.4.3 Network File System

Network File System (NFS) on Sun Microsystemsin 1980-luvun alkupuoliskolla markkinoille tuoma kolmiosainen hajautettu verkkotiedostojärjestelmä, jonka osat ovat itse protokolla, palvelinosa ja asiakasosa. NFS suunniteltiin mahdollistamaan tiedostojen jakaminen verkossa eri käyttöjärjestelmiä käyttävien palvelinten ja työasemien välillä. NFS onkin saavuttanut vahvan jalansijan sekalaisia käyttöjärjestelmiä sisältävissä ympäristöissä. (Kelkka 2007; Goldberg, Kleiman, Lyon, Sandberg & Walsh 1985.)

NFS on kuin mikä tahansa muukin palvelin- ja asiakasohjelmasta koostuva sovellus, mutta muista järjestelmistä sen se erottaa se, että siinä ei käytetä yhtä palvelinohjelmaa ja yhtä asiakasohjelmaa, vaan siinä ohjelmat koostuvat erilaisista komponenteista, joita kutsutaan demoneiksi. Demonit ovat käyttöjärjestelmän taustalla pyöriä palvelinohjelmia, joita sekä palvelin että asiakas käyttävät. (Kelkka 2007.)

NFS:n heikkoja puolia ovat sen soveltuvuus lähinnä vain nopeisiin ja niin sanottuihin ystävällisiin verkkoihin, sillä sen soveltuvuus hitaisiin linkkeihin on varsin heikkoa ja vaikka sen tietoturvaominaisuudet ovatkin parantuneet versiopäivitysten myötä, sen tietoturvan taso on kuitenkin edelleen varsin kyseenalainen. (Kelkka 2007; Leskinen n.d.)

### 2.5 FreeNAS

FreeNAS on täysin ilmainen FreeBSD-käyttöjärjestelmän pohjalle rakennettu avoimen lähdekoodin NAS-järjestelmä. Järjestelmävaatimuksiltaan FreeNAS on varsin vaatimaton, joten sen rakentaminen onnistuu erinomaisesti hieman iäkkäämpäänkin rautaan. (FreeNAS 2012.)

FreeNAS-järjestelmän vahvuuksia ovat sen todella laajat tuet ja yhteensopivuudet erilaisille fyysisille laitteille sekä hyvin laajat tuet ohjelmistopuolen eri tekniikoille ja protokollille. FreeNAS tukee muun muassa AFP, CIFS, NFS, TFTP, FTP, iTunes ja SSH-protokollia, ZFS, UFS, ext2 ja ext3-tiedostojärjestelmiä sekä SATA, SCSI ja USB-kiintolevyjä. (FreeNAS 2012; Lavigne 2012.)

Tietojen suojaamisen puolelta FreeNAS tarjoaa tuen käytännössä kaikille fyysisille RAID-ajureille sekä lukuisalle joukolla ohjelmistolla toteutettuja RAID-tasoja. FreeNAS sisältää myös paikallisen käyttäjähallinnan, jolla voidaan rajoittaa käyttäjien pääsyä järjestelmän eri osiin. Varmuuskopiointi on FreeNAS-järjestelmässä mahdollista ZFS-tiedostojärjestelmän mukanaan tuoman tilannekuva-ominaisuuden ansiosta. Tilannekuva on myös mahdollista lähettää verkon yli talteen toiselle laitteelle, jolloin tietoturva parantuu huomattavasti, kun tilannekuva on tallennettuna kahdessa eri paikassa. (FreeNAS 2012; Lavigne 2012.)

Käyttäjän kannalta FreeNAS on varsin helppokäyttöinen ratkaisu, sillä se tarjoaa asennuksen jälkeen varsinaiseen palvelimen hallintaan ja konfigurointiin graafisen käyttöliittymän.

### 3 JÄRJESTELMÄN ASENNUS, KÄYTTÖ JA TESTAUS

#### 3.1 Järjestelmän rakennus- ja testaussuunnitelma

Tämä työ rakentui virtuaalialustalla toteutetun kolmen virtuaalikoneen verkon ympärille. Päähuomio kiinnittyi koneeseen, joka toimi FreeNAS-palvelimena eli koko järjestelmän aivoina. Tälle palvelimelle toteutettiin kolme erilaista loogista levyä. Yksi looginen levy käytti hyväkseen RAID 1-tekniikka, toinen RAID 5-tekniikka ja kolmas RAID 10-tekniikka. Luodut levyjaot jaettiin verkon yli käyttäen hyväksi CIFS-protokollaa. Kaikki loogiset levyt muodostettiin käyttäen neljää yhden teratavun kokoista kovalevyä, jotta niistä saatiin keskenään vertailukelpoisia. Lisäksi järjestelmä sisälsi yhden 20 gigatavun kovalevyn, johon itse FreeNAS-palvelin asennettiin.

Järjestelmän testaaminen jaettiin kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa testattiin järjestelmän vikasietoisuutta ja palautuvuutta vikatilanteesta. Nämä testit suoritettiin rikkomalla levyjakojen eheys poistamalla eri määriä levyjä levyjaoista. Tämän jälkeen testattiin olivatko loogisilla levyillä olleet tiedot vielä käytettävissä ja oliko järjestelmä mahdollista palauttaa alkuperäiseksi korvaamalla poistetut kovalevyt uusilla?

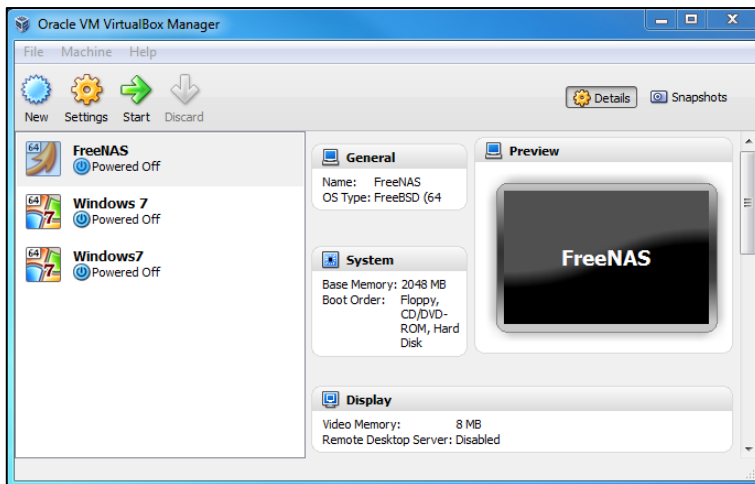
Testauksen toisessa vaiheessa testattiin ZFS-tiedostojärjestelmän mukanaan tuomaa tilannekuva-ominaisuutta. Tilannekuva on eräänlainen varmuuskopio, joka on mahdollista ottaa luoduista loogisista levyistä sekä manuaalisesti, että automatisoidusti. Tässä tapauksessa testattiin sitä, kuinka helppoa varmuuskopion ottaminen oli, sekä ennen kaikkea sitä, kuinka luotettavasti ja helposti varmuuskopion palauttaminen onnistui?

Testien viimeisessä vaiheessa testattiin CrystalDiskMark-ohjelmalla suuntaa antavasti luotujen loogisten levyjen luku- ja kirjoitusnopeudet. Vaikka tässä työssä keskityttiinkin pääasiallisesti tiedon luotettavuuteen liittyviin asioihin, niin nämä nopeustestit antoivat kuitenkin hyvän lisän järjestelmän käytettävyyteen liittyvien asioiden arviointiin.

Seuraavissa kappaleissa käydään hyvin tarkasti läpi NAS-järjestelmän asennuksen, konfiguroinnin ja käyttöönoton seitsemän eri päävaihetta.

#### 3.2 Järjestelmän rakentaminen

Tämän työn selkärankana toimi hyvin yksinkertainen kolmen virtuaalikoneen muodostama verkko. Yhteen koneista asennettiin FreeNAS-palvelin, jonka toimi tässä työssä NAS-järjestelmän runkona. Kahteen muuhun virtuaalikoneeseen asennettiin 64-bittinen Windows 7-käyttöjärjestelmä. Näitä koneita käytettiin järjestelmän testaamiseen työn loppuvaiheessa. Virtuaalikoneiden alustana käytettiin Oraclen VM VirtualBoxia.

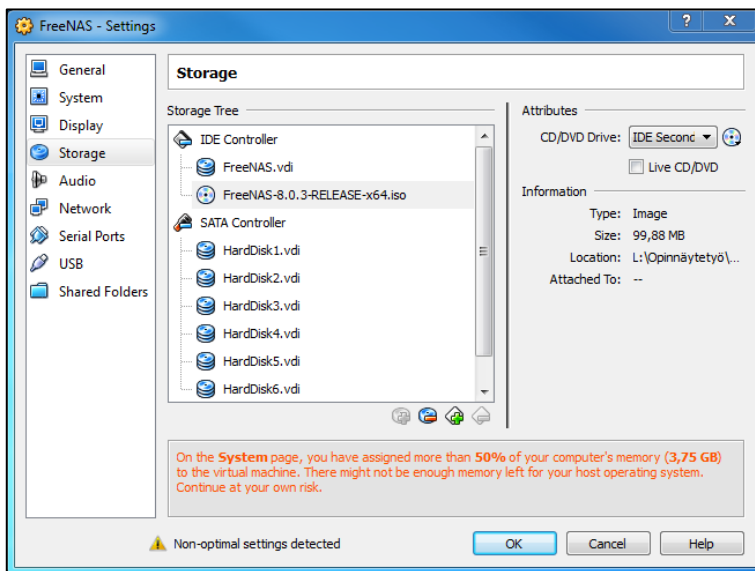


Kuva 12. Virtuaalikoneet.

Windows 7-työasemat ovat tässä työssä varsin pienessä osassa ja sen ver-ran yksinkertaisia asentaa, että niiden asennuksien esittelyt on rajattu tästä työstä pois.

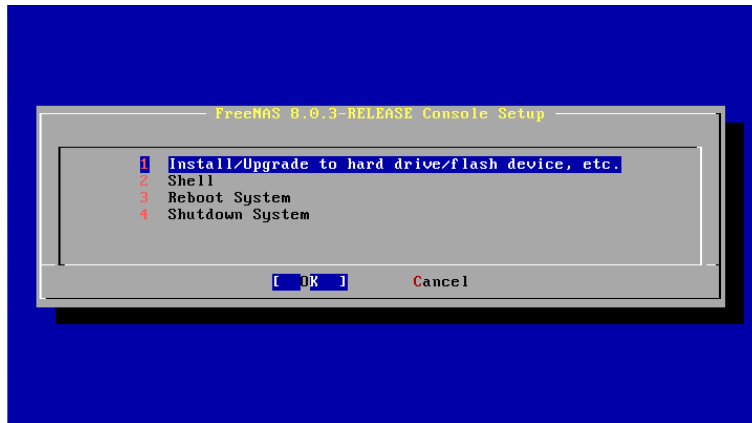
### 3.2.1 FreeNAS-palvelimen asennus

Virtuaaliympäristöä käytettäessä asennus aloitettiin valitsemalla Free-NAS-palvelimen asennustiedosto virtuaalisen CD-aseman kohteeksi. Tä-män jälkeen käynnistettiin itse virtuaalikone.



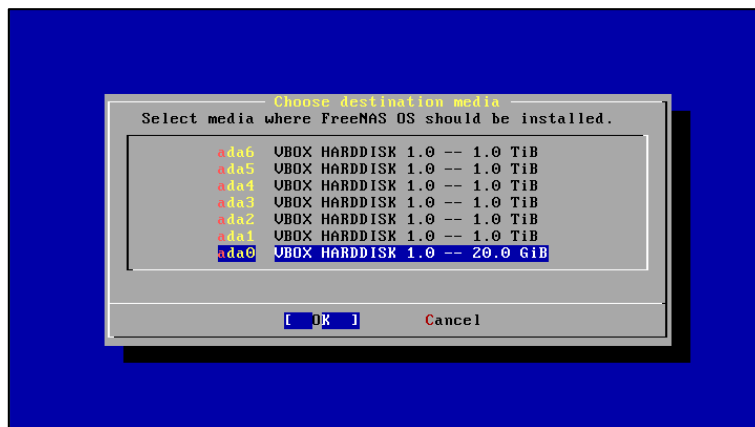
Kuva 13. Asennustiedoston valinta.

Virtuaalikoneen käynnistyttyä, varsinainen asennus aloitettiin valitsemalla aloitusvalikosta ylin vaihtoehto ja painamalla painiketta OK.



Kuva 14. Asennuksen aloitusvalikko.

Seuraavaksi valittiin kovalevy, jolle palvelin asennettiin. Tässä tapauksessa valittiin palvelimen asennukselle varattu 20 gigatavun levy. Asennusta jatkettiin painamalla OK.



Kuva 15. Kiintolevyn valinta FreeNAS-palvelimelle.

Ruudulle ilmestyi seuraavaksi varoitus siitä, että palvelimen voisi asentaa myös esimerkiksi USB-tikulle. Tässä tapauksessa sivutettiin tämä huomautus ja jatkettiin asennusta valitsemalla Yes.



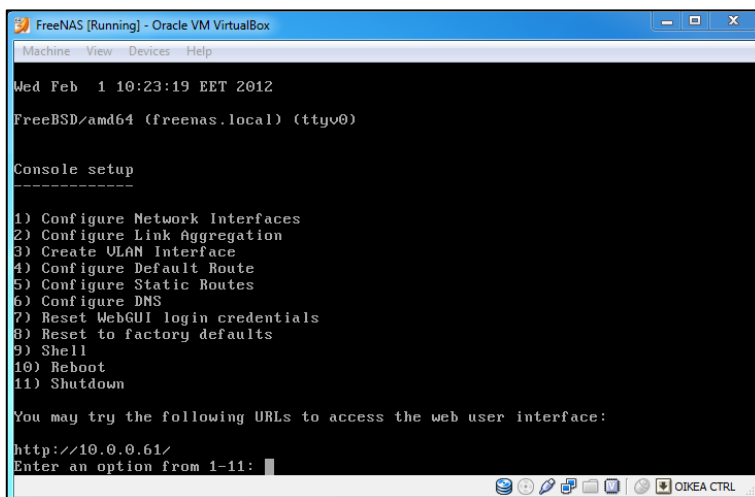
Kuva 16. Varoitus siitä, että asennuksen voisi suorittaa myös USB-laitteelle.

Asennuksen onnistumisen johdosta näkyviin tuli kuvassa 17 näkyvä ilmoitus, joka kuitattiin valitsemalla OK. Tämän jälkeen virtuaalikone käynnistyi uudelleen.



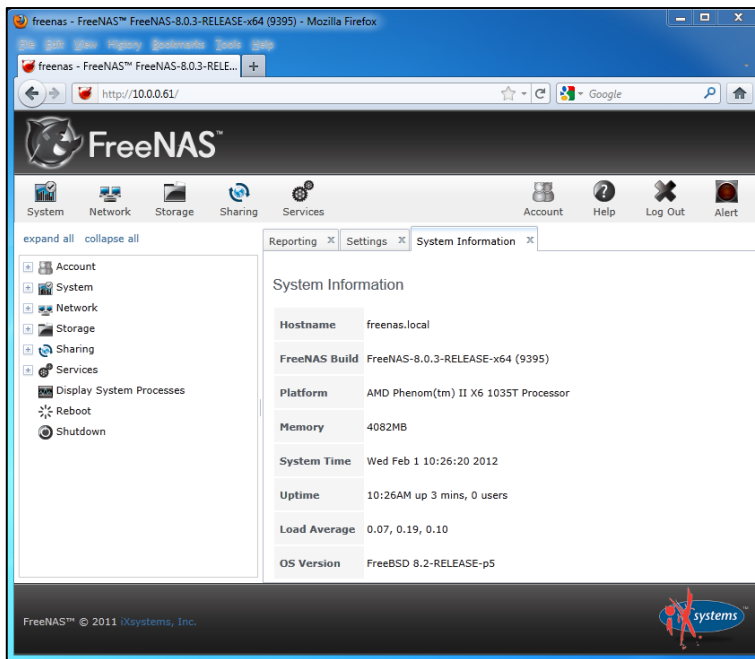
Kuva 17. Asennuksen onnistumisesta kertova ilmoitus.

Virtuaalikoneen käynnistyttyä uudelleen näkyviin tuli kuvan 18 mukainen konsoli-ikkuna. Tässä tapauksessa ainoa tärkeä konsoli-ikkunassa esiintynyt asia oli palvelimen IP-osoite, joka tässä tapauksessa oli 10.0.0.61.



Kuva 18. FreeNAS-palvelimen konsoli-ikkuna.

Palvelimen asennus oli nyt saatu suoritetuksi. Lopuksi tarkastettiin vielä, että selaimella saatiin yhteys palvelimeen. Palvelimeen otettiin yhteys kirjoittamalla selaimen osoiteriville palvelimen IP-osoite 10.0.0.61. Tällöin selaimen avautui kuvan 19 mukainen palvelimen hallintaan ja konfigurointiin käytetty graafinen käyttöliittymä.

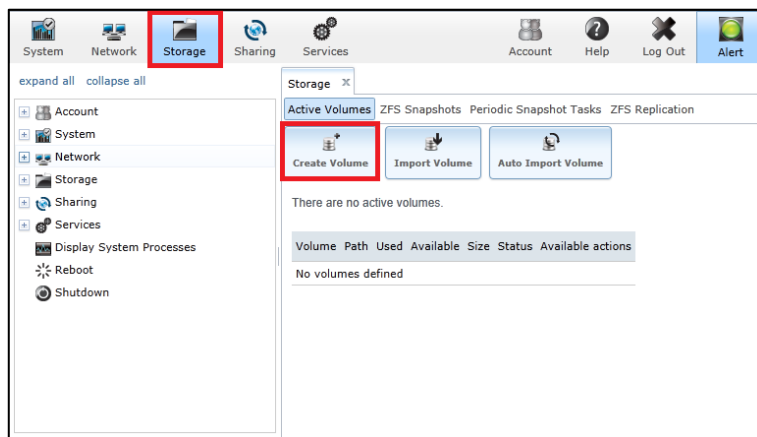


Kuva 19. FreeNAS-palvelimen graafinen käyttöliittymä.

Onnistuneesti suoritetun palvelimen asennuksen jälkeen siirryttiin varsinaiseen asiaan eli palvelimen konfigurointiin.

## 3.2.2 Loogisten levyjen luominen

Palvelimen konfiguroiminen aloitettiin luomalla siihen kolmen eri RAID-tason mukaiset loogiset levyt. Loogisen levyn luominen aloitettiin avaamalla välilehti Storage ja painamalla painiketta Create Volume.

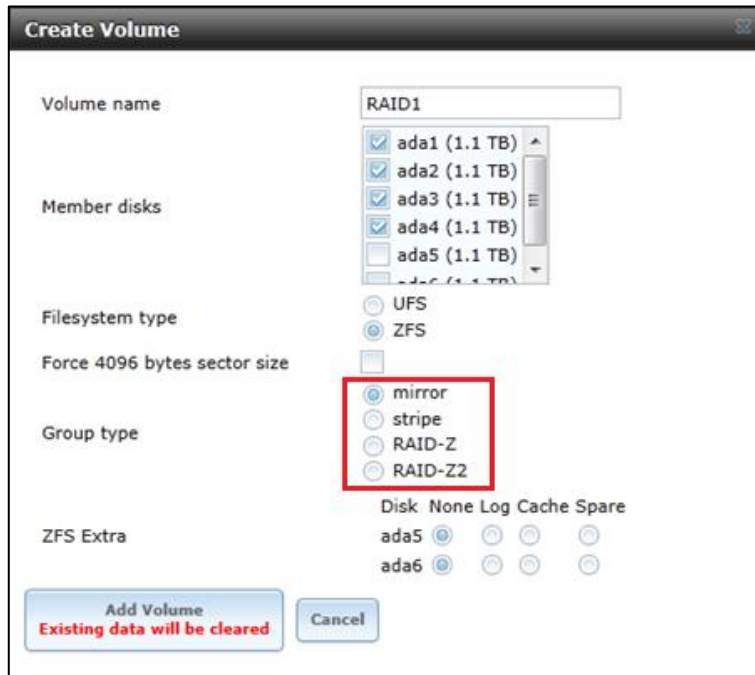


Kuva 20. Uuden loogisen levyn luominen.

Avautuvassa ikkunassa määriteltiin loogiselle levyille tarvittavat asetukset. Kuvassa 21 näkyvät RAID 1-tekniikka soveltaneen loogisen levyn asetukset. RAID 5-tekniikka soveltavan loogisen levyn asetukset olivat muutoin samanlaiset, mutta ryhmän tyyppiä valittiin RAID-Z. RAID 10-tekniikkaa soveltava looginen levy puolestaan toteutettiin luomalla kaksi samannimistä loogista levyä, jotka palvelin tällöin yhdisti yhdeksi loogiseksi le-

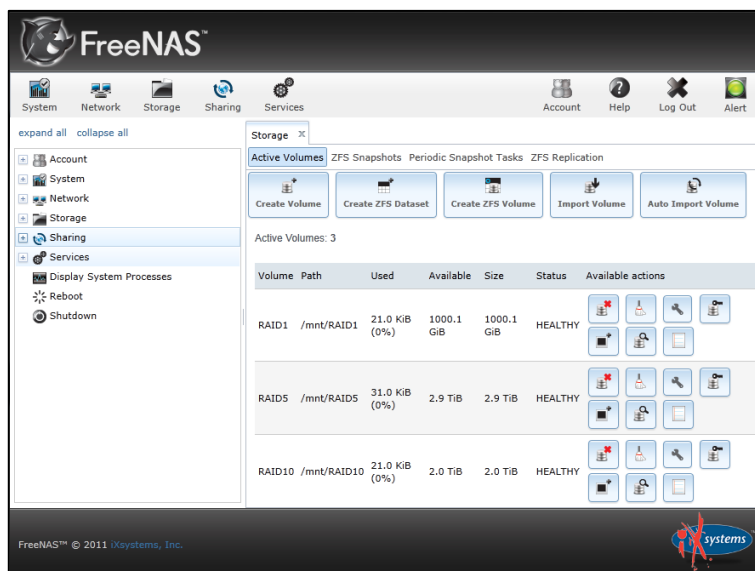


vyksi. Kumpaankin luoduista loogisista levyistä käytettiin kahta erillistä kovalevyä, joiden tyypeiksi määriteltiin mirror eli peilaus.



Kuva 21. Loogisen levyn asetusten valinta.

Kuvassa 22 ovat näkyvissä kaikki kolme luotua loogista levyä ja tiedot niiden kapasiteeteista sekä toimintakunnoista.

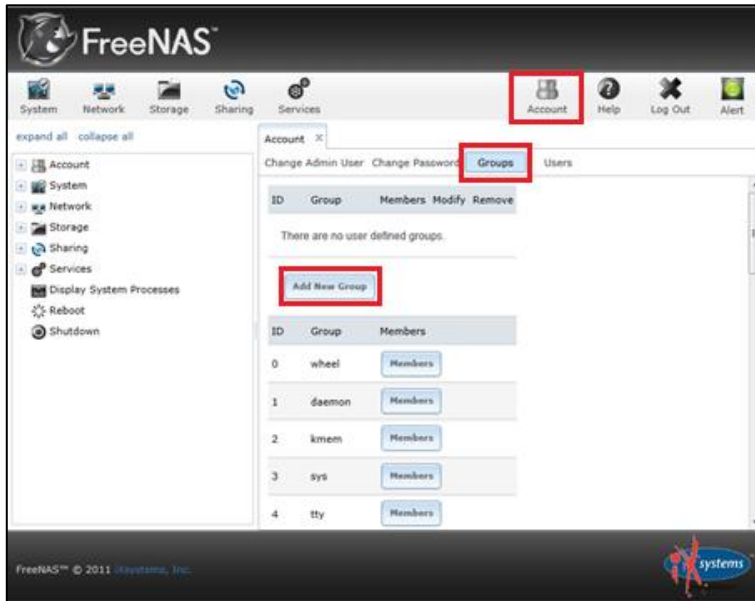


Kuva 22. Loogiset levyt.

### 3.2.3 Käyttäjiryhmän ja käyttäjätilien luominen

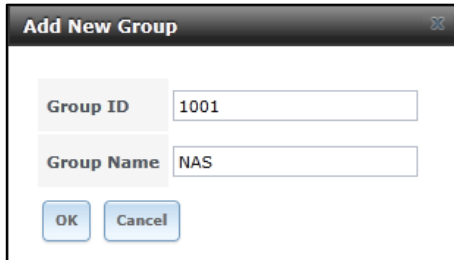
FreeNAS-järjestelmä sisältää oman käyttäjähallinnan, joten seuraavaksi palvelimelle luotiin uusi käyttäjiryhmä ja siihen kaksi käyttäjää.

Uusi käyttäjäryhmä luotiin valitsemalla ensin välilehti Account. Välilehden valikosta valittiin vaihtoehto Groups. Uusi käyttäjäryhmä luotiin varsinaisesti painamalla painiketta Add New Group.



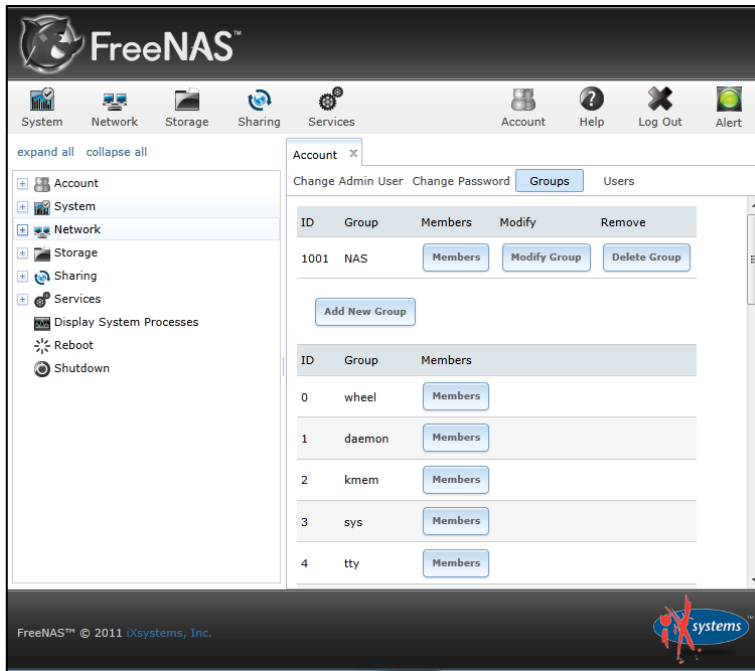
Kuva 23. Uuden käyttäjäryhmän luominen.

Tässä tapauksessa käyttäjäryhmän nimeksi annettiin NAS ja ryhmän ID:ksi kelpuutettiin palvelimen ehdottama 1001.



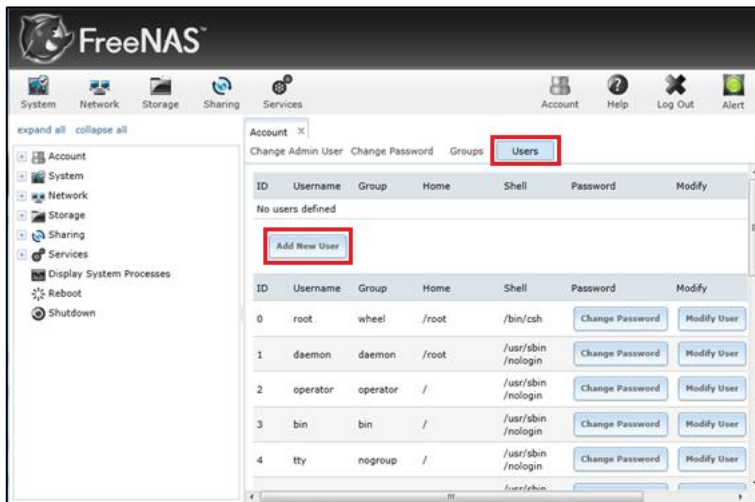
Kuva 24. Käyttäjäryhmän nimeäminen.

Kun uusi käyttäjäryhmä oli saatu luotua, se ilmestyi näkyviin järjestelmään automaattisesti luotujen käyttäjäryhmien yhteyteen.



Kuva 25. Luettelo käyttäjäryhmistä.

Seuraavaksi luotiin käyttäjäryhmään kaksi testikäyttäjää siirtymällä ensin valikossa kohtaan Users ja painamalla sitten painiketta Add New User.



Kuva 26. Uuden käyttäjän luominen.

Seuraavaksi määriteltiin kahden testikäyttäjän tiedot. Käyttäjät olivat nimiltään Matti Meikäläinen ja Teppo Testaaja ja heidät määriteltiin kuulumaan edellisessä vaiheessa luotuun käyttäjäryhmään NAS. Lisäksi käyttäjille määriteltiin kotikansiot ja salasanat.

**Add New User**

User ID: 1001

Username: matti

Primary Group: NAS

Home Directory: /mnt/

Shell: csh

Full Name: Matti Meikäläinen

E-mail:

Password: .....

Password confirmation: .....

Disable password logins:

Kuva 27. Uuden käyttäjätilin tietojen määrittely.

Kun käyttäjät Matti ja Teppo oli lisätty järjestelmään, heidän tietonsa tulivat näkyviin muiden järjestelmään automaattisesti kuuluneiden käyttäjien yhteyteen.

FreeNAS

System Network Storage Sharing Services Account Help Log Out Alert

expand all

Account x

Change Admin User Change Password Groups **Users**

ID	Username	Group	Home	Shell	Password	Modify	Remove
1001	matti	NAS	/mnt/	/bin/csh		Change Password Modify User Auxiliary Groups	Remove User
1002	teppo	NAS	/mnt/	/bin/csh		Change Password Modify User Auxiliary Groups	Remove User

Add New User

ID	Username	Group	Home	Shell	Password	Modify	E-mail
0	root	wheel	/root	/bin/csh		Change Password Modify User	Change E-mail
1	daemon	daemon	/root	/usr/sbin/nologin		Change Password Modify User	Change E-mail

FreeNAS™ © 2011 iXsystems, Inc.

Kuva 28. Käyttäjätietoluettelo.

### 3.2.4 Levyjaon luominen

Konfiguroinnin seuraava vaihe oli luoda loogisille levyille levyjaot. Levyjakojen luominen aloitetaan valitsemalla välilehti Sharing. Välilehden valikosta valittiin kohta Windows. Uuden levyjaon asetusten määrittelyyn siirryttiin painamalla painiketta Add Windows Share.



Kuva 29. Uuden levyjaon luominen.

Uuteen levyjakoon olisi pystynyt määrittelemään todella monipuolisesti erilaisia ominaisuuksia, mutta tässä tapauksessa määriteltiin vain kolme pakollista määrettä.

Levyjaot nimettiin yksinkertaisesti nimillä TestiTiedostaja, TestiTiedostaja2 ja TestiTiedostaja3. Levyjakojen poluiksi määriteltiin kunkin loogisen levyn polku /mnt/RAID1, /mnt/RAID5 tai /mnt/RAID10. Tärkeimpänä asetuksena oli määritellä osoiteavaruus, johon kuuluneet tietokoneet saivat ottaa yhteyden levyjakoihin. Tässä tapauksessa työasemat, joilla haluttiin ottaa yhteys levyjakoihin, kuuluivat 10.x.x.x/8 osoiteavaruuteen, joten sallittiin kaikkien 10.0.0.0/8 osoiteavaruuteen kuuluvien koneiden ottaa yhteys levyjakoihin.

**Edit Windows Share**

Name: TestiTiedostoja

Comment:

Path: /mnt/RAID1 [Browse](#)

Export Read Only:

Browsable to Network Clients:

Inherit Owner:

Inherit Permissions:

Export Recycle Bin:

Show Hidden Files:

Guest Account: www

Allow Guest Access:

Only Allow Guest Access:

Hosts Allow: 10.0.0.0/8

Hosts Deny:

Auxiliary Parameters:

[OK](#) [Cancel](#) [Delete](#)

Kuva 30. Levyjaon asetusten määrittely.

Kuvassa 31 olevassa listassa ovat näkyvissä kolme luotua levyjakoa.

**FreeNAS™**

System Network Storage Sharing **Services** Account Help Log Out Alert

expand all collapse all

Account System Network Storage Sharing Services Display System Processes Reboot Shutdown

Shares X

Apple UNIX **Windows**

Active Shares: 3

Name	Comment	Path	Available actions
TestiTiedostoja		/mnt/RAID1	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
TestiTiedostoja2		/mnt/RAID5	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
TestiTiedostoja3		/mnt/RAID10	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>

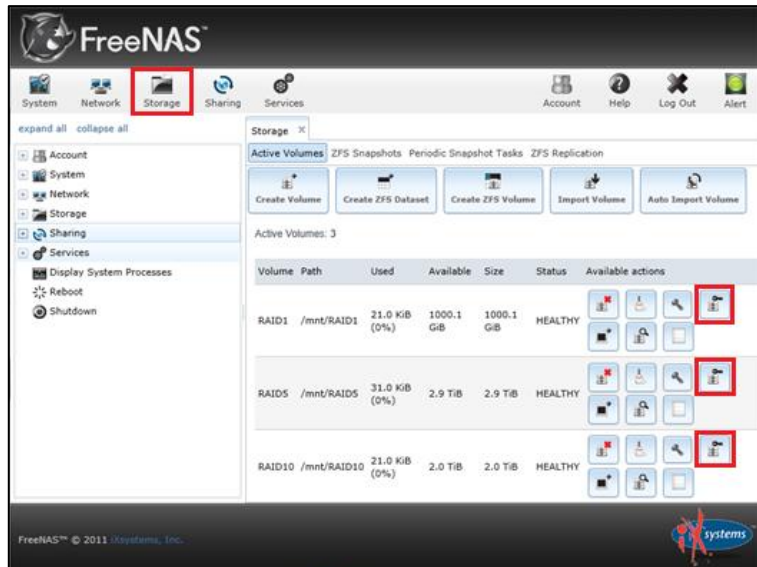
[Add Windows Share](#)

FreeNAS™ © 2011 iXsystems, Inc.

Kuva 31. Listaus levyjaoista.

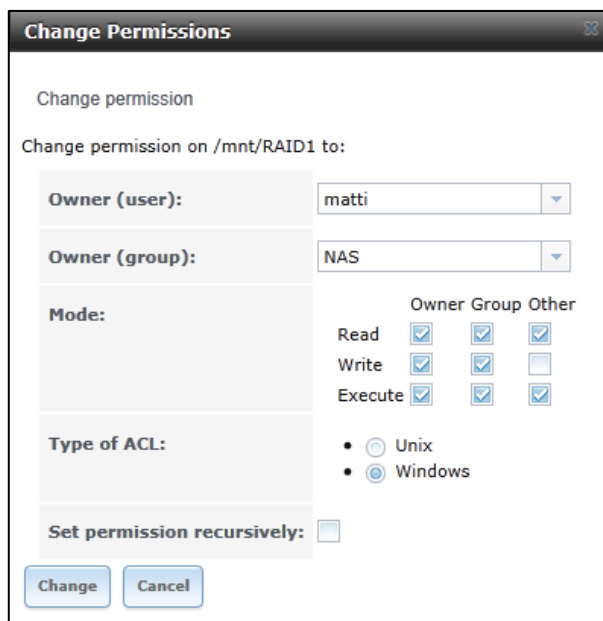
## 3.2.5 Loogisten levyjen käyttöoikeuksien määrittely

Seuraavaksi määriteltiin käyttöoikeudet loogisille levyille. Aluksi palattiin välilehdelle Storage ja valittiin sieltä kunkin levyn kohdalta painike Change Permissions.



Kuva 32. Listaus loogisista levyistä.

Tässä tapauksessa kaikkien loogisten levyjen omistajaksi määriteltiin matti ja omistajaryhmäksi NAS. Käyttöoikeuksia ei tässä esimerkki tapauksessa tarvinnut juurikaan rajata, joten niitä jaettiin reilusti. Koska nämä levyjaot olivat käytössä ainoastaan Windows-työasemissa, niiden tyypeiksi määriteltiin Windows.

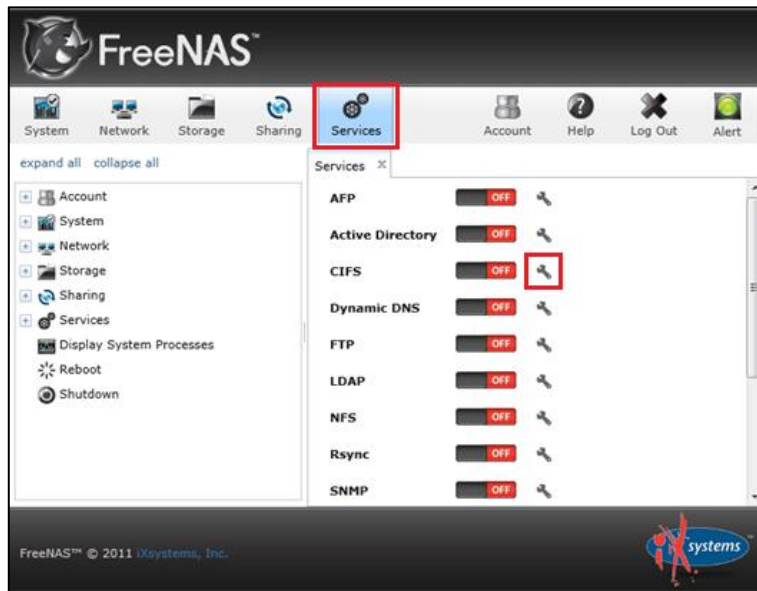


Kuva 33. Loogisten levyjen käyttöoikeuksien määrittely.

### 3.2.6 Levyjakopalvelun käynnistäminen

Ennen kuin levyjaot saatiin käyttöön, täytyi niihin liittyneen palvelun asetukset vielä määritellä ja itse palvelu käynnistää.

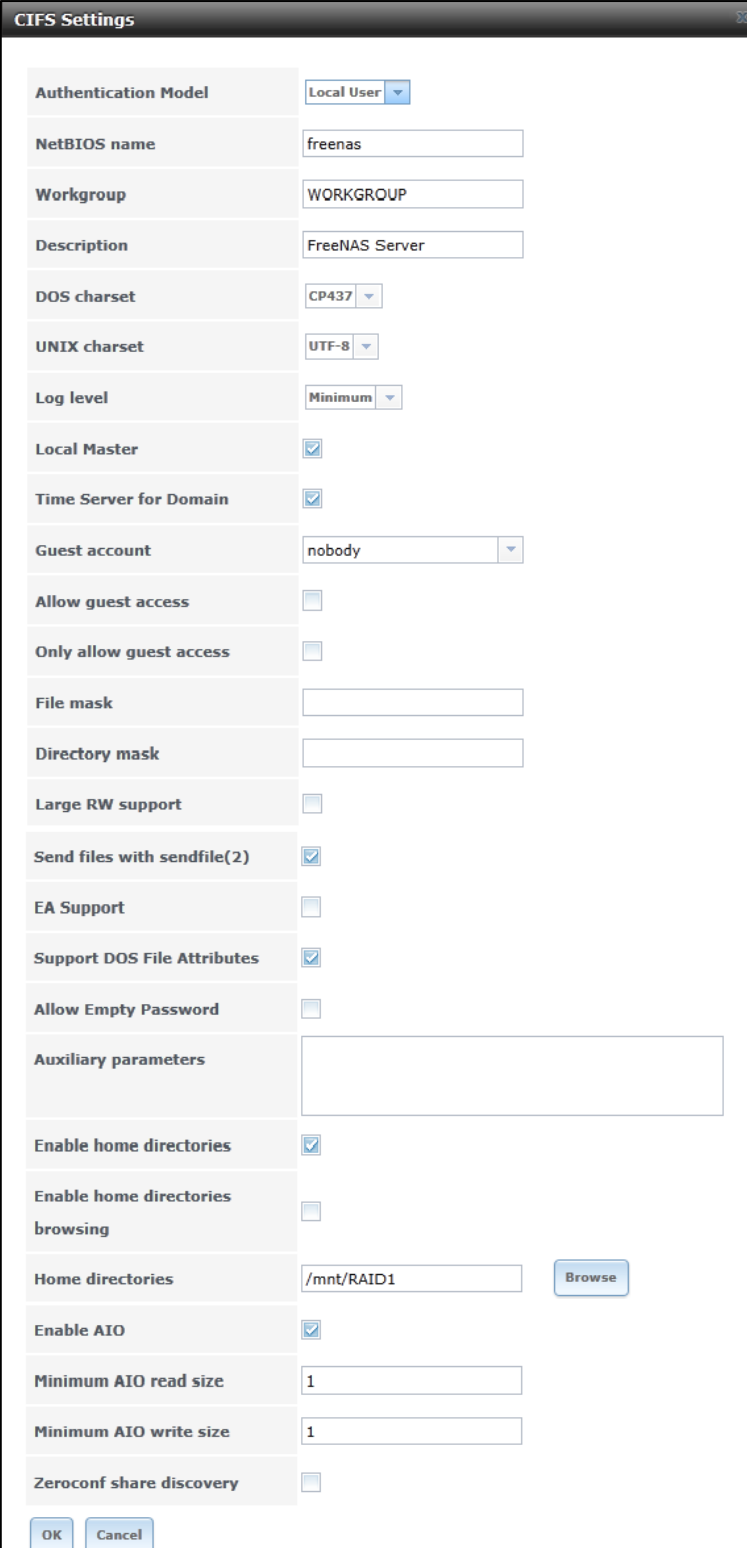
Järjestelmän käytettävissä olleet palvelut löytyivät välilehdeltä Services. Loogisten levyjen jakamisessa käytettiin hyväksi CIFS-protokollaa, joten seuraavaksi siirryttiin määrittelemään sen asetuksia klikkaamalla kuvaan 34 merkittyä jakoavaimen kuvaa.



Kuva 34. Lista järjestelmän sisältämistä palveluista.

CIFS-protokollaan liittyvien asetusten lista oli todella pitkä, mutta suurin osa tarvittavista asetuksista oli määritelty automaattisesti valmiiksi. Oikeastaan ainoat asetukset jotka tarvitsi määritellä, olivat ruksin laittaminen kohtaan Enable home directories sekä kotikansioiden sijaintipolkujen määrittämiset kohtaan Home directories.



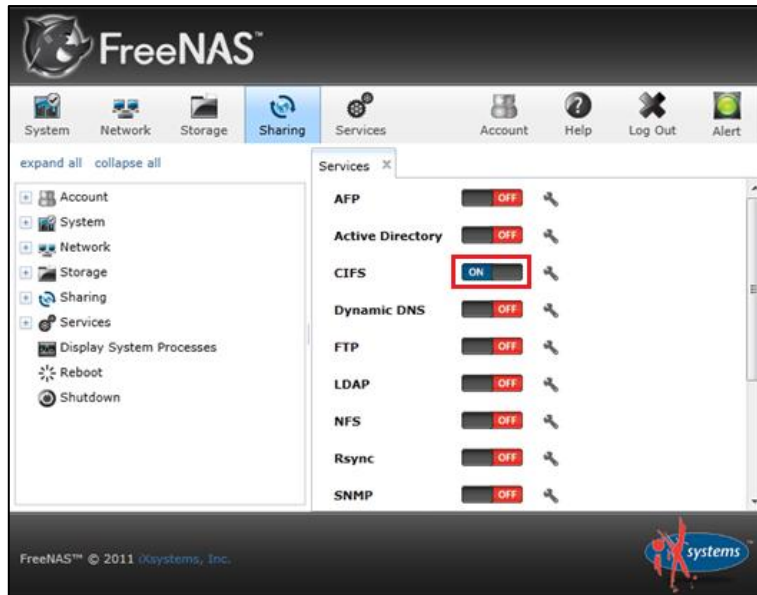


**CIFS Settings**

Authentication Model	Local User
NetBIOS name	freenas
Workgroup	WORKGROUP
Description	FreeNAS Server
DOS charset	CP437
UNIX charset	UTF-8
Log level	Minimum
Local Master	<input checked="" type="checkbox"/>
Time Server for Domain	<input checked="" type="checkbox"/>
Guest account	nobody
Allow guest access	<input type="checkbox"/>
Only allow guest access	<input type="checkbox"/>
File mask	
Directory mask	
Large RW support	<input type="checkbox"/>
Send files with sendfile(2)	<input checked="" type="checkbox"/>
EA Support	<input type="checkbox"/>
Support DOS File Attributes	<input checked="" type="checkbox"/>
Allow Empty Password	<input type="checkbox"/>
Auxiliary parameters	
Enable home directories	<input checked="" type="checkbox"/>
Enable home directories browsing	<input type="checkbox"/>
Home directories	/mnt/RAID1 <input type="button" value="Browse"/>
Enable AIO	<input checked="" type="checkbox"/>
Minimum AIO read size	1
Minimum AIO write size	1
Zeroconf share discovery	<input type="checkbox"/>

Kuva 35. CIFS-protokollan asetusten määrittely.

Kun CIFS-palvelun asetukset oli määriteltä, voitiin se käynnistää kuvaan 36 merkittyä painiketta klikkaamalla, jolloin palvelu siirtyi tilasta OFF tilaan ON.

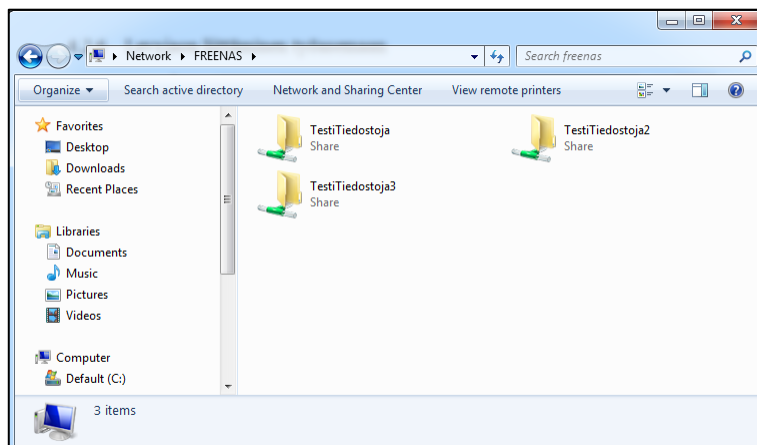


Kuva 36. CIFS-palvelun käynnistäminen.

Palvelimen konfigurointi oli nyt suoritettu, joten seuraavaksi siirryttiin liittämään työasemat luotuihin levyjakoihin.

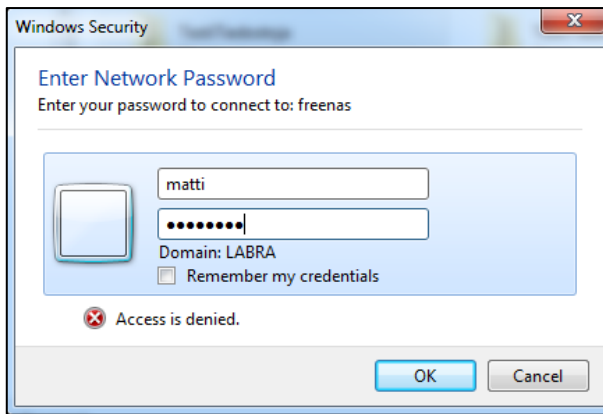
### 3.2.7 Levyjaon liittäminen työasemaan

Kun kumman tahansa työaseman resurssienhallintaikkunan osoiteriville kirjoitti FreeNAS-palvelimen verkkonimen \\FREENAS\, tulivat kaikki palvelimelle luodut levyjaot kuvan 37 mukaisesti näkyviin työasemalle.



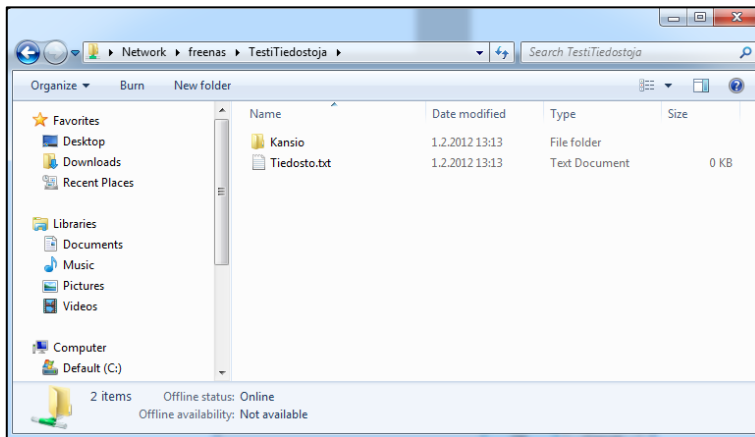
Kuva 37. Levyjaot työasemassa.

Pyrittäessä sisään mihin tahansa näistä levyjaoista, näkyviin tuli kuvan 38 mukainen ilmoitus siitä, että käyttöoikeudet eivät riittäneet kansion sisällön tutkimiseen. Tällöin otettiin käyttöön Matti Meikäläisen käyttäjätiedot, joilla päästiin käsiksi kansioden sisältöihin.



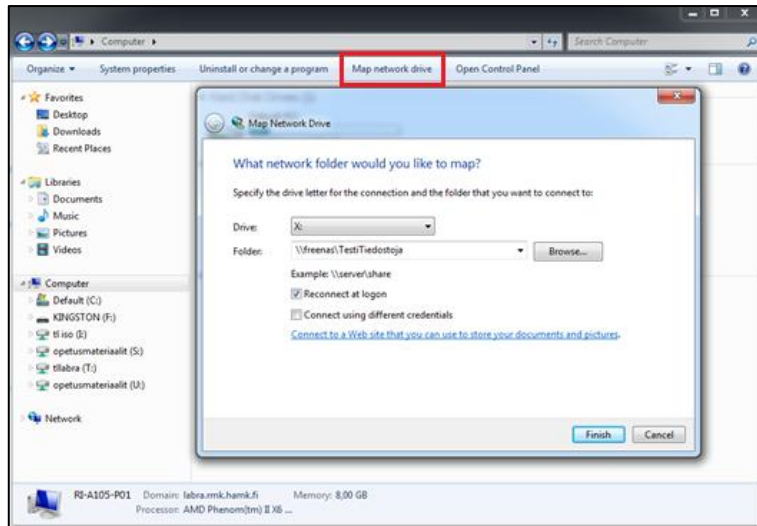
Kuva 38. Käyttäjätietojen kysely.

Levyjakojen auettua, luotiin niihin uusi kansio ja tekstitiedosto, jotta varmistuttiin siitä, että Matti pystyy lisäämään tiedostoja ja kansioita levyille.



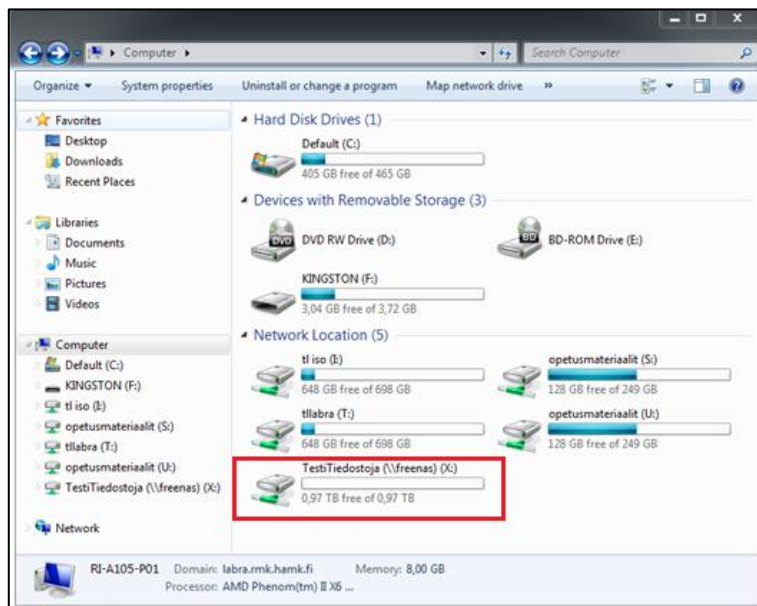
Kuva 39. Jaettuna olevia tiedostoja.

Koska levyjaot haluttiin nopeasti ja helposti käytettäviksi, luotiin niihin kiinteät linkitykset. Linkitys tehtiin avaamalla ensin työasemalta Computer. Tämän jälkeen pikavalikosta valittiin vaihtoehto Map network device. Tämän jälkeen valittiin verkkolevyille haluttu kirjain ja kirjoitettiin verkkojaon osoite esimerkin mukaisessa muodossa. Tässä tapauksessa verkkolevyn kirjaimeksi valittiin X ja verkkojaon osoite annettiin muodossa \\freenas\TestiTiedostoja.



Kuva 40. Kiinteän linkityksen luominen verkkojakoon.

Näiden toimenpiteiden jälkeen yksi levyjaoista ilmestyi näkyviin muiden verkkolevyjen joukkoon, josta se oli nopeasti ja helposti käytettävissä.



Kuva 41. Verkkolevyjen tarkastelu.

Näin ollen palvelin oli asennettu ja konfiguroitu onnistuneesti, joten voitiin todeta järjestelmän toimivan kokonaisuudessaan ja siirtyä testaamaan järjestelmän ominaisuuksia eri tilanteissa.

### 3.3 Järjestelmän vikasietoisuuden testaaminen

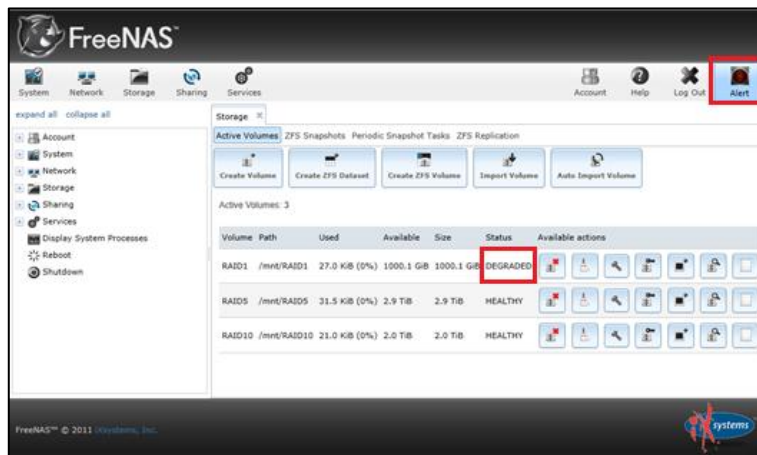
Järjestelmän luotettavuutta testattiin rikkomalla eri RAID-tasoilla toteutettujen loogisten levyjen eheys, poistamalla kustakin loogisesta levystä niin monta levyä kuin pitäisi olla mahdollista, ilman että kaikki levyillä ollut data menetetään.

Seuraavissa kappaleissa esitellään tarkemmin testien toteutus ja niistä saadut tulokset.

### 3.3.1 RAID 1 mukaisen loogisen levyn testaaminen

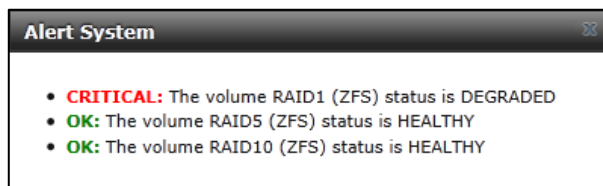
Ensimmäisenä testattiin RAID 1:n mukaisesti eli peilaamalla toteutettu looginen levy. Kuten teoria osuudesta käy ilmi, pitäisi peilaamalla toteutetun loogisen levyn toimia moitteettomasti, kunhan yksikin fyysisistä levyistä on ehjä. Näin ollen testi aloitettiin poistamalla kolme neljästä tämän loogisen levyn yksittäisistä kovalevyistä.

Kun kovalevyjen poistamisen jälkeen siirryttiin tarkastelemaan palvelimen tilannetta, oli helppo huomata, että ruudun oikeassa yläkulmassa vilkkui punainen varoitusvalo, merkinä siitä, että palvelimella ei ollut kaikki kunnossa.



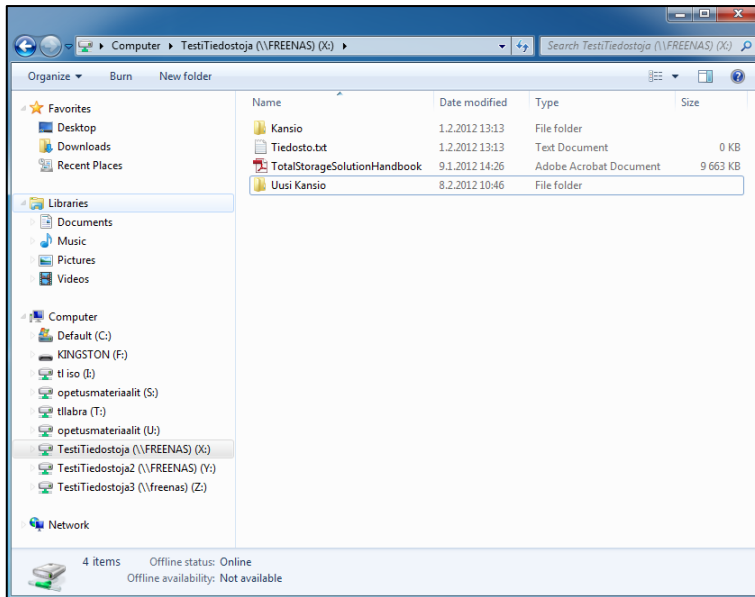
Kuva 42. Vikatilanne.

Vilkkuvaa varoitusvaloa klikattaessa ruudulle ilmestyi kuvan 43 mukainen ilmoitus, joka kertoi, että looginen levy RAID1 oli vioittunut.



Kuva 43. Hälytys.

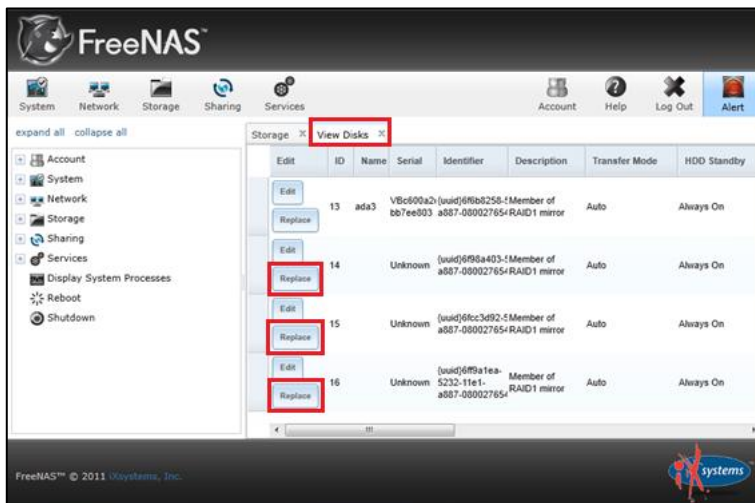
Vaikka looginen levy olikin vioittunut, olisi sen silti ainakin teorian mukaan pitänyt vielä toimia. Niinpä seuraavaksi testattiin, olivatko levyillä olleet tiedot vielä tallessa ja käyttökelpoisia. Kuten kuvasta 44 voidaan huomata, levyillä olleet tiedot olivat tallessa ja käyttökelpoisia.



Kuva 44. Vioittuneen levyn testaaminen.

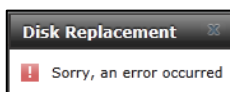
Seuraava vaihe tietojen säilymisen varmistamisen jälkeen, oli yrittää palauttaa järjestelmän eheys, korvaamalla rikkoutuneet levyt uusilla.

Rikkoutuneiden levyjen uusiminen aloitettiin siirtymällä kuvan 45 mukaisesti välilehdelle View Disks, jolloin näkyviin tuli lista tähän loogiseen levyyn kytketyistä kovalevyistä. Vialliset levyt vaihdettiin painamalla kunkin levyn kohdalla ollutta painiketta Replace.



Kuva 45. Rikkoutuneiden levyjen vaihtaminen.

Yritettäessä vaihtaa mitä tahansa vioittuneista levyistä, tuli ruudulle yllätteen kuvan 46 mukainen virheilmoitus, joka kertoi että on tapahtunut virhe, eikä vioittuneita levyjä näin ollen pystytty korvaamaan uusilla.



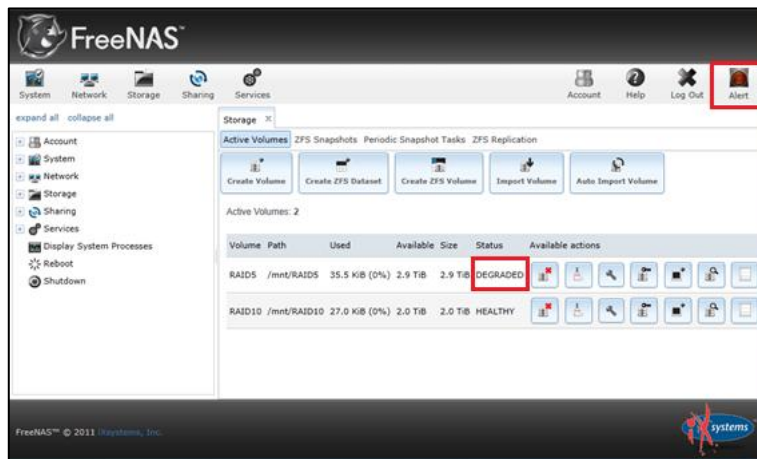
Kuva 46. Virheilmoitus.

Tämän testin lopputuloksena voitiin todeta, että tiedot kyllä säilyivät järjestelmässä tallessa, mutta järjestelmän palauttaminen eheäksi ei kuitenkaan onnistunut.

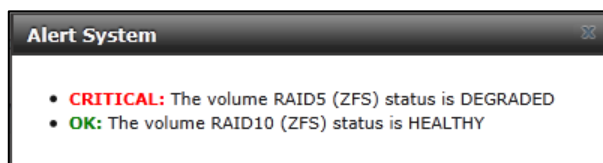
### 3.3.2 RAID 5 mukaisen loogisen levyn testaaminen

Seuraavaksi testattiin RAID 5:n mukaisesti toteutettu looginen levy. Kuten teoria osuudesta käy ilmi, pitäisi RAID 5:llä toteutetun loogisen levyn kestää yhden kovalevyn hajoaminen, ilman että kaikkea levyllä ollutta dataa menetettäisiin. Näin ollen neljästä levystä poistettiin vain yksi, jonka jälkeen voitiin aloittaa vioittuneen järjestelmän testaaminen.

Kuten edellisessäkin testissä, myös tässä tapauksessa hälytysvalo alkoi vilkkua ja sitä klikkaamalla tuli esiin kuvan 48 mukainen hälytys-ikkuna, joka kertoi loogisen levyn RAID5 vioittuneen.

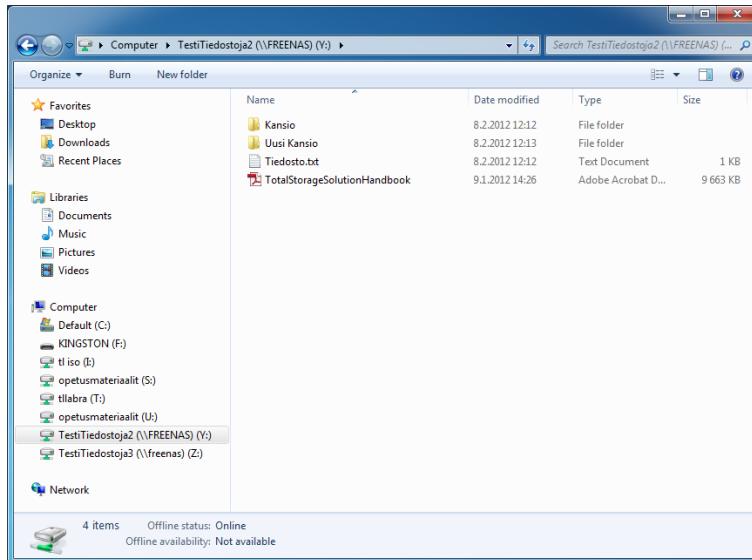


Kuva 47. Vikatilanne.



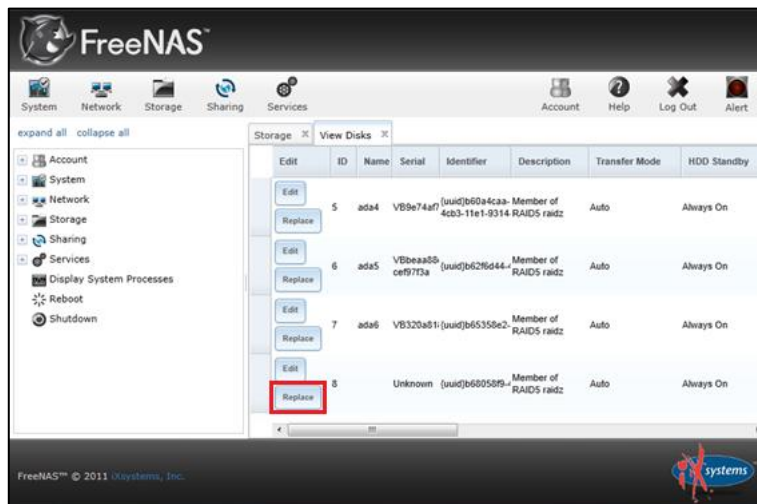
Kuva 48. Hälytys.

Tässäkin tapauksessa tietojen olisi pitänyt vioittuneesta levystä huolimatta säilyä käyttökelpoisina ja kuten kuvasta 49 nähdään, näin myös tapahtui.



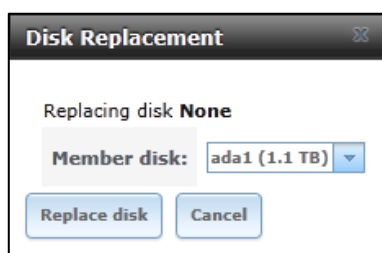
Kuva 49. Vioittuneen levyn testaaminen.

Seuraavaksi yritettiin kuvan 50 mukaisesti vaihtaa vioittunut levy uuteen.



Kuva 50. Vioittuneen levyn vaihtaminen.

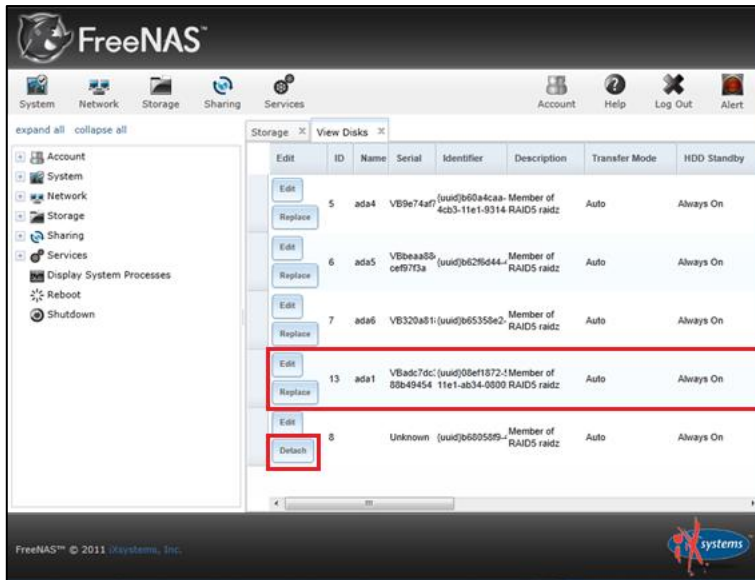
Tällä kertaa näkyviin tulikin kuvan 51 mukainen ikkuna, josta valittiin vioittuneen kovalevyn tilalle uusi kovalevy ja suoritettiin levyn korvaaminen painamalla painiketta Replace disk.



Kuva 51. Korvaavan levyn valinta.

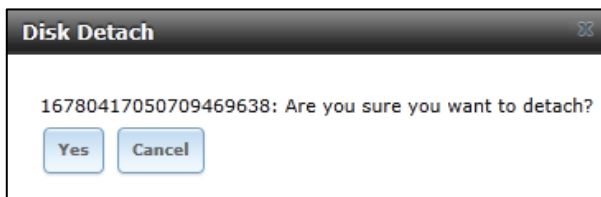
Uusi kovalevy ilmestyi kuvan 52 mukaisesti muiden levyjen joukkoon, joten vioittunut levy voitiin irrottaa järjestelmästä painikkeella Detach.





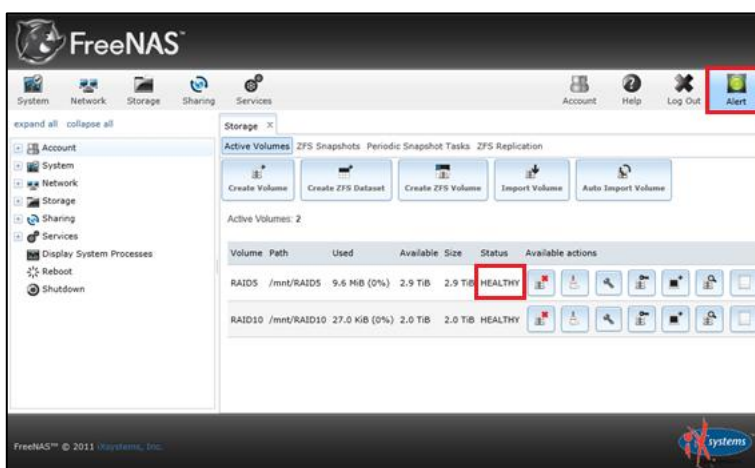
Kuva 52. Rikkoutuneen levyn poistaminen.

Lopuksi vahvistettiin vioittuneen levyn irrottaminen, klikkaamalla avautuneesta ikkunasta painiketta Yes.



Kuva 53. Vanhan levyn poistamisen vahvistus.

Kuten kuvasta 54 nähdään, järjestelmä palautui täysin eheäksi, joten yhteenvetona tästä testistä voitiin todeta, että kaikki toimi kuten pitikin eli teoria ja käytäntö kohtasivat toisensa.

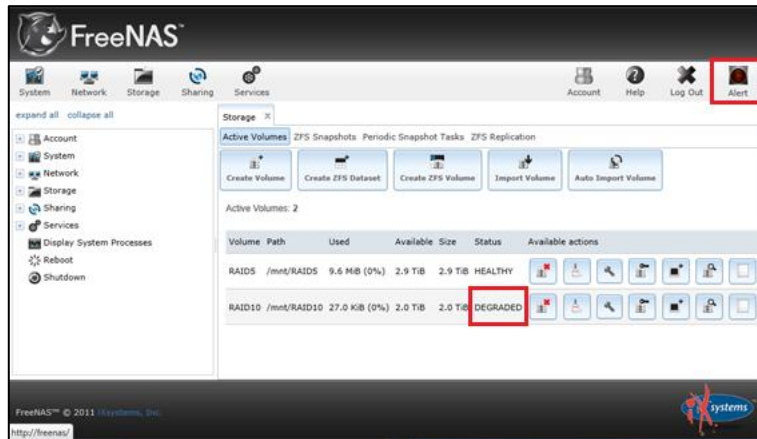


Kuva 54. Ehea järjestelmä.

### 3.3.3 RAID 10 mukaisen loogisen levyn testaaminen

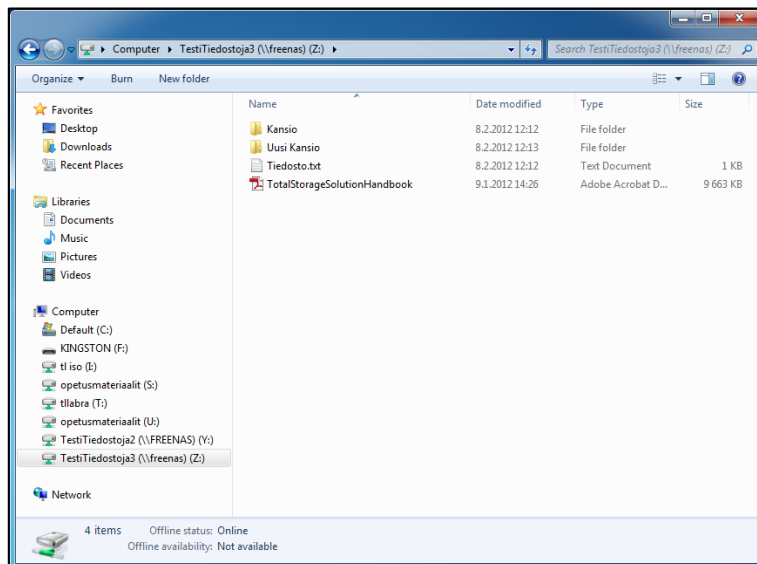
Viimeisenä testattiin RAID 10:n mukaisesti toteutettu looginen levy. Kuten teoria osuudesta käy ilmi, pitäisi RAID 10:llä toteutetun loogisen levyn pysyä käyttökelpoisena niin kauan kun jokaisessa peilissä on vähintään yksi ehjä kovalevy. Tässä tapauksessa poistettiin siis kummankin peilin toinen kovalevy.

Kuten edellisissäkin testeissä, myös tässä tapauksessa punainen hälytysvalo alkoi vilkkua ja levyn tila muuttui vioittuneeksi.



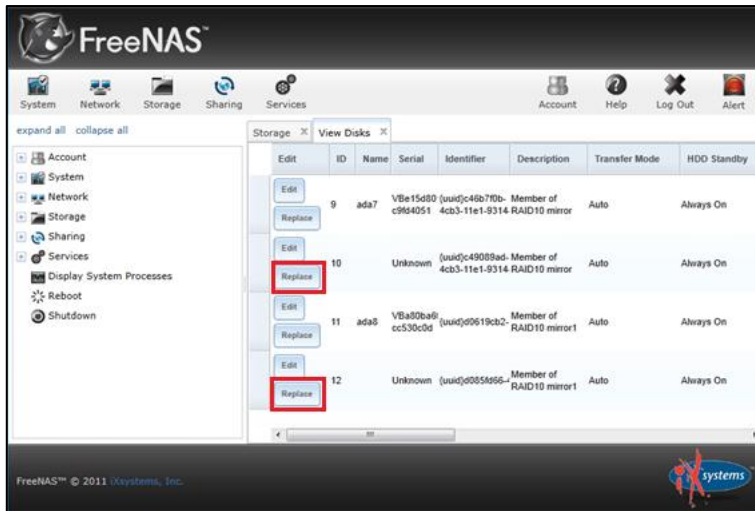
Kuva 55. Vikatilanne.

Tässäkin tapauksessa olisi tietojen pitänyt vioittuneesta levystä huolimatta säilyä käyttökelpoisina ja kuten kuvasta 56 nähdään, näin myös tapahtui.

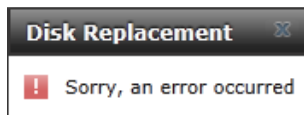


Kuva 56. Vioittuneen levyn testaaminen.

Tämän jälkeen yritettiin korvata vioittuneita levyjä uusilla, mutta toimenpide ei onnistunut, sillä ruutuun tuli jälleen kuvan 58 mukainen virheilmoitus, joka kertoi, että toimenpiteen aikana oli tapahtunut virhe.



Kuva 57. Vioittuneiden levyjen vaihtaminen.



Kuva 58. Virheilmoitus.

Tämän testin lopputulos oli käytännössä samanlainen kuin ensimmäisessä RAID 1:llä toteutetussa testissä, sillä myös tässä tapauksessa tiedot säilyivät tallessa, mutta järjestelmän palauttaminen eheäksi ei onnistunut.

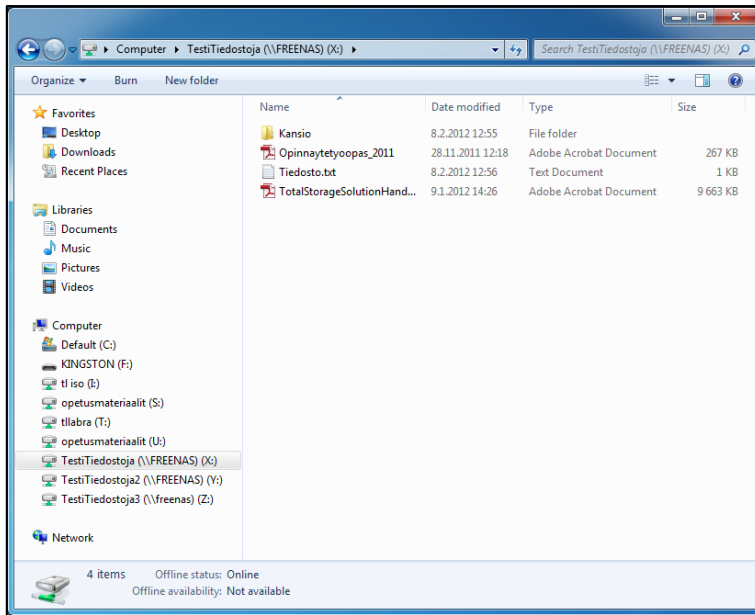
## 3.4 Tilannekuvien testaaminen

Tässä työssä käytettiin ZFS-tiedostojärjestelmää, joka mahdollisti eräänlaisten varmuuskopioiden eli tilannekuvien hyödyntämisen. Tilannekuvia oli mahdollista hyödyntää, joko manuaalisesti tai luomalla sääntöjä, joiden mukaisesti järjestelmä otti loogisista levyistä tilannekuvat automaattisesti.

Seuraavissa kappaleissa esitellään tarkemmin sekä manuaalisten että automaattisten tilannekuvien ottamisen ja palauttamisen vaiheet.

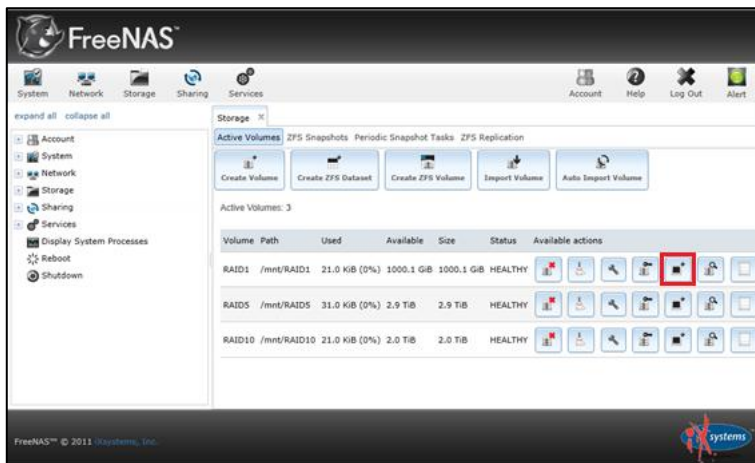
### 3.4.1 Manuaalisen tilannekuvan testaaminen

Ensimmäiseksi testattiin tilannekuvan manuaalista vaihtoehtoa. Testi aloitettiin laittamalla kuvan 59 mukaisesti satunnaisia tiedostoja RAID 1:llä toteutetulle levyille.

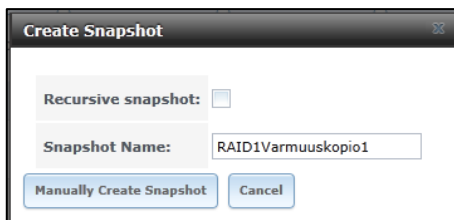


Kuva 59. Levyllä olevat testidatat.

Manuaalinen tilannekuva otettiin klikkaamalla kuvaan 60 merkittyä painiketta Create Snapshot, jolloin näkyviin tuli kuvan 61 mukainen ikkuna, jossa annettiin tilannekuvalle tunnistettava nimi RAID1Varmuuskopio1.



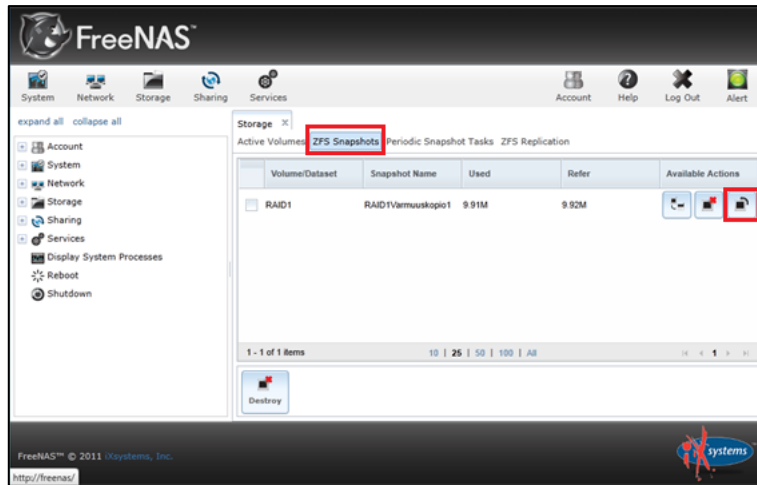
Kuva 60. Tilannekuvan ottaminen manuaalisesti.



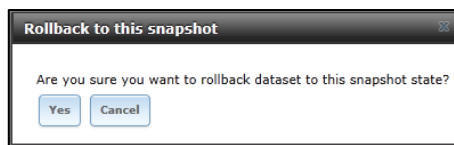
Kuva 61. Tilannekuvan nimeäminen.

Tilannekuvan ottamisen jälkeen testattiin luonnollisesti sen palauttamista. Ensiksi poistettiin kaikki tiedostot kuvassa 59 näkyvältä levyllä, jotta saatiin luotua testitilanne siitä, että oikeassa elämässä käyttäjä olisi vahingossa poistanut kaikki tärkeät tiedostonsa.

Varsinainen tilannekuvan palauttaminen suoritettiin menemällä kuvan 62 mukaisesti, tilannekuvat sisältävälle välilehdelle ZFS Snapshot ja klikkaamalla sieltä painiketta Rollback to this snapshot, sekä vahvistamalla tämän jälkeen tilannekuvan palauttamisen.

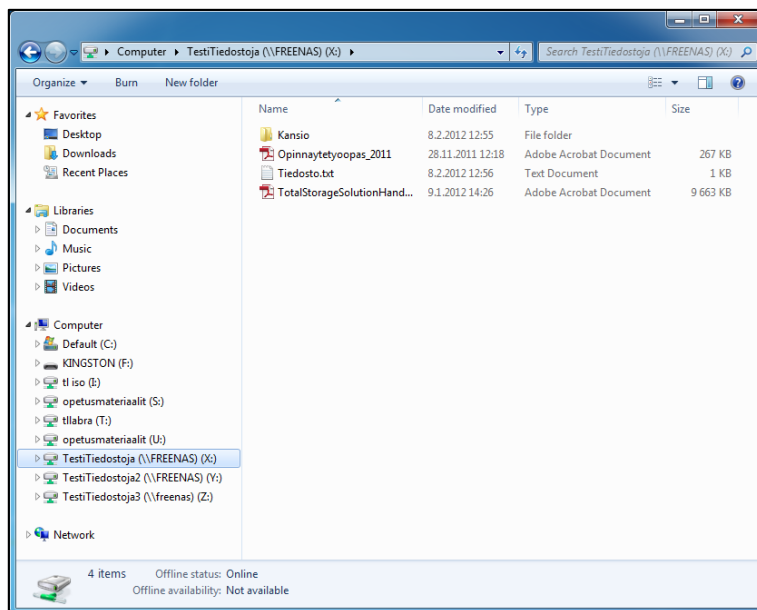


Kuva 62. Tilannekuvan palauttaminen.



Kuva 63. Tilannekuvan palauttamisen hyväksyminen.

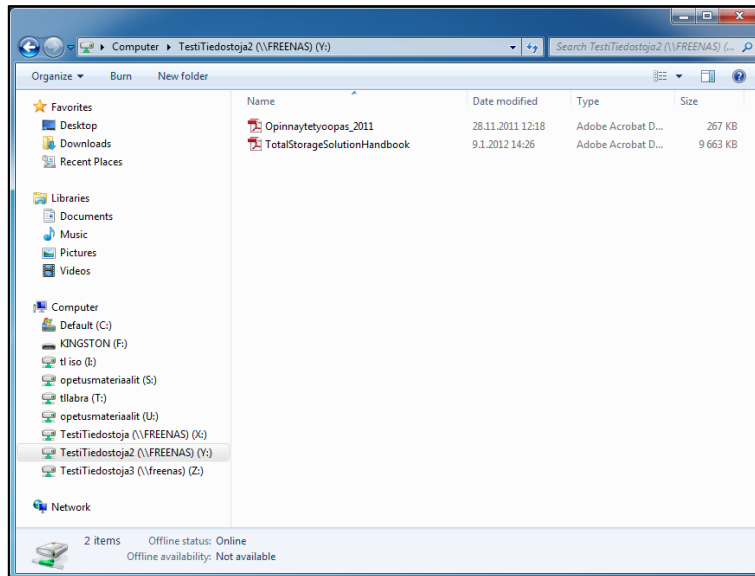
Päivittämällä verkkolevyn sisällön varmuuskopion palauttamisen jälkeen, voitiin kuvan 64 mukaisesti todeta, että kaikki levyllä olleet tiedostot olivat palautuneet käyttökelpoisina takaisin eli tilannekuva oli täyttänyt tehtävänsä kelpoisesti.



Kuva 64. Palautuneet tiedostot.

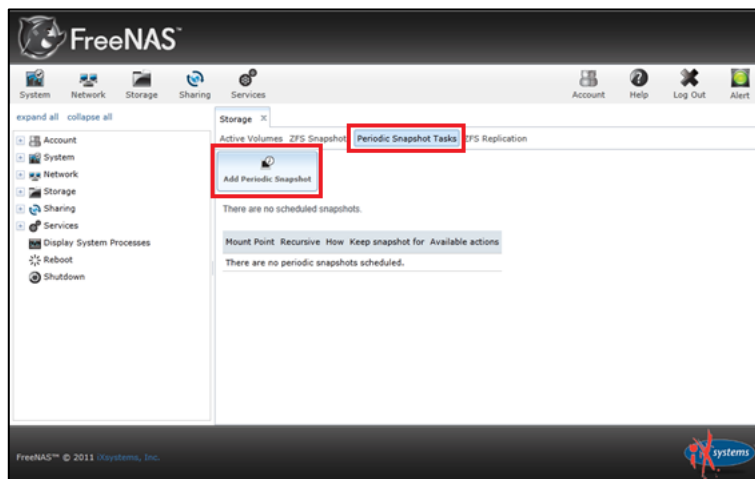
## 3.4.2 Automaattisen tilannekuvan testaaminen

Manuaalisen tilannekuvan testaamisen jälkeen testattiin automaattisen tilannekuvan toimivuutta. Tämäkin testi aloitettiin laittamalla testidataa verkkolevyille.



Kuva 65. Levyllä olevat testidatat.

Automaattinen tilannekuva luotiin siirtymällä ensin välilehdelle Periodic Snapshot Tasks ja klikkaamalla sieltä painiketta Add Periodic Snapshot.



Kuva 66. Automaattisen tilannekuvan ottaminen.

Tällöin avautui kuvan 67 mukainen ikkuna, jossa määriteltiin mistä loogisesta levystä tilannekuva otettiin, kuinka kauan sitä säilytettiin, kuinka usein ja minä päivinä sekä minkä kellonaikojen välissä se otettiin.

**Periodic Snapshots**

Mount Point: /mnt/RAID5

Recursive:

Lifetime: 2 Week(s)

Begin: 1:15 PM

End: 1:15 PM

Interval: 1 day

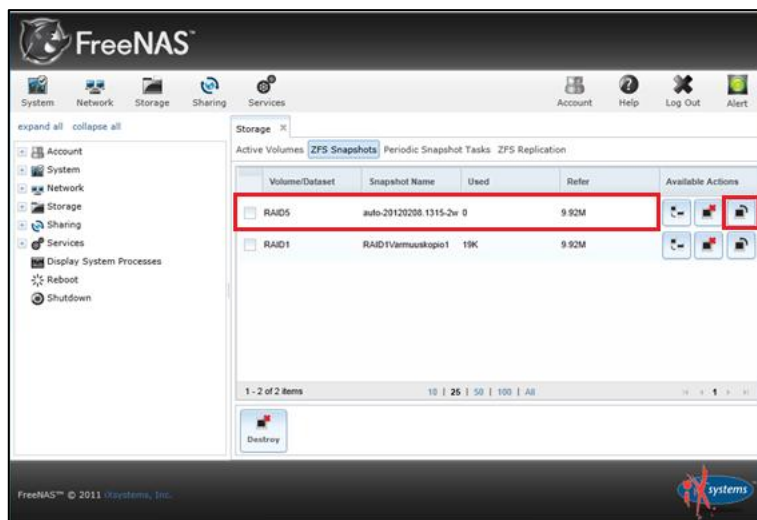
Weekday:

- Monday
- Tuesday
- Wednesday
- Thursday
- Friday
- Saturday
- Sunday

Create Snapshot Cancel

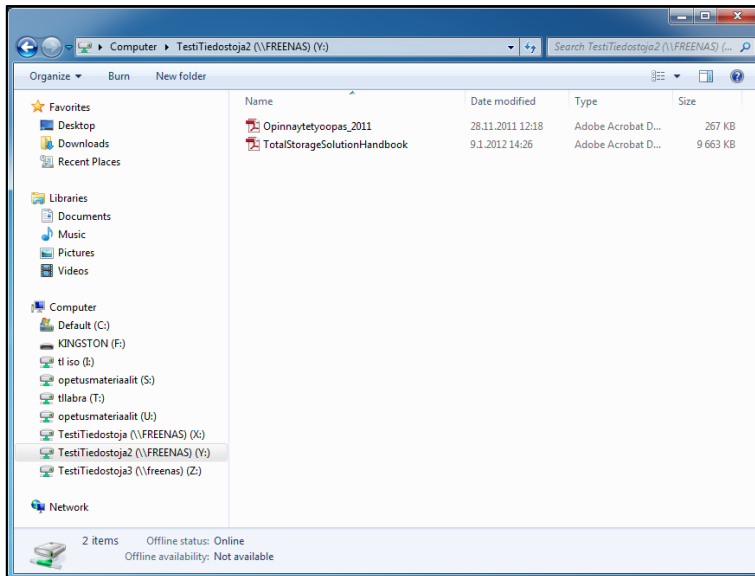
Kuva 67. Automaattisen tilannekuvan asetusten määrittely.

Asetusten määrittelyn jälkeen odotettiin, kunnes määritellyt asetukset toteutuivat ja järjestelmä otti tilannekuvan automaattisesti. Tämän jälkeen poistettiin kuvassa 65 näkyvältä levyllä kaikki tiedostot ja suoritettiin kuvassa 68 näkyvän automaattisesti otetun tilannekuvan palauttaminen.



Kuva 68. Järjestelmän ottama tilannekuva.

Päivittämällä verkkolevyn sisällön varmuuskopion palauttamisen jälkeen, voitiin kuvan 69 mukaisesti todeta, että kaikki levyllä olleet tiedostot olivat palautuneet käyttökelpoisina takaisin eli automaattisesti otettu tilannekuva oli täyttänyt tehtävänsä kelpollisesti.



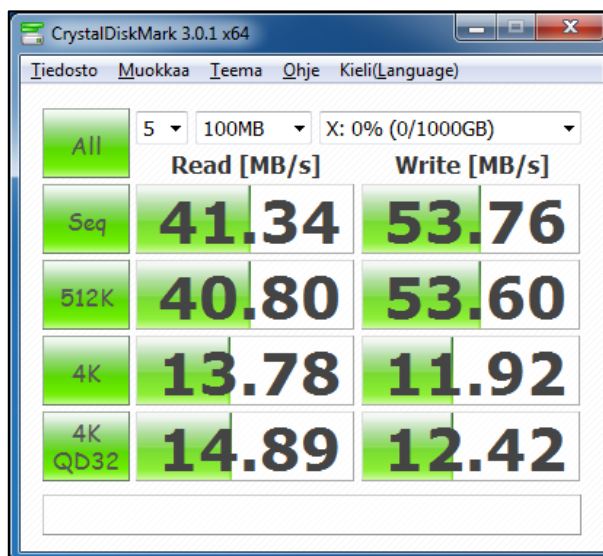
Kuva 69. Palautuneet tiedostot.

### 3.5 Luku- ja kirjoitusnopeuksien testaaminen

Viimeisinä testeinä suoritettiin suuntaa antavat eri RAID-tasoilla toteutettujen loogisten levyjen luku- ja kirjoitusnopeustestit.

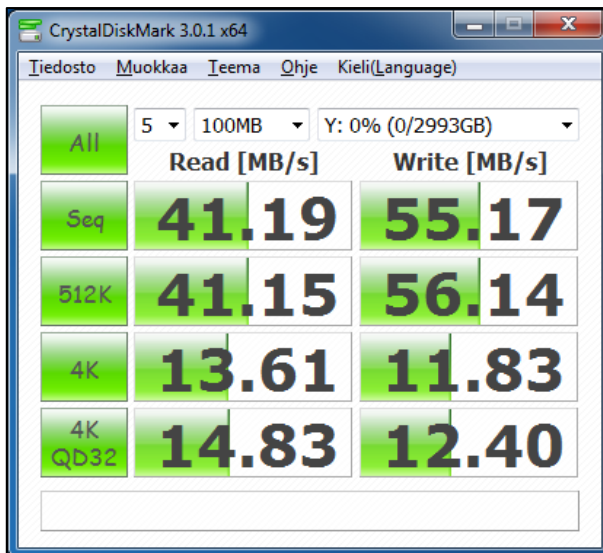
Teorian mukaan eri RAID-tasojen luku- ja kirjoitusnopeuksissa pitäisi olla huomattaviakin eroja, mutta kuten kuvissa 70, 71 ja 72 olevista testituloksista nähdään, ei ainakaan näissä testeissä eri RAID-tasojen mukaisesti toteutettujen loogisten levyjen nopeuksien välille saatu juuri minkäänlaisia eroavaisuuksia.

Selitys siihen, miksi nopeuseroja ei näissä testeissä juurikaan saatu aikaiseksi, on siinä, että kaikissa tapauksissa nopeutta rajoittavaksi tekijäksi muodostui käytössä olleen verkon nopeus.

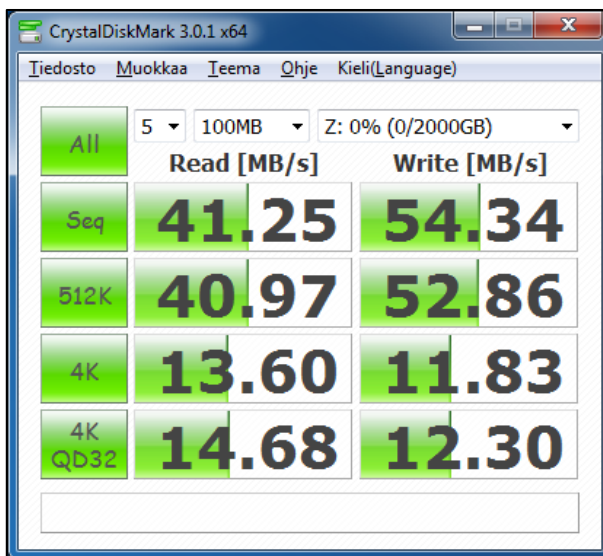


Kuva 70. RAID 1:n nopeustesti.





Kuva 71. RAID 5:n nopeustesti.



Kuva 72. RAID 10:n nopeustesti.

## 4 TYÖN TULOKSET

Työstä saadut tulokset voidaan käytännössä jakaa kahteen yhtä tärkeään osaan. Ensimmäisessä osassa tarkasteltiin työssä rakennetun järjestelmän toimivuutta ja luotettavuutta sellaisenaan sekä pohdittiin näiden ominaisuuksien tasoa, verrattaessa niitä kaupallisten ratkaisujen vastaaviin ominaisuuksiin. Toisessa osassa tarkasteltiin työssä rakennetun järjestelmän käytettävyyttä. Huomiota kiinnitettiin erityisesti järjestelmän asennuksen vaiheisiin, erilaisten konfiguraatioiden tekemisen vaatimuksiin, graafisen käyttöliittymään selkeyteen ja toimintaan sekä järjestelmän luku- ja kirjoitusnopeuksiin.

### 4.1 Järjestelmän luotettavuus

Kaiken kaikkiaan yleiskuva luodun järjestelmän luotettavuudesta ja toimivuudesta jäi varsin positiiviseksi, mutta muutamat ongelmat aiheuttivat kuitenkin harmia. Ehdottomasti tärkein positiivinen asia oli se, että loogisilla levyillä ollut data ei itsessään korruptoitunut missään vaiheessa. Toinen hyvin positiivinen asia oli tilannekuvien toimivuus, sillä sekä niiden ottaminen että palauttaminen niin manuaalisena kuin automatisoitunakin versiona toimivat moitteettomasti.

Järjestelmän merkittävin ongelma tuli esiin, kun kahdessa testissä kolmesta, järjestelmän eheyttäminen alkuperäiseksi, eli rikkoutuneiden kovalevyjen korvaaminen uusilla ei onnistunut. Tässäkin tapauksessa data säilyi käyttökelpoisena, mutta oikeassa tilanteessa se olisi pitänyt siirtää mahdollisimman nopeasti turvaan jollekin muulle tallennusmedialle.

Järjestelmän konfiguroinnin ja testaamisen aikana siinä ilmeni myös jonkin verran bugeja. Esimerkiksi muutaman kerran kävi niin, että luodut konfiguraatiot eivät tallentuneet mihinkään, joten saman asian joutui tekemään useampaan kertaan. Toinen varsin merkittävä ongelma oli se, että järjestelmän palvelut eivät aina käynnistyneet ja palvelimen joutui käynnistämään uudelleen, jonka jälkeen kaikki toimi jälleen normaalisti.

Kohtalaisen hyvästä yleisvaikutelmasta huolimatta, itselleni jäi kuitenkin hieman varauksellinen olo järjestelmän luotettavuudesta, sillä työn aikana esiin tulleet ongelmat laskivat omaa luottoani järjestelmää kohtaan ja nostivat esiin kysymyksen siitä, kuinka tärkeää dataa luotuun järjestelmään oikeasti uskaltaisi tallentaa?

### 4.2 Järjestelmän käytettävyys

Käytettävyydeltään järjestelmä osoittautui varsin hyväksi ja helppokäyttöiseksi. Varsinainen palvelimen asennus on hyvin yksikertainen ja helppo toimenpide suorittaa, eikä sisällä kuin muutaman vaiheen. Palvelimen asennuksen jälkeen järjestelmän hallinta ja konfigurointi tapahtuikin selaimella käytettävällä graafisella käyttöliittymällä, joka on huomattavasti helpompi ja käyttäjäystävällisempi ratkaisu, kuin perinteinen tekstipohjainen käyttöliittymä.

Graafinen käyttöliittymä on varsin selkeä, yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Kaikki tarvittavat toiminnot löytyvät varsin helposti ja erilaiset valikot ovat selkeät ja toimivat. Huolimatta siitä, että erilaisia konfiguraatioita tehtäessä vaihtoehtoja ja ominaisuuksia on käytettävissä todella runsaasti, yksinkertaisten peruskäyttöön soveltuvien konfiguraatioiden tekeminen onnistuu helposti, vaikka järjestelmän käyttäjällä ei olisikaan kovin hyvää tuntemusta erilaisista tietoteknisistä termeistä ja tekniikoista.

Työn loppuvaiheessa toteutettiin vielä eri RAID-tasojen mukaisesti toteutettujen loogisten levyjen nopeustestit, joilla oli tarkoitus saada osviittaa siitä, minkälaisiin tiedonsiirtonopeuksiin järjestelmä kykenee. Näissä testeissä ei saatu nopeuseroja eri RAID-tasojen välille, vaan merkittävimmäksi tekijäksi muodostui käytössä olleen verkon nopeus. Tässä tapauksessa käytössä ollut verkko mahdollisti noin 40 MB/s lukunopeuden ja noin 50 MB/s kirjoitusnopeuden. Nämä nopeudet ovat melko hyviä ja mahdollistavat suurienkin tiedostojen siirrot kohtuullisissa ajoissa.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Työhön asetetut tavoitteet saavutettiin erinomaisesti, sillä työn lopputuloksena saatiin aikaiseksi tietojen varmistamiseen soveltuva NAS-järjestelmä, joka on niin helppokäyttöinen, että hieman osaavampi kotikäyttäjäkin pystyy luomaan sellaisen itselleen, mutta kuitenkin niin monipuolinen ja laaja, että sen ominaisuudet riittävät myös vaativampaan käyttöön, kuten esimerkiksi pienen yrityksen tarpeisiin.

Työn toisena merkittävänä tavoitteena oli saada aikaiseksi kokonaiskuva siitä, kuinka työssä toteutettu järjestelmä suhteutuu valmiisiin kaupasta saataviin järjestelmiin. Tämäkin tavoite toteutui varsin hyvin, vaikka kaupallisia järjestelmiä ei sinällään testattukaan. Työssä luodun järjestelmän hyvät ja etenkin huonot puolet antoivat selkeän käsityksen siitä, että mikäli oikeasti tarvitaan todella luotettavaa, kriittisen datan säilyttämiseen käytettävää järjestelmää, on syytä jättää tässä työssä esitelty ratkaisu väliin ja lähteä etsimään sopivaa kaupallista ratkaisua.

### 5.2 Jatkotoimenpiteet ja suositukset

Yksi mahdollisesti tässä työssä esitellyn järjestelmän luotettavuutta parantava ratkaisu rajautui tämän työn ulkopuolelle. Tämä ratkaisu olisi paikallisten tilannekuvien siirtäminen myös jollekin järjestelmän ulkopuoliselle laitteelle. Tällöin järjestelmässä olleiden tietojen palauttaminen pitäisi olla mahdollista missä tilanteessa tahansa.

Kuten jo aikaisemmin tekstissä mainittiin, aikaiseksi saadun järjestelmän käyttäminen ei ole suositeltavaa kriittisten tietojen säilyttämiseen. Järjestelmä tarjoaa kuitenkin varsin hyvän suojan prioriteetiltaan hieman matalammalle datalle.

Kuten jo aiheen valinnan perusteluista käy ilmi, suurella osalla tavallisista käyttäjistä ei ole käytössään minkäänlaista tietojen varmistusta, vaan kaikki data on tallennettuna yhdelle kovalevyille. Mikäli kyseinen levy rikkoutuu, käyttäjä menettää kaiken datansa. Tähän yleisesti vallitsevaan tilanteeseen verrattuna, tässä työssä esitellyn järjestelmän käyttöönotto pienentää yksittäisen käyttäjän tietojen katoamisen riskiä huomattavasti.

## LÄHTEET

Alabi, D. 2004. NAS, DAS, SAN? – Choosing the Right Storage Technology for Your Organization. Viitattu 13.2.2012.  
<http://www.storagesearch.com/xtore-art1.html>

Apple. 2011. Apple Filing Protocol Programming Guide. pdf-tiedosto. Viitattu 14.2.2012.  
[https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Networking/Conceptual/AFP/AFP3\\_1.pdf](https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Networking/Conceptual/AFP/AFP3_1.pdf)

Bonwick, J. & Moore, B. n.d. ZFS – The Last Word In File Systems. pdf-tiedosto. Viitattu 14.2.2012.  
<http://hub.opensolaris.org/bin/download/Community+Group+zfs/docs/zfs/last.pdf>

Chen, P.M., Gibson, G.A., Katz, R.H., Lee, E.K & Patterson, D.A. 1994. RAID: High-Performance, Reliable Secondary Storage. pdf-tiedosto. Viitattu 7.2.2012.  
<http://www-classes.usc.edu/engr/ee-s/657h/p145-chen.pdf>

FreeNAS. 2012. FreeNAS 8 Features: in depth. Viitattu 15.2.2012.  
<http://www.freenas.org/features>

Gibson, G., Katz, R.H. & Patterson, D.A. 1988. A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID). University of California, Berkeley. pdf-tiedosto. Viitattu 7.2.2012.  
<http://www.cs.cmu.edu/~garth/RAIDpaper/Patterson88.pdf>

Gibson, G.A., Katz, R.H. & Patterson, D.A. 1989. Disk System Architectures for High Performance Computing. University of California, Berkeley. pdf-tiedosto. Viitattu 7.2.2012.  
<http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/1989/CSD-89-497.pdf>

Goldberg, D., Kleiman, S., Lyon, B., Sandberg, R. & Walsh, D. 1985. Design and Implementation of the Sun Network Filesystem. pdf-tiedosto. Viitattu 14.2.2012.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=02DC83B183D22ECFE05FD90229DAF1CB?doi=10.1.1.14.473&rep=rep1&type=pdf>

Heizer, I., Leach, P. & Perry, D. 1996. Common Internet File System Protocol (CIFS/1.0). pdf-tiedosto. Viitattu 14.2.2012.  
<http://tools.ietf.org/pdf/draft-heizer-cifs-v1-spec-00.pdf>

Hitz, D., Lau, J. & Malcolm, M. 2005. File System Design for an NFS File Server Appliance. Network Appliance. pdf-tiedosto. Viitattu 7.2.2012.  
[http://media.netapp.com/documents/wp\\_3002.pdf](http://media.netapp.com/documents/wp_3002.pdf)

Itmanagement. n.d. Storage FAQ. Viitattu 13.2.2012.  
<http://www.itmanagement.com/faq/storage-faq/>

Javvin. n.d. Microsoft CIFS: Common Internet File System protocol. Viitattu 14.2.2012.

<http://www.javvin.com/protocolCIFS.html>

Kelkka, R. 2007. Linux-harjoitustyö – Network File System (NFS). Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknistoloudellinen tiedekunta. Tietotekniikan osasto. Tietoliikennetekniikan laitos. pdf-tiedosto. Viitattu 14.2.2012.

[http://www2.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5316800/Linux-tyot/NFS-Raine\\_Kelkka-dokumentti.pdf](http://www2.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5316800/Linux-tyot/NFS-Raine_Kelkka-dokumentti.pdf)

Lavigne, D. 2012. FreeNAS 8.0.3 users guide. pdf-tiedosto. Viitattu 15.2.2012.

[http://www.freenas.org/images/resources/freenas8.0.3/freenas8.0.3\\_guide.pdf](http://www.freenas.org/images/resources/freenas8.0.3/freenas8.0.3_guide.pdf)

Layton, J.B. 2011. Intro to Nested-RAID:RAID-01 and RAID-10. Viitattu 7.2.2012.

<http://www.linux-mag.com/id/7928/>

Leskinen, J. n.d. NFS (Network File System). Harjoitustyö. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 14.2.2012.

<http://users.jyu.fi/~jyril/opiskelu/NFS.html>

Linux.fi-wiki. 2011. ZFS. Viitattu 14.2.2012.

<http://linux.fi/wiki/ZFS>

Programming4Us. 2010. Windows server 2008 : Configuring Storage. Viitattu 14.2.2012.

[http://mscerts.programming4.us/windows\\_server/windows%20server%202008%20%20%20configuring%20storage.aspx](http://mscerts.programming4.us/windows_server/windows%20server%202008%20%20%20configuring%20storage.aspx)

Sacks, D. 2001. Demystifying DAS, SAN, NAS, NAS Gateways, Fibre Channel, and iSCSI. pdf-tiedosto. Viitattu 14.2.2012.

[http://www-03.ibm.com/industries/ca/en/education/k12/technical/whitepapers/storage\\_networking.pdf](http://www-03.ibm.com/industries/ca/en/education/k12/technical/whitepapers/storage_networking.pdf)

Sun Microsystems. 2004. ZFS: the last word in file systems. Viitattu 14.2.2012.

<http://web.archive.org/web/20060428092023/http://www.sun.com/2004-0914/feature/>

Vadala, D. 2002. Managing RAID on Linux. Sebastopol: O'Reilly Media. Viitattu 7.2.2012. Saatavissa Google Books-palvelussa:

<http://books.google.fi/books?id=DkonSDG8jUMC&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>

Viitanen Arto. 2004. RAID. Tietokonearkkitehtuurit kurssin luentomateriaali. Tampereen yliopisto. Viitattu 7.2.2012.

<http://www.cs.uta.fi/tarkki/suoritus/luennot/raid.html#tab:raid>

