

Kryptovaluuttojen louhinta näytönohjaimilla Hive OS käyttöjärjestelmällä

Miko Hirvelä

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu
Amk-opinnäytetyö
2023
Tradenomin tutkinto

Tiivistelmä

Tekijä

Miko Hirvelä

Tutkinto

Tradenomi

Raportin/Opinnäytetyön nimi

Kryptovaluuttojen louhinta näytönohjaimilla Hive OS käyttöjärjestelmällä

Sivu- ja liitesivumäärä

34 + 5

Opinnäytetyön tavoitteena toteuttaa kryptovaluuttoja louhiva järjestelmä, joka suorittaa itse louhinnan näytönohjaimilla. Järjestelmää käytetään Linux pohjaisella Hive OS-käyttöjärjestelmällä, jonka peruskäyttö ja ominaisuudet käydään työn toiminnallisessa osiossa tarkemmin lävitse. Samalla tarkoituksena on kuvata työn eri vaiheet riittävän tarkasti sitä varten, että lukija voi työn avulla ymmärtää sekä halutessaan toistaa koko prosessin, olettaen, että lukijalla on hallussaan perustason IT-taidot.

Työ ei käsittele itse kryptovaluuttoja taikka tarkkoja henkilökohtaisia taloudellisia tietojani. Painopisteenä on tämän sijaan avartaa lukijalle kryptovaluuttojen louhinnan käytännöllistä puolta. Poikkeuksena kryptovaluutoista on kuitenkin Ethereum, josta mainitaan esimerkiksi louhinnan kannattavuuteen liittyen yhtenä aihealueen merkittävänä muuttujana.

Teoriaosuus sisältää tarvittavan tiedon ja perehdytyksen aihepiiriin ja haasteellisempien ja tuntemattomampien teknisten seikkojen, kuten eri PCIe-liitäntöjen pariin, jotta toiminnallisen osion sisältö on helpommin ymmärrettävissä, vaikka kryptovaluutat ja niiden louhinta olisivatkin lukijalle uusi tuttavuus.

Toiminnallinen osio puolestaan käy laajemmin läpi työssä käytetyn laitteiston, siihen kuuluvat komponentit sekä käy tarkemmin läpi käyttöjärjestelmän peruskäyttöä. Tähän osioon sisältyy tekstin lisäksi videomateriaalia käytetystä laitteistosta sekä käyttöjärjestelmästä. Videot ovat oleellinen osa työn kokonaisuutta ja sen ymmärtämistä.

Viimeisenä työn osiona on pohdinta, jossa arvioidaan työn onnistumista, kuvaillaan työn aikana muodostunutta omaa oppimista sekä käydään lyhyesti läpi laajennus- ja jatkamahdollisuuksia.

Asiasanat

Louhinta, näytönohjain, kryptovaluutta, virtuaalivaluutta.

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tausta ja työn toteutus.....	1
1.2	Keskeiset käsitteet	2
2	Louhinta näytönohjaimilla.....	4
2.1	Louhintasyndikaatit	4
2.2	PCIe.....	5
2.3	Virtakaapelit ja virransyöttö	6
2.4	Tarvittavat komponentit.....	9
2.5	Näytönohjainten ja kryptovaluuttojen markkinatilanne	11
2.6	Näytönohjainten vertailua.....	12
3	Louhinta käytännössä	16
3.1	Komponenttivalinnat ja laitteiston esittely.....	16
3.2	Video järjestelmän esittelystä	17
3.3	Hive OS asennus	18
3.4	Ohjelmiston käyttö	20
3.5	Video Hive OS käytöstä	20
4	Ylikellotus ja hienosäätö.....	21
4.1	VBIOS muokkaus.....	22
4.2	Ylikellotus Hive OS:n kautta	23
5	Muuta huomioitavaa	26
5.1	Näytönohjainten perushuolto.....	26
5.2	Louhintaympäristön hallinta.....	28
6	Pohdinta.....	29
6.1	Riskit.....	29
6.2	Onnistuminen ja oppiminen.....	29
6.3	Laajennus- ja jatkomahdollisuudet	30
	Lähteet	31
	Liitteet.....	35
	Liite 1. Hive OS maksuehdot (Hiveon 2022).....	35
	Liite 2. Hive OS asennuksen siirto levyltä toiselle (Hiveon 2022).....	36
	Liite 3. RX 5700 XT asetukset Ergon louhintaan (Hashrate, 2022).....	37
	Liite 4. Kuvankaappaus Hive OS -sovelluksen ylikellotusasetuksista.	38
	Liite 5. Näytönohjaimen ytimen lämpötila (Gpumingresources n.d.).....	39

Kuvat

Kuva 1. PCIe -korttipaikat (CCBoot 2019).....	5
Kuva 2. PCIe sukupolvet (Harding 2022).....	5
Kuva 3. Riser-kortti (Oma kuva).....	6
Kuva 4. PCIe-virtakaapeli (Gpumingresources 2019).....	7
Kuva 5. Molex-virtaliitin (Gpumingresources 2019).....	7
Kuva 6. SATA-virtakaapeli (Gpumingresources 2019).....	8
Kuva 7. Virransyöttö louhinnassa (Gpumingresources 2019).....	8
Kuva 8. Louhintajärjestelmä (Oma kuva).....	9
Kuva 9. PCIe "yksi neljäksi" lisäkortti (Oma kuva).....	11
Kuva 10. Näytönohjainten hinta suhteessa Ethereumiin 2021 (Schiesser 2021).....	12
Kuva 11. Näytönohjainten tuotto ETH PoW jälkeen (Hashrate 2022).....	13
Kuva 12. Kymmenen tuottavinta näytönohjainta 28.9.2022 (Hashrate, 2022).	14
Kuva 13. Ethereumin louhinnan päivittäistuotto kuukausittain 2020–2022 (Raynor 2022)	15
Kuva 14. Kuvankaappaus Etcherin käytöstä.....	18
Kuva 15. Kuvankaappaus "farmin" luonnista.....	19
Kuva 16. Kuvankaappaus "workerin" lisäämisestä "farmiin".....	19
Kuva 17. Kuvankaappaus "rig.conf"-tiedoston lataamisesta.....	19
Kuva 18. Hive OS -sovelluksen perusnäkyvä Rig 1:stä.....	20
Kuva 19. Kuvankaappaus Hive OS:n VBIOS käytöstä.	21
Kuva 20. Kuvankaappaus Red Bios Editorissa avatussa VBIOS-tiedostosta.	22
Kuva 21. Kuvankaappaus Red BIOS Editor VRAM ajoituksista.....	23
Kuva 22. Kuvankaappaus lopullisista näytönohjainten asetuksista.....	25
Kuva 23. Näytönohjaimen jäähdytys (Crider 2018).....	26
Kuva 24. Näytönohjain, josta on irrotettu jäähdytin (Oma kuva).....	27

1 Johdanto

Kryptovaluutat ja näiden louhinta on ollut viime aikoina kuuma puheenaihe. Pelaaminen on jatkanut yleistymistään ja maailmanlaajuisen edelleen jatkuvan piiripulan sekä koronan aiheuttamien logististen viivästyksien vuoksi tietokonekomponentteja, tässä tapauksessa näyttönohjaimia, on ollut erityisen hankala saada käsiinsä kasvaneen kysynnän ja huonon saatavuuden vuoksi, hinnasta puhumattakaan. Useista saatavuuteen vaikuttavista tekijöistä huolimatta puheenaihe tuntuu usein kuitenkin kohdistuvan syyttävästi louhintaan ja sen harrastajiin. Tämä johtunee siitä, että kryptovaluutat kuten Bitcoin ja Ethereum ovat kasvaneet arvoltaan huimasti viimeisen parin vuoden aikana ja ovat tuoneet luonnollisesti esille houkuttelevimman tavan hankkia niitä; louhinnan.

Tämän vuoksi yhä useampi on ostanut itselleen mahdollisimman monta näyttönohjainta sillä hinnalla, millä niitä on ehtinyt ostaa. Kyllä, tällä tarkoitan sitä, että näyttönohjainten ostamisesta on saanut lähestulkoon kilpailla, sillä kysyntä on rajusti ylittänyt tarjonnan (Ridley, 2021). Tämä kaikki on tehty siinä toivossa, että näyttönohjaimet tuottaisivat passiivisesti niin sanottua helppoa ja nopeaa rahaa, vaikka todellisuudessa asia ei ole ihan näin yksiselitteistä.

Aihepiirin tuoreuden vuoksi parhaat tai jopa ainoat lähteet tiedon hankkimiseksi lepäävät sisällöntuottajien parissa, jotka jakavat informaatiota oman tutkimuksen ja kokemuksensa pohjalta. Louhintaohjelmia myös päivitetään jatkuvasti ja erilaisten tietojen relevanssi päivittyä kovalla tahdilla, esimerkiksi yksi suosituimmista louhintaohjelmista nimeltään ”Team Red Miner” on julkaissut päivityksiä ajoittain jopa päivittäin. (TeamRedMiner, 2022.)

1.1 Tausta ja työn toteutus

Olen itse aloittanut louhinnan seurannan ja harrastamisen vuoden 2021 alussa, eli olen jo pidemmän aikaa perehtynyt aihepiiriin ja seurannut eri osa-alueita louhinnasta. Samalla olen huomannut, että aihepiirin nykyisestä suosioista ja kasvaneesta informaation määrästä riippumatta moni ryhtyy toimeen ilman oikeanlaista käsitystä siitä, mihin he ovat ryhtymässä. Myös moni toimintaa jo harrastava on saanut väärän käsityksen teknisistä seikoista ja ”nopean rahan” tekemisestä, sillä aihepiiri on vielä melko tuore ja liikkeellä on paljon harhaanjohtavaa informaatiota.

Toteutan työn taloudellisen hyödyn ja oman tietämyksen laajentamiseksi. Ulkopuolista toimiantajaa ei ole. Työn tarkoitus on samalla ohjeistaa muita aiheesta kiinnostuneita jakamalla mahdollisimman ajantasaista ja oikeaksi todettua informaatiota selkeillä ohjeilla siitä, miten kryptovaluuttojen ”louhinta” näyttönohjaimia hyödyntäen käytännössä tapahtuu.

Työssä ei käsitellä itse kryptovaluuttoja muutoin, kuin perusideana sekä lukuina, jotka vaikuttavat louhinnan kannattavuuteen. Myöskään sähköpuolta ei ole tarkoitus käsitellä muutoin kuin virtalähteiden ja -liittimien sekä -kaapelien osalta, eli esimerkiksi talojen ja asuntojen virransyöttöön ei oteta kantaa työssä.

Käytetty järjestelmä tulee toimimaan Linux-pohjaisella käyttöjärjestelmällä, sillä 24/7 pyöri-
vien järjestelmien käytössä se on työkokemukseeni perustuen luotettavin ja helpoiten kon-
figuroitava alusta. Tarkemmin käyttöjärjestelmä on Ubuntuun perustuva "Hive OS", joka
sisältää valmiiksi uusimmat louhintasovellukset ja helpon käyttöliittymän näyttöohjainten
asetusten konfigurointiin (Hiveon 2022).

1.2 Keskeiset käsitteet

Hashrate	Tarkoittaa tässä asiayhteydessä näyttöohjaimen laskenta- eli louhintatehoa. Mitä suurempi luku, sitä tehokkaampi näyttöohjain on. Sitä tulkitaan muodossa teho per sekunti eli yksinkertaisuudessaan se kuvaa näyttöohjaimen nopeutta louhintakäytössä. Yleisin käytetty mittayksikkö on Mh eli Megahash, joka kertoo kuinka monta miljoonaa hashia näyttöohjain ratkaisee sekunnissa. (Bitflyer 2022.)
Louhinta	Virtuaalivaluuttojen toimintaperiaate pohjautuu lohkoketjuihin. Näiden ketjujen ylläpitäjät ja uusien lohkojen rakentajat ovat louhijoita, eli näyttöohjaimia. Louhijat saavat tästä palkkioksi virtuaalivaluuttoa. (NorthCrypto 2022.)
Näyttöohjain	Tietokonekomponentti, joka suorittaa laskentaa sekä vastaa graafisesta suorituskyvystä ja grafiikan esiintymisestä tietokoneen näytöllä. Tässä asiayhteydessä käytetään laskennallista tehoa louhintaan, mutta parhaiten tunnettuja näyttöohjaimet ovat nykyisin videopelien pelaamiseen käytettyinä. (Intel Corporation 2022.)
GPU	"Graphics Processing Unit" eli grafiikkaprosessori, on näyttöohjaimen piirilevyllä oleva suoritin/ydin (vaikka todellisuudessa tämä ydin koostuu useista sadoista tai tuhansista ytimistä), joka on graafisen suorituskyvyn takana. (Intel Corporation 2022.) Tässä työssä käytän näyttöohjainten GPU:sta yleisesti termiä ydin.

Kryptovaluutta

Virtuaalista valuuttaa, jota voidaan vaihtaa toisiin virtuaalivaluuttoihin taikka perinteisiin valuuttoihin, mutta eivät ole pankkien taikka viranomaisten hallinnan alla. (FIN-FSA finanssivalvonta 2019.)

Ylikellotus

Näytönohjaimista halutaan kaikki mahdollinen teho käyttöön, jonka vuoksi esimerkiksi niiden muistin ja/tai ytimen kellotajuuksia nostetaan korkeammiksi. Käytetyt yksiköt näytönohjaimissa ovat useimmiten mega- tai gigahertsejä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että laite pakotetaan toimimaan nopeammin, kuin se normaalisti toimisi (Techquickie 2013).

2 Louhinta näyttöohjaimilla

Kryptovaluuttoja on erilaisia ja kaikkia niitä ei ole mahdollista louhia. Näyttöohjaimilla louhittavan kryptovaluutan tarvitsee perustua PoW (proof of work) -verkkoon. Verkon toiminta puolestaan pohjautuu näyttöohjaimista saadun tehon hyödyntämistä kryptografisten tiivisteiden eli "hashien" purkamiseen, joiden sisältämästä datasta muodostuu kyseisen kryptovaluutan lohkoketju. Kun ketjuun muodostuu uusi lohko, maksetaan siitä palkkioksi kryptovaluuttaa sen ratkomiseen eli louhintaan osallistuneille (Frankenfield 2022).

Pelkästään PoW -verkkoon perustuva kryptovaluutta ei vielä kuitenkaan tarkoita, että sitä on mahdollista louhia näyttöohjaimilla. Tämä johtuu siitä, että hashien vaikeustaso vaihtelee verkon mukaan ja esimerkiksi suosituimman kryptovaluutan, Bitcoinin, hashien vaikeustaso on niin korkea, että niiden ratkomiseen vaaditaan erikseen siihen tarkoitettuja ASIC ("application specific integrated circuits") -laitteita. Hashien ratkomisen vaikeustaso tulee olla tarpeeksi matala, jotta näyttöohjainten teho riittää niiden ratkaisuun järkevissä määrin, eli tarvittavan nopeasti, jotta verkko pysyy käyttökelpoisena (Seth 2022).

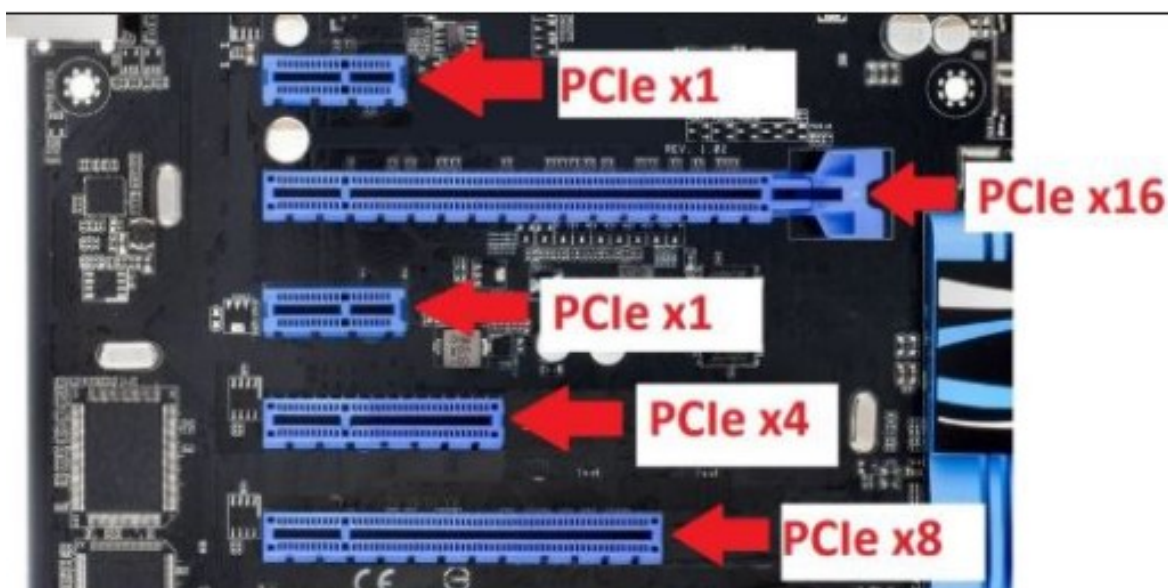
2.1 Louhintasyndikaatit

Louhintasyndikaatti eli niin sanottu "mining pool" tarkoittaa ryhmää, johon osallistuu useita eri louhijoita omilla laitteillaan muodostaakseen yhden suuren verkon. Hyöty tästä on se, että suurempi laskentateho tarkoittaa useampia ratkottuja hasheja ja parempaa mahdollisuutta löytää uusi lohko. Syndikaatti saa palkkioksi lohkon löytämisestä kryptovaluuttaa, joka jaetaan tasan syndikaatin jäsenille suhteessa heidän työpanokseensa eli louhintatehon määrään. Etuna syndikaattiin osallistumisesta on se, että kaikille osallistujille maksetaan palkkiota, vaikka oma laitteisto ei sattuisikaan olemaan se, joka löytää lohkon. Eri syndikaatit, jotka osallistuvat saman lohkoketjun louhintaan kilpailevat keskenään lohkojen löytämisestä (Frankenfield 2022).

Vaihtoehtoisesti on myös mahdollista louhia osallistumatta syndikaattiin, mutta tällöin palkkiota saa vain, jos oma laitteisto sattuu olemaan se, joka löytää lohkon. Etu on se, että saa koko palkkion kokonaan itselleen, eikä joudu jakaa sitä syndikaatin jäsenten kesken. Lohkon löytäminen on kuitenkin usein verrattavissa lottovoittoon, ellei omista merkittävän suurta prosentuaalista osaa koko kyseisen lohkoketjun laskentatehosta. Tällöin lohkoja on mahdollista löytää säännöllisemmin (Toshendra 2022).

2.2 PCIe

Olennainen tekninen puoli louhinnassa jo komponentteja valittaessa. Se tulee sanoista ”peripheral component interconnect express”, joka käytännössä tarkoittaa emolevyllä olevaa korttipaikkaa, johon voi kiinnittää esimerkiksi verkkokortteja, näytönohjaimia ja SSD-levyjä. PCIe-korttipaikkoja on eri kokoisia ja niiden tarjoavat ominaisuudet, kuten kaistanopeus, vaihtelee mallin mukaan. Korttipaikan tehtävänä on syöttää siihen kytketylle laitteelle virtaa sekä siirtää laitteesta dataa (CCBoot 2019). Tässä fyysiset ja tekniset erot erilaisten PCIe-paikkojen välillä:



Kuva 1. PCIe -korttipaikat (CCBoot 2019)

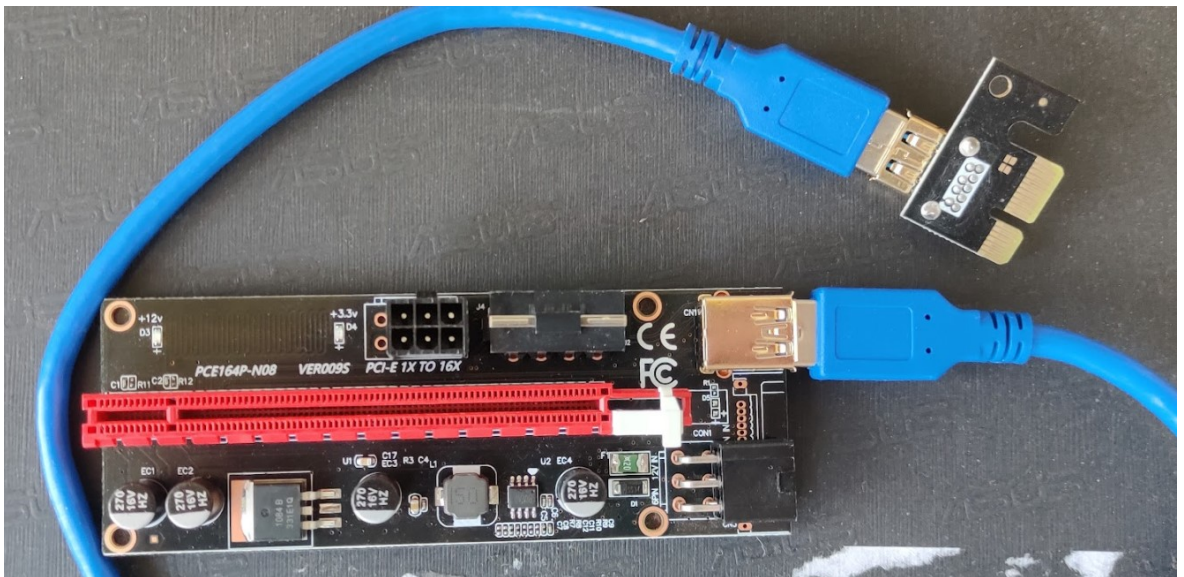
PCIe Generations Compared

	Bandwidth	Gigatransfer	Frequency
PCIe 1.0	8 GB/s	2.5 GT/s	2.5 GHz
PCIe 2.0	16 GB/s	5 GT/s	5 GHz
PCIe 3.0	32 GB/s	8 GT/s	8 GHz
PCIe 4.0	64 GB/s	16 GT/s	16 GHz
PCIe 5.0	128 GB/s	32 GT/s	32 GHz
PCIe 6.0	256 GB/s	64 GT/s	32 GHz

Kuva 2. PCIe sukupolvet (Harding 2022)

Kuten kuvasta kaksi näkyy, PCIe:stä on tällä hetkellä kuusi eri sukupolvea. Niiden tarjoama kaistanleveys, siirtonopeus ja taajuus tuplaantuvat joka uuden sukupolven välein. Louhintaan riittää fyysisesti PCIe x1 kokoluokan korttipaikka, jota ajetaan useimmiten PCIe sukupolven 2.0 nopeudella, jotta kaistaa on riittävästi tiedonsiirtoon (Minerstat, n.d). Myös sukupolvea 1.0 voidaan käyttää, mutta se saattaa olla rajoittava

Nykyään näytönohjaimet kuitenkin vaativat fyysisesti PCIe x16 kokoisen korttipaikan. On olemassa louhintaan tarkoitettuja emolevyjä, joissa on valmiiksi asennettuna useita x16 kokoisia korttipaikkoja, mutta usein käytetään myös perinteisiä emolevyjä, joita missä tahansa tietokoneissa käytetään. Näissä ei kuitenkaan ole usein kuin yksi x16 kokoinen korttipaikka, mutta useampi x1 korttipaikka, joten usean näytönohjaimen asennus ei ole mahdollista sellaisenaan. Tätä varten käytetään riser-kortteja, joilla näytönohjain saadaan liitettyä x1 kokoiseen korttipaikkaan:



Kuva 3. Riser-kortti (Oma kuva)

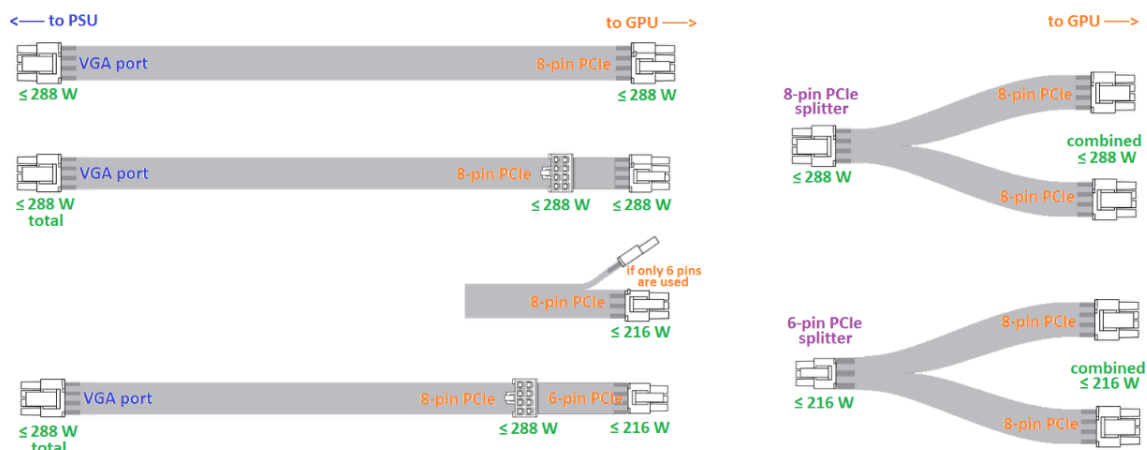
Kortti toimii niin, että siinä olevaan x16 kokoiseen korttipaikkaan saa asennettua näytönohjaimen ja kortti liitetään emolevyyn x1 kokoiseen paikkaan kuvassa kolme näkyvän pienen liittimen avulla. Data liikkuu USB 3.0 avulla. Riser-kortti myös syöttää siihen liitettylle kortille virtaa PCIe x16-liittimen kautta, jonka vuoksi kortille tulee syöttää erikseen virtaa (Jumper man Tech 2019, 1:37 – 2:15).

2.3 Virtakaapelit ja virransyöttö

Perustason ymmärrys käytettävistä virtaliittimistä on oleellista, jotta komponenteille syötetään virtaa oikealla tavalla turvallisuussyistä. Virtaliittimiä tarvitaan kokoonpanon mukaan erilaisia, mutta oleellimmat liittimet ovat seuraavat:

PCIe-virtakaapeli:

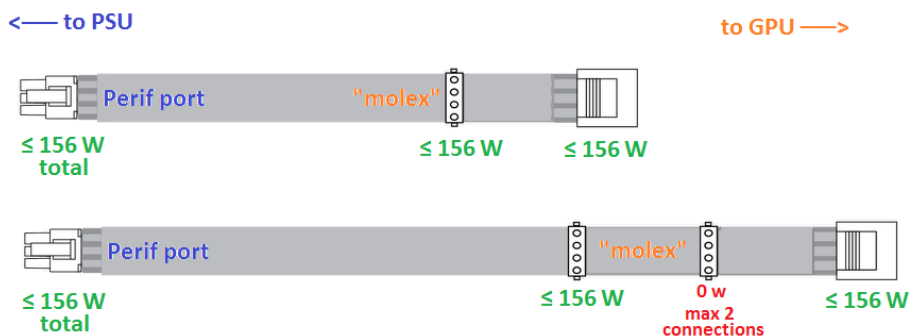
Yleisin PCIe-laitteissa käytetty kaapeli, jossa on kuusi tai kahdeksan ”pinniä” (englanniksi ”pin”), joista virta siirtyy kytketylle laitteelle. Kuten alle olevasta kuvasta nähdään, yhdellä tällaisella liittimellä voidaan syöttää korkeintaan 288 wattia, jos käytössä on kaikki kahdeksan pinniä. Jotkin laitteet käyttävät vain kuutta pinniä, ja tällöin kapasiteetti on 216 wattia. On kuitenkin suositeltavaa pysyä alle näiden lukujen, sillä ne ovat äärirajoja. Tätä liittintä käytetään louhinnassa näyttöohjainten virransyöttöön.



Kuva 4. PCIe-virtakaapeli (Gpuminingresources 2019)

Molex-virtakaapeli:

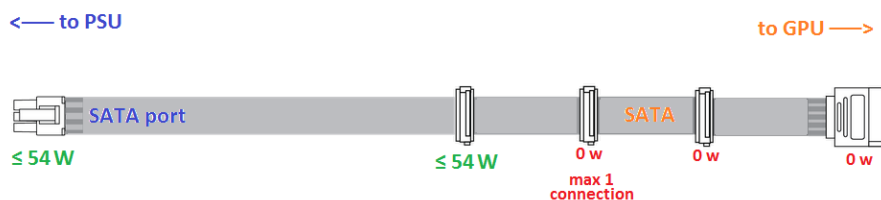
Usein tuulettimien tai erilaisten vähävirtaisten ohjainten syöttöön tarkoitettu kaapeli, joka kykenee korkeimmillaan syöttämään 156 wattia yhdestä kaapelista, kuten alla olevasta kuvasta havaitaan. Tällä liittimellä on turvallista syöttää virtaa riser-korteille.



Kuva 5. Molex-virtaliitin (Gpuminingresources 2019)

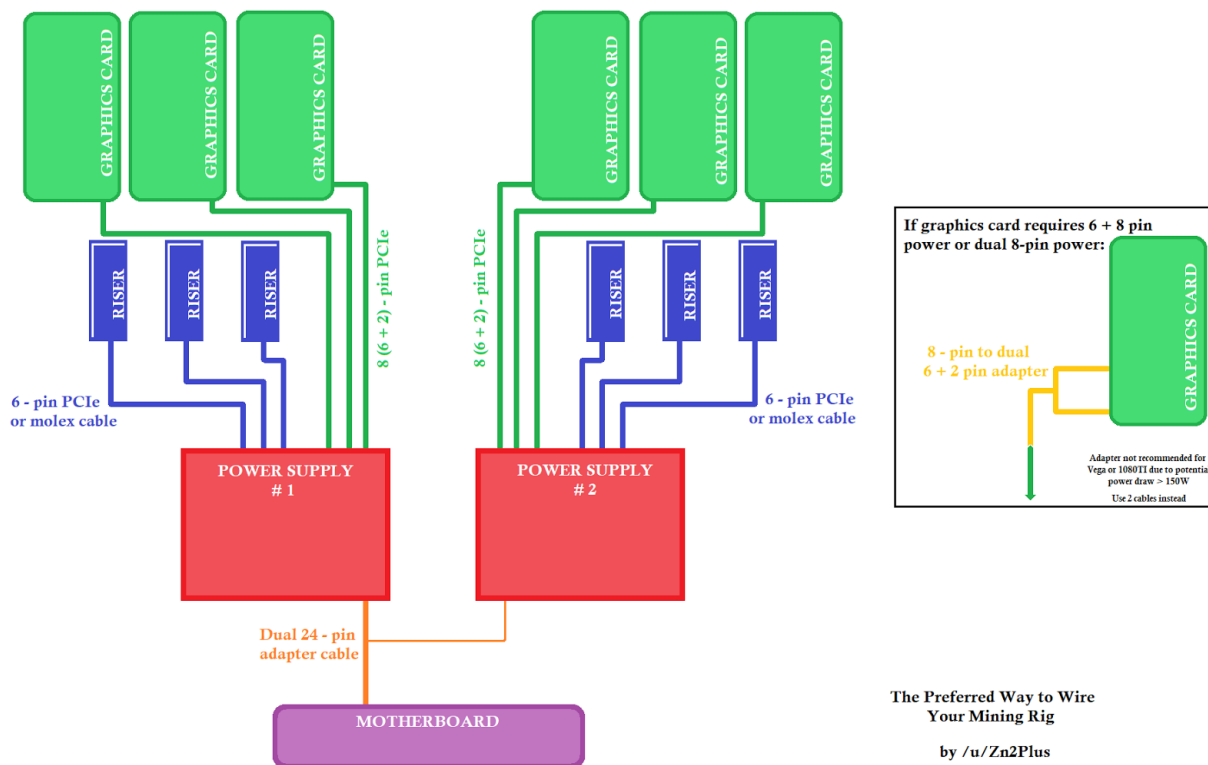
SATA-virtakaapeli:

Esimerkiksi kovalevyjen virransyöttöön käytetty kaapeli, joka syöttää korkeintaan 54 wattia. Sen käyttö louhinnassa ei ole suositeltavaa, sillä jo itse riser-kortti saattaa (näytönohjaimen tyyppin mukaan) vaatia yli 54 wattia. Tällöin liitin ylikuormittuu ja on paloturvallisuusriski.



Kuva 6. SATA-virtakaapeli (Gpuminingresources 2019)

Tässä vielä esimerkki suositeltavasti tavasta syöttää virtaa useamman näytönohjaimen järjestelmälle:



Kuva 7. Virransyöttö louhinnassa (Gpuminingresources 2019)

Kyseisessä asettelussa on kaksi virtalähdettä, jotka molemmat syöttävät kolmea eri näytönohjainta ja näiden riser-kortteja. Riser-kortteille virta kulkee kuusi pinnisten PCIe-virtaliittimien kautta ja näytönohjaimille kahdeksan pinnisten PCIe-virtaliittimien kautta. Jos näytönohjaimet tarvitsevat enemmän kuin yhden liittimen, on asetelmassa esitetty vaihtoehtoinen asettelu, jossa yksi kahdeksan pinninen liitin jaetaan kahteen liittimeen erillisen jakaja adapterin eli niin sanotun ”splitterin” avulla.

2.4 Tarvittavat komponentit

Louhinnan aloittamiseksi oleellisin asia on siihen käytetty laitteisto ja komponentit. Näytönohjaimet ovat asian ydin, mutta niiden lisäksi tarvitaan useita muitakin komponentteja, joita jokainen tietokone tarvitsee toimiakseen. Valmis louhintajärjestelmä voi näyttää esimerkiksi seuraavalta:



Kuva 8. Louhintajärjestelmä (Oma kuva)

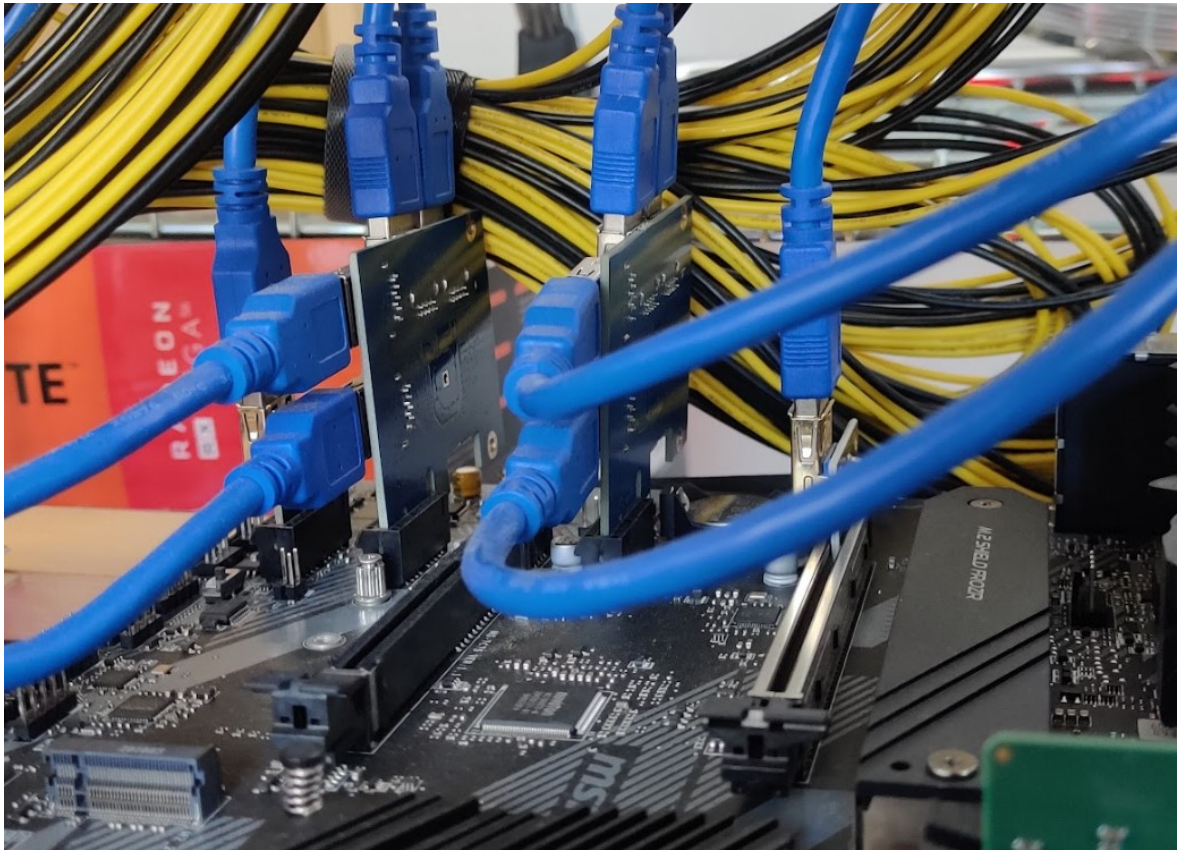
Järjestelmän tulee sisältää seuraavanlaiset pääkomponentit, jotta sitä voidaan käyttää kryptovaluuttojen louhintaan näytönohjaimia hyödyntäen (Red Panda Mining 2021a, 01:38–05:22):

- Emolevy
- Prosessori
- Keskusmuisti
- Virtalähde
- Kiintolevy
- Näytönohjain

Lista pääkomponenteista näyttää lähes identtiseltä siihen, mitä mistä tahansa tietokoneesta löytyy. Näiden lisäksi joissakin tapauksissa tarvitsee erikoiskaapeleita ja -komponentteja, etenkin jos haluaa käyttää yhdessä järjestelmässä useita näytönohjaimia. Olennaisia eroavaisuuksia aiheuttaa emolevyn tyyppi. Louhintaan voi käyttää perinteisiä

emolevyjä, mutta niissä on usein pieni määrä PCIe-korttipaikkoja. Tätä varten on tehty erityisesti louhintakäyttöön tarkoitettuja emolevyjä, joissa on jopa 19 PCIe-korttipaikkaa (Smith 2018) sekä palvelintyyllisiä ratkaisuja, joissa emolevy on mitoitettu koteloon ja kaikki PCIe-korttipaikat ovat täysiä x16-koon paikkoja, jolloin riser-kortteja ei tarvita lainkaan. Tällöin kaikki näytönohjaimet tulevat suoraan kiinni emolevyyn. Huomioi, että videossa on esittelyssä pelkkä emolevy ilman niiden kanssa käytettävää koteloa (Brandon coin 2021, 5:32 – 6:05).

Emolevyn ei kuitenkaan tarvitse olla nimenomaan louhintaa varten tehty, kunhan sen ominaisuuksiin kuuluu tarvittava määrä fyysisiä PCIe-kaistoja ("PCIe lane"). Ne ovat emolevyn piirilevyssä kulkevia kuparipiuhoja, joiden kautta PCIe-korttipaikoista kulkee data emolevylle ja prosessorille. Kuten kappaleessa 2.1 todettiin, louhinnassa ei tarvita suuria siirtonopeuksia, jolloin yksi fyysinen PCIe-kaista yhtä näytönohjainta kohden on riittävästi (Glawion 2022). Näin ollen louhinnassa voi hyvinkin käyttää esimerkiksi pelaamiseen tarkoitettuja emolevyjä, joiden saatavuus ja hinta ovat usein parempia suhteessa louhintaemolevyihin. Niissä ei välttämättä ole fyysisiä PCIe-korttipaikkoja kuin muutama, mutta tätä varten on lisäkortteja, jotka jakavat yhden fyysisen korttipaikan useammaksi USB 3.0 liittimeksi. Tällaiseen lisäkorttiin saa puolestaan kytkettyä yhden näytönohjaimen riser-kortin kautta jokaista USB 3.0 porttia kohden (Red Panda Mining 2021b, 0:00–05:00). Tässä vielä esimerkki mainitusta lisäkortista (Kuva 9), jossa yhteen emolevyyn on laitettu niitä kaksi. Kyseinen malli jakaa yhden PCIe-korttipaikan neljään USB 3.0 liittimeen:

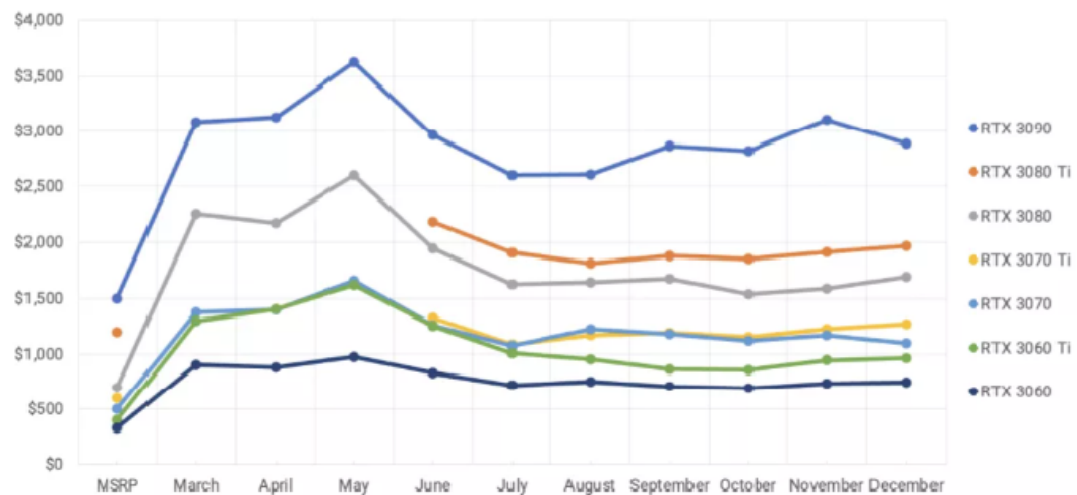


Kuva 9. PCIe "yksi neljäksi" lisäkortti (Oma kuva)

2.5 Näytönohjainten ja kryptovaluuttojen markkinatilanne

Viime aikoina näytönohjainten markkinat ovat olleet erityiset. Koronan, piiripulan ja kasvaneen kysynnän vuoksi tuotettu näytönohjainten määrä ei ole vastannut kysyntää. Tämän takia markkinahinnat ovat niin sanotusti karanneet käsistä. Wilsonin vuoden 2021 lopussa julkaistu tutkimus näytönohjainten hinnan relaatiosta kryptovaluuttojen arvoon selittää sitä, miksi hinnat ovat nousseet.). Hänen tutkimuksessaan on verrattu Nvidian Ampere-arkkitehtuurin näytönohjainten hintoja suhteessa Ethereum-kryptovaluutan päivittäisiin hintamuutoksiin. Jälleenmyyntihinta on korkeimmillaan ollut suhteessa näytönohjainten alkuperäiseen julkaisuhintaan yli 200 % ja jopa lähemmäs 300 % silloin, kun Ethereumin hinta on ollut korkea (Wilson, 2021. 13–15). Tässä vielä kuva, jossa kyseisten näytönohjainten hintaa julkaisun (MSRP) jälkeen on peilattu Ethereumin hintakäyrään. Kuten kuvasta on helppo huomata, näytönohjainten hinnat ovat nousseet ja laskeneet lähes käsi kädessä Ethereumin hintamuutoksien kanssa:

Ethereum price (ETH / USD)



Kuva 10. Näytönohjainten hinta suhteessa Ethereumiin 2021 (Schiesser 2021)

Wilsonin tutkimus koskee kuitenkin vain Nvidian 3000-sarjaa (Ampere -arkkitehtuuri), mutta sama ilmiö on koskenut myös AMD:n ja Nvidian valmistamia vanhempia näytönohjaimia. Tästä tarkat luvut löytyvät Schiesserin julkaisusta, josta käy ilmi, että kaikki vanhemmat kortit, jotka ovat louhintateholtaan yhä käyttökelpoisia, ovat myyneet jopa kaksinkertaiseen hintaan vuosien takaiseen julkaisuhintaansa nähden. Tästä esimerkkinä AMD Radeon 5700 XT, jonka julkaisuhinta vuonna 2019 oli \$399 (Thomas, 2021), mutta eBay verkkokaupan keskiarvoinen myyntihinta vuonna 2021 ylitti jopa \$1000 (Schiesser 2021).

2.6 Näytönohjainten vertailua

Näytönohjainten vertailuun käytän louhintayhteisön luomaa listaa lähes kaikista julkaisuista näytönohjaimista, joka kertoo ajantasaisen tiedon eri kryptovaluuttojen louhintatehoista ja asetuksista näytönohjainten mallien mukaan. Listaa päivitetään aktiivisesti ja li-

säksi se sisältää muutakin olennaista informaatiota, kuten energiatehokkuuksia, päivittäiset arviot tuottavuudesta, takaisinmaksuajan sekä näytönohjainten ylikellotus ja alivoltitus asetuksia. Listaa ylläpitää ja päivittää YouTubesta löytyvä ”Hashrate” nimellä esiintyvä sisällöntuottaja (Hashrate 2022).

Nyt kun Ethereum on siirtynyt PoW-tilaan ja sitä ei voi enää louhia, ovat louhinnan taloudelliset tulotasot romahtaneet tappion puolelle, mikäli sähköstä maksaa käytännössä mitään. Tältä näyttää arvioidut tulot esimerkiksi Ampere-sarjan näytönohjaimille 28.9.2022 (Hashrate 2022):

All Nvidia AMD LHR Ampere Turing Pascal RDNA 2 RDNA VEGA Polaris ERG ETC FLUX KAS NEOX RVN							
		0.10	\$/kWh	SAVE			
Model	Coin	Hashrate	Power	Efficiency	Revenue	Profit	ROI
NVIDIA RTX A2000	NH-ZelHash	26.70 Sol/s	69w	0.093 \$/kWh	\$0.15	-\$0.01	N/A
NVIDIA RTX 3070	ETHW+ALPH	57.92 Mh/s + 0.78 Gh/s	148w	0.094 \$/kWh	\$0.34	-\$0.02	N/A
NVIDIA RTX A4000	NH-ZelHash	53.00 Sol/s	139w	0.091 \$/kWh	\$0.30	-\$0.03	N/A
NVIDIA RTX 3060 Ti	ETHW+ALPH	57.36 Mh/s + 0.66 Gh/s	141w	0.091 \$/kWh	\$0.31	-\$0.03	N/A
NVIDIA RTX 3060	AE	7.30 Gp/s	135w	0.084 \$/kWh	\$0.27	-\$0.05	N/A
NVIDIA RTX 3070 LHR	ETHW+ALPH	61.54 Mh/s + 0.89 Gh/s	195w	0.079 \$/kWh	\$0.37	-\$0.10	N/A
NVIDIA RTX 3060 LHR v2	ETHW+ALPH	49.56 Mh/s + 0.55 Gh/s	155w	0.070 \$/kWh	\$0.26	-\$0.11	N/A
NVIDIA RTX 3060 Ti LHR	ETHW+ALPH	59.25 Mh/s + 0.73 Gh/s	183w	0.075 \$/kWh	\$0.33	-\$0.11	N/A
NVIDIA RTX 3050	ETHW+ALPH	26.60 Mh/s + 0.37 Gh/s	125w	0.052 \$/kWh	\$0.16	-\$0.14	N/A
NVIDIA RTX A4500	ETHF	87.00 Mh/s	178w	0.061 \$/kWh	\$0.26	-\$0.17	N/A
NVIDIA RTX 3070 Ti	ETHW+ALPH	79.33 Mh/s + 0.87 Gh/s	245w	0.071 \$/kWh	\$0.42	-\$0.17	N/A
NVIDIA RTX 3080	ETHW+ALPH	95.61 Mh/s + 1.00 Gh/s	274w	0.075 \$/kWh	\$0.49	-\$0.17	N/A
NVIDIA RTX A5000	RVN	42.18 Mh/s	229w	0.066 \$/kWh	\$0.36	-\$0.19	N/A
NVIDIA RTX 3080 LHR	ETHW+ALPH	99.54 Mh/s + 1.19 Gh/s	317w	0.071 \$/kWh	\$0.54	-\$0.22	N/A
NVIDIA CMP 70HX	ETHF	81.60 Mh/s	199w	0.051 \$/kWh	\$0.25	-\$0.23	N/A
NVIDIA RTX 3080 Ti	ETHW+ALPH	116.16 Mh/s + 1.13 Gh/s	346w	0.070 \$/kWh	\$0.58	-\$0.25	N/A
NVIDIA RTX 3090	ETHW+ALPH	114.90 Mh/s + 1.09 Gh/s	344w	0.069 \$/kWh	\$0.57	-\$0.26	N/A
NVIDIA CMP 90HX	ETHF	100.16 Mh/s	249w	0.050 \$/kWh	\$0.30	-\$0.30	N/A

Kuva 11. Näytönohjainten tuotto ETH PoW jälkeen (Hashrate 2022)

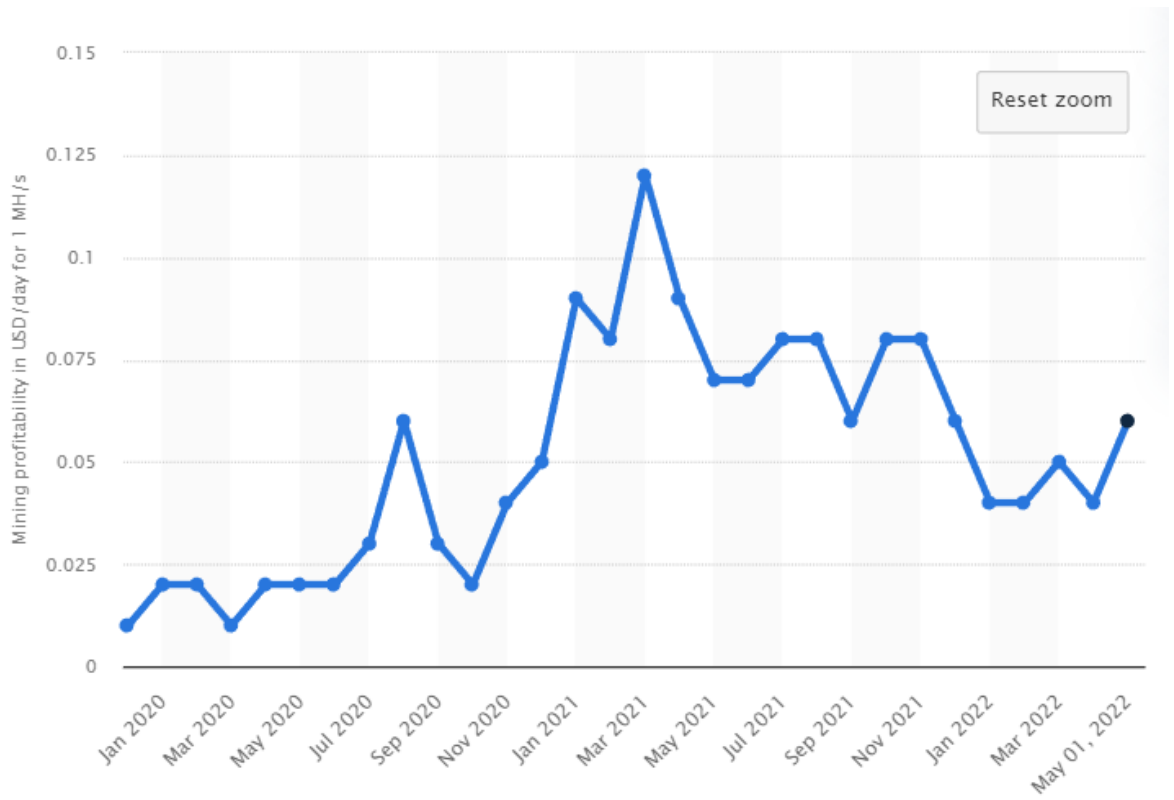
Jos sähköstä maksaa edes 0,10 \$/kWh, tuottavat nämä uudet ja energiatehokkaat näytönohjaimet silti tällä hetkellä tappiota. Toki tilanne on juuri nyt (syys-lokakuu 2022) pahimmillaan, sillä Ethereum siirtyi PoS tilaan 15.9.2022 (Ethereum 2022). Tämän seurauksena Ethereumin verkossa ollut laskentateho siirtyi muihin kryptovaluuttaprojekteihin, joiden louhinnan kannattavuus (”revenue”, eli tulot kuvassa 11) ei näiden matalien hintojen takia ole tällä hetkellä parhaillaan kuin senttejä vuorokaudessa.

Tällä hetkellä kymmenen eniten tuottavaa tai vähiten tappiota tekevää näyttönohjainta ovat seuraavat:

All Nvidia AMD LHR Ampere Turing Pascal RDNA 2 RDNA VEGA Polaris ERG ETC FLUX KAS NEOX RVN									
		0.10 \$/kWh		SAVE					
Model	Coin	Hashrate	Power	Efficiency	Revenue	Profit	ROI		
AMD RX 6650 XT	ETHW+ALPH	27.53 Mh/s + 0.53 Gh/s	82w	0.105 \$/kWh	\$0.21	\$0.01	40521 days		
AMD RX 6600 XT	ETHW+ALPH	29.84 Mh/s + 0.51 Gh/s	82w	0.106 \$/kWh	\$0.21	\$0.01	32985 days		
AMD RX 6500 XT	ETC+ALPH	13.32 Mh/s + 0.35 Gh/s	50w	0.097 \$/kWh	\$0.12	\$0.00	N/A		
NVIDIA RTX 3070	ETHW+ALPH	57.92 Mh/s + 0.78 Gh/s	148w	0.099 \$/kWh	\$0.35	\$0.00	N/A		
AMD RX 6800	ETHW+ALPH	59.55 Mh/s + 0.95 Gh/s	168w	0.099 \$/kWh	\$0.40	\$0.00	N/A		
AMD RX 6800 XT	ETHW+ALPH	61.36 Mh/s + 1.17 Gh/s	192w	0.099 \$/kWh	\$0.46	\$0.00	N/A		
AMD RX 6900 XT	ETHW+ALPH	61.51 Mh/s + 1.35 Gh/s	211w	0.099 \$/kWh	\$0.50	\$0.00	N/A		
AMD RX 6600	ETHW+ALPH	28.32 Mh/s + 0.42 Gh/s	76w	0.100 \$/kWh	\$0.18	\$0.00	N/A		
NVIDIA RTX 3060 Ti	ETHW+ALPH	57.36 Mh/s + 0.66 Gh/s	141w	0.095 \$/kWh	\$0.32	-\$0.02	N/A		
NVIDIA RTX A2000	BEAM	21.24 Sol/s	68w	0.083 \$/kWh	\$0.14	-\$0.03	N/A		

Kuva 12. Kymmenen tuottavinta näyttönohjainta 28.9.2022 (Hashrate 2022).

Tilanne kuitenkin elää koko ajan ja yleinen oletamus on, että tuotto ei kasva takaisin Ethereumin ajan lukemiin pitkiin aikoihin, jos lainkaan. Korkeimmillaan Ethereumin louhinnan tuotto oli 2021 maaliskuussa, jolloin tuotto oli \$0,12 per Mh/s. Käytännössä tämä tarkoittaa, että esimerkiksi Nvidian RTX 3070 näyttönohjain, joka louhi Ethereumia noin 62 Mh/s, tuotti tällöin \$7,44 vuorokaudessa (laskematta mukaan sähkön kulutusta) ja tällä hetkellä sama näyttönohjain tuottaa \$0,35 vuorokaudessa (Kuva 12). Muutoin vuosina 2020–2022 tuotto on vaihdellut melko paljon eri kuukausien mukaan, kuten kuvasta 13 voidaan havaita:



Kuva 13. Ethereumin louhinnan päivittäistuotto kuukausittain 2020–2022 (Raynor 2022)

3 Louhinta käytännössä

Näytönohjainten tehoerojen sekä muiden teknisten seikkojen ymmärtämisen jälkeen on aika perehtyä siihen, miten kryptovaluuttojen louhinta tapahtuu käytännössä niin komponentti- kuin ohjelmistotasolla. Työssä käytin Linux-pohjaista Hiveonin valmistamaa käyttöjärjestelmää nimeltä ”Hive OS”. Se on räätälöity helpottamaan usean eri louhintalaitteen hallintaa yhdestä applikaatiosta ja se toimii myös mobiililaitteilla. Valitsin tämän vaihtoehdon, sillä se on helppokäyttöinen ja selkeä, sekä tietyn ehdoin ilmainen (Liite 1). Erityisesti näytönohjainten ylikellotus ja louhintaan liittyvät asetukset on tehty todella yksinkertaisiksi sekä tarvittavat ohjelmat ovat valmiiksi asennettuna käyttöjärjestelmän mukana (Hiveon 2022).

Työn tarkoituksena on toteuttaa itse laitteiston fyysinen kasaus, perehtyä Hive OS:n ja louhintaohjelmistojen käyttöön sekä perehtyä näytönohjaimien hienosäätöön ja ylikellotukseen. Toteutusmuoto on siis järjestelmän fyysinen kasaus ja konfigurointi. Tähän sisältyy video louhintajärjestelmän esittelystä, jossa käydään läpi komponenttivalinnat, huomioitava asiat turvallisuuteen liittyen, kyseisen järjestelmän kasaus sekä dokumentointi ohjelmistopuolen konfiguroinnista kyseisellä laitteella sekä video, jossa käydään Hive OS sovelluksen käyttöliittymää ja asetuksia tarkemmin lävitse. Lopuksi käydään läpi esiintyneet ongelmat, niiden ratkaisut sekä muut huomiot, joita työn eri vaiheissa on esiintynyt.

Onnistunut lopputulos on louhintajärjestelmä, joka toimii sen verran hyvin, että sen voi jättää tekemään työnsä niin sanotusti itsenäisesti, jonka jälkeen se on passiivinen tapa tuottaa taloudellista hyötyä.

Komponenttien hankintahintoja ei mainita tarkkoina summoina, sillä hinnat muuttuvat jatkuvasti ja komponentit ovat hankittu pääosin käytettyinä. Lisäksi haluan pitää louhintaan liittyvät taloustietoni työn ulkopuolella. Tarkoitus on vain perehtyä itse louhintaan käytännössä.

3.1 Komponenttivalinnat ja laitteiston esittely

Komponenttivalintani perustuvat työkokemukseeni ja ostohetken hinnoitteluihin. Tänä päivänä samaa kokoonpanoa ei todennäköisesti kannattaisi enää yrittää replikoida, sillä optimaaliset komponenttivalinnat muuttuvat jatkuvasti.

Lista pääkomponenteista:

Näytönohjaimet	Neljä kappaletta AMD Radeon RX 5700 XT -kortteja. Valitsin nämä kortit sen takia, että niitä oli parhaiten saatavilla ja ne tarjoavat suhteellisen hyvää tehoa eri algoritmien louhimiseen, vaikka eivät toki pärjää uusimmille korteille hyötysuhteessa. Vaativat siis hieman enemmän virtaa antamaansa louhintatehoa kohden verrattaessa esimerkiksi Nvidia RTX 3070 -korttiin. Uusimpia tietoperustassa mainittuja kortteja oli kuitenkin hankintahetkellä todella vaikeasti saatavilla ja sen vuoksi myös hinnat todella korkeita.
Emolevy	MSI Z390-A PRO. Edullinen pöytä/pelitetokoneeseen tarkoitettu emolevy, jossa runsaasti (6 kpl) PCIe-korttipaikkoja valmiina.
Proessori	Intel Pentium Gold 5420. Edullinen ja riittävän tehokas pyörittämään Hive OS käyttöjärjestelmää, sekä ajamaan itse louhintasovelluksia. Lisäksi PCIe kaistoja on tarjolla 16 kappaletta, joten tarvittaessa tällä emolevy ja prosessori yhdistelmällä saa adaptereita hyödyntäen teoriassa toimimaan kerralla 16 näytönohjainta, mikäli jokaista ajetaan 1x kaistanleveydellä ja muita PCIe kaistoja käyttäviä laitteita ei ole kytkettyä.
Virtalähteet	Fractal Design Ion+ 760 W & HP 1200 W virtalähteet. Tällä yhdistelmällä laajennusvaraa jää runsaasti, jotta tulevaisuudessa järjestelmään voidaan asentaa lisää näytönohjaimia.
Keskusmuisti	8 Gb Kingston DDR4. Tarpeeksi muistia, jotta voimme tarvittaessa ajaa useampaa louhintasovellusta samaan aikaan esimerkiksi eri algoritmien louhintaan samanaikaisesti.
Massamuisti	120 Gb Kingston SSD. Nopeaa tallennustilaa fyysisesti pienessä ja kestävässä koossa, jotta järjestelmä käynnistyy nopeasti.

3.2 Video järjestelmän esittelystä

Esittelyvideo työssä käytetystä louhintajärjestelmästä: <https://youtu.be/trzUATm66Lc>.

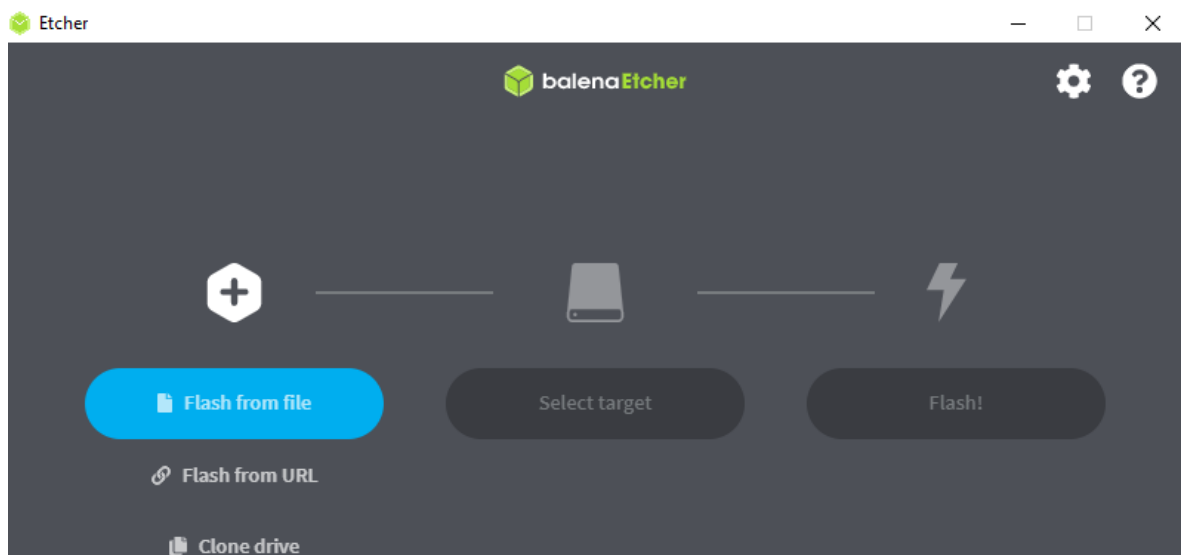
3.3 Hive OS asennus

Käyttöjärjestelmän käyttöönotto on tehty varsin helpoksi. Aluksi pitää toki luoda omat tunnukset, mutta sen jälkeen valmistajan omia ohjeita noudattamalla käyttöjärjestelmä on helpoin ladata muistitikulle tai kovalevylle Etcherin tai Rufuksen kaltaisella flashaus-ohjelmalla. Mikäli käytössä on muistitikku, on suositeltavaa siirtää sen sisältö kovalevylle jälkikäteen, sillä muistitikut eivät ole yleensä tarkoitettu pyörittämään käyttöjärjestelmää ympäri vuorokausien. Siirto tapahtuu helposti komentorivin kautta käytännössä yhdellä komennolla ja tähänkin löytyy suorat ohjeet Hiveonin omilta sivuilta (Liite 2).

Komento: `dd if=/dev/sdb of=/dev/sda bs=10M count=800 status=progress`

Komennossa määritetään levy, josta tieto siirretään ("if") ja levy, johon tieto siirtyy ("of") sekä määritetään tiedonsiirron koko.

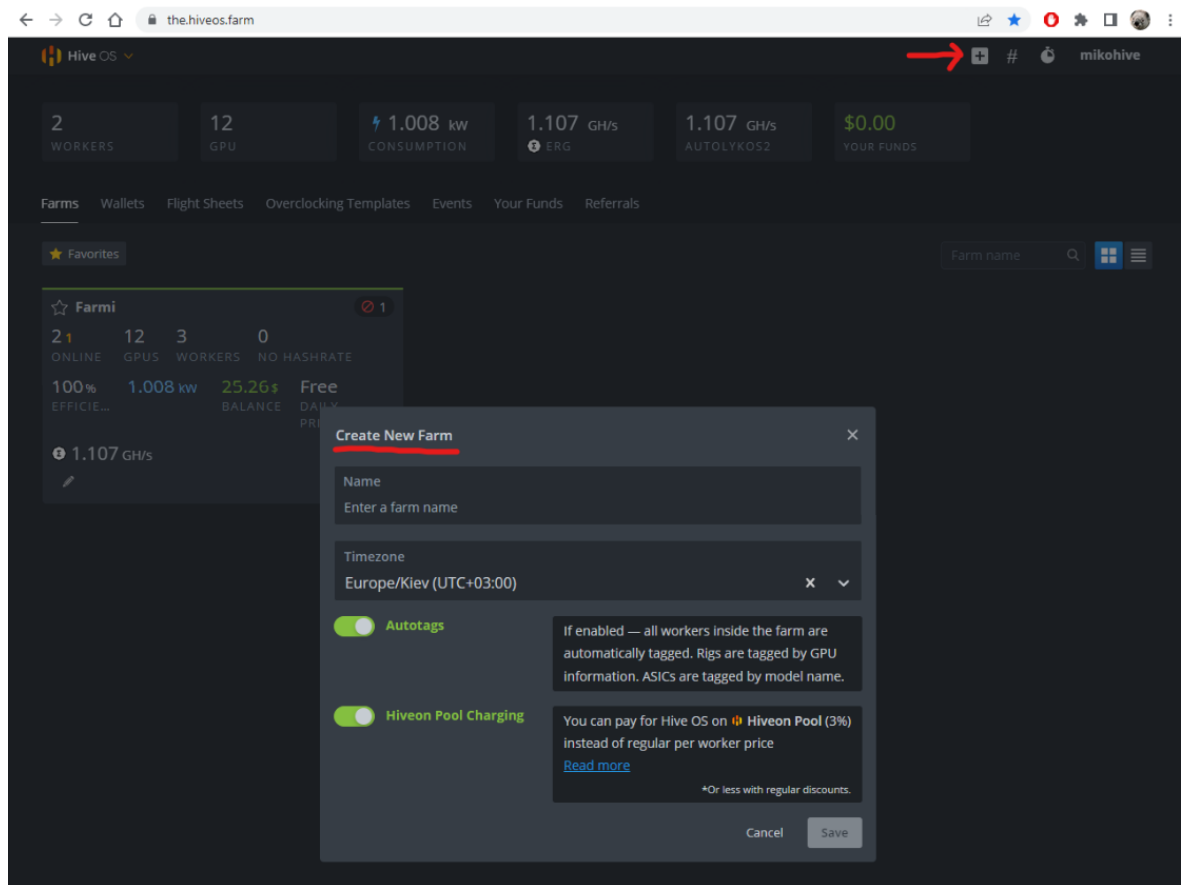
Itse tiedoston asennus tapahtuu Hiveonin sivuilta lataamalla Hive OS "image" eli käyttöjärjestelmän asennustiedosto, joka sitten asennetaan valitulla ohjelmalla. Itse käytin tähän Etcheriä (Balena 2022). Asennus tapahtuu seuraavasti: valitset ohjelmasta asennustiedoston, sen jälkeen asennuspaikan (esimerkiksi muistitikku tai kovalevy) ja lopuksi klikkaat "flash"-painiketta.



Kuva 14. Kuvankaappaus Etcherin käytöstä

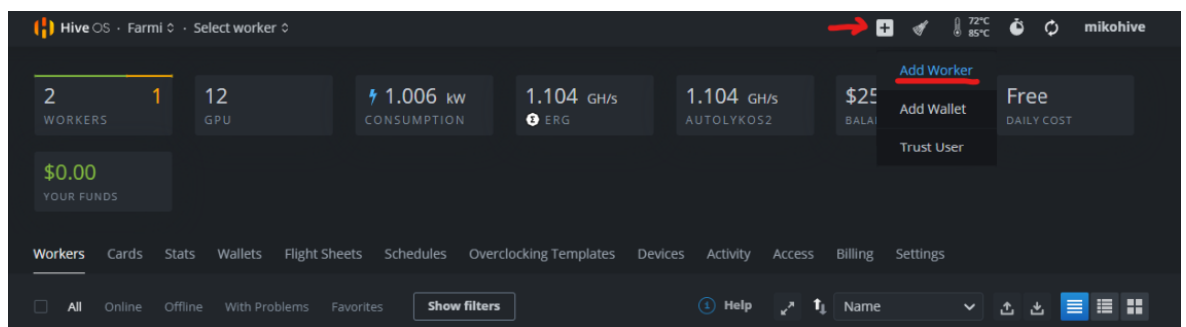
Asennuksen jälkeen levyllä on "rig.conf" niminen tiedosto, joka on tarkoitus korvata omalta Hiveon profiililta ladattavalta "rig.conf" tiedostolla. Tämä tarkoittaa siis sitä, että luot omilla tunnuksillasi sovellukseen ensin alueen eli farmin ja tämän sisälle "workerin" eli alueeseen kuuluvan laitteen, jonka jälkeen tämän laitteen asetuksista saa ladattua valmiin "rig.conf" tiedoston. Tällöin laitteen käynnistyessä ja sen yhdistyessä verkkoon, näet sen tiedot Hive OS-sovelluksen kautta. Tässä vielä esimerkki koko prosessista:

”Farmin” luonti:



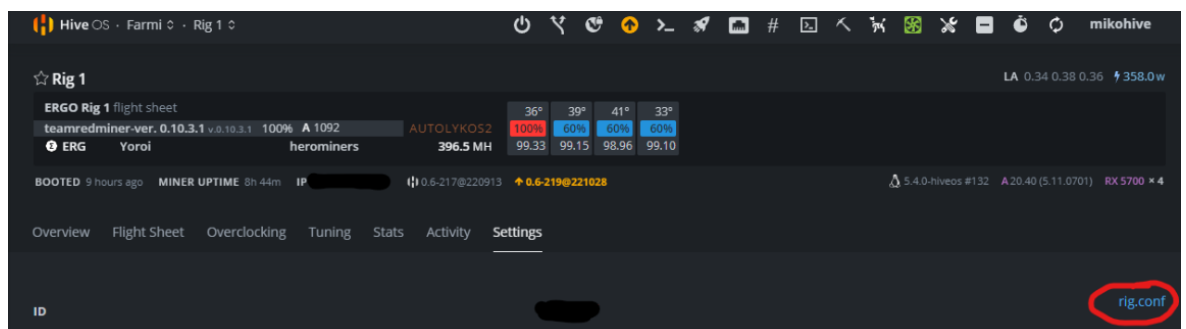
Kuva 15. Kuvankaappaus ”farmin” luonnista.

”Workerin” luonti:



Kuva 16. Kuvankaappaus "workerin" lisäämisestä ”farmiin”.

”Rig.conf”-tiedoston lataus:

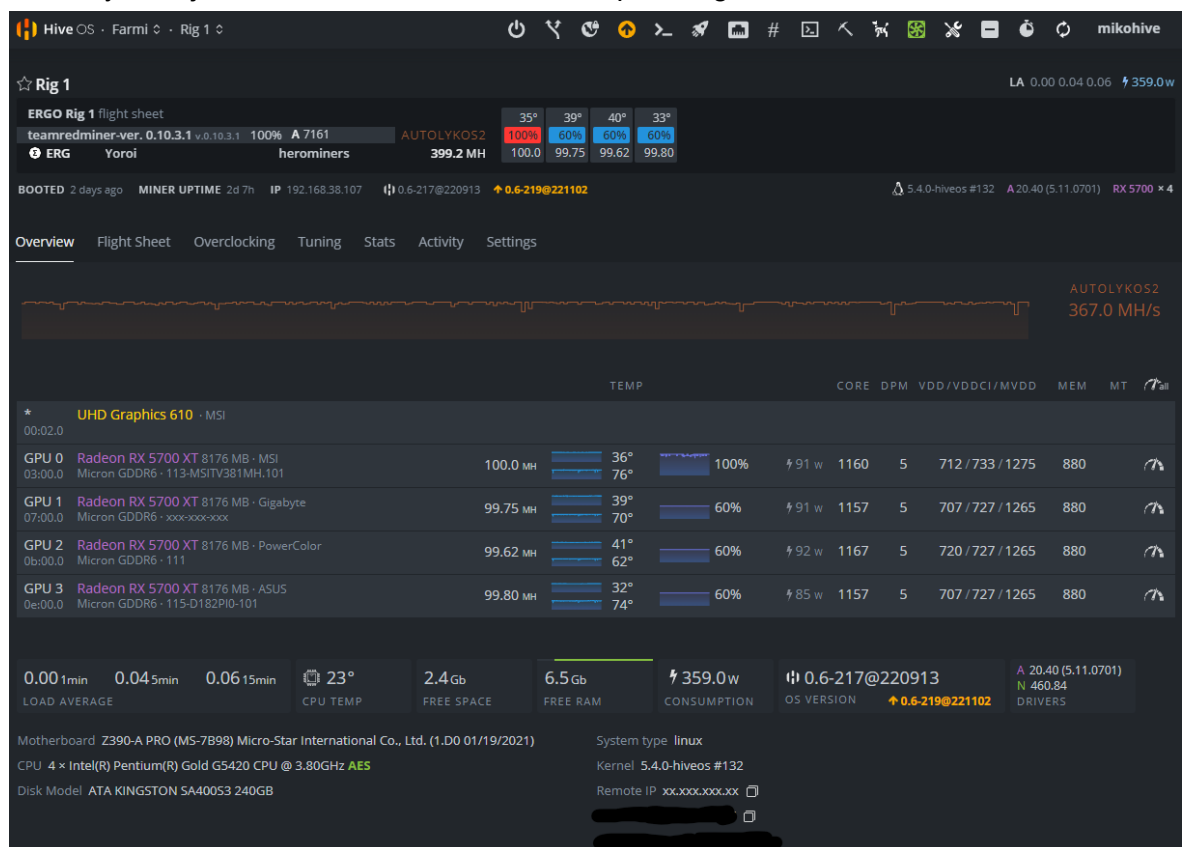


Kuva 17. Kuvankaappaus "rig.conf"-tiedoston lataamisesta.

Tämän jälkeen tiedosto tulee vain siirtää asennuslevylle korvaamaan oletuksena tullut esimerkkitiedosto ja tämän jälkeen asennus on valmis ja louhinta voidaan aloittaa.

3.4 Ohjelmiston käyttö

Käyttöjärjestelmän asennuksen jälkeen louhintajärjestelmä tulee vain kytkeä päälle ja yhdistää verkkoon, jonka jälkeen sitä voidaan ohjata etänä Hive OS sovelluksen kautta, joka nähtiinkin jo vilaukselta kuvissa 16–18. Kun valitsemme sovelluksesta luodun ”workerin”, eli tässä tapauksessa ”Rig 1”, saamme näkyviin kyseisen järjestelmän perusnäkökuvan. Perusnäkökuvasta oleelliset asiat ovat (Kuva 19) ”overview”, ”flight sheet” ja ”overclocking”. Muut ominaisuudet ovat lähinnä hienouksia, jotka helpottavat satojen ja tuhansien näytönohjainten hallintaa taikka hankalampien ongelmien vianselvittämistä.



Kuva 18. Hive OS -sovelluksen perusnäkökuva Rig 1:stä

3.5 Video Hive OS käytöstä

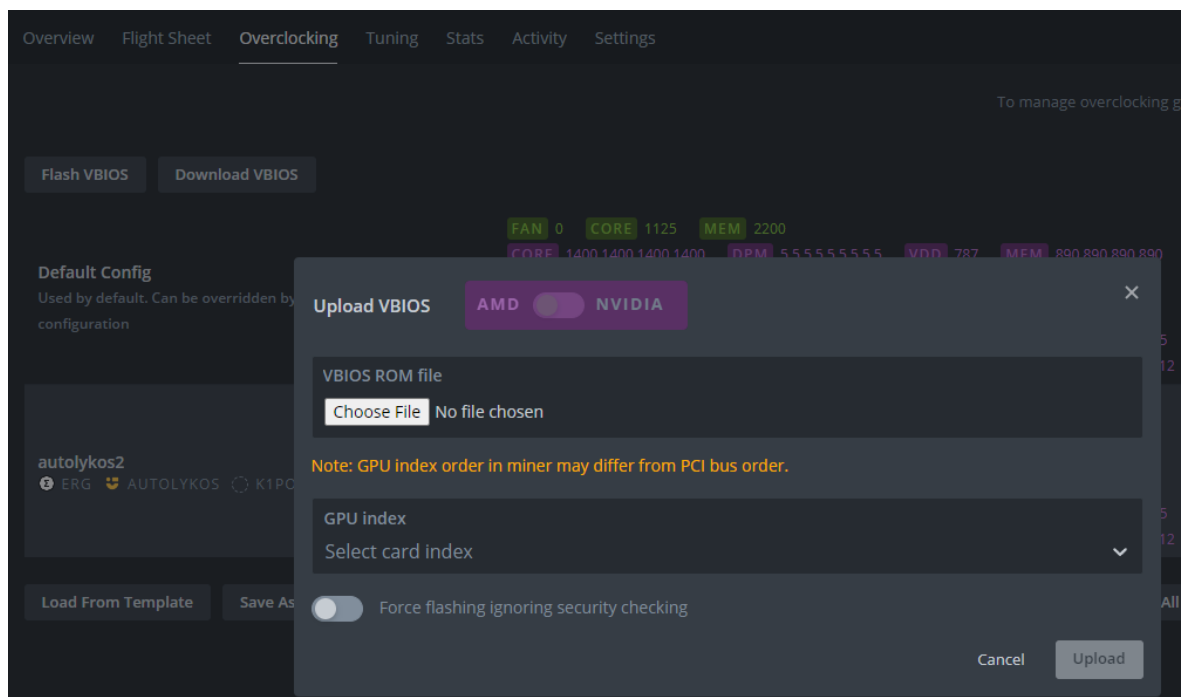
Tässä videossa käyn ohjelman eri käyttöominaisuudet tarkemmin läpi:

https://youtu.be/j_x6a8Ujs40.

4 Ylikellotus ja hienosäätö

Tämä on mielestäni louhinnan vaikein osuus, sillä kokemukseni mukaan jokainen näytönohjain käyttäytyy hieman eri tavalla mallista ja valmistuserästä riippuen. Työssä käytetyt esimerkkikortit ovat kaikki lähtökohtaisesti samoja, mutta eri valmistajilta ja näin ollen ylikellotuksen hienosäädössä on havaittavissa selkeitä eroja esimerkiksi virrankulutuksessa, jännitteissä sekä kellotaajuuksissa.

Hive OS tekee tästä kuitenkin alustana melko helppoa, sillä eri ylikellotusprofiilit saa helposti tallennettua sovellukseen ja sovelluksen kautta näkee helposti, jos jokin on pielessä, ennen kuin koko järjestelmä kaatuu. Käyttämieni RX 5700 XT näytönohjaimien kohdalla Hive OS tarjoaa vielä enemmän hyötyä, sillä sen avulla näytönohjainten VBIOS:n (video basic input output system) eli tiedoston, joka määrittelee eri näytönohjaimen ominaisuuksia (Intel Corporation 2020), on helppo ladata näytönohjaimiin sovelluksen kautta. Tämä tapahtuu järjestelmän ylikellotusosion kautta, josta voidaan ladata minkä tahansa järjestelmään kytketyn näytönohjaimen nykyinen VBIOS talteen tai ladata niiden tilalle uusi.



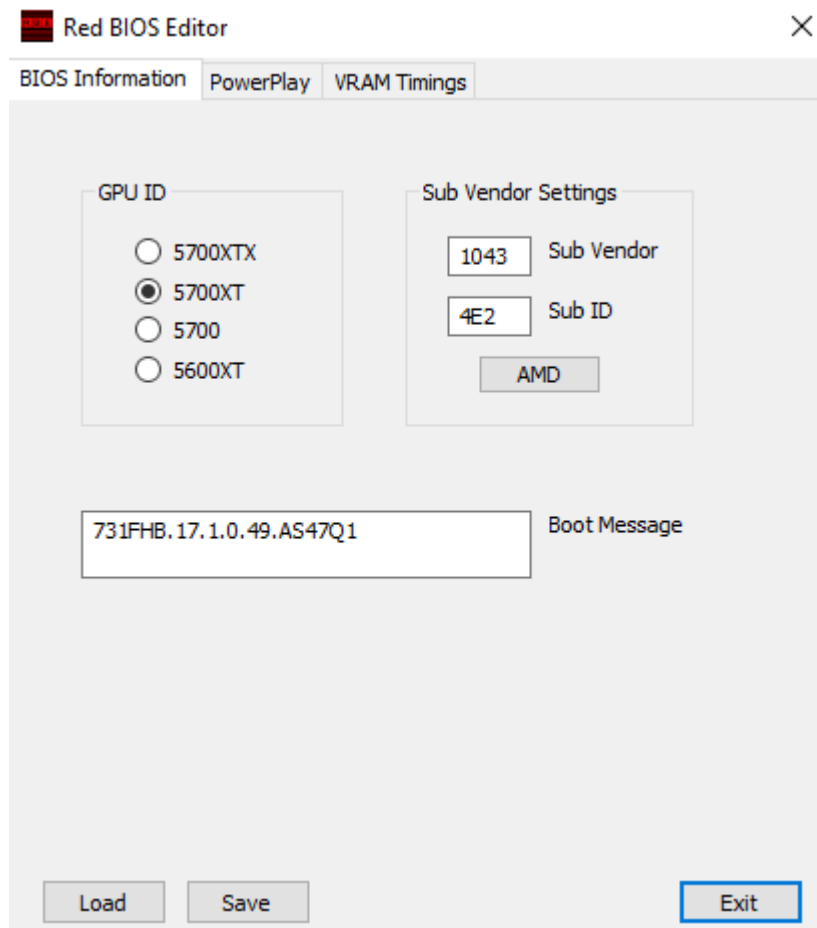
Kuva 19. Kuvankaappaus Hive OS:n VBIOS käytöstä.

Ennen kuin näitä tiedostoja päivittää, tulee aina ladata alkuperäinen tiedosto talteen siltä varalta, että jokin menee pieleen. Tällöin on mahdollisuus korjata tilanne palauttamalla vanha tiedosto takaisin näytönohjaimeen. Työhöni valitsemieni näytönohjainten kohdalla VBIOS:n päivittämisellä saadaan merkittävä lisäys louhintatehoa samaan aikaan vähentämällä virrankulutusta. On siis sanomattakin selvää, että muokkaus on kannattavaa tehdä.

Aloittaessani työni ilman VBIOS:n päivitystä näytönohjaimeni louhivat Ergo-nimistä kryptovaluuttaa (Ergo Platform 2022) kortista riippuen noin 90 Mh/s vaatien virtaa keskimäärin 120 wattia. VBIOS päivityksen jälkeen ne saavuttivat jopa 105 Mh/s vaatien virtaa keskimäärin vain 90 wattia. Teho näin ollen kasvoi noin 17 % ja samalla kulutus laski 25 %.

4.1 VBIOS muokkaus

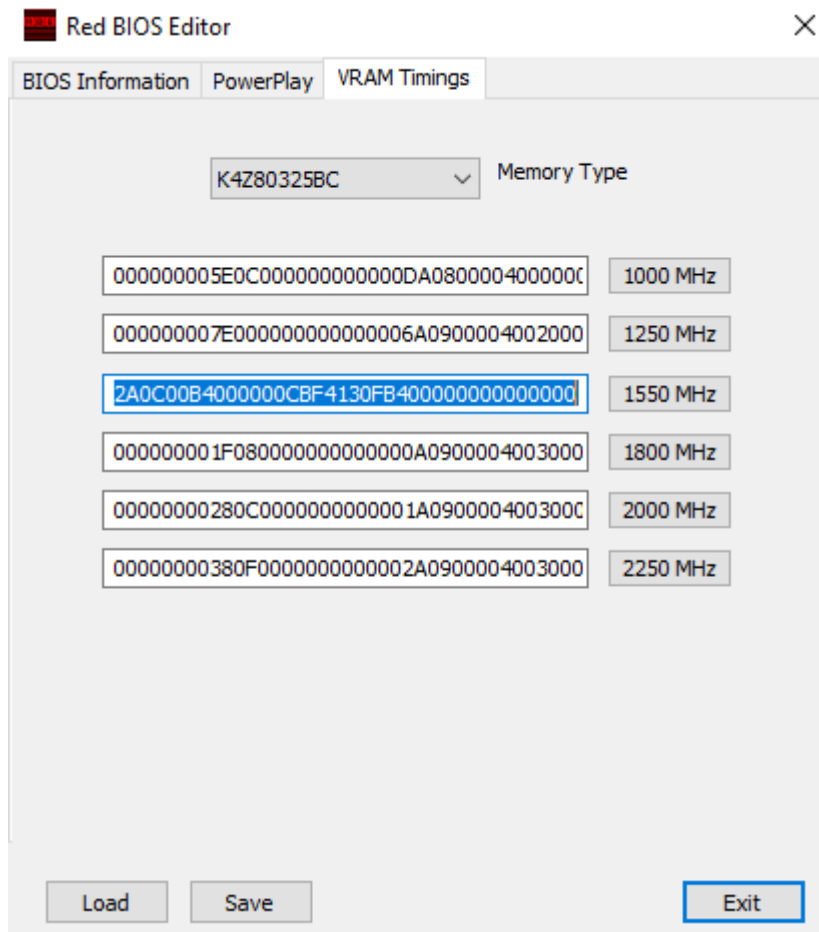
VBIOS tiedoston muokkauksen toteutin seuraamalla Red Panda Mining -sisällöntuottajan videota, jossa hän muokkasi RX 5700 näytönohjaimen VBIOS:n (Red Panda Mining 2020). Aluksi tiedosto ladataan Hive OS:n kautta tietokoneelle, jolle on asennettuna Igors-labin tuottama RBE eli "Red BIOS Editor" -niminen sovellus (Wallossek 2022). Tämän jälkeen sovellus avataan ja siihen ladataan haluttu VBIOS. Käyttämäni RX 5700 XT kohdalla kortin mukana tullut VBIOS näkymä sovelluksessa näyttää seuraavalta:



Kuva 20. Kuvankaappaus Red Bios Editorissa avatussa VBIOS-tiedostosta.

Seuraava askel on tiedoston muokkaus, joka tapahtuu "VRAM (video random-access memory) Timings" eli näytönohjaimen muistin ajoitusten muokkauksella (Gillis 2021). RBE:n kautta tämä on käytännössä hyvin helppoa, sillä haluamme vain kopioida hyötysuhteellään parhaat ajoitukset jokaisen muun asetuksen ylitse. Tässä tapauksessa 1550 MHz

VRAM ajoitukset tarjoavat suurimman louhintatehon, mitä kyseinen näytönohjain tarjoaa pysyen stabiilina jatkuvassa louhinnassa. Tässä tapauksessa kuvan 21 esimerkin mukaan kopioimme 1550 MHz ajoituksen ja syötämme sen jokaiseen muuhun luokkaan olemassa olevan ajoituksen (pitkät numero- ja kirjainyhdistelmät) päälle.



Kuva 21. Kuvankaappaus Red BIOS Editor VRAM ajoituksista

Tämän jälkeen tallennamme muutokset uudeksi tiedostoksi ja lataamme sen Hive OS:n sovelluksen kautta takaisin näytönohjaimen (Kuva 19) ja voimme aloittaa itse ylikellotuksen.

4.2 Ylikellotus Hive OS:n kautta

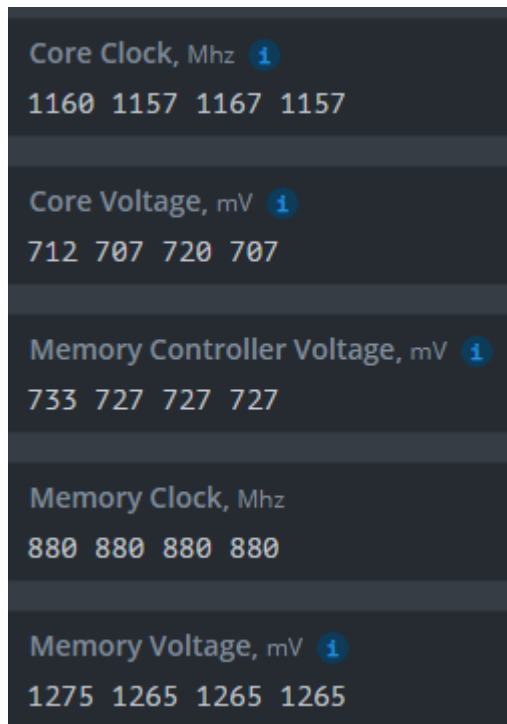
Aloittaessani ylikellottamista jouduin perehtymään uusiin termeihin, jotta ylikellotus ylipäänsä onnistui. Hive OS:n kautta tämä oli lopulta jopa yllättävän helppoa, sillä jokaiselle asetukselle on annettu kattavampi selitys itse sovelluksen sisällä (Liite 4). Käyttämäni näytönohjaimen kohdalla tarvitsin asetuksista vain "Core Clock", "Core Voltage", "Memory Controller Voltage", "Memory Clock" ja "Memory Voltage" asetuksia:

"Core Clock"	Ytimen kellotaajuus (MHz). Määrittää, kuinka nopeasti ydin työskentelee. Mitä suurempi luku, sitä nopeammin ydin toimii ja näytönohjaimen suorituskyky kasvaa.
"Core Voltage"	Ytimen jännite (mV). Määrittää ytimelle syötetyn jännitteen suuruuden. Tätä lukua nostetaan ja lasketaan suhteessa ytimen kellotaajuuden määrään.
"Memory Controller Voltage"	Muistinohjaimen jännite (mV). Määrittää muistinohjaimelle syötetyn jännitteen suuruuden. Tätä lukua nostetaan ja lasketaan suhteessa VRAM:n kellotaajuuden määrään.
"Memory Clock"	VRAM kellotaajuus (MHz). Määrittää kuinka nopeasti VRAM työskentelee. Mitä suurempi luku, sitä nopeammin muisti toimii ja näytönohjaimen suorituskyky kasvaa.
"Memory Voltage"	VRAM jännite (mV). Tätä lukua nostetaan ja lasketaan suhteessa VRAM:n kellotaajuuden määrään.

(Liite 4).

Lähtökohtana luvut louhintaa varten on kokemukseni mukaan paras kopioida Hashrate-sivustolta (Liite 3) ja tämän jälkeen laskea tai nostaa lukuja hiljalleen sen mukaan, miten näytönohjain käyttäytyy. Kuten luvun neljä alussa jo totesinkin, on samojenkin näytönohjainmallien välillä eroja, jonka takia joka kortin joutuu hienosäätää erikseen ja mahdollisesti eri tavalla, mikäli haluaa parhaan mahdollisen hyötysuhteen näytönohjaimen tehon sekä kulutuksen välillä.

Omalla kohdallani totesin, että liitteessä kolme näkyvät luvut eivät olleet omille näytönohjaimilleni hyvät, sillä virrankulutukseni oli noin 106 wattia verrattuna 86 watin oletukseen. Lopulta pääsin lähes samaan lopputulokseen, mutta jouduin laskemaan ytimen kellotaajuutta ja jännitteitä huomattavasti liitteen kolme esimerkkejä alemmaksi. Tässä vielä näytönohjainkohtaiset luvut, jotka olen todennut kyseisille korteille parhaiksi (joka rivillä on mainittuna neljä eri lukua, ja ne kuvaavat neljää eri näytönohjainta):



Core Clock, Mhz ⓘ
1160 1157 1167 1157
Core Voltage, mV ⓘ
712 707 720 707
Memory Controller Voltage, mV ⓘ
733 727 727 727
Memory Clock, Mhz
880 880 880 880
Memory Voltage, mV ⓘ
1275 1265 1265 1265

Kuva 22. Kuvankaappaus lopullisista näytönohjainten asetuksista

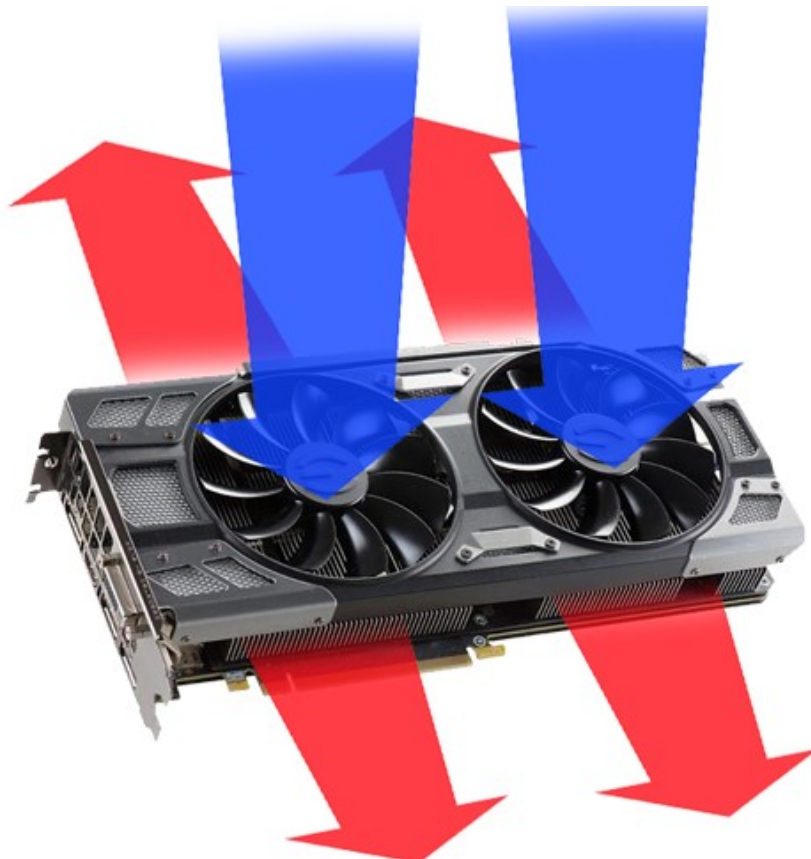
Näillä luvuilla (Kuva 22) sain jokaisen kortin louhimaan Ergoa 105 Mh/s nopeudella 85–91 watin virrankulutuksella. Numeroita on joka rivillä neljä ja ne tarkoittavat neljää eri käytettyä näytönohjainta. Järjestys on vasemmalta oikealla GPU 0-3, sillä käyttöjärjestelmä aloittaa numeroinnin nolasta. Järjestelmä ja jokainen näytönohjain pysyy näillä asetuksilla stabiilina eli se ei kaatuile taikka ylikuumene ja ajoaika pysyy mahdollisimman korkeana. Tämä tarkoittaa myös sitä, että järjestelmä toimii nyt itsenäisesti eikä vaadi enää huomiota tai asetusten säätöä, joten sen voi niin sanotusti jättää louhimaan.

5 Muuta huomioon otettavaa

Järjestelmän kasaamisen ja konfiguroinnin aikana törmäsin erilaisiin haasteisiin ja ongelmiin. Näistä merkittävimmät olivat jatkuvassa käytössä olevien näytönohjaimien perushuolto ja niiden ja ympäristön aiheuttaman lämmön hallitseminen. Käytännössä nämä tarkoittavat näytönohjainten lämpötyynyjen ja -tahnojen vaihtamista uusiin sekä ympäristön lämpötilan nousun aiheuttavien ongelmien ratkomista. Ympäristön lämpötilan muutokset ja niiden vaikutukset ovat toki täysin riippuvaisia louhintajärjestelmän sijainnista ja tilan ominaisuuksista, jossa ne ovat. Tämän työn kohdalla järjestelmä oli sijoitettuna kerrostalokaksion lasitetulle parvekkeelle.

5.1 Näytönohjainten perushuolto

Näytönohjaimien jäähdytys perustuu useimmiten jäähdytysosiin, joka kerää näytönohjaimen ytimen ja muistin luoman lämmön itseensä, josta se siirretään tuulettimien avulla pois näytönohjaimesta:

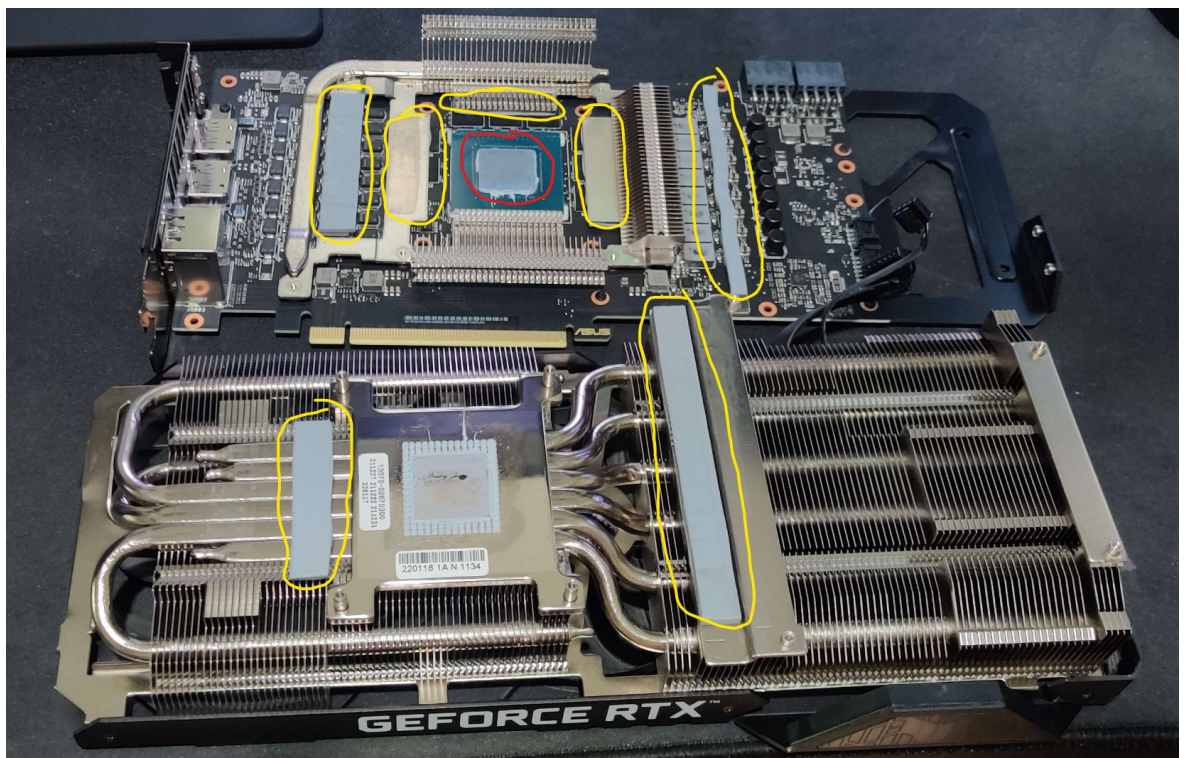


Kuva 23. Näytönohjaimen jäähdytys (Crider 2018)

Tärkeässä osassa lämmön siirtymiseen ovat kuitenkin näytönohjaimen piirilevyn eri osien ja jäähdyttimen välissä käytetyt lämpötyyny ja -tahnat, joiden tehtävä on johtaa lämpöä mahdollisimman tasaisesti näytönohjaimen ytimeltä ja muisteilta jäähdyttimelle (Crider 2018). Lämpötahna ja -tyyny eivät kuitenkaan ole käyttöikänsä ikuisia ja ikääntyminen

esiintyy ajan myötä siten, että näytönohjaimen ytimen ja/tai muistien lämpötila nousee liian korkeaksi, jolloin sen suorituskyky laskee. Itse koin tämän ilmiön työni aikana, sillä käytin jo muutamia vuosia vanhoja näytönohjaimia. Ytimen kohdalla käytetään lämpötahnaa ja muistien kohdalla lämpötyynyjä. Käyttämieni näytönohjaimien kohdalla ytimen lämpötila laski parhaimmillaan tahnojen vaihdon jälkeen jopa noin 10 °C. Muistien lämpötila puolestaan putosi jopa noin 20 °C lämpötyynyjen vaihdon jälkeen. Nämä ovat melko suuria lukuja, sillä korkeimmillaan rasituksessa muistit käyvät tyyppinsä mukaan noin 100–110 °C:ssa, jonka jälkeen suorituskyky alkaa kokemukseni mukaan laskemaan, sillä näytönohjain yrittää laskea lämpötilaa pudottamalla omaa suorituskykyään alemmas. Ydin puolestaan voi samassa tilanteessa rasituksen alla jopa rikkoutua ja se tulisikin pitää korkeintaan noin 70°C:n tienoilla (Liite 5).

Lämpötahnojen ja -tyynyjen vaihto tapahtuu irrottamalla jäähdytin piirilevystä, jonka jälkeen alta paljastuu kuvassa 24 punaisella merkitty näytönohjaimen ydin ja sen pinnalle levitetty lämpötahna ja keltaisella on merkityt lämpötyynyt. Kyseisessä RTX 3070 Ti -mallin näytönohjaimessa on tosin hieman erikoinen jäähdytinratkaisu, mutta periaate on kaikissa eri korteissa ja malleissa on tästä huolimatta sama. Tässä mallissa jäähdytin vain jakautuu kahteen eri osaan, joista toinen, piirilevystä vielä kiinni oleva jäähdytin, hoitaa muistien jäähdytyksen ja iso irrotettu osio puolestaan jäähdyttää ytimen:



Kuva 24. Näytönohjain, josta on irrotettu jäähdytin (Oma kuva)

Lämpötahnojen ja -tyynyjen lisäksi yleisimmät näytönohjainten komponentit, joissa ilmenee vikoja, ovat jäähdyttimien tuulettimet. Työni aikana ne ovat olleet ainoita fyysisiä komponentteja, jotka ovat hajonneet normaalissa käytössä ajan myötä. Tämä ei kuitenkaan

ole ongelma, sillä lähes jokaiseen eri malliin saa eri jälleenmyyjiltä uusia tuulettimia ja vaihto tapahtuu purkamalla jäähdyttimen tai sen ulkokuoren, riippuen mikä näyttönohjainmalli on kyseessä. Tuulettimien tilaa on hyvä seurata säännöllisesti katsomalla pyörievätkö ne normaalisti. Työni kerryttämän kokemuksen perusteella hajoamispisteessä olevat tuulettimet pyöriivät joko normaalia hitaammin, vaihtelevat jatkuvasti nopeuttaan tai jopa heiluvat pyöriessään. Tämä esiintyy puolestaan näyttönohjaimen lämpötilan nousemisena, jonka vuoksi hajoamassa olevat tuulettimet on hyvä vaihtaa uusiin.

5.2 Louhintaympäristön hallinta

Louhintatoiminnan laajentuessa käytetyn tilan lämpötila nousee kasvaneen virrankulutuksen myötä, joka johtuu näyttönohjainten ja muiden komponenttien tuottamasta lämmöstä. Työni kohdalla suurin tekijä oli kuitenkin sijainnin takia aurinko, joka lämmitti käyttämäni tilaa jatkuvasti. Ilman louhintalaitteistoakin tilan lämpötila nousi korkeimmillaan lähelle 40 °C. Tämä on huono asia, sillä käyttämäni näyttönohjaimet ylikuumentuivat, jos huoneen lämpötila ylitti 32 °C. Ratkaisu ongelmaan oli lisätä tilan ilmavirtaa niin, että tilassa oleva ilma vaihtui mahdollisimman nopeasti. Tämän sain aikaan luomalla tilasta ikään kuin tuulitunnelin; lisäsin tuulettimen poistamaan ilmaa tilan etupäädystä luoden läpivedon, joka veti ilmaa puolestaan ikkunan raosta sisään tilan takapäädystä. Louhintajärjestelmät sijoitin tilan takapäädtyyn, jonka kautta uusi ilma tuli tilan sisälle. Louhintajärjestelmien takana oli vielä joka järjestelmälle henkilökohtainen lattiatuuletin, joka varmisti, että ilmaa kulkee suoraan näyttönohjaimien ja muiden komponenttien läpi mahdollisimman paljon.

Auringon aiheuttaman lämpötilan nousun sain eliminoitua lisäämällä tilan ikkunoihin UV-säteilyä heijastavaa kalvoa. Ennen kalvoa ja tuulitunnelin luontia tilan lämpötila laitteiden louhiessa nousi ulkolämpötilan ollessa 25 °C jopa 45 °C:n tienoille. Kalvojen ja tuulitunnelin luomisen jälkeen samoissa olosuhteissa tilan lämpötila nousi korkeimmillaan noin 30 °C:n, jolloin näyttönohjaimien lämpötilat pysyivät siedettävissä rajoissa; ytimien lämmöt alle 60 °C ja muistien lämmöt ääritapauksissa alle 90 °C.

Ulkolämpötilan viilentyessä talven aikaan olen puolestaan käyttänyt louhinnasta syntynyttä hukkalämpöä asuntoni lämmittämiseen. Sijoittamalla louhintajärjestelmät eri puolille asuntoa ne toimivat kuin lämpöpattereina ja tätä menetelmää hyödyntämällä louhinnan kannattavuuskin on huomattavasti parempi, sillä asunnon lämmittämisestä ei tarvitse huolehtia erikseen. Louhinnan tuottamaa hukkalämpöä hyödyntää eri menetelmin rakennusten lämmityksen lisäksi esimerkiksi vaatteiden kuivattamiseen tai veden lämmittämiseen (Hoang & Nguyen 2018, 69–74).

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli oman projektin kautta oppia louhinnasta aihepiirinä mahdollisimman paljon sekä samalla tarjota lukijoille oppimani tieto helposti ymmärrettävässä muodossa. Tämän vuoksi teoriaosuudessa käytiin läpi paljon itselleni ja varmasti myös useille muille täysin tuntemattomia ja uusia teknisiä asioita sekä käsitteitä, jotta itse työn toiminnallinen osuus eli järjestelmän rakentaminen ja käyttö ylipäänsä oli mahdollista. Tietoperusta sisälsi kokonaisuudeltaan melko paljon laajoja käsitteitä, mutta pyrin käymään ne lävitse vain louhinnan osalta tarvittavissa määrin.

Perinteisistä töistä poiketen opinnäytetyöni toiminnalliseen osioon kuului paljon videomateriaalia ja kuvankaappauksia, sillä se oli mielestäni luonnollisin tapa esitellä melko laaja laitteisto ja käyttöalusta niin, että lukija tai tässä tapauksessa katsoja näkee mahdollisimman konkreettisesti mistä työ oikein kertoo. Jos yksi kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, niin tässä tapauksessa yksi video kertoo enemmän kuin sata kuvaa. Se oli ainakin tarkoitukseni, jotta lukijan ei tarvitse selailla lukuisten sivujen ja kuvien välillä perehtyäkseen esimerkiksi Hive OS:n eri käyttöön liittyviin ominaisuuksiin, joiden selittäminen kuvien ja tekstin kautta varmaan jo itsessään riittäisi erillisen opinnäytetyön aiheeksi.

6.1 Riskit

Louhintaprojekti itsessään on ollut teknisesti sekä taloudellisesti valtava riski, sillä kryptovaluuttojen markkinat ovat arvaamattomat ja projektiin tarvittut komponentit ovat hintavia. Tekniseltä kannalta projekti on ollut riski, sillä aihe oli minulle täysin uusi, vaikka tieto- ja osaamispohjani tietokoneiden kasaamisesta ja vianselvityksestä onkin melko laaja. En kuitenkaan ollut ennen tätä projektia perehtynyt näytönohjaimiin niiden niin sanottua normaalia tietokoneeseen asentamista tarkemmin ja erityisesti huoltotoimenpiteet kuten lämpötyynyjen ja tuulettimien vaihto olivat minulle uutta. Riskeistä huolimatta luotin itseeni ja kykyyni oppia uutta, ja aloitin projektin sillä oletuksella, että ajattelen siitä aiheutuvan taloudellisen tappion hintana uuden oppimisesta.

6.2 Onnistuminen ja oppiminen

Projektia aloittaessani ollut täysin varma projektin onnistumisesta, mutta halusin kuitenkin mielenkiintoni johteesta vähintään yrittää. Nyt projektin ja opinnäytetyön suoritettua olen sitä mieltä, että olen oppinut todella paljon uutta ja päässyt hyvään ymmärrykseen siitä, mitä kaikkea louhinta pitää sisällään pelkkää pintaraapaisua syvemmillä. Tämän vuoksi olen kaiken kaikkiaan sitä mieltä, että itse projekti kuten myös opinnäytetyö ja sille asetta-

neet tavoitteeni ovat täyttyneet kaikin puolin onnistuneesti. Tällä tarkoitan sitä, että louhintaprojekti on ollut taloudellisesti minulle jopa kannattavaa ja uusien teknisten asioiden oppimisen kannalta se on ollut taloudellista hyötyä vielä kannattavampaa.

Louhintaprojekti ja opinnäytetyö ovat saaneet minut haastamaan omia rajojani niin teknisesti kuin tietämyksellisesti, etenkin sen vuoksi, että aiheen luonteen vuoksi alan harrastajat pitävät usein ajantasaisen tiedon itsellään, jotta heillä on etulyöntiasema muita louhijoita kohtaan. Loppupeleissä kaikki louhijat ovat käytännössä kuitenkin kilpailijoita keskenään. Ajankohtaisen tiedon hankkiminen onkin tästä syystä ollut hankalaa, vaikka aiheen tietoperusta on opinnäytetyöni tapaan helposti saatavilla. Itse näytönohjainten vertailu eri kryptovaluuttojen louhintaan sekä näytönohjainten asetusten konfigurointi ovat sellaisia asioita, joita ei voi usein suoraan kopioida mistään, kuten toiminnallisessa osiossa jo totesinkin. Tämän vuoksi pyrin työssäni dokumentoimaan tähän vaaditut perusteet Hive OS käyttöalustaa hyödyntäen mahdollisimman selkeästi, jotta opinnäytetyön lukija ymmärtäisi käyttämistään näytönohjaimista ja muista komponenteista huolimatta sen, mistä tulee lähteä liikkeelle louhinnan aloittamiseksi järjestelmästä huolimatta.

Olen ylipäänsä tyytyväinen projektiini, enkä olisi uskonut sen onnistuvan näin hyvin. Etenkin täysin uuden alustan käyttöönotto ja opettelu arvelutti minua, mutta sen oppimiseen käyttämäni vaiva oli sen arvoista. Toki muitakin hyviä alustoja varmasti on, mutta Hive OS on palvellut minua hyvin ja se sisältää helpot laajennusmahdollisuudet tulevaisuutta ajatellen. Myös järjestelmän toiminnan seuranta on ollut sen kautta pidemmälläkin ajanjaksolla todella vaivatonta, joka toki kuvaa myös sitä, että rakentamani järjestelmä on toimiva ratkaisu.

6.3 Laajennus- ja jatkumahdollisuudet

Louhintaprojektia on teoriassa helppo laajentaa hyödyntämällä opinnäytetyössäni esiteltyä pohjaa ja tietoperustaa yhden louhintajärjestelmän kasaamisesta ja käytöstä. Ei tarvitse kuin käyttää samaa periaatetta usean vastaavan järjestelmän kasaamiseen, jotka tällöin muodostaisivat niin sanotun farmin. Käytännössä esteeksi kuitenkin asettuu fyysinen tila, budjetti, sähkönsyöttö sekä aika. Iso louhintafarmi onkin verrattavissa pieneen datakeskukseen. Sen rakennus ja ylläpito eivät ole välttämättä yksinkertaista ja suuren tilan hankinta on taloudellisestikin melkoinen harppaus verrattuna muutamaan komponenttiin. Se on kuitenkin mahdollinen ja jopa varteenotettava vaihtoehto, mikäli louhinnan päivittäistasonen tuotto pysyy voiton puolella. Nykyinen sähkömarkkinatilanne kuitenkin vaikeuttaa tällaista toimintaa merkittävästi.

Lähteet

Balena 2022. Etcher.

Luettavissa: <https://www.balena.io/etcher/>. Luettu: 1.11.2022.

Bitflyer 2022. Hashrate.

Luettavissa: <https://bitflyer.com/en-us/s/glossary/hashrate>. Luettu 12.9.2022.

Brandon coin 25.9.2021. Riserless Mining Motherboard Pros and Cons. Youtube.

Katsottavissa: https://www.youtube.com/watch?v=-Lc3AOafloE&ab_channel=brandon-coin. Katsottu: 20.9.2022.

CCBoot 19.3.2019. Use correct PCIe slot.

Luettavissa: <https://www.ccboot.com/correct-pcie-slot.htm>. Luettu 12.9.2022.

Crider M. 7.9.2018. Whats the difference between a blower and an open-air GPU cooler? How To Geek.

Luettavissa: <https://www.howtogeek.com/365215/what%E2%80%99s-the-difference-between-a-blower-and-an-open-air-gpu-cooler/>. Luettu: 16.11.2022.

Ergo Platform 2022. Ergo platform.

Luettavissa: <https://ergoplatform.org/en/>. Luettu: 28.11.2022.

Ethereum 2022. The Merge.

Luettavissa: <https://ethereum.org/en/upgrades/merge>. Luettu: 1.10.2022.

FIN-FSA Finanssivalvonta 2019. Virtuaalivaluutat.

Luettavissa: <https://www.finanssivalvonta.fi/kuluttajansuoja/virtuaalivaluutat/>. Luettu: 2.11.2022.

Frankenfield J. 15.1.2022. Mining Pool. Investopedia.

Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/m/mining-pool.asp>. Luettu: 2.11.2022.

Frankenfield J. 2.5.2022. Proof of Work. Investopedia.

Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-work.asp>. Luettu: 2.11.2022.

Gillis A. 2021. VRAM (video RAM). TechTarget.

Luettavissa: <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/video-RAM>. Luettu: 6.11.2022.

Glawion A. 15.2.2022. Guide to PCIe Lanes: How many do you need for your workload?
Cgdirector.

Luettavissa: <https://www.cgdirector.com/guide-to-pcie-lanes/>. Luettu: 27.9.2022.

Gpuminingresources 15.3.2019. Maximum safe wattage of PSU cables.

Luettavissa: <https://www.gpuminingresources.com/p/psu-cables.html>. Luettu: 1.11.2022.

Gpuminingresources b n.d. What are safe temperatures for mining?

Luettavissa: <https://www.gpuminingresources.com/p/safe-temps.html>. Luettu: 16.11.2022.

Hashrate 2022. näyttönohjainten tietoja ja vertailua.

Luettavissa: <https://www.hashrate.no/>. Luettu: 16.11.2022.

Harding S. 13.5.2022. What is PCIe? A Basic Definition. Tom's Hardware.

Luettavissa: <https://www.tomshardware.com/reviews/pcie-definition,5754.html>. Luettu
12.9.2022.

Hiveon 2022. Features.

Luettavissa: <https://hiveon.com/features/>. Luettu: 26.10.2022.

Hoang A. & Nguyen T. 15.4.2018). Reusing waste heat from cryptocurrency mining to
heat multi-family house. AMK-opinnäytetyö. Metropolian ammattikorkeakoulu, Bachelor of
engineering.

Luettavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018060111805>. Luettu: 20.11.2022.

Intel Corporation 2022. What does a GPU do?

Luettavissa: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/docs/processors/what-is-a-gpu.html>. Luettu 8.9.2022.

Intel Corporation 29.10.2020. Frequently Asked Questions about Video BIOS.

Luettavissa: <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005749/graphics.html>. Luettu: 6.11.2022.

Jumper man Tech 2.1.2019. How to wire and install PCIe RISERS on any PC (Mining rig
build). Youtube -video.

Katsottavissa: https://www.youtube.com/watch?v=X6A8GSlijZcs&ab_channel=JumpermanTech. Katsottu: 19.9.2022.

Minerstat n.d. What is the difference between PCIe GEN 1, PCIe GEN 2, and PCIe GEN3?

Luettavissa: <https://minerstat.com/help/what-is-the-difference-between-pcie-gen-1-pcie-gen-2-and-pcie-gen-3>. Luettu: 19.9.2022.

NorthCrypto 2022. Kryptovaluuttojen louhinta.

Luettavissa: <https://www.northcrypto.com/fi/about/mining>. Luettu: 1.11.2022.

Raynor de Best 27.7.2022. Daily Ethereum (ETH) mining profitability up until May 1, 2022. Statista.

Luettavissa: <https://www.statista.com/statistics/1201657/ethereum-mining-profitability/>. Luettu: 28.9.2022.

Red Panda Mining a 27.4.2021. How To Build A Mining Rig (POV). YouTube -video.

Katsottavissa: https://www.youtube.com/watch?v=-Frelfppb0w&ab_channel=RedPandaMining. Katsottu: 12.9.2022.

Red Panda Mining b 25.10.2021. Mining Motherboards are EXPENSIVE Right Now! Alternatives? YouTube -video.

Katsottavissa: https://www.youtube.com/watch?v=A8T2Bvrbial&t=193s&ab_channel=RedPandaMining. Katsottu 27.9.2022.

Red Panda Mining c 30.6.2020. Bios Mod & Ethereum HASHRATE For RX 5700 Red Devil. Youtube -video.

Katsottavissa: <https://youtu.be/lnqkOgUKSPo>. Katsottu: 6.11.2022.

Ridley J. 28.10.2021. GPU restock tips: how to buy a graphics card in 2021. PC Gamer.

Luettavissa: <https://www.pcgamer.com/where-to-buy-a-graphics-card/>. Luettu: 3.11.2022.

Schiesser T. 21.12.2021. GPU availability and Pricing Update: December 2021. TechSpot.

Luettavissa: <https://www.techspot.com/article/2389-gpu-pricing-2021-update/>. Luettu: 10.2.2022.

Seth S. 18.4.2022. GPU usage in Cryptocurrency Mining, Investopedia.

Luettavissa: <https://www.investopedia.com/tech/gpu-cryptocurrency-mining/>. Luettu: 8.9.2022.

Shilov A. 23.2.2021. Chip shortages to persist for at least another year. Tomshardware.
Luettavissa: <https://www.tomshardware.com/news/chip-shortages-to-persist>. Luettu:
5.9.2022.

Smith J. 27.4.2018. Asus B250 Mining Expert with 19 GPU slots – Mining motherboard re-
view. 2miners.
Luettavissa: <https://2miners.com/blog/asus-b250-mining-expert-with-19-gpu-slots-mining-motherboard-review/>. Luettu: 20.9.2022.

Team Red Miner 2022. Releases. Github.
Luettavissa: <https://github.com/todxx/teamredminer/releases>. Luettu: 3.11.2022.

Techquickie 24.10.2013. What is Overclocking as Fast As Possible. YouTube.
Katsottavissa: https://www.youtube.com/watch?v=RPmDSYRKnXM&ab_channel=Techquickie. Katsottu: 3.11.2022.

Thomas J. 2021, AMD Radeon 5700XT review, TechRadar.
Luettavissa: <https://www.techradar.com/reviews/amd-radeon-rx-5700-xt>. Luettu:
2.11.2022.

Toshendra S. 14.10.2022. What is Solo mining & How it works? Blockchain Council.
Luettavissa: <https://www.blockchain-council.org/cryptocurrency/solo-mining-works/>. Lu-
ettu: 2.11.2022.



Wallossek I. 22.10.2022. Red Bios Editor. Igorlab.
Luettavissa: <https://www.igorlab.de/en/red-bios-editor-and-morepowertool-adjust-and-optimize-your-vbios-and-even-more-stable-overclocking-navi-unlimited/>. Luettu: 6.11.2022.


Wilson L. 3.12.2021. GPU prices and Cryptocurrency Returns. University of Louisiana at
Lafayette – College of Business Administration.
Luettavissa: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3922181. Luettu:
28.11.2022.

Liitteet

Liite 1. Hive OS maksuehdot (Hiveon 2022).

← → ↻ 🏠 hiveon.com/forum/t/billing/6916

  **Billing**
Account en, ru, billing

 **Tariff packages**

Standard tariff:

- CPU rig - \$0.30/month per a device
- GPU rig - \$3/month per a device
- ASIC without [Hiveon firmware](#) 2.4k - \$2/month per a device

Standard tariff is applied to paid workers and is described excluding possible discounts.

ASIC with [Hiveon firmware](#) is not charged and is not taken into account in the total number of workers subject to payment.

For instance. If you have 10 Antminer S17 running on Hiveon ASIC firmware, you can use Hive OS for management for free.

If you have 10 Antminer S17 - on the Hiveon ASIC firmware, and 10 Antminer S9k - on the stock firmware, then the cost of using Hive OS in this case will be \$20/month (\$2/month per one ASIC device * 10 devices)

The fee for using Hive OS depends on the tariff package. Packages differ in the maximum number of workers in the system and the list of services provided. The transition from one package to another is carried out by connecting or disconnecting workers.

Free package

Owners of free accounts can use up to 4 workers without payment, but under certain conditions:

- 1 rig is free without restrictions

Those users who have from 2 to 4 workers can use the system for free when:

- mining Ethereum OR Ethereum Classic on [Hiveon pool](#) 2.6k
- Mining other coins (except Ethereum or Ethereum Classic) on any other pools

If 2 or more workers are mining Ethereum or Ethereum Classic not on [Hiveon pool](#) 2.6k, the standard tariff is applied to every such worker - \$3/month.

The system remains free as long as you have 4 workers and all the conditions for free accounts are met. If you add the 5th worker to your account, the calculation will be done, and the daily fee for all 5 workers will be charged.

Paying for the system: deposits

Hive OS accepts only cryptocurrency. There are several ways to pay for Hive OS:

- to your personal Ethereum address generated in your account
- to your personal ERC20 Stablecoins address generated in your account (we support USDT, USDC, TUSD)
- using a payment gateway [Coinpayments](#) 1.9k (we accept BTC, BEAM, ETC, LTC, XMR, XRP)
- at the cost of referral rewards (read below in the "Referral system" section)

The detailed information regarding making payments can be found here: [Payments FAQ](#).

Paying for the system: commission on the Hiveon pool

For paid users who mine Ethereum or Ethereum Classic cryptocurrency, there is an optional opportunity to pay for Hive OS by mining on Hiveon pool with a deducted commission of 3% as a payment for Hive OS.

Please note that this method is applicable only to devices mining Ethereum or Ethereum Classic on the Hiveon pool, and the standard tariff will be applied to other devices.

Liite 2. Hive OS asennuksen siirto levyltä toiselle (Hiveon 2022).

2. Transfer the image of the flash-drive using the command `dd if=/dev/sdb of=/dev/sda bs=10M count=800 status=progress`

- if - this is the device from which we will transfer (our flash-drive)
- of - this is a device where to transfer

(SSD/HDD)

- bs - this is a size of the block that is transferred at a time (10M is 10 Megabytes, "M" has to be capital, otherwise an error will occur!)
- count - the number of blocks that have to be transferred, 800 will be enough (10800 = 8000Mb). You don't have to specify this, but in this case the entire flash-drive will be copied (in our example, that's 16Gb), despite the fact that under the file system there are only about 8GB. Besides,

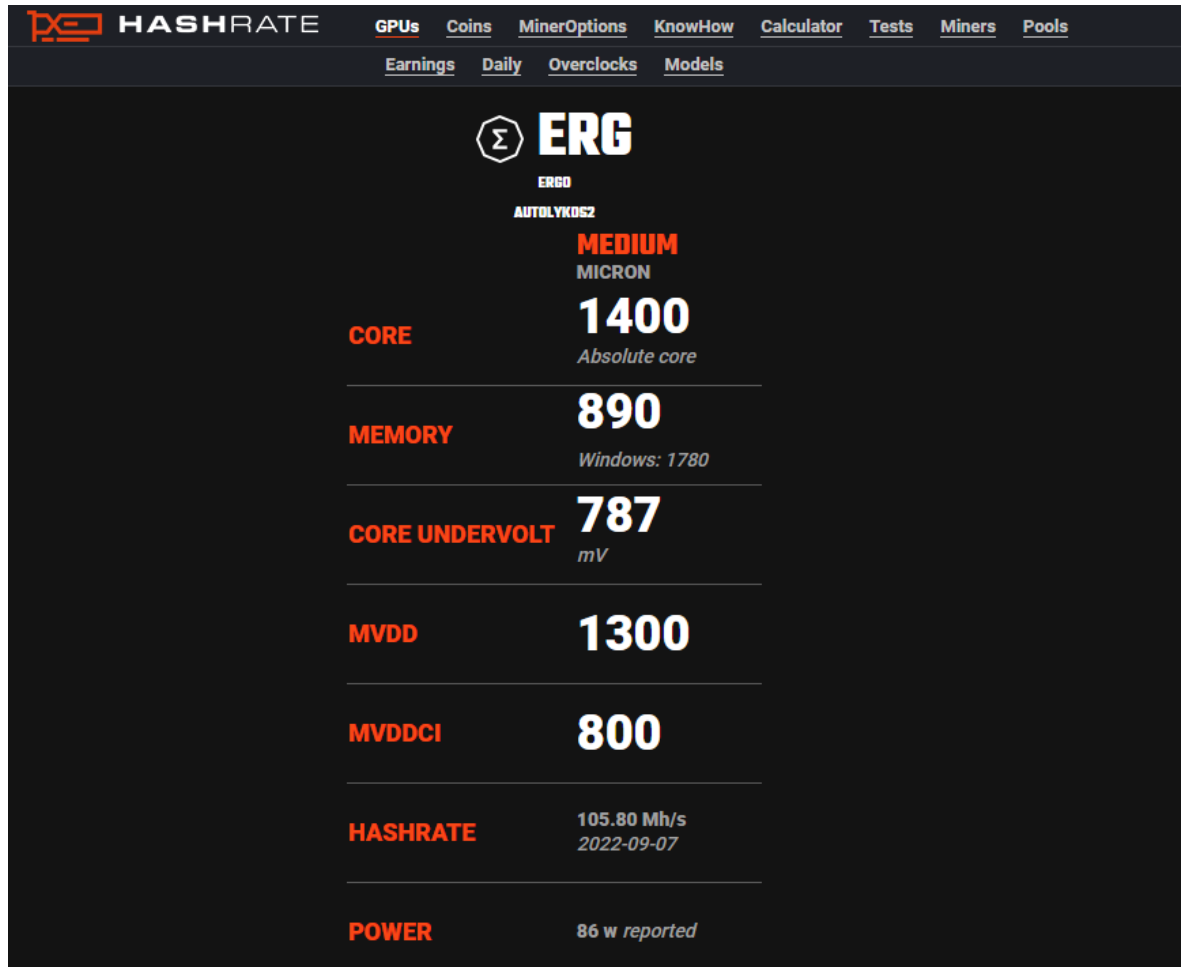
if the flash-drive has larger memory capacity than SSD/HDD, the process will end with an error. However, it will not affect the work.

3. After the process is over, you can boot Hive OS from SSD/HDD:

```
shutdown -r now
```

Don't forget to remove the flash-drive when rebooting, or simply change the boot device in BIOS.

Liite 3. RX 5700 XT asetukset Ergon louhintaan (Hashrate, 2022)



Liite 4. Kuvankaappaus Hive OS -sovelluksen ylikellotusasetuksista.

Config Popular presets × LA 0.00

GPU 3 Radeon RX 5700 XT 8176 MB · ASUS

Core Clock, Mhz ⓘ
1157

Core Voltage, mV ⓘ
707

Memory Controller Voltage, mV ⓘ
727

Memory Clock, Mhz
880

Memory Voltage, mV ⓘ
1265

Fan, % ⓘ

Power Limit, W ⓘ

SoC Frequency, Mhz ⓘ

SoC VDDmax, mV ⓘ

Sets the supply voltage to the memory controller interface (VDDCI). Currently applicable only for Navi family cards. The default value is 850 mV. The permissible range is 750-850 mV. Use this parameter only if you understand what you are doing otherwise you can get a very unstable system.

os #132 A 20.40 (5)

2 / 733 / 1275

7 / 727 / 1265

0 / 727 / 1265

7 / 727 / 1265

A 20.40

N 460.8

221104 DRIVER

Cancel Apply

Liite 5. Näytönohjaimen ytimen lämpötila (Gpumingresources n.d.)

What are Safe Temperatures for Mining?

Ideally when you're mining, you're pushing your graphics cards to the extreme limit of their capabilities. There are several dangers involved if your graphics cards are operating at too high a temperature, but what is considered too high a temperature? And what can you do to prevent high-temp damage to your cards?

By running too hot you're certainly reducing the lifespan of your graphics cards, and you're likely voiding the warranty as well. Most GPU's have sensors to detect if a certain temperature threshold has been breached, and if that sensor is "compromised" at any point during the life of the card then the manufacturer has no responsibility to honor the warranty. Additionally, a hot card means the fan(s) are working overtime. Fans are typically the first mechanism to fail over the lifetime of a graphics card.

Temp Safety Chart

Temperature	Safe?	Effects
0 - 25°C	Yes	Is it on?
26 - 45°C	Yes	Idling. Perhaps picking up some residual heat from your CPU and other components? Certainly not mining at this temperature
46 - 55°C	Yes	Cards are warming up! Either you've just started the mining software or you're not running your cards to their full potential
56 - 71°C	Yes	THE SWEET SPOT! Cards are comfortably hashing away with no throttling: GOLDILOCKS ZONE!
72 - 79°C	Yes	Temperature is safe, but you'll experience slightly lower hashrates in this range. <i>Why?</i> Your GPU's self-regulate their clockspeeds (downthrottle) here as a safety measure
80 - 89°C	Borderline	Your GPU's are not happy here. Expect significant downthrottling and potentially the smell of burning plastic
90 - 99°C	No	There is likely permanent damage occurring
100 - 109°C	No	Too high. A GPU running at this temperature for a minute or two may be recoverable, but significant chance of bricking
110+ °C	No	You've failed. Hope the GPU is the only thing damaged. Pray your home insurance covers negligence