



# Katsaus NFT-teknoologiaan ja sen tulevaisuuteen

Jere Birkman

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2022

Tietojenkäsittely  
Ohjelmistotuotanto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittely  
Ohjelmistotuotanto

BIRKMAN, JERE:  
Katsaus NFT-tekniologiaan ja sen tulevaisuuteen

Opinnäytetyö 30 sivua  
Joulukuu 2022

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä NFT-tekniologiaan sekä sen tulevaisuuden mahdollisuuksiin ja riskeihin. Lisäksi työssä haluttiin tehdä konkreettinen esimerkki tulevaisuuden käyttökohteesta NFT-tekniologiaalle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli antaa yleiskuva NFT-tekniologian toiminnasta sekä luoda käyttötapaus, jota voi käyttää tulevaisuudessa pohjana uuden NFT-tekniologiaa hyödyntävän palvelun tai ohjelman suunnittelussa.

Opinnäytetyössä kerrotaan ensin yleistietoa kryptovaluutoista ja sen jälkeen perehdytään hieman tarkemmin Ethereumiin-kryptovaluuttaan sekä sen kytköksiin NFT-tekniologiassa. Työ jatkuu katsauksella NFT-tekniologiaan ja samalla kuvataan digitaalisen NFT-poletin luonti koodiesimerkein Solidity-ohjelmointikielellä. NFT-polettien käyttökohteista annetaan yleistietoa sekä käsitellään lohkoketjulla tehtyä videopeliä. NFT-tekniologian esittelyn jälkeen hahmotellaan sen tulevaisuutta ja annetaan esimerkki tulevaisuuden NFT-poletista.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi tietopaketti NFT-tekniologian perusteista ja käyttökohteista, koodiesimerkki NFT-poletin luomisesta ja esimerkki NFT-tekniologian liittämistä fyysisiin tuotteisiin digitaalisena aitoustodistuksena.

Kun NFT-tekniologiaa tutkittiin, johtopäätös sen tulevaisuudesta on sääntelyn puuttumisen, useiden huijausten ja virtuaalisuuden pakottamisen seurauksena epävarmuus. Työssä annetaan esimerkki sen potentiaalista: fyysisten esineiden yhdistäminen NFT-tekniologian tarjoamiin älysovimuksiin ja lohkoketjuihin.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Business Information Systems  
Software Development

BIRKMAN, JERE:  
An Overview of NFT Technology and its Future

Bachelor's thesis 30 pages  
December 2022

---

The objective of this thesis was to provide information about NFTs and their future opportunities and risks as well as to create a concrete example of present NFTs and their application in the future. The thesis also produces a use case that can be used as a basis for a new program or service that utilizes NFTs.

The thesis first focused on cryptocurrencies and then takes a more in-depth look into Ethereum currency and its connections to NFTs. The thesis continues with an explanation of the NFTs and creation of a NFT token with code examples using Solidity programming language. General information is provided about NFT use cases in digital art, music, and video games. The thesis continues from overviews to review the future of NFTs with information and example use case.

The thesis provides as results an information package on the basics and use cases of NFTs, a code example for NFT token creation, and an example of its future use in support of physical possessions by combining NFTs with authentication certificates.

The conclusion about the future of NFTs as a technology after studying is uncertainty due to the lack of regulation and several scams. An example of the potential for NFTs is the connection of physical objects with NFT smart contracts to provide digital certificate for ownership.

---

Key words: nft, cryptocurrency

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KRYPTOVALUUTAT .....	7
2.1	Mitä ovat kryptovaluutat? .....	7
2.2	Ethereum .....	8
2.2.1	Standardit .....	8
2.2.2	Älysopimukset .....	9
3	NFT-TEKNOLOGIA .....	11
3.1	Mitä on NFT-teknologia? .....	11
3.1.1	Mikä erottaa NFT-teknologian kryptovaluutoista .....	12
3.1.2	Koodiesimerkki NFT:n luomisesta .....	13
3.1.3	Ostaminen ja myyminen .....	17
3.2	NFT-teknologian nykyiset käyttökohteet .....	18
3.2.1	Virtuaalinen taide ja musiikki .....	18
3.2.2	Metaverse ja pelit .....	20
4	NFT-TEKNOLOGIAN TULEVAISUUS .....	23
4.1.1	NFT-teknologian tulevaisuuden näkymät ja riskit .....	23
4.1.2	Esimerkki NFT-teknologiasta aitoustodistuksessa .....	24
4.1.3	Johtopäätökset NFT-teknologian tulevaisuudesta .....	25
5	POHDINTA .....	27
	LÄHTEET .....	28

**ERITYISSANASTO**

Bitcoin	Maailman suosituin kryptovaluutta
Ether	Ethereumin lohkoketjualustalla käytettävä kryptovaluutta
Ethereum	Hajautettu lohkoketjualusta, joka sisältää erilaisia standardeja ja älysopimuksia
Kirjasto	Ohjelmaan sisällytettäviä aliohjelmia, joita käytetään pääohjelman apuna
Kryptovaluutta	Virtuaalinen valuutta jota voi käyttää kaupankäyntiin
Lohkoketju	Suomennos englanninkielisestä sanasta blockchain Tietokoneiden ylläpitämä hajautettu tietokanta
NFT	Non-Fungible Token eli ei vaihdettava virtuaalinen merkkijono
Poletti	Suomennos englanninkielisestä termistä token, joka on lohkoketjuun julkaistu uniikki merkkijono
Solidity	NFT-polettien luomiseen käytettävä ohjelmointikieli
Vyper	NFT-polettien luomiseen käytettävä ohjelmointikieli

## 1 JOHDANTO

NFT-teknologia ja virtuaaliset kryptovaluutat ovat kasvaneet räjähdysmäisesti luoden uuden digitaalisen omistamisen aikakauden. Vuonna 2022 8,22 miljoonaa Ethereum NFT-polettia on vaihdettu sijoittajien kesken. Jos tarkastellaan suuren väestön yleistietoa NFT-teknologiasta huomataan, että tuntemus jää uutisotsikkoihin tai satunnaisiin kuviin Internetissä. NFT-teknologian tulevaisuus riippuu yleistiedon lisääntymisestä sekä innovaatioista arkipäivän sovelluksissa ja palveluissa.

NFT-teknologia on kasvava, mutta suppeasti markkinoitu teknologia, joka hyötyy laajemmasta tutkimisesta ja käyttötapausten innovoinnista, koska digitalisaatio ja virtuaaliset hyödykkeet eivät tule enää poistumaan Internetistä. NFT-teknologian useat eri käyttötarkoitukset ja -tapaukset antavat sille etulyöntiaseman monipuolisena ja mukautuvana teknologiana digitaalisessa varmentamisessa ja suojaamisessa.

Opinnäytetyössä esitellään kryptovaluuttoja, NFT-teknologiaa sekä sen nykyaikaisia käyttökohteita ja tulevaisuuden näkymiä erilaisten esimerkkien avulla.

## 2 KRYPTOVALUUTAT

Kryptovaluutat ovat olleet jo useita vuosia sijoitusten kohteina ja niitä käytetään virtuaalisena vaihtoehtona rahalle. Jotta voi ymmärtää lohkoketjuja ja NFT-teknologiaa tai niiden käyttökohteita, täytyy ensin ymmärtää mitä ovat kryptovaluutat ja miksi sijoittajat ovat aloittaneet käyttämään niitä jokapäiväisessä kaupankäynnissä.

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti kryptovaluuttojen päätoimintaperiaatteista, esitellään Ethereum kryptovaluuttaa ja sen mukana tulevia standardeja sekä älysopimuksia, joita käytetään kryptovaluuttojen ja NFT-polettien kehittämiseen ja vaihtamiseen.

### 2.1 Mitä ovat kryptovaluutat?

Kryptovaluutalla tarkoitetaan virtuaalista valuuttaa, joka on toteutettu salausalgoritmeilla. Kryptovaluutat eivät ole keskuspankkien takaamia vaan ne ovat erillään perinteisistä talousjärjestelmistä ja niillä on arvoa vain niin pitkään kuin kysyntää riittää markkinoilla. (Finanssivalvonta. 2019).

Kryptovaluutan toiminta perustuu lohkoketjuihin. Lohkoketjut rakentuvat pienemmistä lohkoista, joihin tallennetaan data kaikista kryptovaluutan tapahtumista. Lohkoketjussa jokainen siihen liitetty tietokone toimii palvelimena ja niiden tehtävänä on luoda uusia lohkoja ketjuun. Lohkon täytyessä kryptovaluutalla tehdyistä tapahtumista se sulkeutuu ja uusi lohko aukeaa osaksi ketjua. Uudessa lohossa on aina tieto ketjun edeltävistä lohkoista, joten uuteen lohkoon tehtävä muutos tehdään myös jokaiseen edeltävään lohkoon. Tästä syystä lohkoketjut ovat turvallinen tapa säilöä tietoa, koska niillä ei ole vain yhtä keskitettyä hallintaa vaan jokainen lohkoketjussa oleva palvelin pitää tietokannan eheyttä yllä. (osakesijoittaja.fi 2022.)

## 2.2 Ethereum

Ethereum on kirjoitushetkellä maailman toiseksi suurin kryptovaluutta heti Bitcoinin jälkeen 173 miljardin dollarin markkina-arvolla (Coinmarketcap 2022). Ethereum toimii omissa lohkoissaan aivan kuten Bitcoin, mutta sitä voi käyttää monipuolisemmin erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten uniikkien polettien luomiseen tai älysopimusten valmistamiseen. Bitcoin toimii erinomaisesti valuuttana, koska Bitcoinit ovat samanarvoisia keskenään eli yksi Bitcoin on saman arvoinen kaikille jotka omistavat sitä. Ethereum taas mahdollistaa ainutlaatuisten toisistaan arvoltaan eroavien polettien luomisen. (Northcrypto 2022.)

Ethereumilla on oma natiivi valuuttansa nimeltä Ether (symboli: ETH). Natiivi valuutta tarkoittaa Etherin olevan Ethereum-lohkoketjunalustalla käytettävä ja hyväksytty virtuaalivaluutta. Valuuttana Etherin toimintaperiaate on sama kuin Bitcoinin eli sitä käytetään osto- ja maksutapahtumissa ja yksi Ether on samanarvoinen toisen Etherin kanssa. Lohkoketjunalusta Ethereumin käyttötarkoitus taas eroaa Bitcoinista huomattavasti, koska Ethereum on suunniteltu mahdollistamaan älysopimusten ja uniikkien polettien toiminnallisuuden eikä se yritä olla pelkästään vaihtoehtoinen valuutta osto- ja maksutapahtumille. (Reiff 2022.)

### 2.2.1 Standardit

Ethereumia kehitetään useiden eri ohjelmoijien toimesta ja tämän takia sille on täytynyt luoda erilaisia standardeja kehityksen ohjaamiseksi ja yhteensopivuuden varmistamiseksi päivityksistä tai ominaisuusmuutoksista huolimatta. Ethereumille ja sen eri käyttötarkoituksille on tehty useita erilaisia standardeja helpottamaan koodin uudelleenkäyttöä ja luomaan yhteisiä pelisääntöjä polettien luontiin ja käsittelyyn.

Yleisimmät NFT-polettien standardit ovat ERC-20: standardoitu rajapinta, joka mahdollistaa polettien siirtämisen ja niiden hyväksymisen lohkoketjussa. ERC-721: standardi NFT-teknologialle, kuten digitaaliselle taiteelle tai musiikille. ERC-

777: standardi, joka mahdollistaa toiminnallisuuksien lisäämisen polettien päälle.  
ERC-1155: standardi, joka määrittää säännöt erilaisten polettien rinnakkaiselle käytölle älyopimuksissa. (Crypto.com 2022.)

ERC-20 standardi on NFT-poletin pohjapiirustus jonka vaatimusten toteutumisen jälkeen Ethereum-poletti voidaan luoda ja se saadaan toimimaan kuten normaali kryptovaluutta. Tämän standardin avulla jokainen poletti on arvoltaan ja tyypiltään samanlainen, kuin muiden omistamat poletit ja niitä voi vaihtaa aivan normaalien kryptovaluuttojen tavoin. (Ethereum.org. 2022a.)

ERC-20 standardi ei kuitenkaan ole tarpeeksi monipuolinen, koska siinä ei oteta huomioon toisistaan riippumattomilla arvoilla toimivia uniikkeja NFT-poletteja. Tämän takia luotiin ERC-721 standardi, joka on tarkoitettu antamaan ohjeet ja määräykset NFT-polettien luonnille ja toiminnalle.

ERC-721 standardi on NFT-tekniikalle oleellisin standardi, koska se määrittää miten älyopimukset ja poletit luodaan koodissa sekä se pitää kirjaa luoduista poleteista ja niiden tapahtumista lohkoketjuissa. (Ethereum.org. 2022b.)

## 2.2.2 Älyopimukset

Aivan kuten fyysisessä kaupankäynnissä täytyy myös kryptovaluuttoja vaihdettaessa olla olemassa sopimuksia ja sääntöjä, jotta tietokoneet ja kauppa tekevät ihmiset saavat läpinäkyvyyttä sekä turvaa maksu- ja ostotapahtumilleen. Älyopimukset ovat joukko lohkoketjuun ohjelmoituja ehtolauseita. (IBM 2022.)

Älyopimukset ovat lohkoketjuun luotuja ohjelmia joiden tarkoitus on asettaa ehdot maksutapahtumille varmistuen, että maksusuoritukset toteutuvat vasta sopimuksessa asetettujen ehtojen täyttymisen jälkeen. (IBM 2022.)

Älyopimukset luovat turvaa kryptovaluutoilla tehtäviin maksutapahtumiin, koska niitä ei ole mahdollista muuttaa lohkoketjuun julkaisemisen jälkeen. Sopimus voidaan purkaa ja korvata uudella, mutta läpinäkyvyyden säilyttämiseksi tämä toiminto tuhoaa aina edellisen älyopimuksen. (Binance Academy 2022.)

Ethereum-lohkoketjuihin voidaan kehittää älysopimuksia ERC-20 tai ERC-721 standardin mukaan. Ohjelmointikielenä Ethereum älysopimusten tekemiseen suositellaan dokumentaatiossa ohjelmointikieliä Solidity ja Vyper.

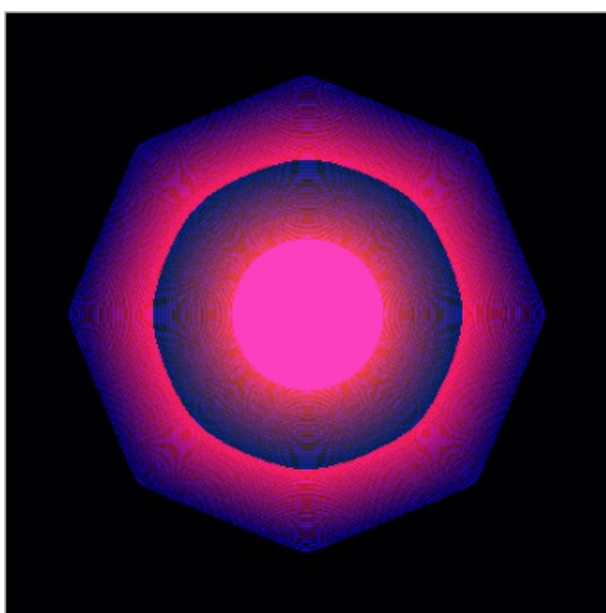
(Ethereum.org. 2022c.)

### 3 NFT-TEKNOLOGIA

#### 3.1 Mitä on NFT-teknologia?

NFT (Non-Fungible Token) tarkoittaa uniikkia merkkijonoa, joka on ainoa tällainen maailmassa eikä sitä voi kopioida tai monistaa. NFT-merkkijonoa voidaan ajatella eräänlaisena polettina (Token), jonka sisään on asetettu tietokantaan osoittava linkki merkkijonona. NFT-poletin sisällä oleva merkkijono toimii varmenteena ja todistuksena sen ainutlaatuisuudesta ja omistuksesta. NFT-poletti voidaan liittää digitaalisin esineisiin, kuten taiteeseen tai musiikkiin. Suomalaisen henkilötunnus toimii samalla tavalla kuin NFT-poletti, koska henkilötunnus on ainutlaatuinen eikä sitä näin ollen voi vaihtaa toisen ihmisen henkilötunnukseen eikä yhdellä ihmisellä voi olla useampaa henkilötunnusta tai kahdella ihmisellä aivan samaa merkkijonoa tunnuksessaan.

NFT-teknologian yleisin käyttötarkoitus on digitaalisissa keräilyesineissä, taiteessa (Kuva 1) ja erilaisissa palveluissa. NFT-teknologiaa ei voi käyttää samalla tavalla kuin kryptovaluuttoja, koska jokaisen NFT-poletin on oltava uniikki. Ethereum on suosituin teknologia, jota käytetään NFT-teknologian kanssa sen ERC-721 standardin ja älysopimusten takia. (Singh, O 2022.)

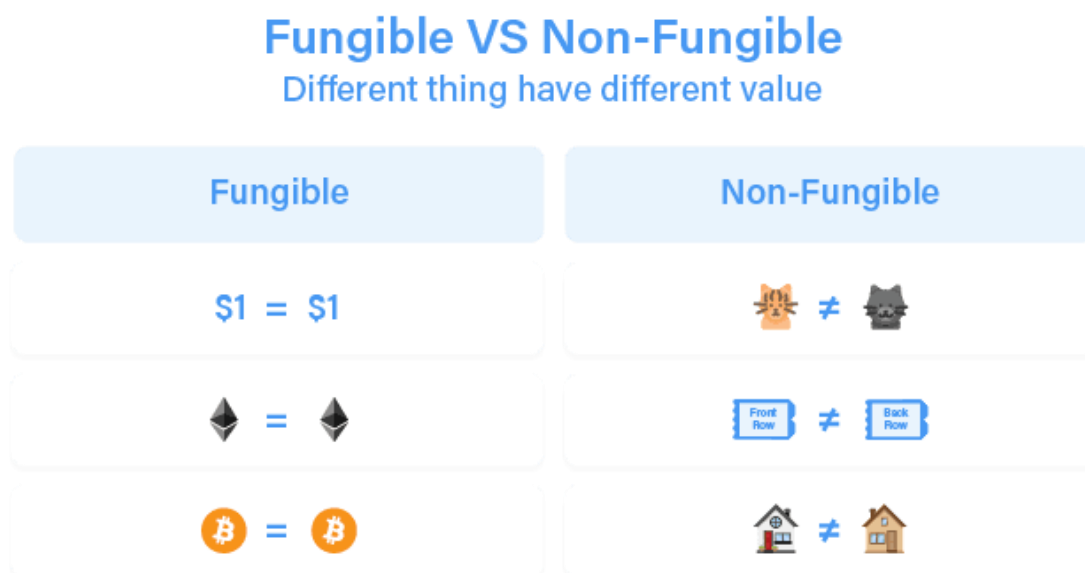


KUVA 1. Väitetysti maailman ensimmäinen NFT-taideteos Quantum (McCoy, K. 2014).

### 3.1.1 Mikä erottaa NFT-tekniikan kryptovaluutoista

Vaikka NFT-tekniikassa täytyy hyödyntää Ethereumia tai muita kryptovaluuttoja käyttäviä tekniikoita eroaa se silti täysin kryptovaluutoista toiminnallisuuksiltaan. NFT-tekniikkaa hyödynnetään digitaalisten esineiden ja omistusten luomiseen sekä merkitsemiseen ja näitä esineitä tai palveluita ostetaan ja myydään käyttämällä kryptovaluuttoja. Yhden NFT-poletin ollessa uniikki ei niitä voi käyttää maksutapahtumissa kuten normaalia valuuttaa, koska jokaisen NFT-poletin arvo eroaa muista NFT-poleteista.

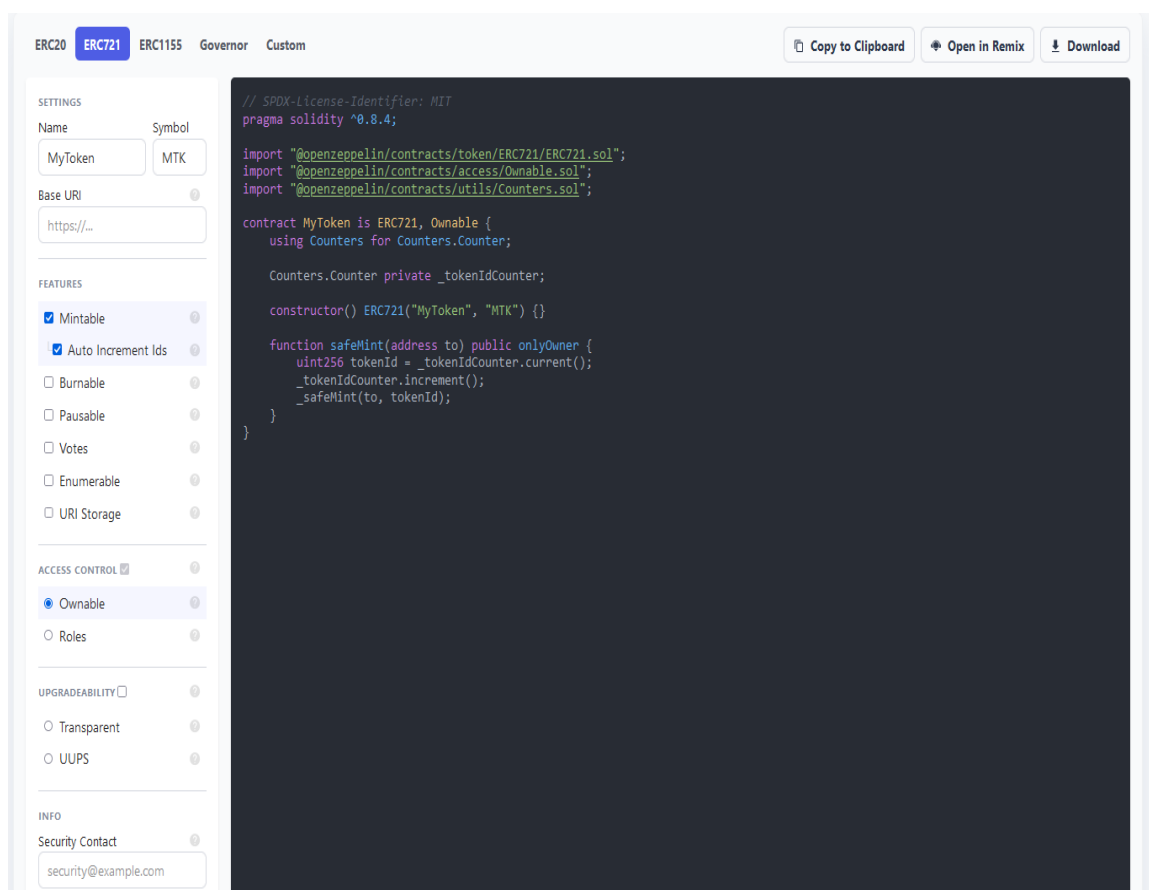
Kryptovaluuttoja voidaan havainnollistaa valuuttojen avulla (Kuva 2). Yksi Bitcoin on vaihdettavissa samalla arvolla toisen Bitcoinin kanssa, aivan kuten yksi Euro pysyy samanarvoisena kahden Euroa valuuttanaan käyttävän ihmisen välillä. Uniikkeissa NFT-poleteissa taas puhutaan esimerkiksi taiteesta, missä alkuperäinen Mona Lisa ei ole saman arvoinen kuin matkamuistoksi ostettu juliste, koska alkuperäinen taideteos on ainutlaatuinen ja juliste on vain kopio siitä (Hyppänen 2022.)



KUVA 2. Kuva vaihdettavista valuutoista ja toisistaan arvoltaan eroavista tuotteista ja asioista (Crypto.com 2022).

### 3.1.2 Koodiesimerkki NFT:n luomisesta

NFT-poletit kehitetään käyttäen ERC-721 standardissa annettuja metodeja, joten sen luominen tapahtuu dokumentaatiota seuraamalla. Ethereumin omassa dokumentaatioissa suositellaan käyttämään ohjelmointikielinä NFT-polettien luomiseen Soliditya tai Vyperia. Tämän esimerkin tekemiseen käytetään ohjelmointikielienä Soliditya, koska sille on olemassa oma ilmainen Internetissä toimiva ohjelmointialusta OpenZeppelinin (Kuva 3). Solidity-ohjelmointikieli on tarkoitettu älysovimusten ja ERC-721 standardin mukaisten polettien luomiseen. Ohjelmointialustan avulla poletille pystyy asettamaan esimerkiksi nimen, symbolin, URI:n ja eri ominaisuuksia, jotka editori lisää automaattisesti koodiin tehden NFT-polettien luomisesta todella helppoa ja nopeaa.



KUVA 3. Kuvakaappaus OpenZeppelinin koodieditorista.

Koodiin sisällytetään ERC-721 standardin mukainen kirjasto, jossa on pohja älysovimukselle ja tarvittavat metodit sekä uniikin tunnisteiden eli id:n luomiseen tarkoitettu laskuri (Kuva 4).

Tämän jälkeen luodaan sopimus (contract) jotta polettia voi käyttää (Kuva 5). Tässä esimerkissä NFT-kirjaston nimi on NFTExample ja se on asetettu ERC-721 standardin mukaiseksi. Sopimuksen mukaisesti luodut poletit voi omistaa (Ownable) eli niillä on omistaja, jolla on mahdollisuus tehdä erilaisia toimintoja poletilleen riippuen sen konfiguraatiosta. Tämän alapuolella alustetaan laskuri poletin uniikin id:n luomiselle. Laskuri pitää huolen siitä, että kahdella poletilla ei ole samaa id:tä, koska muuten ne rikkoisivat NFT-poleteille asetettua standardia niiden ainutlaatuisuudesta.

```

1 // SPDX-License-Identifier: MIT
2 pragma solidity ^0.8.4;
3 import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/ERC721.sol";
4 import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";
5 import "@openzeppelin/contracts/utils/Counters.sol";
6

```

KUVA 4. Kuvakaappaus kirjastojen sisällyttämisestä koodiin.

```

7 contract NFTExample is ERC721, Ownable {
8     using Counters for Counters.Counter;
9
10    Counters.Counter private _tokenIdCounter;
11

```

KUVA 5. Kuvakaappaus älysopimuksen alustamisesta koodissa.

Sopimuksen luomisen jälkeen NFT-poletti voidaan alustaa Solidity-ohjelmointikielen kirjastosta saatavan luokan avulla (Kuva 6). Luokalle kerrotaan, että kyseessä on ERC-721 standardin mukainen poletti ja sille annetaan nimi sekä kolmikirjaiminen lyhenne tai symboli kuten esimerkissä olevat "TestToken" ja "TST".

```

11
12     constructor() ERC721("TestToken", "TST") {}
13

```

KUVA 6. Kuvakaappaus ERC-721 standardin mukaisen NFT-poletin alustamisesta koodissa.

NFT-poleteille pitää asettaa oma osoite, joka osoittaa oikeaan polettiin tietokannassa. Koodiesimerkissä toiminto `_baseURI` palauttaa seuraavan osoitteen [https://API\\_URL/api/erc721/](https://API_URL/api/erc721/). Osoitteessa `API_URL` on NFT-poletin

kehittäjän API:n osoite (Kuva 7). API on periaatteessa palvelimella sijaitseva JSON-tiedosto jossa NFT-poletit sijaitsevat ja niitä voidaan kutsua id-arvon perusteella. Automaattisesti kasvatettavien id-arvojen kanssa API:n osoitteisiin lisätään kyseisen poletin id-arvo (Taulukko 1).

```

14     function _baseURI() internal pure override returns (string memory) {
15         return "https://API_URL/api/erc721/";
16     }

```

KUVA 7. Kuvakaappaus `_baseURI`-toiminnosta, joka palauttaa osoitteen poletille.

TAULUKKO 1. Esimerkki NFT-poletin osoitteen muodostamisesta.

<code>_baseURI</code>	Poletin id	Lopullinen osoite
<code>https://API_URL/api/erc721/</code>	1	<code>https://API_URL/api/erc721/1</code>
<code>https://API_URL/api/erc721/</code>	2	<code>https://API_URL/api/erc721/2</code>
<code>https://API_URL/api/erc721/</code>	3	<code>https://API_URL/api/erc721/3</code>

NFT-poletin julkaisu lohkoketjussa täytyy myös ilmaista koodissa. Toiminnot poletin julkaisemiseksi ovat nimeltään `Mint` tai `safeMint` (Kuva 8). `SafeMint`-toiminto eroaa `Mint`-toiminnosta suojaamalla julkaisun vain mahdolliseksi ERC-721 standardia tukevien älysovimusten kanssa. Toiminto kasvattaa polettien id-arvoa aina yhdellä eteenpäin uuden poletin luonnin yhteydessä sen ainutlaatuisuuden säilyttämiseksi.

```

18     function safeMint(address to) public onlyOwner {
19         uint256 tokenId = _tokenIdCounter.current();
20         _tokenIdCounter.increment();
21         _safeMint(to, tokenId);
22     }
23 }

```

KUVA 8. Kuvakaappaus `safeMint` toiminnosta koodissa.

NFT-teknologialla poletin tekeminen on yksinkertaista ja niiden suosion ansiosta Internetistä löytyy suuri määrä erilaisia ohjeita ja työkaluja niiden kehittämiseen ja julkaisemiseen. Alapuolella on esimerkissä käytetty koodi. (Kuva 9).

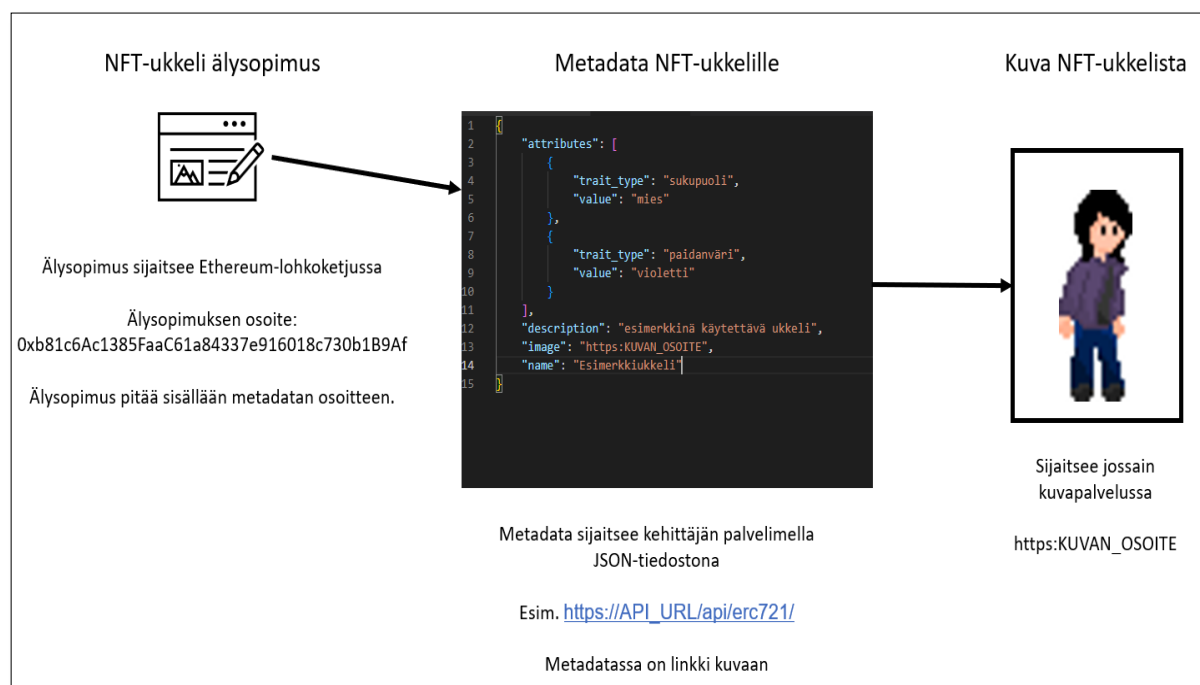
```

1 // SPDX-License-Identifier: MIT
2 pragma solidity ^0.8.4;
3 import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/ERC721.sol";
4 import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";
5 import "@openzeppelin/contracts/utils/Counters.sol";
6
7 contract NFTExample is ERC721, Ownable {
8     using Counters for Counters.Counter;
9
10    Counters.Counter private _tokenIdCounter;
11
12    constructor() ERC721("TestToken", "TST") {}
13
14    function _baseURI() internal pure override returns (string memory) {
15        return "https://API_URL/api/erc721/";
16    }
17
18    function safeMint(address to) public onlyOwner {
19        uint256 tokenId = _tokenIdCounter.current();
20        _tokenIdCounter.increment();
21        _safeMint(to, tokenId);
22    }
23 }
24

```

KUVA 9. Kuvakaappaus yksinkertaisen NFT-poletin tekemisestä OpenZeppelinin työkalulla.

NFT-poletin tekemisen ja julkaisemisen jälkeen on se osa lohkoketjua älysopimuksessa. NFT-poletin tiedot eli metatiedot sisältyvät älysopimukseen taideteoksen omistuksen siirtämistä varten (Kuva 10).



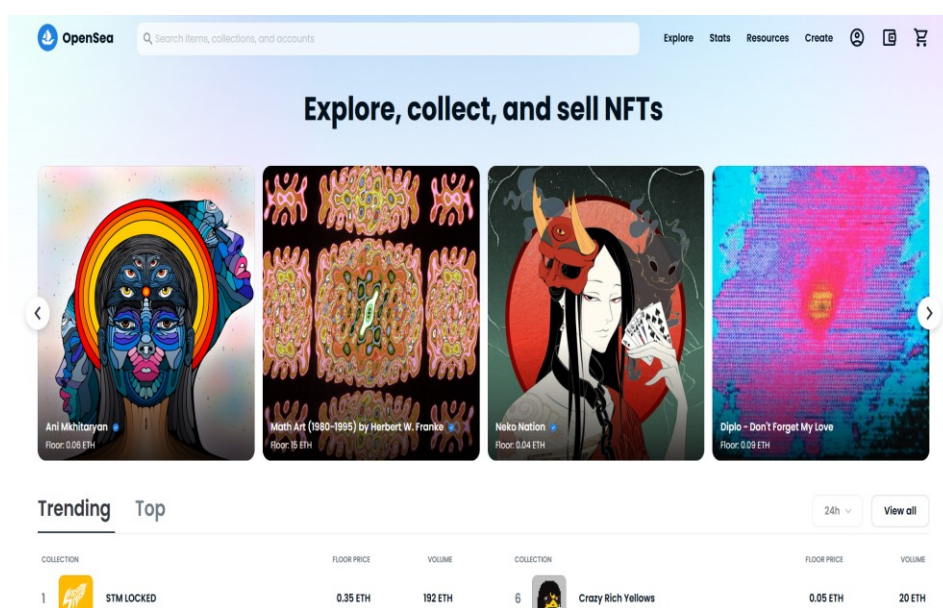
KUVA 10. Kaavio NFT-poletin sisällöstä älysopimuksessa.

### 3.1.3 Ostaminen ja myyminen

NFT-teknologia perustuu täysin lohkoketjuihin ja kryptovaluuttoihin joten on luonnollista, että myös NFT-poletteja ostetaan, myydään ja käytetään sijoittamiseen. Vuoden 2021 lopussa kaikilla kryptovaluutoilla oli yhteenlaskettuna yli kahden triljoonan dollarin markkina-arvo (CoinMarketCap Charts 2022). NFT-teknologialla tuotetut poletit ovat tietysti pienempi osa koko kryptovaluuttamarkkinaa, mutta silti vuonna 2022 yli 8,22 miljoonaa Ethereum-polettia on vaihdettu sekä niillä on lähes 11,3 miljardin dollarin markkina-arvo. (Nansen 2022.)

NFT-polettien ostamiseen ja myymiseen tarvitsee jonkinlaisen kauppapaikan, kuten esimerkiksi NFT-taiteelle tarkoitettu OpenSea.io, joka mahdollistaa NFT-polettien ostamisen, myymisen ja keräilemisen taiteen muodossa (Kuva 11).

Sijoittajan ostaessa NFT-poletilla tehdyn digitaalisen taideteoksen, hän saa kuvan käyttäjätililleen ja siihen yhdistetyn uniikin merkkijonon, joka toimii kuittina ja todistuksena taideteoksen omistamisesta. NFT-polettien ostaminen ja myyminen ei ole kuitenkaan aivan riskitöntä, koska kyse on sijoittamisesta. Taideteoksen arvo voi laskea kokoelman suosion hiipuesssa tai siihen sidotun kryptovaluutan kuten Etherin markkina-arvon tippuessa.

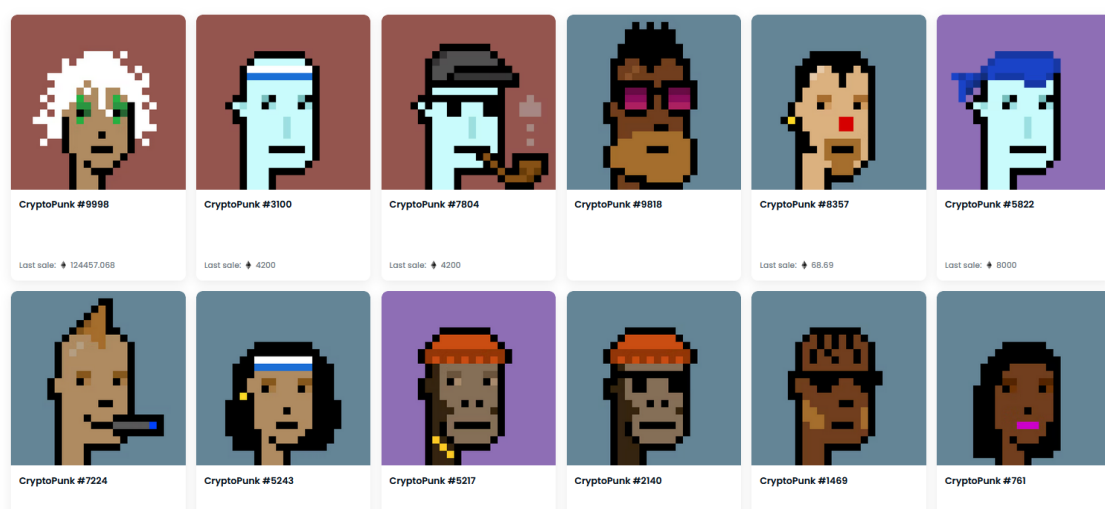


KUVA 11. NFT-taiteen kauppapaikka OpenSean etusivu (opensea.io 2022).

## 3.2 NFT-teknologian nykyiset käyttökohteet

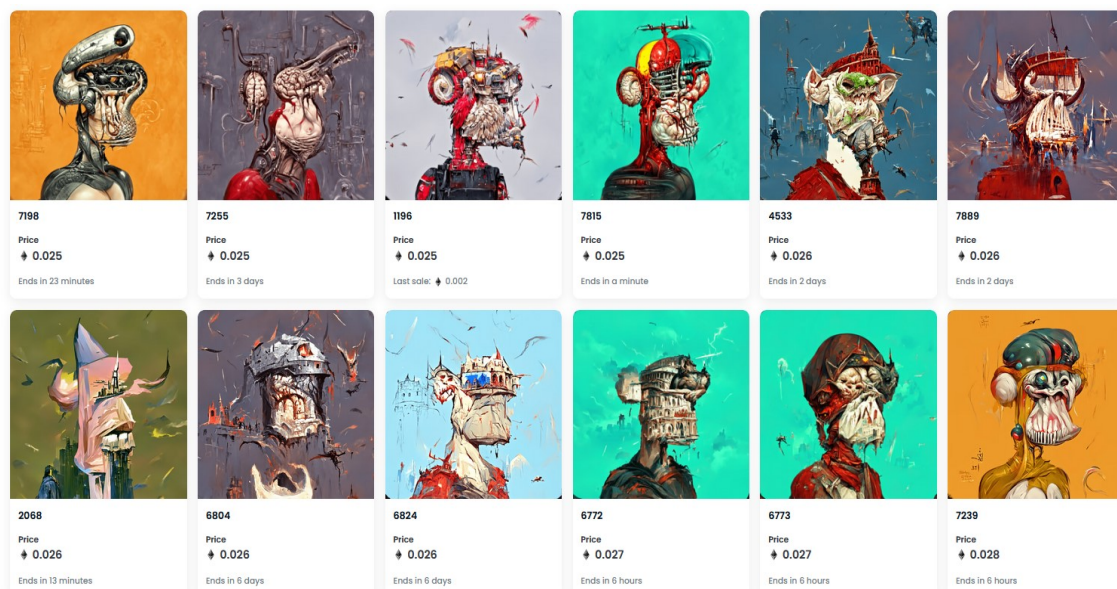
### 3.2.1 Virtuaalinen taide ja musiikki

Suosituimmat NFT-taidekokoelmat ovat Larva Labs Studion CryptoPunks ja Yuga Labsin kehittämä Bored Ape Yacht Club. CryptoPunks-kokoelmassa myydään NFT-poletteina pikseligrafiikalla piirrettyjä hahmojen päitä (Kuva 12). CryptoPunks-kokoelma kehitettiin vuonna 2017 ja sen sanotaan olevan edelläkävijä kaikelle digitaaliselle NFT-taiteelle.



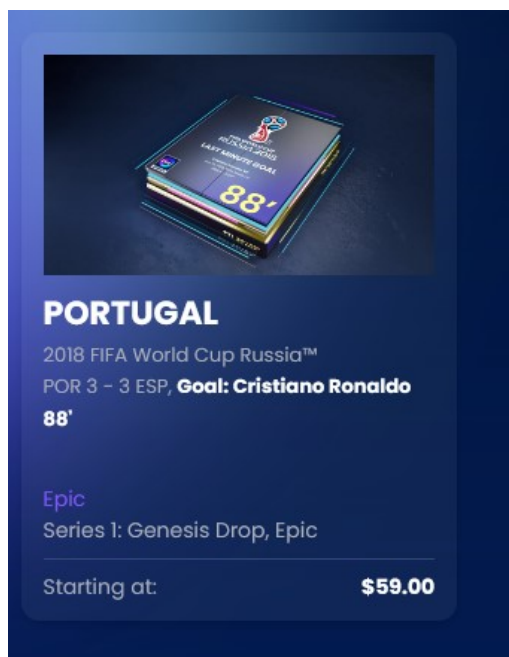
KUVA 12. Kuvankaappaus CryptoPunks-kokoelmasta (opensea.io CryptoPunks collection 2022).

Suosituimmat NFT-taidekokoelmat keskittyvät erilaisten hahmojen, eläinten tai olentojen muotokuvaan, koska niitä on helppo muokata mahdollistaen suurten määrien luonnin nopeasti. Teknologian kehittyessä NFT-taiteeseen on alettu sekoittamaan tekoälyä ja koneoppimista taiteen luomiseksi. Esimerkkinä vuonna 2022 luotu Artsy Monke-kokoelma on kokonaan tekoälyn tekemä (Kuva 13).



KUVA 13. Esimerkki Arty Monke-kokoelmasta. Kokoelma on kokonaan tekoälyn tekemä (Opensea.io collection artsy-monke 2022).

Myös suuret yritykset, liitot ja järjestöt ovat huomanneet NFT-poletteissa mahdollisuuksia tuottoihin ja ne ovat alkaneet luomaan omia versioitaan NFT-teknologialla. Kansainvälinen jalkapalloliitto FIFA ilmoitti 2.9.2022 tuovansa markkinoille FIFA+ Collect NFT-kokoelman, joka sisältää nostalgisia hetkiä sekä miesten, että naisten jalkapallon MM-kisoista (Kuva 14). Kokoelmasta voi ostaa paketteja, joihin on valittu hetkiä aina torjunnoista MM-finaalin ratkaiseviin maaleihin. Keräilijät voivat vaihdella kokoelman NFT-poletteja samalla tavalla kuin fyysisiä jalkapallokortteja. Esimerkiksi FIFA+ Collectissa Cristiano Ronaldon 3-3 tasoitusmaali vuoden 2018 MM-kisoissa Espanjaa vastaan on ostettavissa halvimmillaan 59:llä eurolla ja kalleimmillaan sitä kaupitellaan 21,4 miljoonalla eurolla. (FIFA 2022.)



KUVA 14. NFT paketti, joka sisältää Cristiano Ronaldon tasoitusmaalin 2018 MM-kisoista (FIFA 2022).

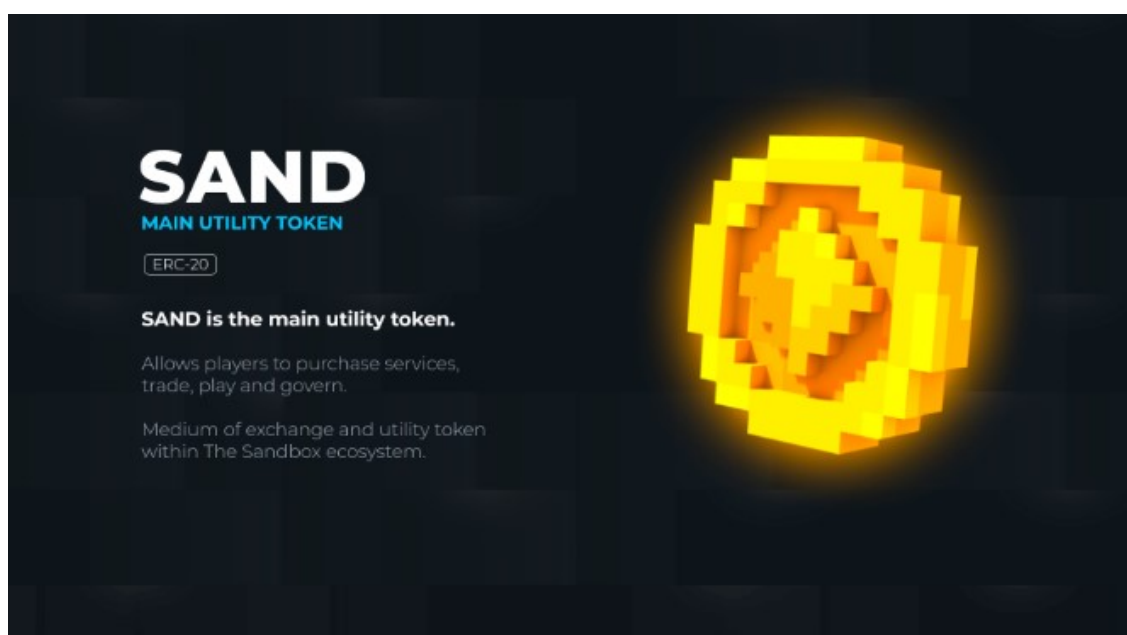
NFT-poletteja on alettu myös käyttää muusikoiden toimesta yksittäisten kappaleiden, musiikkivideoiden ja albumien levittämiseen. NFT-musiikki mahdollistaa artisteille suurempia osuuksia tuotoista, koska niistä ei tarvitse maksaa tiettyä prosenttiosuutta suoratoistopalvelulle. Artistit voivat myös vapaasti päättää haluavatko he myydä NFT-poletiksi muutettua musiikkiaan kaikille vai pienemmälle joukolle luoden keinotekoista niukkuutta ja harvinaisuutta. (Langston 2022.)

### 3.2.2 Metaverse ja pelit

NFT-polettien ainoa käyttökohde ei ole pelkässä taiteessa tai musiikissa. Vuonna 2021 Facebook valitsi uudeksi nimekseen Meta ja kertoi aikomuksista sijoittaa Metaverseen eli virtuaaliseen maailmaan jossa käyttäjät voisivat tavata toisiaan virtuaalisilla hahmoilla virtuaalisissa paikoissa. Useat eri pelitalot ja virtuaaliseen todellisuuteen erikoistuneet yritykset ovat aloittaneet kehittämään Metaverse ratkaisuja NFT-teknologiaa hyödyntämällä eri toiminnoissa ja palveluissa.

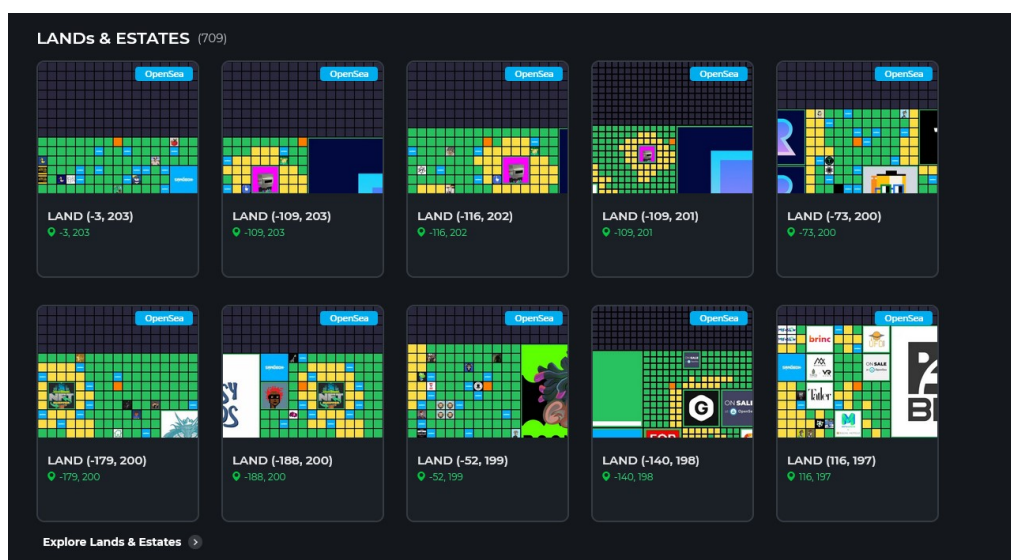
The Sandbox on yksi suosituimmista Metaverse-palveluista. The Sandboxia kehittää pelitalo nimeltä Pixowl ja se tuotiin osaksi lohkoketjua vuonna 2018. The

Sandbox koostuu kolmesta erilaisesta tuotteesta jotka muodostavat yhdessä The Sandbox metaversen. Nämä tuotteet ovat Voxel editor jossa pelaajat voivat luoda vokseli-grafiikalla erilaisia luomuksia, Marketplace, jossa pelaajat voivat myydä vokseli-grafiikka luomuksiaan NFT-poletteina muille käyttäjille ja Game Maker jossa pelaajat voivat luoda pelejä ja rahastaa niillä. The Sandbox käyttää omaa ERC-20 standardilla luotua kryptovaluutta nimeltä SAND (Kuva 15). SANDia käytetään NFT-luomusten ostamiseen ja myymiseen kauppapaikalla. (The Sandbox 2022.)



KUVA 15. ERC-20 standardilla tehty kryptovaluutta SAND-poletti (The Sandbox 2022).

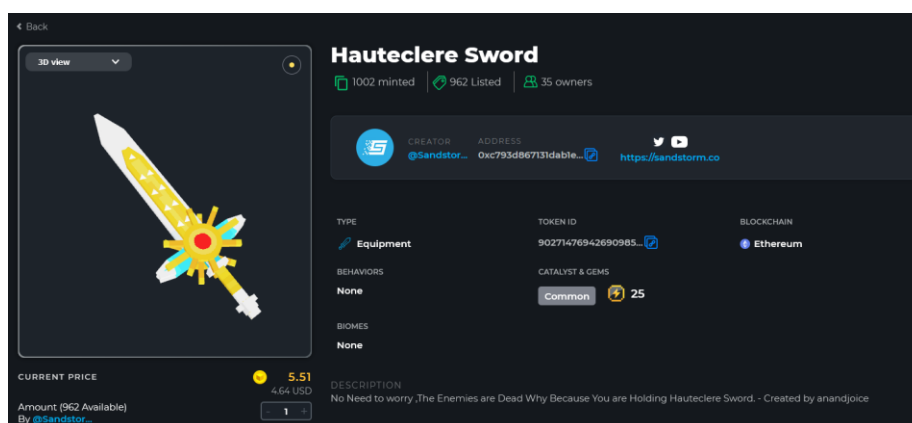
The Sandbox mahdollistaa myös virtuaalisten hyödykkeiden kuten maan tai talon ostamisen (Kuva 16). Maan ostamisen jälkeen pelaaja voi pystyttää oman metaverse ympäristönsä sille ja kutsua muut The Sandbox käyttäjät vierailemaan. Kaikki pelaajien luomat peliobjektit ovat NFT-poletteja eli uniikkeja. Poletin luoja voi päättää kuinka monta kopiota hänen NFT-peliobjektiaan voidaan ostaa vai onko siitä olemassa vain yksi ostettava kappale. (The Sandbox 2022.)



KUVA 16. The Sandboxin kauppapaikalta löytyviä virtuaalisia maaplantteja (The Sandbox Shop 2022).

Lohkoketjussa toimivat videopelit ovat kasvattaneet suosiotaan nopeasti sillä vuonna 2022 näitä pelejä käytti 1.22 miljoonaa erilaista ja aktiivista kryptolompakkoa. Vuoteen 2021 verrattuna lohkoketjupelien käyttö on noussut 2000%. Koko vuoden 2022 aikana lohkoketjupelien tehtävien sijoitusten uskotaan kasvavan 150% vuoteen 2021 verrattuna. (Herrera 2022.)

NFT-poletit ovat suosittuja peleissä, koska ne mahdollistavat aivan uuden tavan tehdä rahaa pelikehittäjänä. Aikaisemmin peleissä käytetyt objektit ja tavarat ovat olleet vain kehittäjien käytettävissä ja sidottuja tiettyyn peliin, mutta NFT-polettien avulla näitä objekteja voidaan vaihtaa eri kehittäjien kesken ja siirtää pelistä tai taideteoksesta toiseen (Kuva 17).



KUVA 17. The Sandboxin virtuaalisten tavaroiden kauppapaikka (The Sandbox asset shop 2022).

## 4 NFT-TEKNOLOGIAN TULEVAISUUS

NFT-teknologiaa hyödynnetään tällä hetkellä eniten taiteessa, musiikissa ja virtuaalisissa omistuksissa. Näitä käyttökohteita tullaan tulevina vuosina hiomaan ja kehittämään pidemmälle. NFT-teknologia kasvoi nopeasti vuonna 2021, ja vuoden 2022 alku näytti todella lupaavalta kasvun suhteen. Alkuvuoden vahva kasvu alkoi kuitenkin hidastua loppuvuonna ja syksy on ollut sekä kryptovaluutoille, että NFT-teknologialle vaikea. Useat erilaiset huijaukset ovat horjuttaneet käyttäjien ja sijoittajien luottamusta NFT-tekniikkaa käyttäville palveluille. Kryptovaluuttojen louhimiseen tarvitaan sähköä ja maailmanlaajuiset energiapulat sekä sähkölaskujen kasvut näkyvät kryptovaluuttojen louhimisen kallistumisena. Louhimisen kallistuminen lisää kryptovaluuttojen arvojen epävarmuutta ja vaikeuttaa tulevaisuuden ennustamista.

### 4.1.1 NFT-teknologian tulevaisuuden näkymät ja riskit

NFT-teknologialla tehdyt poletit eivät eroa paljoa jo olemassaolevista varmenteista tai todistuksista, joita voidaan käyttää omistajuuden todistamisessa. Niiden tulevaisuus riippuu taidetta ja musiikkia laajempien käyttötapausten kehittämisestä jokapäiväiseen elämään. Tällä hetkellä NFT-teknologiasta puhutaan digitaalisen taiteen eri muodoissa ja se sivuutetaan pelkästään kryptosijoittajien keinona rikastua nopeasti, vaikka suuret yritykset ovat jo kehittämässä eri tapoja hyödyntää NFT-poletteja omien tuotteidensa tukena. (Beingcrypto 2022.)

NFT-polettien hinnat ovat laskemassa nopean suosion kasvun jälkeen ja monet projektit on hylätty niiden tuottavuuden loppumisen jälkeen. Useat lopetetuista kokoelmista ja projekteista ovat niitä, jotka luotiin suosion kasvaessa, mutta ne epäonnistuivat pysymään relevantteina innovaatioiden puuttuessa. Useat sijoittajat olisivat valmiita ostamaan NFT-poletteja, mutta he odottavat vielä arkipäivässä näkyviä yleishyödyllisiä projekteja. Tätä tukee NonFungible raportti vuoden 2022 kolmannesta kvartaalista, jossa kerrotaan hyödykkeseisiin käytettyjen NFT-polettien vaihdon kasvaneen 44% muiden NFT-poletteja

käyttävien tuotteiden sijoitusten laskiessa. NFT-teknologia on kasvanut nopeasti vuodesta 2021 eikä sen kasvu näytä loppuvan 2023 vaikka se hidastuisikin siitä mitä se oli huipullaan vuonna 2022. (Besancia 2022.)

NFT-teknologialla tuotetut poletit eivät kuitenkaan ole aivan riskittömiä sijoituksia sillä ne ovat aina liitoksissa johonkin olemassa olevaan kryptovaluuttaan kuten Ethereumiin ja se tarkoittaa vaihtelua polettien arvossa kryptovaluuttojen kurssien muuttuessa. Opinnäytetyön kirjoitushetkellä NFT-polettien vaihto dollareissa on tippunut 77% heinä-syyskuu kvartaalilla. Samalla kvartaalilla raportoitiin 450 miljoonan dollarin nettotappiot ensimmäistä kertaa ikinä. (Besancia 2022.)

Bored Ape Yacht Club ja CryptoPunks NFT-kokoelmia käytettiin lainoissa vakuutena, mutta niiden arvojen romahtaessa myös lainaajien varallisuus muuttui hetkessä ja lainojen takaisinmaksusta muuttui mahdotonta. Tämä tarkoittaa NFT-polettien likvidointia velkojen kattamiseksi eli suuria tappioita sijoittajille. (Gola 2022.)

NFT-teknologian täytyy myös luoda estoja sekä suojia markkinoiden manipulointia varten jos NFT-poletteja halutaan ikinä ottaa käyttöön korvaamaan nykyisiä tekniikoita tai palveluita. NFT-teknologialla luotuja omistuksia varastettiin yli 100 miljoonan dollarin edestä erilaisilla huijauksilla vuoden 2022 aikana. (Sun 2022.)

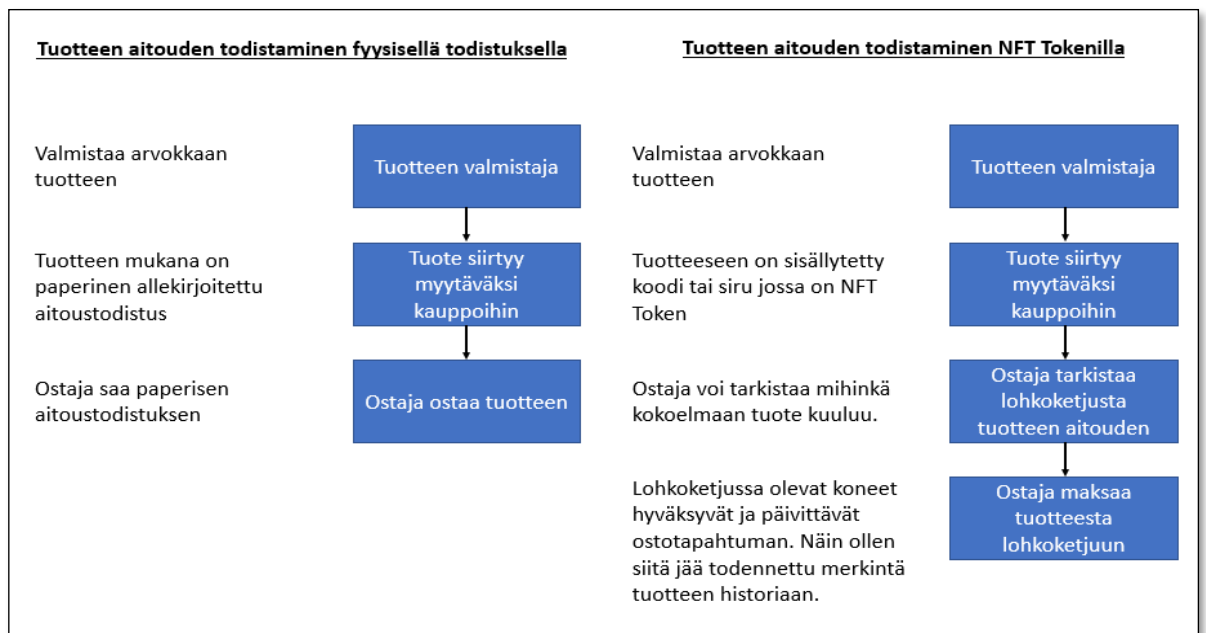
#### **4.1.2 Esimerkki NFT-teknologiasta aitoustodistuksessa**

Esimerkki NFT-teknologian hyödyntämisestä tulevaisuudessa ovat aitoustodistukset fyysisissä omistuksissa. Tällä hetkellä aitous tai omistus voidaan todeta jonkinlaisella rekisteriotteella, paperisella kuitilla tai todistuksella, mutta miten vältetään sen kopioiminen tai väärentäminen? NFT-teknologialla voi olla suuri rooli aitoustodistuksena esimerkiksi vaatteiden, arvokkaiden laukkujen tai kellojen kanssa. Esimerkkinä käytetään kuvitteellista kelloa. Kellon aitous esitetään nykyisellä tavalla ja NFT-teknologiaa käyttämällä. (Binance Blog 2022)

Tällä hetkellä kellon pakkauksessa on jonkinlainen paperinen aitoustodistus ja kuitti ja näitä säilyttämällä ostaja voi todistaa kellonsa aitouden. Silti kellomerkki löytää tiensä kaduille kopiona ja uudet ostajat voidaan huijata maksamaan kalliita hintoja halvoista katukopioista jos aitoustodistus on taitavasti väärennetty (Kuva 18).

NFT-tekniikalla luotu aitoustodistus voisi olla kellon valmistajan luoma NFT kokoelma, joka asetetaan kelloon QR-koodina tai sirulla NFC-tekniikkaa hyödyntämällä. Kello pystyisi kommunikoimaan tietokannan kanssa vaikka mobiililaitteen avulla. NFT-poletti olisi asetettu kellolle ja sitä kautta ostaja voisi tarkastaa kellon historian lohkoketjussa eli halvat kopiot huomattaisiin heti siitä, että ne eivät kuulu alkuperäisen valmistajan tai myyjän kokoelmaan.

(Binance Blog 2021.)



KUVA 18. Fyysisen esineen ostaminen ja aitouden todistaminen fyysisesti ja NFT-poletilla

#### 4.1.3 Johtopäätökset NFT-tekniikan tulevaisuudesta

NFT-tekniikalla on epävarma tulevaisuus sillä sen hienous ja uutuus on alkanut hiipua eikä sillä ole vielä tehty kunnollista läpilyöntiä muualla kuin kryptosijoittajien keskuudessa. Monet taideteokset ja videopelit ovat onnistuneet

tuottamaan suuria määriä rahaa kehittäjilleen ja sijoittajille, mutta vielä löytyy suuria potentiaalisia käyttäjäkuntia jotka eivät hyödy niistä mitään. Tulevat vuodet näyttävät miten hyvin kryptovaluutoilla luodut NFT-poletit kehittyvät vastaamaan markkinoiden ja palveluiden tarpeita. Jos NFT-teknologiaa käytetään vain kryptotaiteeseen tai peleihin ei se pääse ikinä pois kryptosijoittajien keskuudesta valtavirtaan. NFT-teknologia tarvitsee onnistuakseen innovaatioita ja yhdistämistä fyysisiin käsinkosketeltaviin esineisiin kuten muotiin tai keräilyesineisiin. (Exmundo 2022.) NFT-poletit ovat vain merkkijonoja tietokannassa, mutta toisin kuin nykyisissä palveluissa kaikki lohkoketjussa olevat koneet pitäisivät kannan eheyttä hajautetusti yllä eikä yhden keskitetyn tietokannan tuhoutuminen aiheuttaisi kaiken tiedon katoamista.

NFT-teknologian tulevaisuuden kannalta yksi ratkaiseva tekijä on laki. Tällä hetkellä lait tulevat kryptovaluuttojen ja NFT-teknologialla toimivien palveluiden ja sivustojen perässä eikä EU:lla tai sen jäsenmailla ole yhtenevää kantaa niiden valvomisesta tai sääntelystä. (Kumar ym. 2022.) Jos NFT-tekniikan annetaan olla ilman sääntelyä ei se pääse ikinä tekemään läpimurtoaan luotettavaksi valtavirran tekniikaksi ja silloin sen potentiaali jää käyttämättä. Silti NFT-teknologian idea on olla hajautettu ympäristö joten sen sääntely ei saa johtaa kaikkien eri palveluiden keskittymiseen kansainvälisten tuomioistuinten tai virastojen alaisiksi vaan lohkoketjujen pitää pystyä toimimaan avoimesti.

## 5 POHDINTA

NFT-teknologia on suhteellisen helposti ymmärrettävä teknologia, mutta sen laajat käyttö- ja konfiguraatiomahdollisuudet lisäävät sen monimutkaisuutta ja riskejä. Esimerkiksi huonosti ohjelmoidun NFT-poletin lähdekoodilla on mahdollista aiheuttaa haavoittuvuus ja päästää ulkopuolinen henkilö rikkomaan lohkoketjun eheys. Standardeja seuraamalla ja yleistä tietoturvaa noudattaen tehty NFT-poletti estää käytännössä kaikki ohjelmalliset murtoyritykset lohkoketjuun.

NFT-teknologian esittely koodissa oli helppoa Internetistä löytyvien julkaisujen ja laajan dokumentaation ansiosta. NFT-teknologiaan ja NFT-poletteihin syventyminen vaatii jatkuvaa aihealueen seuraamista nopeasti tapahtuvien muutosten takia. Työssä syntyi tietoa NFT-teknologiasta ja kryptovaluutoista koodiesimerkin kera.

Tämä opinnäytetyö keskittyi NFT-teknologian tietoisuuden lisäämiseen ja tulevaisuuden tarkasteluun, mutta jatkuvat maailmantilanteen muutokset esimerkiksi energiaan ja talouteen tekivät NFT-teknologian tulevaisuuden arvioinnista hankalampaa kuin mitä se olisi ollut viime vuonna. Työssä annettiin esimerkki NFT-teknologian tulevaisuudesta fyysisen kellon aitoustodistuksessa ja siitä olisi helppo lähteä jatkokehittämään tai innovoimaan muille fyysisille tuotteille varmenteita tai todistuksia. Fyysisyyden sisällyttäminen digitaalisten polettien rinnalle on tärkeää, koska muuten niiden tuominen jokapäiväiseen käyttöön näyttää epätodennäköiseltä.

Työtä voi käyttää pohjana NFT-teknologiaan tutustuttaessa tai sen tutkimisessa. Työssä annettua tulevaisuuden esimerkkiä on helppo lähteä innovoimaan eteenpäin tai laajentamaan muihin tuotteisiin ja käyttötarkoituksiin. NFT-polettien lähdekoodi on selitetty auki ja se on tehty standardien mukaan, jotta sitä on helppo käyttää erilaisissa projekteissa.

## LÄHTEET

Beincrypto. 21.3.2022. Future Predictions of NFTs: The Non-Fungible Token is Not Dead. Beincrypto.com. Verkkosivu. Viitattu 29.10.2022.

<https://beincrypto.com/future-predictions-of-nfts-the-non-fungible-token-is-not-dead/>

Besancia. 17.10.2022. NFT Market Report Q3 2022: Build Market is Here. NonFungible.com. Verkkosivu. Viitattu 5.11.2022.

<https://nonfungible.com/news/corporate/nft-market-report-q3-2022>

Binance Academy. 23.9.2022. Mitä ovat älysovimukset? Verkkosivu. Viitattu 13.10.2022. <https://academy.binance.com/fi/articles/what-are-smart-contracts>

Binance Blog. 22.9.2022. Physical NFTs: Bridging the Gap Between Digital and Physical Worlds. Binance.com. Verkkosivu. Viitattu 6.11.2022.

<https://www.binance.com/en/blog/nft/physical-nfts-bridging-the-gap-between-digital-and-physical-worlds-7460772280213595786>

CoinMarketCap. n.d. CoinMarketCap. Verkkosivu. Viitattu 6.10.2022.

<https://coinmarketcap.com>

CoinMarketCap Charts. 12.10.2022. CoinMarketCap. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2022.

<https://coinmarketcap.com/charts/>

Crypto.com. 2.2022. What are Token Standards? An Overview. Verkkosivu.

Viitattu 9.10.2022. <https://crypto.com/university/what-are-token-standards>

Ethereum.org. 15.8.2022a. ERC-20 Token Standard. Verkkosivu. Viitattu 9.10.2022.

<https://ethereum.org/en/developers/docs/standards/tokens/erc-20/>

Ethereum.org. 15.8.2022b. ERC-721 Non-Fungible Token Standard.

Verkkosivu. Viitattu 9.10.2022.

<https://ethereum.org/en/developers/docs/standards/tokens/erc-721/>

Ethereum.org. 2.9.2022c. Introduction to smart contracts. Verkkosivu. Viitattu 13.10.2022.

<https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>

Exmundo, J. 13.10.2022. Physical NFTs? One Potential Mainstream Use-Case Explained. Verkkosivu. Viitattu 6.11.2022. <https://nftnow.com/guides/physical-nfts-one-potential-mainstream-use-case-explained/>

FIFA. 2.9.2022. FIFA to launch FIFA+ Collect. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2022.

<https://www.fifa.com/about-fifa/commercial/media-releases/fifa-to-launch-fifa-collect>

Finanssivalvonta. 2019. Mitä tarkoittaa virtuaalivaluutta, kryptovaluutta, kryptovara, ICO tai lompakkopalvelu?. Verkkosivu. Viitattu 5.10.2022.

<https://www.finanssivalvonta.fi/kuluttajansuoja/virtuaalivaluutat/>

Gola, Y. 19.8.2022. Nearly \$55M worth of Bored Ape, CryptoPunks NFTs risk liquidation amid debt crisis. Cointelegraph.com. Verkkosivu. Viitattu 5.11.2022. <https://cointelegraph.com/news/nearly-55m-worth-of-bored-ape-cryptopunks-nfts-risk-liquidation-amid-debt-crisis>

Herrera, P. 20.4.2022. DappRadar x BGA Games Report – Q1 2022. Verkkosivu. Viitattu 19.10.2022. <https://dappradar.com/blog/dappradar-x-bga-games-report-q1-2022/#Review-of-top-games>

Hyppänen, A. 2022. Non-Fungible Token (NFT) aloittelijan opas. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2022. <https://bitcoinkeskus.com/nft-non-fungible-token/>

IBM. n.d. What are smart contracts in blockchain? Verkkosivu. Viitattu 13.10.2022. <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts>

Kumar, S., McLaughlin, J., Xie, A., Nicolet-Serra, L., Müller, A. & Rigg, G. 30.6.2022. The NFT Collection: A Brave NFT World – A Regulatory Review of NFTs (Part 2). National Law Review osa 2. Viitattu. 6.11.2022. <https://www.natlawreview.com/article/nft-collection-brave-nft-world-regulatory-review-nfts-part-2>

Langston, T. 28.9.2022. The Music NFT Bible: A Guide to the Future of Sound. NftNow. Verkkosivu. Viitattu. 15.10.2022. <https://nftnow.com/guides/complete-guide-to-the-nft-music-ecosystem/>

McCoy, K. 2014. Quantum. Verkkosivu. Viitattu. 7.10.2022. <https://www.mccoyspace.com/project/125/>

Nansen Team. 30.9.2022. NFT Statistics 2022: Sales, Trends, and More. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2022. <https://www.nansen.ai/guides/nft-statistics-2022>

Northcrypto. n.d. Mikä on Ethereum? Verkkosivu. Viitattu 6.10.2022. <https://www.northcrypto.com/fi/about/ethereum>

Osakesijoittaja. n.d. Lohkoketjuteknologia – Miten lohkoketju toimii? Verkkosivu. Viitattu 5.10.2022. <https://osakesijoittaja.fi/lohkoketjuteknologia/>

Opensea.io collection artsy-monke. 2022. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2022 <https://opensea.io/collection/artsy-monke>

Opensea.io CryptoPunks collection. 2022. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2022 [https://opensea.io/collection/cryptopunks?search\[sortAscending\]=false&search\[sortBy\]=FAVORITE\\_COUNT](https://opensea.io/collection/cryptopunks?search[sortAscending]=false&search[sortBy]=FAVORITE_COUNT)

Reiff, N. 4.10.2022. Bitcoin vs. Ethereum: What's the Difference. Investopedia. Verkkosivu. Viitattu 8.10.2022. <https://www.investopedia.com/articles/investing/031416/bitcoin-vs-ethereum-driven-different-purposes.asp>

Singh, O. 21.5.2022. Why is Ethereum used for NFTs?. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2022. <https://cointelegraph.com/explained/why-is-ethereum-used-for-nfts>

Sun, M. 24.8.2022. NFTs Are Increasingly Targeted by Criminals, Report Says. The Wall Street Journal. Verkkosivu. Viitattu 5.11.2022.  
<https://www.wsj.com/articles/nfts-are-increasingly-targeted-by-criminals-report-says-11661383101>

The Sandbox. 30.6.2022. What Is The Sandbox? Verkkosivu. Viitattu 19.10.2022. <https://medium.com/sandbox-game/what-is-the-sandbox-850de68d893e>

The Sandbox Asset Shop. 2022. Verkkosivu. Viitattu 19.10.2022.  
<https://www.sandbox.game/en/assets/hauteclere-sword/cbc8cd84-4ac3-49c0-b010-2b18c1ce42ab/>

The Sandbox Shop. 2022. Verkkosivu. Viitattu 19.10.2022.  
<https://www.sandbox.game/en/shop/>