

Opinnäytetyö (YAMK)

Kulttuuriala, Taiteen uudet kontekstit

2021

Maikki Pekkala

EI OLISI KÄÄVÄSTÄ USKONUT

– sienet ja taiteilija ympäristöhaasteita ratkomassa

Maikki Pekkala

EI OLISI KÄÄVÄSTÄ USKONUT

- sienet ja taiteilija ympäristöhaasteita ratkomassa

Maikki Pekkalan opinnäytetyössä selvitettiin tapoja ympäristöhaasteiden ratkaisemiseen sienten avulla. Työn aiheen valintaan vaikutti tekijän kokema syyllisyys ympäristöä kuormittavien materiaalien käytöstä työssään. Opinnäytetyössä tutustuttiin erilaisiin sienipohjaisiin materiaaleihin, joilla voidaan tulevaisuudessa korvata epäekologisia materiaaleja, kuten öljypohjaisia muoveja.

Opinnäytetyössä pohdittiin millaisia konkreettisia tekoja taiteilija voi tehdä ilmastonmuutoksen keskellä toimiakseen ympäristön kannalta kestävämmän. Kehittämistyössä myöskin selvitettiin, pystyykö taiteilija kasvattamaan itse materiaalit teoksiinsa kotioloissa. Tavoitteena oli kasvattaa kiinteää materiaalia metsästä kerätyistä käävistä, jota tekijä voisi käyttää veistosten ja installaatioiden teosmateriaalina.

Lähteinä käytetyt tutkimukset osoittivat sienten materiaaliset mahdollisuudet usealla eri teollisuuden alalla. Näissä tutkimuksissa kävi myös ilmi erilaisia tapoja, joilla sienten avulla voidaan ratkoa ympäristöhaasteita luonnossa. Opinnäytetyö oli tekijälleen laajemman hankkeen valmisteluvaihe, jossa selvitettiin kuinka saada sienipohjainen materiaali käyttöön taiteellisessa toiminnassa.

ASIASANAT:

sienet, sienirihmasto, sienipohjainen materiaali, kääpä, DIY, ilmastonmuutos

MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Master of Culture and Arts, Contemporary Contexts of Arts

2021 | 49 pages

Maikki Pekkala

WHO WOULD HAVE THOUGHT OF A POLYPORE

- fungi and artist solving environmental issues

In Maikki Pekkala's thesis fungal solutions for environmental problems were investigated. The topic of the thesis evolved from the guilt that the writer experienced due to usage of unsustainable materials in her work. Various fungal-based materials were studied, by which fossil-based and other unsustainable materials could be replaced in the future.

In this thesis concrete actions that artists could make to be able to work in a more sustainable way in the midst of climate change were considered. In addition, the development work resolved if it is possible for the artist to grow materials at home. The goal was to grow solid material using polypores gathered from the forest that could be used as material in sculptures and installations.

The reference researches showed the material possibilities of fungi in various industries. These researches also indicated different ways environmental issues can be solved with fungi in the natural world. The thesis was a preparation of a wider project in which the writer studied the possibilities of the usage of fungal-based materials in artistic work.

KEYWORDS:

fungi, mycelium, fungal-based material, polypore, DIY, climate change

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 SIENTEN RATKAISUJA ANTROPOSEENIN YMPÄRISTÖHAASTEISIIN	9
2.1 Sienet apuna ilmastoon ja jätteisiin liittyvissä haasteissa	10
2.2 Sienet materiaaleina – kaupallinen mittakaava	15
3 SIENET JA TAITEILIJA ILMASTONMUUTOKSEN KESKELLÄ	22
3.1 Mitä taiteilija voi oppia sieniltä?	23
3.2 Synteettinen biologia, DIY-kulttuuri ja biotaide	25
3.3 Mitä taiteilija voi tehdä ilmastonmuutoksen keskellä?	26
4 SIENIPOHJAISEN MATERIAALIN (LOW TECH) DIY-KASVATUSKOKEILUT	29
4.1 Tutustuminen sienipohjaisten materiaalien DIY-kasvatukseen	29
4.2 Omien kasvatuskokeiluiden lähtökohdat ja tavoitteet	31
4.3 Kokeilut	32
4.4 Tulokset ja päätelmät – sekä jatkokehitys	39
5 KATSE TULEVAISUUTEEN	42
LÄHTEET	44

KUVAT

Kuva 1. Pökkelö- ja silkkivyökääpä kasvamassa kauranjyvissä. Kuva: M. Pekkala	34
Kuva 2. Ensimmäiset testit. Seassa muun muassa koirankarvoja. Kuva: M. Pekkala	35
Kuva 3. Kääpätestit olkipelletissä, takana hanskalaatikko. Kuva: M. Pekkala	37
Kuva 4. Kipsi-, muovi- ja silikonimuotti. Kuva: M. Pekkala	37
Kuva 5. Onnistunut silkkivyökääpälaatta ennen kuumentamista. Kuva: M. Pekkala	38
Kuva 6. Gorillan pää tulossa muotista ulos. Kuva: M. Pekkala	38
Kuva 7. Gorillan pää kuumakäsittelyn jälkeen. Kuva: M. Pekkala	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön pääosassa ovat sienet, kaikissa eri muodoissaan. Kun puhumme sienistä, tarkoitamme usein pelkkää itiöemää, sitä sienen osaa, jonka noukimme metsästä ja syömme. Sienet ovat kuitenkin myös paljon muutakin, homeita ja kääpiä, rihmastoa ja hiivaa. Sienillä on joidenkin silmissä hieman erikoinen maine, jotkut pelkäävät niitä ja joitain ne ällöttävät. Niistä ei ota oikein selkoa, ne ovat hieman outoja ja ne ovat kaikkialla. Etenkin homeet ja hiivat väärissä paikoissa aiheuttavat epämiellyttäviä ajatuksia ja käytännön ongelmia. Mutta, ehkä uusien tutkimusten ja tiedon lisääntyessä sienet osattaisiin nähdä uudessa valossa. Kun ratkomme aikamme isoja ympäristökysymyksiä, sienet voisivat olla ennemminkin yhteistyökumppaneitamme kuin vihollisiamme.

Kesällä 2018 Yle näytti dokumenttielokuvan, jonka aiheena olivat sienet. *The Kingdom: How fungi made our world* (2018) käsitteli sienten evoluutiota ja sitä, miten sienet ovat muokanneet kaikkea elämää maalla. Minua muistutettiin siitä, että sienet eivät ole kasveja, eivätkä eläimiä, vaan oma eliökunnan haaransa. Arvioidusta viidestä miljoonasta sienilajista tunnemme nykyään vasta alle prosentin. Laaja joukko asiantuntijoita mikro- ja evoluutiobiologeista biokemisteihin ja sieniekologeihin valotti mielenkiintoisia asioita sienten ominaisuuksiin liittyen; kuinka jotkut sienet voivat pelastaa meidät ja jotkut taas uhkaavat olemassaoloamme. Kerrottiin ihmissivilisaation kehityksestä, joka on kietoutunut yhteen hiivojen kanssa, muun muassa leivän ja oluen muodossa. Kerrottiin lääkinällisistä sienistä sekä antibiooteista ja ennustettiin, että kaikista jännittävimmät löydökset ja keksinnöt ovat vasta tulossa. Dokumentti oli hyvin mielenkiintoinen ja se jäi mieleeni pitkäksi aikaa. Muistan miettineeni, että olisi mielenkiintoista syventyä sieniin ja niiden ominaisuuksiin paremmin ja käyttää tietoa jonkin taiteellisen työni pohjana.

Seuraavana kesänä 2019 Fiskars Village Art & Design -biennaalin osana järjestettiin Onoman¹ TEHDAS-kesänäyttely. Yhtenä teoksena näyttelyssä oli esillä Korvaa-projekti, jonka työryhmä koostui tutkijoista, teollisista muotoilijoista ja dokumentaristeista. Työryhmä oli valmistanut kuulokkeet hiivojen ja sienirihmastojen tuottamista biomateriaaleista². Prosessi oli dokumentoitu hyvin kattavasti. Dokumenttivideon lisäksi vitriinissä esillä olivat kuulokkeiden prototyyppi, sen eri osia, muotteja ja pieleen menneitä

¹ Fiskarsin käsityöläisten, muotoilijoiden ja taiteilijoiden osuuskunta Onoma.

² Korvaa-työryhmässä Teknologian tutkimuskeskus VTT ja Aalto-yliopisto vastasivat materiaalien tuottamisesta, muotoilutoimisto Aivan teollisesta muotoilusta, ja Fotoni Film hankkeen dokumentoinnista ja kuvauksesta.

materiaalikasvatuskokeiluja. Kuulokkeiden prototyyppi oli rakennettu kuudesta eri materiaalista, jotka kaikki oli tuotettu bioteknologian avulla (VTT 2019a). Tässä yhteydessä kuulin ensimmäistä kertaa synteettisestä biologiasta³. Kerron Korvaa-projektista lisää luvussa 2.2.

Tämän jälkeen sieniin liittyviä uutisia alkoi tulla eteeni joka paikassa ja yhteydessä. Opin, että sieniä tutkivaa tiedettä kutsutaan mykologiaksi ja että se on varsin uusi tieteenhaara. Sienten maailma vaikutti uskomattomalta, se imaisi minut täysin mukaansa. Lievästi ilmaistuna, olin innostunut. Välillä lukemani asiat olivat kuin tieteiselokuvasta ja aluksi oloni oli jopa hieman epäuskoinen. Kaikki tämä oli kuitenkin vasta alkusoittoa. Sienet tulisivat yllättämään minut vielä moneen kertaan ja niin uskomattomissa yhteyksissä.

Olin työssäni tapahtumien somistus- ja rekvisiittasuunnittelijana joutunut käsittelemään paljon materiaaleja, etenkin muoveja. Materiaalit, niiden paljous ja välillä kertakäyttöisyys vaivasi minua jatkuvasti enemmän, koska se soti niin voimakkaasti omaa arvomaailmaani vastaan. Vaikka pystyin hyödyntämään työssäni paljon kierrätysmateriaaleja, koin jonkinlaista materiaaliähkystä ja syyllisyyttä luonnon kuormittamisesta. Uutiset merissä killuvista valtavista jätepyörteistä ja muovin tukehtuneista eläimistä järkyttivät ja suututtivat. Jäte ei jättänyt minua rauhaan, tiesin olevani osasyöllinen. Poissa silmistäni ei ollut poissa mielestäni.

Sienet tuntuivat tarjoavan minulle ratkaisun näihin ongelmiin, joita olin pyöritellyt mielestäni jo pidemmän aikaa. Ensimmäisten löytämieni tietojen perusteella uskalsin toivoa: tässähän olisi materiaali, joka hyvin pienin resurssein kasvattaisi itse itsensä ja tullessaan käyttönsä päähän, palaisi takaisin luonnonkiertoon. Täydellinen suljetun kierron⁴ materiaali siis. Tämä vaikutti olevan enemmän kuin täydellinen ratkaisu huoliini, ekologinen materiaali, jolla voisin korvata ne materiaalit, jotka kuormittavat ympäristöä, kuten öljypohjaiset muovit. Aloitettuani opinnot Taiteen uudet kontekstit -koulutusohjelmassa palaset alkoivat loksahdella paikoilleen ja oppinnäytetyön aihetta miettiessäni sienet pyörivät mielessäni. Mietin, olisiko minunkin mahdollista kasvattaa itse materiaali teoksiini?

³ Synteettisellä biologialla tarkoitetaan ihmisen suunnittelemaa ja rakentamia biologisia systemejä, soluja, solun osia tai eliöitä, joita ei löydy luonnosta. Synteettisessä biologiassa yhdistyvät biologia, insinööritieteet, robotiikka sekä tietotekniikan ja tekoälyn hyödyntäminen. Synteettisen biologian menetelmillä voidaan esimerkiksi kehittää uusia tapoja hyödyntää teollisuuden sivuvirtoja, jätteitä ja hiilidioksidia uusiksi materiaaleiksi. (Sitra 2021.)

⁴ Suljetulla kierrolla tarkoitetaan järjestelmää, jossa tuotantoprosessissa käytettävät ja syntyvät materiaalit pyritään ottamaan talteen ja palauttamaan takaisin prosessiin siten, että päästöjä tai jätteitä syntyy mahdollisimman vähän. (Tieteen termipankki 2021.)

Tämä muodostui tutkimuskysymyksekseni. Voisiko vastaus ongelmaani todella olla näin yksinkertainen? Opinnäytetyöni aihe alkoi selkiytyä.

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran Megatrendit 2020 -selvitys on sijoittanut tulevaisuuden megatrendien keskiöön ekologisen jälleenrakennuksen kiireellisyyden. Tämän otsikon alle sijoittuvat huolenaiheet kuten ”jätteiden määrä kasvaa” ja ”resurssien ylikulutus”. Selvityksessä pohditaan, miten vastaamme ilmastonmuutokseen, luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen, resurssien vaihtelevaan saatavuuteen ja jäteongelmaan. Selvityksessä viitataan myös BIOS-tutkimusyksikön laajaan ”Ekologinen jälleenrakennus” ohjelmaan, jossa muun muassa käydään läpi tapoja, joilla päästään eroon fossiilisten polttoaineiden massiivisesta käytöstä. Opinnäytetyöni kytkeytyy näihin ajankohtaisiin aiheisiin. (Sitra 2020; BIOS 2019.)

Opinnäytetyössäni selvitän sitä, miten sienet ja taiteilija voivat olla mukana ratkomassa ympäristöhaasteita. Ensimmäisessä pääluvussa käsittelen sienten ympäristöongelmiin liittyviä ratkaisuja sekä erilaisia sienipohjaisia materiaaleja. Kerron millaista tutkimus- ja kehitystyötä tehdään niin Suomessa kuin maailmalla. Toisessa pääluvussa pohdin mitä taiteilija voisi tehdä pienentääkseen hiilijalanjälkeään ja toimiakseen ympäristöystävällisemmin sekä mitä taiteilija voi oppia sieniltä. Kolmannessa pääluvussa kerron omista sienipohjaisen materiaalin kasvatuskokeiluistani. Tavoitteenani on selvittää, pystynkö kasvattamaan materiaalin itse omiin teoksiini. Kasvatuskokeiluissa keskityn kääpiin, ja tavoitteenani on kasvattaa kiinteää materiaalia metsästä itse kerätyistä kääivistä. Kokeilen kasvattaa yleisten kääpien rihmastoja eri kasvualustoissa ja lopulta muotissa haluttuun muotoon. Lopuksi pohdin sienipohjaisten materiaalien tulevaisuuden näkymiä ja omaa jatkoani aiheen parissa. Tämä opinnäytetyö on itselleni laajemman hankkeen ensimmäinen vaihe, jossa hankin tietoa ja tutustun elävän materiaalin kanssa toimimiseen sekä käynnistän sienipohjaisen materiaalin kasvatuskokeiluni. Myöhemmin tarkoitukseni on kehittää ja soveltaa oppimaani edelleen.

Työn rajaus muodostui minulle hyvin hankalaksi tehtäväksi. Kun sienet täyttivät ajatuksetni, joka puolelta tuli uutta tietoa, mitä erilaisimmista yhteyksistä, mihin sienet olivat rihmansa ulottaneet. Halusin jakaa kaiken oppimani, koska se kaikki oli ja on edelleen minusta niin käsittämättömän mielenkiintoista. Rajasin tutkimukseni ympäristöön liittyviin asioihin sekä sienten eri materiaalmahdollisuuksiin. Näin ollen iso kokonaisuus esimerkiksi lääkinnällisten sienten tutkimuksesta jää opinnäytetyöni ulkopuolelle. Vaikkakin sienipohjaisen materiaalin kasvatuskokeiluni ja niitä mahdollisesti seuraavat teokset voidaan mieltää myös biotaiteeksi, en kuitenkaan käsittele omaa työtäni biotaiteen vaan

puhtaasti materiaalin näkökulmasta. Uuden ympäristöystävällisemmän teosmateriaalin näkökulmasta.

Sukelsin sienten maailmaan ja kerron mitä löysin. Nämä avaamani asiat raapaisevat vain pintaa, jokainen käsittelemäni aihe ansaitsisi oman opinnäytetyönsä. Halusin silti tuoda esiin sienten moniulotteisuuden, koska minusta kiinnostavaa on nimenomaan se, miten moneen eri asiaan sienet tarjoavat ratkaisuja. Pysin luomaan kokonaisuuden, josta saa käsityksen näistä sienten monista mahdollisuuksista.

Tarkastelen näitä isoja aihekokonaisuuksia oman ymmärrykseni rajoissa. Ilmastopäästöjen gigatonnit ovat lukuja, joiden mittakaavaa on vaikea ymmärtää. Sen sijaan näen niiden vaikutukset uutiskuvissa sään ääri-ilmiöinä: maastopaloina, tulvina ja helleaaltoina. Ilmastomuutoksen ja luontokadon kysymykset ovat isoja ja monimutkaisia, mutkikkaita ja monisyisiä, joita koko maailma yrittää tällä hetkellä ymmärtää ja joihin tutkijat ja valtioiden hallitukset miettivät ratkaisuja. Tässä opinnäytetyössä mietin mitä edes pieniä tekoja voin omalta osaltani tehdä asioiden parantamiseksi.

2 SIENTEN RATKAISUJA ANTROPOSEENIN YMPÄRISTÖHAASTEISIIN

Antroposeeni on käsitteenä kirvoittanut runsaasti keskustelua niin geologien kuin luonnon- ja yhteiskuntatieteilijöiden, kuin myös humanistien ja taiteilijoidenkin keskuudessa (Lummaa 2017, 68). Olen huomannut, että antroposeenista kirjoittavat kuvailevat ja selittävät sitä hieman eri sanoin. Tällä hetkellä luonnontieteellisen antroposeenikeskustelun pohjana on Paul J. Crutzenin ja Eugene F. Stoermerin artikkeli The "Anthropocene" (2000, 17–18). Minä olen koostanut lukuisista kuvailuista johtopäätöksen, että antroposeeni on geologinen aikakausi, jota määrittävät pysyvät ihmisen toiminnan jälkeensä jättämät jäljet planeetallamme. Näihin jälkiin lukeutuvat muun muassa muovijäte ja teollisuuden saasteet. Tutkiva toimittaja ja tietokirjailija Hanna Nikkanen (2017, 9) tiivistää, että "jos joku tutkii maan geologisia kerrostumia kymmenientuhansien vuosien päästä, hän tuntee antroposeenikauden ihmisasukkaat muun muassa kesyjen kanojen luista ja muovijätteestä".

Ihminen, omasta mielestään luomakunnan kruunu, on aiheuttanut monella eri tavalla ongelmia ympäristölle. Jopa tämän kahden vuoden aikana, kun olen seurannut tiiviisti uutisointia aiheen ympärillä, ilmasto- ja "luontopuheen" sävy on muuttunut selvästi draaattisemmaksi. Ilmastonmuutos on muuttunut ilmastokriisiksi ja lopulta ilmastokatastrofiksi. Nyt, lokakuussa 2021 puhutaan ilmastohätätilasta, luontokadosta ja kuudennessa sukupuutosta. Ei mene päivääkään, ettei uutisissa olisi ympäristön hätätilasta kertovia artikkeleita. Samalla keskustelun sävy on muuttunut huolestuneemmaksi, vakavammaksi ja kiireellisemmäksi. Niin kuin pitääkin. Sillä on merkitystä mitä sanoja käytämme.

Elokuussa 2021 julkaistiin ensimmäinen osa YK:n alaisen kansainvälisen ilmastopaneeli IPCC:n⁵ kuudennetta arviointiraporttia. Raportti toteaa, että ihmisen toiminta on aiheuttanut ennennäkemättömän laajoja ja nopeita muutoksia ilmastossamme (Ilmatieteen laitos 2021; IPCC 2021). Vuoden 2015 Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoite enintään 1,5 C asteen ilmastonlämpenemisestä (Ympäristöministeriö) on karkaamassa käsistämme. Tavoitteeseen pääsy vaatisi, että leikkaisimme päästöjäme seitsemän kertaa nykyiseen verrattuna (UNEP 2021). Lokakuussa 2021 Kiinan Kunmingissa järjestetty YK:n

⁵ IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change.

luontokokous puolestaan hyväksyi yksimielisesti julkilausuman, jossa luonnon monimuotoisuuden häviäminen määritellään ihmiskunnan olemassaoloa uhkaavaksi haasteeksi (Ympäristöministeriö 2021).

Globaali energiankulutus perustuu noin 80 % fossiiliseen energiaan. Sen käyttö on mahdollistanut muun muassa massamittaisen teollisuuden, voimaperäisen maatalouden ja valtavat kaivokset. Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy ja hiili ovat miljoonien vuosien aikana maankuoren sisällä muuntunutta orgaanista ainetta, jonka polttamisesta syntyy muiden päästöjen ohella hiilidioksidia. Hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä nostaa maapallolle jäävän lämmön määrää ja näin ollen aiheuttaa maapallon keskilämpötilojen nousua. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi fossiilisen energian käytöstä olisi luovuttava mahdollisimman nopeasti. (BIOS 2019.)

Meillä on muoviongelma. Muovin ongelma taas on se, että sitä tuotetaan fossiilisista polttoaineista. Meidän ongelmamme muovin kanssa on se, että lähes puolet tuotetusta muovista on kertakäyttöistä (WWF 2021), ja vaikei olisikaan, me käyttäydymme niin kuin se olisi. Muoviongelma muuttuu siis nopeasti jäteongelmaksi. Tällä hetkellä me ratkaisemme muovijäteongelman kaatamalla sitä maailman meriin yhden rekka-autollisen minuutissa ja on arvioitu, että vuonna 2050 merissä on enemmän muovia kuin kalaa painossa mitattuna (World Economic Forum ym. 2016, 17). Muovista tulee merten kalojen ja muiden merissä ja niiden rannoilla asuvien eliöiden ongelma. Muovi päätyy kalojen, simpukoiden ja äyriäisten sisuksiin, kunnes me saalistamme ne ja syömme lautaselamme (WWF 2021). Muovi on palannut meidän ongelmaksemme ruokalautaselle ja juomaveteen. Me olemme tehneet muovista sekä meidän ihmisten että kaikkien maapallolla elävien eliöiden ongelman.

Tässä luvussa kerron ensin, miten sienet voivat auttaa meitä ratkaisemaan näitä itse aiheuttamiamme ympäristöongelmia. Tämän luvun toisessa osassa kerron sienipohjaisista materiaaleista, joita voidaan tulevaisuudessa käyttää korvaamaan muoveja sekä muita epäekologisia materiaaleja. Nämä ovat pintaraapaisuja aiheisiin, mutta katsaus antaa osviittaa siitä, miten moniin eri suuntiin sienet ovat rihmansa ulottaneet.

2.1 Sienet apuna ilmastoon ja jätteisiin liittyvissä haasteissa

Ryhdyttyäni kaivamaan tietoa sienten mahdollisuuksista ympäristöhaasteiden ratkomisessa, vastaan tuli hyvin nopeasti sienitutkija Paul Stamets ja hänen TED

talk -esityksensä vuodelta 2008 otsikolla ”Six ways mushrooms can save the world”, kuusi tapaa joilla sienet voivat pelastaa maailman (Stamets 2008). Totesin, että melko mahtipontinen otsikko, mutta katsoin sen silti. Puhetta on katsottu tähän päivään mennessä 3,5 miljoonaa kertaa YouTube-videopalvelussa. Yhdysvaltalainen Paul Stamets on ollut omistautunut sienitutkija jo yli kolme vuosikymmentä, kerrotaan hänen vuonna 2005 ilmestyneen kirjansa esittelytekstissä. Lisätään siihen siis 16 vuotta ja luku lähenee viittä vuosikymmentä. Hän on kirjoittanut useita sienten viljelyyn ja käyttöön liittyviä kirjoja ja on alallaan hyvin arvostettu tutkija. Stamets on pyrkinyt tuomaan sienten asiaa kuuluville myös oman alansa ulkopuolella. Puheessaan hän kertoi omista tutkimuksistaan, esitti todisteita otsikon väitteelleen ja kiteytti sanomansa viimeisessä lauseessa: ”Engaging mycelium can help save the world” – Liittoutumalla sienirihmaston kanssa maailma voidaan pelastaa.

Sienet etsivät syötävää, eivätkä ole kovin nirsoja ruuan suhteen

Sienirihmaston yksi tärkeimmistä tehtävistä luonnossa on eloperäisen aineksen hajottaminen. Sienet ovat kaikista eliöistä erikoistuneimpia ja tehokkaimpia selluloosan ja ligniinin hajottajia. Sienten niin sanottua normaalia ruokaa on siis maaperän orgaaniset ainekset. Ilman sieniä kuollutta puuainesta syntyisi jatkuvasti enemmän kuin sitä hajoo, ja näin ollen aineiden kierto hidastuisi huomattavasti (Timonen & Valkonen 2018, 259).

Yksi tapa, jonka Paul Stamets tuo esiin puheessaan, jolla sienet voivat pelastaa maapallon, on auttaa meitä puhdistamaan saastuneita maa-alueita. Maa-alueiden biologista puhdistusta kutsutaan bioremediaatioksi, ja kun puhdistus tapahtuu sienillä, sitä kutsutaan mykoremediaatioksi.

Stamets kertoo erilaisista maanpuhdistusoperaatioista kirjassaan *Mycelium running* (2005). Yhdessä esimerkissä hän kuului tutkimusryhmään, jonka tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö vanha rekkojen kunnossapitoalue, jolle oli 30 vuoden ajan imeytynyt dieseliä ja öljyä puhdistamaan sienten avulla. Testeissään työryhmä käytti osterivinokasta (*Pleurotus ostreatus*). Kahdeksassa viikossa vinokkaat olivat puhdistaneet testialueen. (2005, 91–92.)

Stametsin mukaan useat sienilajit, kuten silkkivyökääpä ja osterivinokas voivat syödä raskasmetalleja (2005, 106). Hän myöskin esittää (2005, 104), että metalleja itseensä imeneet sienet voitaisiin kerätä ja viedä myrkyllisen jätteen keräyspaikalle, jossa ne

voitaisiin haudata, varastoida tai polttaa. Metallit voisi erotella tuhkasta ja myydä metallinkierrätysteollisuudelle.

Metalleja sitovia sieniä voitaisiin käyttää hyväksi myöskin kierrätyksessä. VTT on kehittänyt biologisen suodattimen sienirihmastomatosta ja on onnistunut keräämään sen avulla jopa 80 % elektroniikkaromun sisältämästä kullasta. (Ernvall 2014.)

Palataan omaan henkilökohtaiseen päänaivaani, muoviin. Muovi täyttää maapallolla kaikki paikat, sitä on kulkeutunut lähes jokaiseen maailman kolkkaan. Muistan useita karuja lehtiotsikoita viime vuosilta: ”Tutkimus: Mikromuovia päätyy ihmisen elimistöön pankkikortin verran viikossa” (Harjumaa 2019), ”Tutkijat löysivät istukasta mikromuovia – Muovin pelätään häiritsevän sikiön kasvua ja aiheuttavan pitkäaikaisia vaurioita” (Viljanen 2020), ”Tutkijat löysivät runsaasti mikromuovia Arktiksen lumesta – ”Sitä kulkeutuu kaikkialle tuulen mukana” (Pärssinen 2019). Sienet onneksi käyttävät ravinnokseen myös muovia.

Vuonna 2011 Yalen yliopiston opiskelijat löysivät Ecuadorista (*Pestalotiopsis microspora*) sienen, joka pystyy hajottamaan polyuretaania (Russell ym. 2011). Vuonna 2017 Seeroon Khan ja hänen tutkimustiiminsä löysivät Pakistanista kaatopaikalta (*Aspergillus tubingensis*) sienen, joka myöskin pystyy hajottamaan polyesteri polyuretaania (Khan ym. 2017). Tutkijat ovat jatkaneet uusien muovia syövien sienilajien etsimistä. Khan ja hänen tiiminsä ovat vuodesta 2017 lähtien löytäneet noin 50 uutta lajia, jotka pystyvät syömään muovia (Hildebrandt 2019). Nyt kaksi vuotta myöhemmin luku todennäköisesti on vieläkin suurempi.

Vuonna 2014 muotoilija Katharina Unger käytti Fungi Mutarium -nimisessä projektissaan hyvin yleisiä sienilajeja kuten osterivinokasta (*Pleurotus ostreatus*) ja halkihelttää (*Schizophyllum commune*), jotka myöskin onnistuivat syömään muovia laboratorio-olosuhteissa. Hän käytti sienirihmastojen kasvualustana agarista tehtyjä kuppeja. Unger itse söi lopuksi kupit, joihin sienirihmasto oli hajottanut muovin. (Livin Studio 2021.)

Muistan hämärästi lapsuudessani puheet Tshernobylin vuoden 1986 ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen, kuinka sieniä ei tietyiltä alueilta kannattanut kerätä, koska niihin oli kulkeutunut radioaktiivisia aineita (cesium-137). Asuimme pahimman luokan laskeuma-alueella, joten pelottelu ulottui lähimetsiini asti. Jos sieniä söisi, hohtaisi yöllä vihreänä, vakuutti ystäväni. Suosikkisieniäni oli karvarousku, ja muistan että etenkin rouskuja kannatti välttää.

Vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa (Dadachova & Casadevall 2008) havaittiin, että jotkin sienilajit, kuten *Cladosporium sphaerospermum*, pystyvät melaniinin avulla muuttamaan radioaktiivista säteilyenergiaa itselleen ravinnoksi. Sientä on löydetty kasvamaasta Tshernobylin tuhoutuneen ydinreaktorin kyljestä. Tätä ionisoivaa gammasäteilyä syövää sientä on nyt kasvatettu Kansainvälisellä avaruusasemalla ISS:llä ja tutkijat visioivat, että tulevaisuudessa sitä voitaisiin käyttää astronauttien säteilysuojakilpinä Marssissa. (Shunk ym. 2020.)

Hiilidioksidi ja metaani, kaksi voimakkainta kasvihuonekaasua

Hiilidioksidi on ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista ylivoimaisesti merkittävin. Hiilidioksidipäästöistä on tullut jokapäiväinen uutisaihe ja tuskin uutisointi ainakaan on vähenemässä. Suurin osa ihmiskunnan tuottamasta hiilidioksidista on peräisin fossiilisten polttoaineiden, muun muassa öljyn, kivihillen ja maakaasun käytöstä. Lisäksi päästöjä tulee metsien hävittämisestä ja teollisuudesta. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kasvanut teollistumista edeltävistä ajoista tähän päivään lähes 40 % ja kasvu jatkuu edelleen koko ajan. (Ilmasto-opas 2021.)

Sienirihmasto tunkeutuu kaikkialle maaperään ja sitoo sen sitkeästi. Ihmisen jalan kokoisella alueella metsässä voi olla 480 kilometriä rihmastoja (Stamets 2008). Yksi tapa, jolla sienet auttavat hiilidioksidipäästöjen hillinnässä, on hiilen sitominen maaperään (Sandeep ym. 2019). Huomattava määrä siitä hiilestä, joka varastoituu maaperään, on sitoutuneena juurisienten muodostamiin sitkeisiin yhdistelmiin (Sheldrake 2020, 161).

Luonnossa sienirihmasto muodostaa maaperään verkostoja ja tutkijat ovatkin alkaneet kutsua sieniverkostoa nimellä Wood Wide Web (Sheldrake 2020, 4). Sienet muodostavat kasvien juurten kanssa kumppanuuksia. Symbionttisen sienirihmaston määrä metsässä on valtava, sillä grammasta metsämaata voi löytyä jopa 500 metriä sienijuurisienten rihmastoja (Timonen & Valkonen 2018, 181). Kasvien sienijuuria kutsutaan mykorritsoiksi. Tänä päivänä yli 90 % kasveista on riippuvaisia sienijuurista (Sheldrake 2020, 4).

Mykorritsat on tunnettu kauan, mutta nyt Luonnonvarakeskuksen (Luke) tutkimuksissa on havaittu, että osa niistä on erityisen hyödyllisiä puun kasvulle. Luken tutkimusprofessori Taina Pennanen on löytänyt uudenlaisia sienikantoja, jotka voivat auttaa kuusen taimet mahdollisimman hyvään kasvuun. Suomalainen sieniin keskittynyt bioteknologiayritys Käätä Biotech testaa mikrobeja, jotka tukevat metsäpuiden taimien kasvua.

Yhteistyössä Luken kanssa he ovat nyt kehittämässä taimia, joihin on ympätty näitä kyseisiä juuristosieniä. Kääpä Biotechnin toimitusjohtaja Eric Puron mukaan metsät muuttuvat voimakkaasti seuraavien 20 vuoden aikana ja sienet ovat keskeisiä metsien selviytymiselle muuttuvassa ilmastossa. Puro ennustaa, että vaikka tällä hetkellä kiinnitetään paljon huomiota puiden kykyyn sitoa hiiltä, tulevaisuudessa metsämaan hiilensidonnan merkitys tulee kasvamaan. (Sihvonen 2020.)

Myös metaani vaikuttaa voimakkaasti ilmaston lämpenemiseen. Ilmatieteen laitoksen tutkijat osallistuivat kymmenien tutkijoiden kanssa kansainväliseen tutkimukseen, jossa todettiin, että metaanipäästöt ovat jatkaneet kasvuaan maailmanlaajuisesti viime vuosikymmeninä. Tästä luonnollisesti seuraa, että ilmakehän metaanipitoisuudet kasvavat ja ilmaston lämpeneminen kiihtyy. Metaanipäästöt koostuvat pääasiassa ihmisen aikaansaamista päästölähteistä kuten maataloudesta, jätteiden käsittelystä ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Ihmisperäisten päästöjen osuus on noin 60 % metaanin kokonaispäästöistä. Metaani on toiseksi voimakkain ihmisen tuottama kasvihuonekaasu, jonka lämmityspotentiaali on 28 kertaa korkeampi kuin hiilidioksidin, joten sillä on suuri vaikutus ilmaston lämpenemiseen. (Saunois ym. 2020; Ilmatieteen laitos 2020.)

Nykyisessä eläinperäisessä ruuantuotannossa on sekä ilmastollisia että eettisiä ongelmia. Ruoantuotanto aiheuttaa maailman kasvihuonepäästöistä arviolta 25 % ja kuluttaa 75 % puhtaasta vedestä (VTT 2020). Ruoantuotanto saattaa kokea vallankumouksen lähivuosina. Biotekniikan tutkimusprofessori VTT:llä ja Aalto-yliopiston synteettisen biologian professori Merja Penttilä kertoo solumaataloudesta puheenvuorossaan Kehittyvä Elintarvike -lehdessä. Solumaatalous hyödyntää mikrobeja ja bioreaktoreita peltojen ja tuotantoeläinten sijaan. Keinot ovat hiilijalanjäljeltään suotuisia ja myös eettisesti kestäviä. Penttilän mukaan uuden solumaatalouden mahdollisuudet ovat valtavat. Solumaatalous perustuu siihen, että mikrobeihin voidaan lisätä muista organismeista ominaisuuksia siirtämällä niistä vastaavia geenejä. (Penttilä 2021, 19.)

VTT:llä kehitetty teknologia mahdollistaa kananmunan valkuaisproteiinin valmistamisen bioreaktorissa. Menetelmässä valkuaisproteiinin tuottamiseen tarvitaan raaka-aineiksi vettä, glukoosia, erilaisia mineraaleja ja *Trichoderma reesei* -sieni, joka tuottaa näistä aineista proteiineja. Tuotantokustannus on kilpailukykyinen verrattuna kananmunaproteiinin tuotantoon. Tutkimustiimin päällikkö Emilia Nordlund sanoo, että ”Helsingin yliopiston ensimmäiset laskelmat osoittavat, että munanvalkuaisen tuottaminen solutehtaassa tuottaa noin 75 % vähemmän kasvihuonekaasuja ja käyttää 90 % vähemmän maata kuin kanojen kasvatus.” (VTT 2020.)

Maatalouden, etenkin lihantuotannon, päästöjen hillitsemiseksi on kehitetty monia lihaa korvaavia kasviproteiineja. Sieniproteiinejakin markkinoilta löytyy, mykoproteiini Quornin kehitys alkoi 1960-luvulla ja se on ollut kaupoissa jo pitkään. Quorn-tuotteiden pohjana on homesieni (*Fusarium venenatum*). Yrityksen kotisivuilla kerrotaan Quornin mykoproteiinin hiilijalanjäljen olevan 40 kertaa pienempi ja vesijalanjäljen 30 kertaa pienempi kuin naudanlihalla (Quorn 2021). Ecovative Design -yrityksen omistama Atlast Food co. on kehittänyt sienirihmastopohjaisen lihankorvikkeen, jota voidaan leikata samalla tavalla kuin lihakimpalettä. Yritys on kerännyt 40 miljoonaa dollaria sijoittajilta sienipohjaisen MyBacon -pekonin tuotantokapasiteetin lisäämiseksi. (Atlast Food co. 2021.) Ecovative Design on yritys, joka toimii monella eri sieniin liittyvällä toimialalla, joten tulen palamaan tämän yrityksen toimintaan vielä muutamaan otteeseen.

Sienistä voi olla apua monenlaisissa jäteongelmissa. Sienet pystyvät syömään muovia maa-alueilla, mutta suurin muoviongelma on merissä. Millainen voisi olla kierrätyslaitos, jossa sienet olisivat töissä ympäri vuorokauden syömässä meristä ja rannoilta kerättyä muovijätettä? Voisiko muovit korvata tulevaisuudessa lähes kokonaan sienipohjaisilla vaihtoehdoilla?

2.2 Sienet materiaaleina – kaupallinen mittakaava

Yksi merkittävä tapa, jolla sienet voivat olla ihmisen avuksi ratkoessamme antroposeenin ympäristöhaasteita, on erilaiset sienirihmastojen tai hiivojen avulla kasvatettavat materiaalit, joilla voidaan korvata erilaisia muoveja sekä eläinperäisiä materiaaleja. Esittelen tässä luvussa muutamia kaupalliseen mittakaavaan laboratorio-olosuhteissa synteettisen biologian avulla kehitettyjä sienipohjaisia materiaaleja. Kerron esimerkkejä useilta eri teollisuuden aloilta, joilla on ryhdytty ratkomaan ympäristöä kuormittavien materiaalien käyttöön liittyviä haasteita. Tutkimusta ympäristön kannalta kestävämpien ratkaisujen eteen tehdään monissa maissa samanaikaisesti.

Sienipohjaisten materiaalien ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi lämmöneristyskyky ja antibakteerisuus (Bustillos ym. 2020; Elsacker 2019), niillä voi olla parempi puristuslujuus kuin mitallistetulla puulla ja parempi taivutuslujuus kuin teräsbetonilla (Rothschild 2018). Synteettisen biologian avulla voidaan vaikuttaa esimerkiksi siihen, onko materiaali kovaa, vaahtomaista, joustavaa, sitkeää tai nahkamaista (VTT 2019b).

Teollinen muotoilu

Vähän sen jälkeen, kun olin tutustunut Korvaa-kuulokkeisiin TEHDAS-näyttelyssä, osallistuin Synbio Powerhousen järjestämään avoimeen seminaariin Aalto-yliopistolla syyskuun lopussa 2019. Synteettisen biologian asiantuntijat kertoivat puheenvuoroissaan, mitä alalla tapahtuu tällä hetkellä. Istuin yleisössä suu auki ja tein muistiinpanoja asioista, joista tajusin sanan sieltä toisen täältä, olin hädin tuskin kuullut synteettisestä biologiasta.

Seminaarin yhteydessä pääsin kokeilemaan, miltä Korvaa-kuulokkeiden eri materiaalit tuntuvat kädessä. Todella kevyissä kuulokkeissa oli käytetty useita erilaisia materiaaleja. Työryhmän jäsen, VTT:n erikoistutkija Géza Szilvay kertoo projektista ja kuulokkeiden materiaaleista seuraavaa: Projektissa tutkittiin ja kehitettiin erilaisia mikrobiprosesseja pehmeiden, kovien, vaahtomaisten ja nahanomaisten materiaalien luomiseksi. Kuulokkeiden pantaosa on tehty biopohjaisesta ja biohajoavasta PLA-muovista, joka saatiin oikeaan muotoonsa 3D-tulostustekniikan avulla. Kuulokkeiden uloin osa on biokomposiittia, joka on valmistettu bakteerilla tuotetusta selluloosasta ja sienirihmastosta. Kuulokkeiden pehmusteessa on hyödynnetty kestäviä vaahtoja muodostavia sienien proteiineja. Pehmusteen päällysosassa on sienirihmastosta kasvatettu nahkamainen materiaali. Projektin esittelyvideolla kerrotaan myös tarkemmin käytetyt sienilajit. (VTT 2019a; VTT 2019b; VTT 2019c.)

Kuulokkeissa oli myöskin ääntä välittävänä elementtinä ”tärykalvo”, joka oli valmistettu mikrobeilla tuotetusta silkkiproteiinista. Tämä hämähäkin silkiksi (spider silk) kutsuttu materiaali on hyvin mielenkiintoinen uusi materiaali, jota voidaan käyttää useaan eri tarkoitukseen. Työryhmän jäsen Pezhman Mohammadi kertoo sen soveltuvan esimerkiksi lääketieteellisiin sovelluksiin, tekstiiliteollisuuteen ja muovin korvaajaksi. Kuulokkeissa käytetty hämähäkin silkki ei ole peräisin seitistä, vaan tutkijat valmistivat sen synteettisen DNA:n ja bakteerien avulla. Hämähäkin silkki on hyvin sitkeä biopolymeeri ja kestävämpi kuin useimmat raakaöljypohjaiset synteettiset polymeerit. Se on yhtä aikaa luja ja venyvä materiaali. (VTT 2019b; VTT 2019d.)

Korvaa-projektin tavoitteena oli lisätä tietoisuutta mikrobien käytön mahdollisuuksista ja näyttää mitä synteettisen biologian keinoin voidaan tehdä, kuten esimerkiksi vaikuttaa materiaalin ominaisuuksiin. Vaikka kuulokkeet ovat herättäneet laajaa kiinnostusta, ne eivät silti välttämättä etene kaupalliseen kehitykseen asti. (VTT 2019b.)

Paljon näkee sienipohjaisista materiaaleista kasvatettuja yksinkertaisia muotoja kuten esimerkiksi Danielle Trofen suunnittelemaa lampunvarjostimia sekä akustiikkalevyjä, joita valmistaa esimerkiksi italialainen Mogu, mutta kuulokkeiden kaltaista, monimutkaisempaa muotoilutuotetta ei ole vielä tullut vastaan, ainakaan minulle.

Seminaarin yhteydessä Aalto-yliopiston tiloihin Otaniemeen avattiin BioGarage, synteettisen biologian laboratorio, joka on avoin opiskelijoille, tutkijoille, start-up-yrityksille ja yhteisöille. Ehkä lähitulevaisuudessa sieltä nousee seuraava mielenkiintoinen projekti teollisen muotoilun kentälle.

Muoti- ja tekstiiliteollisuus

Lokakuun 2021 Pariisin muotiviikkojen lavalla nähtiin kansainvälisen Extinction Rebellion -ympäristöliikkeen⁶ mielenilmaus. Ilmastoaktivistit kulkivat Louis Vuittonin catwalkilla mallien joukossa kantaen lakanoita, joissa oli teksti overconsumption = extinction, ylikulutus = sukupuutto. Ympäristöliike halusi kritisoida muotiteollisuuden vaikutusta ympäristöön. (Yle 2021.)

Muoti- ja tekstiiliteollisuus aiheuttavat monenlaisia ongelmia ympäristölle. Vuonna 2015 tekstiiliteollisuuden hiilidioksidipäästöt olivat enemmän kuin lento- ja laivaliikenteen päästöt yhteensä. Tekstiiliteollisuus käyttää valtavasti vettä ja uusiutumattomia luonnonvaroja kuten öljyä. Tekstiiliteollisuus on myöskin omalta osaltaan vastuussa merten muoviongelmasta. On arvioitu, että vuosittain noin puoli miljoonaa tonnia muovipohjaisten tekstiilien, kuten polyesterin, nylonin ja akryylin pesussa irronneista mikrokuiduista päätyy meriin. Ennusteet vuodelle 2050 ovat karua luettavaa. Ongelmia tuottaa myös muodin kertakäyttökulutus, niin sanottu pikamuoti. On arvioitu, että yli puolet tuotetusta pikamuodista päätyy jätteeksi alle vuodessa. (Ellen MacArthur Foundation 2017, 19–21.)

Pariisin muotiviikoilla nähtiin myös muotisuunnittelija Stella McCartneyn näytös, joka alkoi Paul Stametsin sanoilla. ”In fashion mushrooms are the future”, sienet ovat muodin tulevaisuus, julistaa Stamets jälleen mahtipontisesti, mutta tällä kertaa alan jo uskoa häntä. McCartney esitteli näytöksessään kesän 2022 mallistonsa, jossa oli mukana Bolt Threads -yrityksen sienipohjaisesta nahasta tehty laukku. Materiaali on vielä uusi ja tuotantomäärät ovat pieniä, mutta alku se on tämäkin. (Friedman 2021.) Stella McCartney on puhunut muotiteollisuuden kestävydestä ja sen ympäristöön ja eettisyyteen liittyvistä

⁶ Liike tunnetaan Suomessa nimellä Elokapina.

ongelmista eikä ole koskaan käyttänyt mallistoissaan eläinperäistä nahkaa tai turkiksia (Stella McCartney 2021; Farra 2019).

Bolt Threads on vuonna 2009 Yhdysvalloissa perustettu yritys, joka kehittää kestäviä materiaaliratkaisuja. Yritys valmistaa tällä hetkellä vegaanista Mylo-sieninahkaa, joka lanseerattiin vuonna 2018 ja vegaanista silkkiä (Microsilk), jonka lanseeraus tapahtui vuotta aiemmin 2017. Stella McCartney toteutti jo tuolloin ensimmäisen yhteistyönsä yrityksen kanssa, silloin hän suunnitteli Microsilk-mekon MoMA:n ”Is fashion modern?” -näyttelyyn. Huhtikuussa 2021 Adidas käytti Myloa ikonisissa Stan Smith -lenkkareissaan. Yritys ilmoittaa kotisivuillaan tuovansa Mylon yhteistyöyritystensä käyttöön vuonna 2022. (Bolt Threads 2021.)

Sieninahka on materiaali, jota kehittää tällä hetkellä maailmalla moni muukin yritys. Vuonna 2013 perustettu Mycoworks on niin ikään yhdysvaltalainen bioteknologiayritys, jonka perustaja Philip Ross oli yksi niistä hahmoista, jotka ensimmäisinä nousivat esiin, kun ryhdyin etsimään tietoa sienipohjaisista materiaaleista. Ross on jo 1990-luvulta asti ollut tekemisissä sienten kanssa, ensin taiteilijana ja myöhemmin sienipohjaisten materiaalien kehittäjänä. (Mycoworks 2021.)

Olen seurannut Mycoworksin kehitystyötä koko opinnäytetyöni tekemisen ajan ja uutisia on tipahdellut kaiken aikaa. Viimeisimpänä maaliskuussa 2021 muotitalo Hermès julkisti uuden laukkunsa, joka oli tehty Sylvania-sieninahasta yhteistyössä Mycoworksin kanssa. Mycoworks on kehittänyt ja patentoinut Fine Mycelium -teknologian ja valmistaa sen avulla sieninahkaa. Hermès'n laukku oli ensimmäinen Fine mycelium -tuote. (Mycoworks 2021.)

Muotimaailma on osoittanut kiinnostusta Mycoworksin suuntaan ja helmikuussa 2020 muotilehti Vogue julkaisikin artikkelin heidän kehittämästään Reishi-tuotenimellä kulkevasta sieninahasta. Nahka on lakkakäävästä, eli reishistä kasvatettu, josta se on myös saanut nimensä. Artikkelissa kerrotaan, että Reishi näyttää, tuntuu ja jopa tuoksuu ”aidolta” nahalta. Ominaisuudet ovat kehittäjien mukaan jopa paremmat kuin eläimen nahkan. Lisäksi Mycoworksin sieninahka on täysin biohajoava. Mycoworksin tutkija Matt Scullin kertoo, että tuotantoprosessissa ominaisuuksia voidaan säätää kasvattamisen yhteydessä sopimaan tuotteen tarkoitukseen. Se on yksi etu eläinperäiseen tuotteeseen verrattuna. Kuten myös se, että kasvatustaprosessissa ei synny hukkaa, koska se voidaan kasvattaa suoraan haluttuun muotoon. (Farra 2020; Mycoworks 2021.)

Sieninahka nähdään hyvänä vaihtoehtona sekä eläinperäiselle että synteettiselle nahalle. Voguen artikkelissa käsitellään myös eläinperäisen nahnan hiilijalanjälkeä ja muita ympäristövaikutuksia. Ongelma on monisyinen. Karjan kasvattamisen päästöt sekoittuvat maatalouden päästöihin. Eettinen keskustelu on myös asia erikseen, joka niin ikään sekoittuu lihantuotannon eettisiin ongelmiin. Washington Postissa julkaistun artikkelin mukaan näkemyksiä eläinperäisen materiaalin käytöstä on erilaisia. Eläinten kasvattajat sanovat, että nahka on lihantuotannon sivutuote, joka päätyisi jätteeksi, ellei sitä otettaisi käyttöön. Nahnan käsittelyyn käytettävät kemikaalit muodostavat myös oman osansa nahnan ympäristövaikutuksista. Sieninahka tuskin tulee korvaamaan eläinperäistä nahkaa kokonaan, mutta tarjoaa sille hyvän vaihtoehdon. (Farra 2020; Wolfrom 2020.)

VTT:n tutkijat ovat Korvaa-projektin jälkeen kehittäneet sieninahkaa entisestään ja VTT ilmoitti heinäkuussa 2021 kehittäneensä jatkuvan tuotantotavan menetelmän sienirihmastosta valmistetulle nahalle. Tämän menetelmän etuina ovat tasalaatuinen ja kustannuksiltaan kilpailukykyinen tuotanto. Sieninahkaa kehitetään soveltumaan erityisesti asusteisiin, jalkineisiin ja vaatteisiin. (VTT 2021.)

Muotiteollisuus ei tietenkään ole ainut ala, missä sieninahkaa voitaisiin hyödyntää. Käyttökohteita on monia, kuten autojen ja lentokoneiden penkkien sekä huonekalujen verhoilu, kodin tarvikkeet ja niin edelleen, kaikki missä nahkaa nykyäänkin käytetään.

Arkkitehtuuri ja rakentaminen

Rakennusteollisuus on toiseksi suurin muovin käyttäjä (WWF 2019, 9). Muun muassa eristeissä käytetään hyvin yleisesti polystyreeniä. Muovin lisäksi rakentamisessa käytetään paljon betonia, jonka valmistamiseen tarvitaan sementtiä. Globaalin sementtiteollisuuden osuus maailman hiilidioksidipäästöistä oli vuonna 2018 noin 8 % ja sen osuus teollisuuden päästöistä jopa 20 % (Mäkikouri & Vehmas 2019). Sienimateriaaleilla on tulevaisuudessa mahdollisuus korvata muun muassa tiiliä ja erilaisia levy materiaaleja. Hyvän lämmöneristyskyvyn ansiosta sienipohjaisia materiaaleja voitaisiin käyttää myöskin eristeinä. (Critical concrete 2018.)

Maailmalla on toteutettu hankkeita, joiden tarkoituksena on näyttää, kuinka sienipohjaisia materiaaleja voidaan hyödyntää myös arkkitehtuurin ja rakentamisen kentällä. Mielestäni näyttävimmän näitä mahdollisuuksia on tähän mennessä esitelty The Growing Pavilion -hankkeessa, jossa rakennettiin biomateriaalipohjainen rakennus.

Rakentamisessa oli käytetty sienipohjaisten materiaalien lisäksi myös muita luonnonmukaisia raaka-aineita kuten hamppua, puuta, puuvillaa ja osmankäämejä. Sienirihmastosta kasvatetut seinälevyt olivat näyttävästi esillä. The Growing Pavilion esiteltiin Dutch Design Weekillä 2019 Eindhovenissa, Hollannissa. Hankkeen takana oli New Heroes - yritys sekä Dutch Design Foundation. Hanketta edelsi monen vuoden tutkimustyö. Pyöreän muotoinen paviljonki oli esillä kymmenen päivän ajan ja siellä ehti vierailta yli 75 000 ihmistä. Hanke on dokumentoitu kattavasti, siitä on julkaistu videoita sekä 64-sivuinen luettelo projektissa käytetyistä materiaaleista. (The Growing Pavilion 2019.)

FUNGAR eli Fungal Architectures on Euroopan komission Horizon2020-ohjelman rahoittama, kokonaisuudessaan 2,85 miljoonan euron kolmevuotinen hanke, jonka kunnianhimoisena tavoitteena on kehittää niin sanottu älykäs rakennus: sienipohjaisista materiaaleista rakennettu älytalo, joka pystyy reagoimaan valon ja lämpötilan muutoksiin sekä ilman epäpuhtauksiin. Rakenteissa on tarkoitus käyttää elävää sienimateriaalia, joka toimii myös tietokoneen tavoin. Jos suunnitelmat toteutuvat, talo kokonaisuudessaan pystyy reagoimaan valon määrään, ihmisten läsnäoloon ja kosketukseenkin, kertoo hanketta luotsaava University of West England Bristolin professori Andrew Adamatzky. Projektissa on mukana tutkijoita myös Hollannista ja Tanskasta. Teollisuuden puolelta hankkeessa on mukana italialainen Mogu, joka valmistaa muun muassa akustiikkalevyjä sienipohjaisista materiaaleista. (UWE Bristol 2019.)

Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruushallintovirasto NASAn Ames-tutkimuskeskuksen myco-architecture-projekti tutkii parhaillaan teknologioita, joiden avulla sienirihmastosta voitaisiin kasvattaa asumuksia paikan päällä Kuussa ja Marsissa. Suunnitelman mukaan asu- mukset kasvatettaisiin kasvupaikoissa, joissa kasvusto ei joutuisi kosketuksiin Marsin ympäristön kanssa. Kun asumukset pystyttäisiin kasvattamaan paikan päällä, se säästäisi valtavasti energiakustannuksia. Tutkimus on osa Nasan synteettisen biologian ohjelmaa. Nasan tiedotteessa todetaan, että vielä ollaan kuitenkin kaukana siitä, että asu- muksia todella päästään Marsiin kasvattamaan, mutta tutkimus- ja kehitystyö on käynnissä. (Tavares 2020.)

Pakkausteollisuus

Pakkauksissa käytetään pehmusteina styroksia, polystyreeniä ja monenlaisia erikokoisia ja muotoisia palasia kolhuilta suojaamassa ja täyteaineena. Pakkausteollisuus on suurin

neitseellisen muovin käyttäjä, esimerkiksi vuonna 2015 se oli vastuussa lähes 40 % kaikesta kyseisenä vuonna tuotetusta muovista (WWF 2019, 9).

New Yorkissa majaansa pitävä, vuonna 2007 perustettu Ecovative Design on jo yli kymmenen vuoden ajan kehittänyt ja valmistanut sienipohjaisia, biohajoavia pakkausmateriaaleja. Yritys on patentoinut tuotantoprosessin ja myy siihen lisenssejä. Lisenssejä löytyy tällä hetkellä ympäri maapallon, Uudesta-Seelannista, Euroopan alueella Alankomaista ja Iso-Britanniasta sekä Pohjois-Amerikassa Kaliforniasta. Mushroom Packaging -tuotemerkillä kulkevan sienipohjaisen pakkausmateriaalin kerrotaan kasvavan seitsemässä päivässä, sisältävän vain hamppua ja sienirihmastoja ja kompostoituvan 45 päivässä. Sen kerrotaan olevan vedenpitävä, lämpöä eristävä ja kustannuksiltaan kilpailukykyinen. (Ecovative Design 2021.)

Muun muassa IKEA:n ja Dell:in kaltaisten suuryritysten on kerrottu käyttävän sienipohjaista pakkausmateriaalia, molemmat yrityksiä, jotka käyttävät runsaasti pakkausmateriaalia toiminnassaan. Brittiläinen biologi ja kirjailija Merlin Sheldrake haastatteli Ecovative Designin toimitusjohtaja Eben Bayeria *Entangled life* -kirjaansa. Bayer kertoi, että Dell pakkaa serverinsä Ecovativen sienimateriaalista kasvatettuihin pakkauksiin. Yritys toimittaa pakkauksia heille puoli miljoonaa kappaletta vuodessa (Sheldrake 2020, 214). Ecovativella on myöskin läheiset suhteet IKEA:n kanssa. He kehittävät tapoja, joilla he voisivat korvata polystyreenipakkauksensa rihmastopohjaisella vaihtoehdolla (Sheldrake 2020, 215).

Suuri kysymys tietenkin kaikkien näiden edellä mainittujen materiaalien kohdalla on *milloin?* Milloin yritykset pääsevät ostamaan ja hyödyntämään näitä materiaaleja, entä kuluttajat? Milloin tuotanto kunkin materiaalin kohdalla pystytään skaalaamaan suurempaan mittakaavaan ja mitä se vaatii, muuta kuin suuria summia sijoittajilta?

3 SIENET JA TAITEILIJÄ ILMASTONMUUTOKSEN KESKELLÄ

On myös hyvä huomata, että posthumanismi on muutakin kuin moraalista huolta ja reagointia ekokatastrofiin. Posthumanismilla on myös ei-moraalinen ulottuvuutensa, joka juontaa siitä innostuksesta ja uteliaisuudesta, jota vaikkapa taiteilija voi tuntea, kun alkaa pohtia ja tutkia, millaista ei-inhimillisten olentojen oleminen on, miltä maailma näyttää ja tuntuu ihmisyyden kahleista irrotettuna. (Mäki 2021, 212.)

Monien eri tutkijoiden ja filosofien mukaan edellisessä luvussa mainitsemani antroposeenin käsite ei ole aivan ongelmaton. Termi nostaa antropoksen eli ihmisen kaiken keskipisteeksi ja on näin ollen hivenen ristiriidassa nyt vallalla olevan posthumanistisen, ”ihmisen jälkeisen” ajattelun kanssa. (Lummaa 2017, 71–72.) ”Me” olemmekin keskittyneet viime ajat niin tiiviisti itseemme ja omiin tarpeisiimme, että siinä sivussa on unohtunut ”muut”. Toimintamme on aiheuttanut isoja ongelmia sekä ”meille” että etenkin ”muille”. Ehtisimmekö muuttaa ajatteluamme ihmiskeskeisestä kaikki muutkin lajit ja oliot huomioon ottavaksi, ennen kuin olemme tuhonneet ”ne” ahneuttamme? Olisiko nyt viimeistään aika ryhtyä elämään aikakautta, joka ei ole vain ihmisen ja tunnustaa myös muiden lajien, eikä ainoastaan eläinten, vaan myös kasvien, sienten ja kaikkien planeettamme elävien hiukkasten itseisarvo ja tärkeys?

Taiteilija ja taiteen tohtori Teemu Mäen (2021, 212) mukaan posthumanismin teemat ovat usein myös taiteen pääaiheita. ”Taide on usein mahdollisten maailmojen kuvittelua, vallitsevan moraalin uudelleenarviointia ja sen miettimistä, mitä tulee ihmisen jälkeen.”

Tämän opinnäytetyön tekemisen aikana Tyynenmeren jätepyörre⁷ palasi mieleeni eikä jättänyt minua rauhaan. Vaikka olin tutustunut muovivaivien sieniin, tässä ongelmassa eivät nekään voisi auttaa. Se meidän ihmisten pitäisi itse ratkaista. Välillä olo sienten kanssa on ollut toiveikas, välillä taas optimistisen toivon hetkellä jätepyörre yllättää takavasemmalta ja saa ajatukset taas epätoivoisiksi.

Epätoivon pyörteessä tutkija ja filosofian tohtori Karoliina Lummaa (2014, 274–275; 2017, 71) johdatti minut teksteissään kirjallisuuden tutkija ja ympäristöfilosofi Timothy Mortonin hyperobjektin teorian jäljille. Morton tarkoittaa hyperobjekteilla valtavan

⁷ Tyynenmeren jätepyörre on Havaijin lähellä meressä kelluva roskapyörre, jonka sisältö on lähes täysin erikokoista muovirokkaa mikromuoveista vessanpöntönkansiin ja kalastusverkkoihin. Tutkijat arvioivat jätepyörteen sisältävän 80 000 tonnia muovia. Tyynenmeren jätepyörre havaittiin ensimmäisen kerran 1980-luvun loppupuolella ja tänä päivänä se on pinta-alaltaan lähes viisi kertaa Suomen kokoinen. (Koskinen 2018; Lebreton ym. 2018).

kokoisia, kompleksisia ja laajalle hajaantuneita kokonaisuuksia, jotka ovat paikattomia ja ajallisesti lainehtivia. Morton kutsuu niitä tahmeiksi, jolla hän tarkoittaa sitä, että ne ikään kuin tarrautuvat kaikkeen minkä kanssa ne ovat tekemisissä. Hyperobjektit voivat olla ihmisen aikaansaamia, kuten maapallolla pitkään viihtyvät muovipussit ja styroksi. Mutta ne voivat olla myös jotain muuta, kuten aurinkokunta tai biosfääri. Musta aukko voisi olla sellainen, kuten myös Tyynenmeren jätepyörre. (Morton 2013.)

Ihminen sortuu myös usein antropomorfismiin, eli liittämään inhimillisiä ominaisuuksia esimerkiksi lemmikkiinsä, tai miksi ei, sieniin. Biologi Merlin Sheldrake tekee kirjassaan (Entangled life 2020) mielenkiintoisia huomioita antropomorfismista, sienistä puhuttaessa. Hän kääntää ajatuksen pääläelleen ja kysyy, kumpaan suuntaan nuoli osoittaa; onko se antropomorfismia vai mykomorfismia, jos ihmisessä tapahtuvaa toimintoa kuvaillaan sienen vastaavanlaisella toiminnolla (2020, 237)? Tästä pohdinnasta ilahtuneena ja inspiroituneena ryhdyin miettimään sienten ihmisenkaltaistamisen vastapainoksi ihmisen sienenkaltaistamista.

3.1 Mitä taiteilija voi oppia sieniltä?

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni olen lukenut suuren määrän sieniin liittyvää tietoa, ja melko usein mieleeni on juolahtanut ajatus miten paljon taiteilijoilla, ja ylipäätään ihmisillä olisi opittavaa sieniltä. Jaan näistä opeista muutaman.

Sienet ovat luovia ratkaisemaan ongelmia. Ne eivät lannistu ensimmäisestä epäonnistumisesta, vaan kokeilevat seuraavaa ratkaisua. Ne etsivät myöskin tehokasta ratkaisua.

Tutkijat ovat alkaneet ottaa oppia muun muassa limasienten (*Physarum polycephalum*) ongelmanratkaisukyvyistä. Limasienet eivät nimestään huolimatta ole oikeastaan sieniä, vaan nykytiedon mukaan ne ovat ameboja. Niiden avulla on ryhdytty ratkomaan ihmisten ongelmia. Limasienten kyky luoda tehokkaita verkostoja on erikoislaatuinen. Kuuluisimpia esimerkkejä on luultavasti Tokion junaverkostoon liittyvä tutkimus. (Sheldrake 2020, 16.) Tutkimusryhmä rakensi laboratorioissa limasienille alustan, jossa kaurahiutaleet merkkasivat suurimpia kaupunkeja Suur-Tokion alueella. Limasienet osasivat nopeasti löytää tehokkaimmat reitit kaurahiutaleiden välillä. Limasienen suonet haarautuvat ja jos suonon päästä ei löydy syötävää, se vetäytyy. Niiden luoma verkosto muistutti lähes täydellisesti olemassa olevaa junaverkostoa. Limasieni osaa myöskin löytää lyhimmän

reitit labyrintin lävitse. (Tero ym. 2010; Yong 2010). Lisäksi ne ovat auttaneet laskemaan tehokkaita evakuointireittejä rakennuksista (Sheldrake 2020, 54).

Brittiläinen mikrobiekologian professori Lynne Boddy on tehnyt samankaltaisia kokeita kitkerälahokan (*Hypholoma fasciculare*) rihmaston kanssa, joka käyttäytyy hieman samalla tavalla kuin limasienet. Boddy tutki, osaako kitkerälahokas löytää tehokkaimmat reitit Iso-Britannian kaupunkien välillä. Puupalikat merkkasivat testissä kaupunkeja; mitä suurempi kaupunki, sitä suurempi palikka. Boddy kertoi, että rihmaston muodostamasta verkostosta pystyi näkemään maantieliikenteen valtaväylät. (Sheldrake 2020, 53.)

Sienet ovat taitavia ja halukkaita tekemään yhteistyötä, usein ei myöskään ole väliä onko kyseessä saman lajin edustaja. Ne ovat avoimia uusille yhteistyömahdollisuuksille ja ne ajattelevat yhteistä etua. Ne ovat hyviä verkostoitujia ja taitavia käymään neuvotteluja.

Ehkä vaikuttavimmat seuraukset olivat sillä yhteistyökuviolla, jonka sieni muodosti aikoinaan levän kanssa. Sieni ei pysty yhteyttämään itse, mutta lyöttäytymällä yhteen levän kanssa se voi saavuttaa tämän kyvyn (Sheldrake 2020, 81, 93). Levälle taas yhteistyö sienien kanssa mahdollisti siirtymisen merestä maalle, kun sieni tarjosi sille veden ja ravinteiden saannin maaperästä (Sheldrake 2020, 138). Ekonomisesti järkevässä vaihtokaupassa molemmat osapuolet hyötyvät, sieni saa levältä sokereita ja hiiltä. Tämä yhteistyö mahdollisti hapentuotannon, joka taas lopulta mahdollisti biologisesti monimutkaisempien kasvien kehittymisen. (The Kingdom 2018.) Vaikka sieni ajatteleekin yhteistä etua, osaa se myös taktikoida neuvotteluissa. Neuvotteluja käydään osapuolten välillä muun muassa fosforin ja hiilen vaihtokaupasta, johon luonnollisesti vaikuttaa niiden saatavuus. Saatavuuden mukaan neuvotellaan myös vaihtokurssi. ”Osta halvalla, myy kalliilla” kaupantekotaktiikka pätee myös maan alla. (Sheldrake 2020, 151–153.) Esimerkkejä menestyksekkäästä ja molemmat osapuolet tyydyttävästä yhteistyöstä ovat sienien lukuisat symbioosit eri kasvien kanssa.

Sienet ovat hyviä sopeutumaan vallitseviin oloihin ja selviytymään kriiseistä. Ne ovat sitkeitä, eivätkä juokse karkuun ongelmia. Ne ovat uudistumiskykyisiä, eivätkä rajoita itseään.

Sienet ovat selviytymisen mestareita. Ne ovat olleet maapallolla niin kauan, että niillä on ollut aikaa selvittää mitkä ovat parhaat keinot selvitä erilaisista haasteista. (The Kingdom 2018.) Koska sienillä ei ole jalkoja, joilla juosta pakoon ongelman tai vaaran ilmaantuessa, ovat ne tottuneet vallitseviin oloihin ja pyrkivät ratkaisemaan eteen tulevan ongelman parhaansa mukaan. Ne ovat tottuneet hyväksymään haasteet ja vastoinkäymiset.

Ne ovat joustavia verkostoja, jotka uusiutuvat taukoamatta. (Sheldrake 2020, 76.) Ihmiset ja eläimet eivät kasvata uusia käsiä tai jalkoja ympäristössä tapahtuvista muutoksista johtuen, mutta sienirihmasto muotoutuu sen mukaan mitä sen ympäristössä tapahtuu ja missä seuraava mahdollinen lounas on tarjolla. (The Kingdom 2018.)

Merlin Sheldrake kirjoittaa, että monet symbioosit ovat muodostuneet kriisin aikoina. Hän pohtii, voisiko olla niin, että me emme pysty sopeutumaan tälle vahingoittuneelle planeetalle ilman että, muodostamme uusia suhteita sienten kanssa (2020, 196).

3.2 Synteettinen biologia, DIY-kulttuuri ja biotaide

Biotaiteesta on tullut nykytaiteen muoto, jonka juuret juontavat laboratorioon, joko taiteelliseen ateljeehen laboratoriona tai tieteen laboratorioon. Näissä olosuhteissa taiteilijat tutkivat esimerkiksi poliittisia, eettisiä ja esteettisiä biotekniikan ja biotieteen kysymyksiä. Taiteilijat myös pohtivat kriittisesti erilaisia tulevaisuuden skenaarioita. Samalla eloperäisen ja ei-eloperäisen alueen rajat heikkenevät ja synteettisen biologian kehittyvä alue laajenee. (Beloff ym. 2013, 17.)

Suomen Biotaiteen Seuran vuonna 2013 julkaiseman *Field notes from landscape to laboratory* -julkaisun esittelytekstissä todetaan, että ”vaikka taiteellisella ja tieteellisellä toiminnalla onkin paljon yhtäläisyyksiä, työhön kuuluvat sisäiset motivaatiot eroavat toisistaan.” Sen mukaan ”taiteilijat käsittelevät lähtökohtaisesti eri kysymyksiä kuin tutkijat, vaikka he työskentelisivätkin saman aiheen parissa.” (Beloff ym. 2013, 17.)

Samaisessa julkaisussa biotaiteen läänintaiteilijanakin toiminut Antti Tenetz toteaa, että ”kansalaisten tiede (citizen science), hakkeri- ja taidekulttuuri on tullut jäädäkseen.” Hakkeri- ja tee-se-itse-kulttuurin (DIY) sekä avoimeen lähdekoodiin ja tietoon nojaavan suunnittelun kehityksessä on tapahtunut räjähdysmäinen kasvu viime vuosina. Tenetz'n mukaan ”näissä kulttuurin muodoissa tiedon avoimen jakamisen, kokeilun ja erehdyksen kautta luodaan uusia tiedon muotoja.” (Tenetz 2013, 158.)

Biotekniikan tutkimusprofessori VTT:llä ja Aalto-yliopiston synteettisen biologian professori Merja Penttilä kirjoittaa ”synteettisen biologian tiekartassa” (2017, 11) myös, että DIY-yhteisöjä, joilla on omat laboratoriotilat, on syntynyt lukuisia viime vuosina. Hänen mielestään synteettisen biologian eräs kiinnostava piirre on sen synnyttämä biomuokkaukseen pohjautuva harrastelijakulttuuri, joka muistuttaa IT-alalle 1970-luvulla syntyneitä ”autotallikulttuuria”.

Penttilän mielestä on luonnollista, että myöskin taiteilijat ovat löytäneet synteettisen biologian niin aiheena kuin työkaluna. Taide lähestyy synteettistä biologiaa eri näkökulmasta kuin tutkimus, joka painottaa useimmiten hyötyä. Penttilä kertoo, että useat DIY-yhteisöt toimivat vuorovaikutuksessa yliopistojen kanssa, kuten Biofilia-laboratorio Aalto-yliopistolla. ”Ne ovat pikemminkin monialaisia avoimia hautomoja tai pajoja, jotka voivat koostua harrastelijoiden lisäksi taiteilijoista, designereista, eri luonnontieteiden ja tekniikan alojen tutkijoista sekä yhteiskuntatieteilijöistä.” Penttilä sanoo, että ”näiden yhteisöjen mahdollinen rooli tulevaisuuden yhteiskunnan hahmottamisessa ja muokkaajina on mielenkiintoinen.” (Penttilä 2017, 11.)

Oma suhteeni DIY-kulttuuriin on aina ollut läheinen. Olen pienestä asti tehnyt itse, aluksi vaatteita ja neuleita. Vuosi vuodelta tekniikoiden ja materiaalien kenttä on laajentunut; silkkipainosta muottien tekemiseen, kankaista, puuhun, metalliin – ja muoveihin. Itsetekeminen on usein ollut myös ainoa vaihtoehto saada joku projekti toteutettua, hyvin usein myös taloudellisista syistä. Koska olen tottunut ”tekemään itse”, oli minun tämänkin aiheen kanssa luonnollista lähteä tekemään kokeiluja itse.

Opinnäytetyöni tekemisen alkumetreillä jouduin myös pohtimaan kysymystä, onko tämä tekemäni työ biotaidetta? Taistelin aika pitkäänkin sitä vastaan, että tekemiseni lokeroitaisiin biotaitteeksi. Hetken mietittyäni ymmärsin miksi. En kokenut, että vaikka olin tekemisissä elävän materiaalin kanssa, ja antaisin sen myös vaikuttaa teoksen (tai kokeilun) lopputulokseen, että olisin ollut tekemisissä biotaitteen kanssa. Biotaitteen, jollaisena itse sen ymmärsin. Tarkoitukseni oli löytää uusi ympäristöystävällinen materiaali, ja katsoin asiaa pelkästään sen kautta.

3.3 Mitä taiteilija voi tehdä ilmastonmuutoksen keskellä?

Mitä konkreettisia tekoja taiteilija voi sitten tehdä toimiakseen omassa työssään ympäristöystävällisemmin ja tuottaakseen vähemmän hiilidioksidipäästöjä ja jätettä? Viime vuosien aikana tämä kysymys on aina ohimennen noussut esiin keskusteluissa kollegojen kanssa. Toiset, useimmiten kuvanveistäjät ja installaatioiden tekijät pohtivat suhdettaan materiaaliin, toiset miettivät matkustamista.

Materiaali aiheuttaa pohdintoja, kuten voisiko sanottavansa sanoa muuten kuin käyttämällä materiaalia, aineettomasti? Koronapandemia antoi lisää vauhtia tälle pohdinnalle, kun näyttelytilat suljettiin. Hyvin monet tuntemani taiteilijat käyttävät

kierrätysmateriaaleja teoksissaan, sekä myöskin kierrättävät omien vanhojen teosten materiaaleja uusiin töihinsä, kuten minäkin. Kierrätysmateriaalin käyttö antoi itselleni hie-
man puhtaamman omatunnon, mutta viime vuosina sekin on alkanut tuntua taakalta.

Matkustaminen on toinen keskeiseksi huolenaiheeksi noussut teema. Mietitään, miten matkustetaan; jos on pakko lentää, pitäisikö valita potkurikone vai raaskiiko ”aikaa tuh-
lata” matkantekoon maata pitkin? Onneksi apurahojen jakajat ovat ryhtyneet tukemaan
hidasta matkustamista. Matkan aikana tehdystä työstä on voinut hakea myös korvausta
(Koneen Säätiö 2021a). Koneen Säätiön juuri julkaisemasta raportista ilmenee, että apu-
rahansaajien työmatkalennot muodostivat yli puolet säätiön päästöistä (Koneen Säätiö
2021b). Helsinki International Artist Programme (HIAP 2021) taiteilijaresidenssin nettisi-
vuilta löytyy hitaan matkustamisen kartta, jossa kerrotaan matkustusaikoja maata pitkin
Helsingistä Euroopan maihin.

Taiteilija Timo Wright (2019) on kirjoittanut aiheesta Taiteilija-verkkolehden mielenkiin-
toisen artikkelin Taidetta ilmastonmuutoksen aikakaudella, jossa hän pohtii voimmeko
löytää kestävämpiä tapoja työskennellä taiteen kentällä. Artikkelissa pohditaan muun
muassa matkustamista sekä näyttelyiden järjestämisestä koituvia hiilidioksidipäästöjä.

Jotain radikaalia kenties?

Olen huomannut, että *radikaali*-sana tulee yhä useammin vastaan, kun lukee ilmaston-
muutokseen ja luontoon liittyviä artikkeleita näinä päivinä. Tiedehistorioitsija ja luontokir-
jailija Helen MacDonald pohtii radikaalia empatiaa Helsingin Sanomien haastattelussa
puhuessaan papukaijoistaan ja kyvystä nähdä maailma toisen lajin näkökulmasta (Ke-
lola 2021). Samassa haastattelussa MacDonald puhuu myös surun tunteen tärkeydestä
tässä ajassa, missä luontoa katoaa ympäriltämme. Hän sanoo, että ”jos on liian optimis-
tinen tai jos vaipuu epätoivoon tulevaisuuden suhteen, ihminen ei tee mitään, koska siinä
ei ole mieltä.”

The Ocean Cleanup -organisaation perustaja, keksijä Boyan Slat ei vaipunut epätoivoon,
vaan ryhtyi toimeen, vaikka kesti kymmenen vuotta ennen kuin hänen tavoitteensa
toteutui. Hänen tavoitteenaan oli ratkaista, miten maailman merissä kelluvia jätetyrönteitä
voidaan siivota. Lokakuussa 2021 Slat ilmoitti onnistuneesta siivousoperaatiosta Tyy-
nellä valtamerellä; valtava nuotta keräsi ja kuljetti rantaan onnistuneesti yli 9 tonnia

pääasiassa muovijätettä. The Ocean Cleanup kertoo tavoitteekseen siivota 90 % merten muoviroskasta. (Bendix 2021; The Ocean Cleanup 2021.)

Timothy Mortonin (2013, 109) mielestä taiteen täytyisi käsittää ja pitää sisällään myös hyperobjektit. Boyan Slat ei kutsu itseään taiteilijaksi, mutta ellei Tyynenmeren jätepyörre ja sen siivoamisinstallaatio, ole vaikuttavin (taide)installaatio pitkiin aikoihin, niin mikä sitten on? Koko metsän kattava sienirihmasto?

Kenties se onkin jotain radikaalia mitä tähän maailmanhistorian kohtaan tarvitaan, jotta ymmärrämme, mitä olemme menettämässä, ennen kuin todella menetämme sen. Katsetta ei kannata kääntää pois eikä epätoivoon kannata vaipua. Tämä aika vaatii mielikuvitusta ja radikaaleja ratkaisuja. Radikaalia mielikuvitusta. Näitä voimme oppia sieniltä.

Omat pohdintani pyörivät materiaalin ympärillä, se oli minua eniten vaivaava asia. Ajatus roskiksesta tai jätelavasta saattaa toisinaan harhauttaa ajatukseen, että jäte häviäisi jonkin roskien mustan aukkoon, hyperobjektiin. Mutta kun jäteauto vie jätteen pois, se jatkaa olemista jossain toisessa paikassa tai muodossa.

Ryhdyin ratkomaan materiaaliin liittyvää ongelmaa: entä jos materiaalia ei tarvitsisikaan hylätä? Entä jos se ei olisikaan se ongelma? Entä jos taiteilijalla olisi mahdollisuus kasvattaa materiaalinsa itse, tämä kiehtoi ajatuksena minua itseäni. Näistä lähtökohdista lähdin tekemään omia ympäristöystävällisiä materiaalikokeiluja.

4 SIENIPOHJAISEN MATERIAALIN (LOW TECH) DIY-KASVATUSKOKEILUT

Vaikka minua kiinnosti myös sienipohjaisen materiaalin kasvatusta laboratorio-oloissa, päätin, osittain siksi että koronapandemia sulki kaikki laboratoriot, osittain siksi että minua on aina kiinnostanut itse tekeminen low tech -hengessä, keskittyä siihen kuinka kiinteään sienipohjaisen materiaalin kasvatusta onnistuisi kotiloissa. Myöskin DIY-tekniikan riippumattomuus kiinnosti minua, en tarvitsisi päästä laboratorioon kasvattaakseni omaa materiaalia. Aikatauluni ei riippuisi laboratorion varaustilanteesta. Ajattelin että se olisi tärkeää, kun ollaan tekemisissä elävän materiaalin kanssa. Tässä luvussa perehdyn siis sienipohjaisten materiaalien kotikasvatukseen.

Pääperiaatteena kiinteään sienipohjaisen materiaalin kasvatuksessa on, että sienien rihmasto kasvatetaan johonkin kasvualustaan, joka toimii sienien ruokana. Kasvualustana voidaan käyttää esimerkiksi maatalouden jätettä. Rihmasto kasvaa biomateriaalin sekaan ja sitoo sen. Seosta (komposiittia) voidaan kasvattaa esimerkiksi silikoni- tai muovimuotissa haluttuun muotoon. Lopullisen materiaalin kestävyys riippuu sienilajista sekä kasvualustamateriaalista. Rihmaston kasvu pysäytetään kuumentamalla sitä uunissa.

Ohjeita sienipohjaisen materiaalin kasvatukseen löytyy netistä paljon, koko ajan enemmän. Monissa kokeiluissa on käytetty puhdasta rihmastoja, joka sekoitetaan kasvualustaan. Kaikissa ohjeissa korostetaan hygienian merkitystä. Huomasin myös itse moneen kertaan, että tämä ohje kannattaa ottaa todesta.

Lukemani perusteella kotikasvatuksessa pätevät monet hyvin itsestään selvät asiat, kuten se, että kääpärihmasto tykkää kasvaa sellaisessa kasvualustassa, missä se tykkää kasvaa metsässäkin. Kasvualustan valinta luonnollisesti vaikuttaa oleellisesti lopputulokseen ja ulkonäköön.

4.1 Tutustuminen sienipohjaisten materiaalien DIY-kasvatukseen

Tässä alaluvussa selvitän aiheesta tehtyjen opinnäytetöiden valossa erilaisia tapoja kasvattaa sienipohjaista materiaalia DIY-periaatteella. Esittelen myös sieniharrastajien netti-foorumeita sekä eri yritysten tuottamaa tietoa sienten ja sienipohjaisten materiaalien kasvatuksesta.

Löysin netistä mainion BioFab-nimisen foorumin, josta löytyy omat kategoriat biomateriaaleille, bioremediaatiolle ja ohjeille. Yhteisön tarkoituksena on jakaa tietoa ja kokeilujen tuloksia biologisiin materiaaleihin liittyen. Matkan varrella löysin jatkuvasti enemmän ohjeita ja vinkkejä tältä foorumilta. Tutkija Elise Elsacker on koonnut foorumille hyvin pitkän kirjallisuuslistan sieni(rihmasto)pohjaisista materiaaleista.

Suomessa toimii muun muassa Myco Hacklab -niminen verkosto, jonka jäsenet ovat kiinnostuneita sienten tutkimisesta, projekteista ja kokeiluista, jotka yhdistävät sienet teeseen, taiteeseen tai teknologiaan (Myco Hacklab 2021). Verkostolla on Facebookissa aktiivinen ryhmä nimellä Myco Hacklab Finland. Ennen korona-aikaa Myco Hacklab järjesti kuukausittain sienitapaamisia, joissa oli aina jokin tema, ja ihmiset saivat esitellä omia sieniin liittyviä projektejaan. Helsingissä sijaitseva Helsieni-niminen kiertotalousyrittäjä toimi sienitapaamisten järjestäjänä ja kokoontumispaikkana. Helsieni myy rihmastoja ja gourmet-sienten kasvatustarvikkeita.

Niin kuin toki on ymmärrettävää, muotoilu on ala, jolla ollaan kiinnostuneita materiaaleista, niiden käytettävyydestä ja erilaisista ominaisuuksista. Ei olekaan ihme, että juuri muotoilualan opiskelijat ovat tehneet maailmalla paljon sienimateriaali-aiheisia opinnäytetöitä. Niinpä minäkin löysin apua muutamista hyvin selkeästi ja havainnollisesti dokumentoiduista opinnäytetöistä. Ilokseni löysin myös suomenkielisen opinnäytetyöraportin. Aleks Peltosen Sienipohjaiset materiaalit (2018) antoi realistisen kuvan aiheesta. Lahden ammattikorkeakoulun Muotoilu- ja taideinstituutissa opiskellut Peltonen kasvattaa sienipohjaista materiaalia käyttäen eri sienirihmastoja, kuten osterivinokasta ja lakkakäppää sekä useita eri kasvualustoja. Hän tekee kasvattamilleen koepaloille kestävyystestejä, sekä mittaa niiden kasvunopeutta ja muita ominaisuuksia. Hän kasvattaa muottiin erilaisia tuotteita ja kokeilee myös sieninahan kasvattamista kombutsa-sienestä. (Peltonen 2018.)

Ellen Comhaire Belgian Howest-ammattikorkeakoulun teollisen muotoilun linjalta on hyvin samanlaisen prosessin äärellä kuin Peltonen. Opinnäytetyössään hän suunnittelee ja valmistaa akustiikkalevyjä sienipohjaisesta materiaalista. Myös hänen tarkasti dokumentoitu työnsä auttoi minua muodostamaan käsityksen sienipohjaisen materiaalin kasvattamisesta. (Comhaire 2019.)

Taulakäävän rihmastosta voidaan kasvattaa kasvualustassa kiinteää komposiittia, muuan muassa muotoilija Sebastian Cox (2017) kasvatti siitä lampunvarjostimia, mutta taulakääpä on myös materiaali itsessään. Taulakäävän käytöllä hattujen, laukujen ja

koriste-esineiden materiaalina on pitkät perinteet Romaniassa, Transilvaniassa. Norjassa muotoilututkintonsa suorittanut Mari Koppanen on tutkinut aihetta ja opetellut valmistamaan näillä perinteisillä menetelmillä tuotteita ja taidetta kyseisestä käävästä. (Koppanen 2021; Kartastenpää 2020.)

Kasvatusmetodeihin tutustumisen myötä kävi selväksi, että onnistuneeseen lopputulokseen voi päästä monella eri tavalla. Täytyi siis aloittaa kokeilemalla yhtä reittiä.

4.2 Omien kasvatuskokeiluiden lähtökohdat ja tavoitteet

Omien materiaalikasvatusteni lähtökohdat olivat hyvin ylevät, halusin tehdä kaiken mahdollisimman ympäristöystävällisesti, turhia laitteita hankkimatta ja mahdollisimman paljon kierrätettyjä tarvikkeita käyttämällä. En halunnut tehdä suuria hankintoja enkä käyttää rahaa kokeiluja varten.

Asetin itselleni tavoitteet. Halusin saada kasvatettua kiinteää materiaalia, jota voisin käyttää pääasiassa veistosten materiaalina. Päätin keskittyä kääpien testaamiseen, sillä lukemani perusteella olin saanut sen käsityksen, että niiden muodostama verkosto olisi sitkeämpi ja kestävämpi kuin vaikkapa osterivinokkaan. Käävät kuuluvat, pakurikäpää lukuun ottamatta, jokamiehen oikeuksien piiriin, eli niitä saa kerätä puuta vahingoittamatta. Luonnonsuojelualueilta kääpiä ei kuitenkaan saa kerätä. (Metsähallitus.) Kokeilujeni tarkoitus oli selvittää, pystyykö taiteilija kasvattamaan oman materiaalinsa esimerkiksi veistoksiin kotioloissa, ilman että kotilaboratoriolle joutuu uhraamaan paljon tilaa tai muitakaan resursseja. Olin tutustunut muiden tekemiin opinnäytetöihin ja kokeiluihin, enkä halunnut toistaa niitä sellaisenaan. Halusin kokeilla eri kääpälajeja, valinta tapahtuisi näppituntuman ja intuition mukaan. Tarkoitus oli käyttää yleisiä kääpälajeja, niitä mitä lähimetsissä oli saatavilla.

Tavoitteenani oli kasvattaa materiaalia metsästä keräämistäni käävistä käyttäen kasvualustana biojätettä, kuten puusepiltä jätteeksi jäänyttä sahanpurua ja höyläyslastua tai läheisen panimon ohrajätettä. Tavoitteenani oli myös kokeilla hyvinkin erilaisia sidosmateriaaleja ja kokeilla, kuinka sienimateriaalia voi kasvattaa muottiin.

Minua kiinnosti myös, miten materiaaleihin saisi mukaan väriä, koska en ollut nähnyt sitä olemassa olevissa, tehdyissä kokeiluissa. Minulla oli muutamia alkeellisia ajatuksia siitä, miten voisin lähestyä asiaa. Joko väri tulisi kasvatusalustana käytettävässä materiaalissa tai sitten sienimateriaali värjättäisiin jälkikäteen. Sieniä käytetään myös

värjäyksessä, toiset hatarat ajatukset liittyivät siis tähän faktaan. Päätin siirtää tämän kehittelyä myöhempään vaiheeseen, kun olisin tutustunut kasvatukseen tarkemmin ja minulla olisi jo jotain jo kasvatettuna.

Minulla oli tiedossa ihmisiä ja tahoja, joiden puoleen olisin voinut kääntyä, ennen kuin hain ensimmäistäkään kääpää metsästä. Olisin voinut kysyä kääpälajeista, joiden kanssa olisi todennäköisintä onnistua, sekä tarkkoja faktoja ja ohjeita kasvatuksesta, mutta en halunnut tässä vaiheessa minkään rajoittavan kokeiluitani. Kuten sanottua, minulla ei ollut käävistä juuri mitään tietoa ennen tähän työhön ryhtymistä. En osannut nimetä muita kuin pakurikäävän. Siispä lähdin metsään avoimin mielin.

4.3 Kokeilut

Zen-mäisen kärsivällisyyden kehittäminen ja nöyryys ovat avuksi, jos olet vasta aloittamassa (kasvattamista). Yritä hyväksyä jo etukäteen, että jotkin projektit eivät koskaan kasva tai tuota hedelmää, kun taas monet muut väistämättä pilaantuvat. – Tällä kentällä on aina lisää opittavaa, joten säästä jotain huomiseksi, tai ensi kuuksi, jos alat tuntea itsesi musertuneeksi. (McCoy 2016, 228. Käännös: M. Pekkala.)

Lähdin valmistelemaan omia kokeilujani suurella innolla ja yltiöpositiivisin odotuksin. Valittavasti luin yllä olevan Peter McCoy'n ohjeen vasta sen jälkeen, kun olin jo tehnyt kokeiluni.

Kokeilujen valmisteluvaiheeseen kuului materiaalien hankinta sekä niin sanotun hanskalaatikon (glove box) rakentaminen. Olin selvittänyt, että lähestulkoon ainut tapa onnistua luomaan steriilit olosuhteet kotiin, oli joko rakentaa hanskalaatikko, jonka sisään epäpuhtaudet eivät pääse tai vaihtoehtoisesti rakentaa HEPA⁸ -ilmansuodattimella varustettu laatikko. Päädyin kokeilemaan, toimisiko hanskalaatikko pienolaboratoriona, jonka avulla pystyisin minimoimaan ilmassa ja itsessäni olevien epäpuhtauksien leijumisen testeihin. Lukemani perusteella oli käynyt selväksi, että hyvä hygienia ja mahdollisimmat steriilit olosuhteet ja välineet olivat ensiarvoisen tärkeitä kokeilujen onnistumiselle. Hanskalaatikon tekoon löytyy useita ohjeita netistä sekä esimerkiksi Aleks Peltosen (2018, 30–31) opinnäytetyöstä. Hanskalaatikko rakentui pääasiassa varastosta löytyvistä tarvikkeista: muovisesta säilytyslaatikosta, viemäriputken pätkistä, letkunkiristimistä, silikonista ja tiivistenauhasta. Kumihanskat hankin uutena.

⁸ High Efficiency Particulate Air filter.

Seuraavaksi oli materiaalien hankinnan aika, suuntasin siis lähimetsään. Kääpiä joutui etsimään useammalla samoilukerralla. Kääpälajit eivät olleet minulle tuttuja ja aina kun löysin kääpiä metsästä, jouduin ensin tunnistamaan ne. Päädyin keräämään seuraavat hyvin yleiset kääpälajeet ensimmäisiä kokeilujani varten: Taulakääpä (*Fomes fomentarius*), pötkelökääpä (*Piptoporus betulinus*), karvavyökääpä (*Trametes hirsuta*) ja kantokääpä (*Fomitopsis pinicola*). Tavoitteideni vastaisesti hankin metsästä kerättyjen kääpien rinnalle, varmuuden vuoksi, myös silkkivyökäävän (*Trametes versicolor*) puhdasta rihmastoja Helsingistä. Rihmasto oli istutettuna puutappeihin. Silkkivyökääpää voi myös löytää Suomen rantalehdoista, mutta se ei ole kovin yleinen. Helsingistä sain myös vinkkejä kotikasvatukseen ja heidän nettisivuillaan olevia gourmet-sienten kasvatusohteita pystyin myöskin soveltamaan hyvin omiin kokeiluihini. Sain myös vinkin, kuinka voin pitää rihmastoja hengissä istuttamalla sen pahviymppeihin⁹ ja säilyttämällä ymppejä jääkaapissa.

Seuraavaksi ryhdyin hankkimaan kasvualustamateriaalia kääville. Hain puuseppäystävältäni puulastua käytettäväksi sienten ruokana. Minulle oli jäänyt talven jäljiltä kauranjyviä. Kuituhamppua olin hankkinut aiemmin testimateriaaliksi erääseen projektiin, joten sitäkin löytyi. Halusin kokeilla myös erikoisempia sidosmateriaaleja, joten harjasin koiristani karvaa ja sain ystävältäni hevosen harjaa. Yleisimmin kasvualustana, eli sienten ruokana kokeiluissa, joihin tutustuin, kasvualustana oli käytetty olkipellettiä, kahvinpuruja ja sahanpurua.

Kokeilut osa 1 – ilo on epäonnistua itse!

Olin hankkinut tietoa siitä, kuinka päästä kasvatuksissa alkuun monesta eri lähteestä, mutta en halunnut liikaa ja liian suorista vastuksia jokaiseen ongelmaan: halusin kokeilla ja epäonnistua itse! Ensimmäisten kokeilujeni toteutustapa oli kokoelma eri lähteistä lukemaani, opiskelemaani ja kyselemääni yhdistettynä omiin tavoitteisiini ja lähtökohtiin, sekä olemassa oleviin materiaaleihin. Ensimmäinen kokeilukierros ajoittui kesäaikaan.

En ollut halunnut hankkia välineitä ja tarvikkeita, jotka eivät olisi aivan välttämättömiä, en siis hankkinut painekattilaa, vaikka monessa ohjeessa sitä suositeltiin käytettäväksi

⁹ Pahviymppeä on yksinkertaisuudessaan pala aaltopahvia, joka desinfioidaan kiehuvedellä ja jonka sisään kääritään pala sienien rihmastoja. Rulla laitetaan suljettuun Minigrip-pussiin, jossa on pieni hengitysaukko.

materiaalien steriloisemisessa. Kaikki käytettävät materiaalit kääpiä lukuun ottamatta täytyi ensin steriloida keittämällä.

Ennen kuin rihmasto istutetaan lopulliseen kasvualustaan, sitä kannattaa kasvattaa niin sanotussa toissijaisessa kasvualustassa, kuten jyvissä. Kun rihmaston kasvu on lähtenyt käyntiin, se voidaan sekoittaa lopulliseen kasvualustaan.

Leikkelin kääpien sisäosista terävällä veitsellä pieniä paloja ja istutin niitä steriloidun kauranjyvän sekaan lasi- ja muovirasioihin, joiden kanteen olin leikannut muutaman ilma-aukon (Kuva 1). Aukot peitin hengittäväällä teipillä. Sienirihmasto tarvitsee kasvaakseen happea ja ruokaa. Hanskalaatikossa työskentely oli hankalaa, välillä tuntui, että siitä oli enemmän haittaa kuin hyötyä.



Kuva 1. Pökkelö- ja silkkivyökääpä kasvamassa kauranjyvissä. Kuva: M. Pekkala

Sijoin testirasiat rauhalliseen paikkaan keittiön nurkkaan, jonne ei tullut suoraa auringonvaloa. Joissakin ohjeissa neuvotaan kasvattamaan pimeässä, mutta joissakin ei pidetä valoa tai sen puutetta oleellisena. Pysin pitämään lämpötilan +24 C asteessa. Tarkkailin kosteusmittaria, se näytti melko tasaisesti 60 %, sadepäivinä hieman enemmän.

Kun olin ensin kasvattanut kääpäpaloja jyvissä 17 päivän ajan, oli aika siirtää ne uusiin kasvualustoihin. Itseasiassa, olisi ollut aika siirtää ne jo aiemmin. Osa kasvustoista oli täysin homeen pilaamia, kuten kanto- ja karvavyökäävät, mutta osa, kuten silkkivyö-, pökkelö- ja taulakääpä vaikuttivat vielä tässä vaiheessa melko hyviltä. Tein erilaisia testisekoituksia puulastusta, kuituhampusta, koirankarvasta ja hevosen joughista uusiin

astioihin, yhteensä 13 erilaista seosta. Poistin kaikki epäilyttävän näköiset ja väriset kasvustot, laitoin sormet ristiin ja toivoin parasta.

Kahden viikon jälkeen otin testikappaleet pois rasioista, nauroin ja kuivatin ne uunissa +120 C asteessa reilun tunnin verran. Totesin, että jos ei muuta, niin ainakin tästä voi oppia ja kehittyä (Kuva 2).



Kuva 2. Ensimmäiset testit. Seassa muun muassa koirankarvoja. Kuva: M. Pekkala

Vaikka ensimmäiset kokeiluni eivät onnistuneet kovinkaan hyvin, pystyin niiden perusteella kuitenkin tekemään huomion, että taula-, kanto- ja pökölökööpä vaikuttivat lupaa-vilta.

Kokeilut osa 2 – jossa jotain jo syntyy

Kun olin pitänyt hieman taukoa ensimmäisten kokeilujen jälkeen ja toipunut pettymyksestä, päätin ottaa opiksi virheistäni ja kokeilla uudelleen. En halunnut antaa periksi, joten päätin tehdä toisen kokeilukierroksen eri vuodenaikaan ja rajatummalla määrällä

kääpiä. Vaikka tähän mennessä juuri mikään muu ei ollut onnistunut, olin onnistunut pitämään silkkivyökäävän rihmaston hengissä pahviympissä.

Suuntasin taas metsään ja noukin mukaani pötkelökäävän ja taulakäävän. Halusin pitää silkkivyökäävän mukana myös toisella testikierroksella, jotta voisin sen perusteella arvioida kasvatustekniikkaani. Päätin, että jos onnistuisin puhtaan rihmaston kanssa, epäonnistumisen syy muiden kääpien kanssa voisi olla tavassa, jolla otan rihmastoja metsäkäävästä. Päätin ottaa tällä kertaa varman päälle kasvualustan valinnan suhteen. Hel-sienen kasvatusohjeessa käytetään olkipellettejä, jotka steriloidaan pelkästään sekoittamalla niihin kiehuva vettä. Hankin siis 20 kg säkin olkipellettejä.

Ensin istutin pötkelö-, taula- ja silkkivyökäävät suoraan olkipellettiin. Olin jälleen hyvin huolellinen hygienian kanssa, ja kiinnitin erityistä huomiota siihen, ettei käävistä päässyt testipurkkeihin muuta kuin vain sen sisäosia. Ainoastaan silkkivyökääpä (joka ei metsän bakteereja ja homeita ollut nähnyt) lähti kasvamaan. Jo neljässä päivässä näkyi kasvustoa, sen sijaan pötkelökäävälle ei tapahtunut mitään. Tämän todettuani päätin palata pötkelö- ja taulakäävän kanssa kauranjyvien pariin. Hetken aikaa näyttikin lupaa-valta, mutta home tai muut ei-toivotut kasvustot valtasivat jälleen testipurkit. Syynä oli joko liika kosteus tai sitten kasvuston sekaan päässeet epäpuhtaudet. Silkkivyökääpä sen sijaan kasvoi hyvin, ja kasvatin sitä lisää (Kuva 3).

Talvikaudella lämpötila vaihteli + 22–24 C asteessa, kosteus oli melko tasaisesti 55 %.



Kuva 3. Kääpätestit olkipelletissä, takana hanskalaatikko. Kuva: M. Pekkala

Silkkivyökääpä oli kasvanut rasiassa 14 päivää, kun päätin kokeilla sen kanssa kolmea erilaista muottimateriaalia: muovia, silikonista ja kipsiä. Halusin tässäkin pitää kiinni kierätysnäkökulmasta, joten valitsin tähän testivaiheeseen muoteiksi tekemäni vanhan kaksisaisen kipsimuotin, muovisen elintarvikerasian sekä vanhan gorillalulun onton pään silikonimuottia simuloimaan (Kuva 4). Täytin muotit esikasvatetulla rihmastoseoksella.



Kuva 4. Kipsi-, muovi- ja silikonimuotti. Kuva: M. Pekkala

Annoin kasvuston olla muoteissa kolme viikkoa, sillä halusin varmistaa, että en ota niitä pois ainakaan liian aikaisin. Kipsimuottiin kasvusto oli kuivunut ja jämähtänyt kiinni, minkä melkein arvasin jo etukäteen. Muovimuotissa kasvanut laattamainen testi onnistui hyvin (Kuva 5). Silikonimuotissa kasvanut gorillan pää onnistui lähes täydellisesti. Muotia avatessa olo oli innostunut, ja helpottunut (Kuva 6). Ilo on myös onnistua itse!



Kuva 5. Onnistunut silkkivyökääpälatta ennen kuumentamista. Kuva: M. Pekkala



Kuva 6. Gorillan pää tulossa muotista ulos. Kuva: M. Pekkala

Kuivatit kappaleet uunissa, jälleen reilun tunnin verran noin +120 C asteessa, hieman tarkkaillen, ettei pinta ala ruskistua liikaa (Kuva 7).



Kuva 7. Gorillan pää kuumakäsittelyn jälkeen. Kuva: M. Pekkala

4.4 Tulokset ja päätelmät – sekä jatkokehitys

Olin onnistunut kasvattamaan jotain, mutta tavoitteeseeni en ollut vielä päässyt. Kun en pystynyt itse ratkaisemaan miksi kasvatuskokeiluni epäonnistuvat, nöyryyin vihdoin ja päätin pyytää apua kokeneemmilta. Bioteknologiayritys Kääpä Biotech oli tullut minulle tutuksi opinnäytetyöni tekemisen aikana. Yritys tutkii, innovoi ja kehittää uudenlaisia teollisia ratkaisuja sieniin liittyen. Päätin ottaa yhteyttä Lorin von Longo-Liebensteiniin, joka on yksi yrityksen perustajista ja yrityksen mykologia johtaja. Yritys käyttää hyvinkin erilaista teknologiaa toiminnassaan, mutta Lorin suostui neuvomaan minua low tech -henkisissä kasvatuskokeiluissani. Kävin hänen kanssaan puhelimitse läpi kasvatusprosessini ja hän osasi löytää kohdat, joissa oli saattanut mennä pieleen. Yksi selkeä tapa, jolla voisin edistää onnistumista, olisi aloittaa kasvatus pienemmissä rasioissa. Niissä pienemmätkin määrät rihmastoja valtaavat kasvualustan nopeammin. Kun rihmastoja olisi

suhteessa kasvualustamateriaaliin enemmän, lisäksi se onnistumisen mahdollisuutta. Ellen haluaisi hankkia petrimaljoja, niin voisin hyödyntää vaikka lasisia lastenruokapurkkeja. Olin luultavasti käyttänyt liian isoja rasioita kasvatuksen alkuvaiheessa. Kääpiä kerätessä kannattaisi keskittyä nuoriin yksilöihin, mieluiten samana vuonna kasvaneisiin. Käävän käsittelyssä on tärkeää, että rihmastoja leikatessa kääpä revitään auki, ja otetaan pala sisuksista terävällä steriloidulla veitsellä. Olin tehnyt sen virheen, että vaikka olin leikannut käävän halki steriloidulla veitsellä, oli leikkaamisen yhteydessä käävän ulkopinnasta kulkeutunut epäpuhtauksia käävän sisäosiin. Lorin myöskin vinkkasi muutamista kääpälajeista, joita oli kuullut käytettävän materiaalikasvatuksessa menestyksekkäästi, näitä olivat esimerkiksi lattakääpä (*Ganoderma applanatum*) ja kantokääpä (*Fomitopsis pinicola*). Olkipelletti oli hänen mukaansa hyvä ja melko puhdas kasvualusta. Kasvatuksen alkuvaiheessa voisin kokeilla ruisjyviä tai agarია. (Von Longo-Liebenstein 2021.)

Tapasin myöskin samassa yrityksessä työskentelevän laboratoriopäällikkö Joette Crosierin. Joette, joka on työnsä lisäksi itsekin tehnyt paljon erilaisia projekteja sienten parissa ja auttanut taiteilijoita projekteissaan, kertoi myös vinkkejä materiaalikasvatukseen liittyen. Hän suositteli kokeilemaan seuraavalla kerralla HEPA-ilmansuodatinta hankalaatikon sijaan. Puhuimme myöskin mykoremediaatiosta ja hän kertoi muutamasta mielenkiintoisesta tutkimuksesta, jotka saattaisivat kiinnostaa minua. Hän suositteli minulle Peter McCoy'n *Radical mycology* -kirjaa, mikäli DIY-projektit sienten parissa kiinnostavat enemmänkin. Nyt tuo yli 600-sivuinen järkäle makaa yöpöydälläni ja vietän sen parissa luultavasti pari seuraavaa vuotta. (Crosier 2021.)

Työkiireistään huolimatta molemmat asiantuntijat olivat hyvin avuliaita ja ystävällisiä ja vastailivat kärsivällisesti kysymyksiini. He kertoivat, että ovat auttaneet paljon muun muassa taiteilijoita sieniaiheisissa projekteissa.

Kasvatuskokeiluni jatkuvat näiden uusien metodien avulla. En aio antaa periksi metsäkääpien kanssa vaan seuraaviin kokeiluihini aion kerätä kanto-, latta- ja taulakääpiä. En aio myöskään vielä hylätä pökökääpää. Aion hankkia käyttööni HEPA-ilmansuodattimen ja edetä kokeiluissani rakentamalla HEPA-laatikon ja kasvattamalla rihmastoja ensin pienessä astiassa agarissa.

Ryhdyn selvittämään millaisia ympäristöystävällisiä, mieluiten biohajoavia, muottiaineita on olemassa. Pureudun vihdoinkin myös värikysymyksen pohdintaan, ja veistoksen kokoon liittyvien haasteiden selvittämiseen. Kun pandemia tästä toivon mukaan hellittää ja

laboratoriot taas avautuvat, niin kenties minäkin vielä jonain päivänä kehitän teoksen, joka kasvatetaan laboratorio-olosuhteissa. Se olisi kiinnostavaa myös vertailun vuoksi.

Materiaalikasvatuskokeiluni olivat pettymysten ja innostumisten, epätoivoisten hetkien ja hetkittäisten onnistumisten sekoitus. Jouduin nöyränä toteamaan, että luonto ei aina toimi niin kuin minä (ihminen) haluaisin. Sekä elintarvike- että kemianteollisuuden alalla toimivat ystäväni ovat lohduttaneet minua; jopa laboratorio-oloissa vuodenaajat vaikuttavat siihen, mitä kasvustoissa tapahtuu. Kaikki käävätkin ovat yksilöitä, eivätkä välttämättä käyttäydy samalla tavalla. Jokainen koti laboratoriona on myös erilainen. Onnistumiseen vaikuttavat monet asiat. Sen olen oppinut, että luonnon kanssa toimiminen vaatii kärsivällisyyttä ja aikaa yrittää ja epäonnistua aina uudelleen ja uudelleen.

5 KATSE TULEVAISUUTEEN

Kun valitsee opinnäytetyön aiheeksi ajankohtaisen teeman, saa varautua siihen, että työstä on vaikea päästää irti. Uutta tietoa tulee jatkuvasti joka suunnalta. Aiheesta kerätty tieto on ajankohtaista nyt, mutta vuoden päästä kaikki on jo toisin. Katse täytyy kääntää tulevaisuuteen.

Palataan kuitenkin ensin alkuun. Hyppäsin tuntemattomalle vyöhykkeelle, mykologian ja synteettisen biologian tutkimuksia ja artikkeleita ymmärtääkseni minun todellakin täytyi siirtyä epämukavuusalueelle. Välillä jouduin epäilemään itseäni, mietin olinko voinut ymmärtää oikein lukemaani. Tämä kaikki tuntui olevan eri planeetalta siihen verrattuna mistä suunnasta olin aiemmin asioita lähestynyt ja katsonut.

Tutustuminen itselleni uuteen tieteen alaan on laittanut mielikuvitukseni töihin aivan uudella tavalla. Sukeltamalla syvemmälle aiheeseen, joka aluksi tuntui olevan mahdollisimman kaukana taiteen kentästä, olenkin päässyt maaperälle, joka saa minut yhdistämään ideoita uudella tavalla toisiinsa. Näiden oivallusten kautta syntyy uusia tulkintoja ja teoksia. Olen ymmärtänyt, että taiteilijan kannattaa toisinaan kokeilla erilaisia reittejä.

Kuten olen tämän parin vuoden aikana sieniin tutustuessani huomannut, sienet todellakin osaavat ratkaista ongelmia luovasti. Se voi innostaa taiteilijaa toimimaan samoin, yhdistämään asioita sekä tieteen- ja taiteenaloja ennakkoluulottomasti toisiinsa. Sienille kaikki tuntuu olevan mahdollista, ne eivät rajoita itseään millään tavalla tiettyyn muottiin. Tässä meillä taiteilijoilla, ja ihmisillä, on paljon opittavaa.

Taiteilijan on mahdollista pienillä teoilla muuttaa omaa toimintaansa ympäristöystävällisempään suuntaan, itselleni oli luontevinta aloittaa pohdinta teosten materiaalivalinnoista. Opinnäytetyöni tavoitteena oli käynnistää omat sienipohjaisen materiaalin kasvatuskokeilut, jotta saisin käyttööni uuden ympäristöystävällisen materiaalin. Tavoitteenani oli kasvattaa materiaalia metsästä kerätyistä käävistä. Vaikken täysin päässytkään lopulliseen tavoitteeseeni, koen silti, että sain kasvatukseni hyvään vauhtiin. Sain myös vastauksen tutkimuskysymykseeni: taiteilijan on mahdollista kasvattaa materiaalia teoksiinsa itse. Tämän opinnäytetyön myötä tutustuin elävän materiaalin kanssa toimimiseen ja sain käyttööni uuden materiaalin, jota voin käyttää veistoksissa ja installaatioiden eri osissa. Yhtä arvokkaana jatkoa ajatellen pidän keräämääni tietoa sienistä, niiden ulottuvuuksista ja erikoisuuksista, joita tähän raporttiin pystyin tuomaan vain pienen osan.

Uskon, että tämä keräämäni tietopankki vaikuttaa vielä useisiin tuleviin teoksiini. Keräämäni tiedon valossa on myös hyvä jatkaa kasvatuskokeiluita, joka kasvatuskierroksen jälkeen oppii uutta ja pystyy kehittämään ja hienosäätämään metodeja. Opinnäytetyöni on hyödynnettävissä myös muiden taiteilijoiden käyttöön. He voivat hyödyntää tekemiäni kokeiluita ja keräämäni tietoa. Toivon, että tekemäni työ innostaa muitakin ennakkoluultomasti kokeilemaan erilaisia materiaalimahdollisuuksia.

Sieniltä löytyy ratkaisuja moniin suuriin ympäristöhaasteisiin. Se voi korvata ympäristöä kuormittavia materiaaleja ja puhdistaa saastuneita maa-alueita sekä syödä muovia. Minua ällistyttikin sienten monipuolisuus, se miten monella eri toimialalla niitä voidaan hyödyntää. Toiseksi hämmästyin siitä, miten samaa sienilajia voidaan käyttää useissa erilaisissa yhteyksissä, kuten osterivinokasta yhtäältä materiaalikasvatukseen ja toisaalta syömään raakaöljyä maaperästä. Kaiken lukemani jälkeen uskon, että sienet ovat isossa roolissa, kun ratkotaan planeettamme suuria kysymyksiä. Ilmastonmuutos on kiihtynyt viime vuosina, mutta niin on myös sieniin liittyvä tutkimus. Luulen, että Philip Ross, Paul Stamets, ja muut pitkän linjan sienitutkijat ovat tyytyväisiä työnsä tuloksiin, tähän pisteeseen pääsy on vaatinut vuosikymmenten työn. Vaikuttaisi silti siltä, että suurimmat keksinnöt ovat vasta tulossa.

Toivon, että useammat Adidaksen ja IKEA:n kaltaiset suuryritykset näyttävät tietä ja osoittavat toiminnallaan, että sienipohjaisen materiaalin käyttö on vaihtoehto. Kun suuret toimijat ottavat nämä materiaalit ennakkoluultomasti käyttöön, muuttaa se varmimmin asenteita epäilijöiden leirissä. Toivon myös, että nämä materiaalit löytävät pian kuluttajien keskuuteen ja että sienimateriaali normalisoituu nopeasti.

Sienet ovat vihdoin saaneet huomionsi! Merlin Sheldrake toteaa *Entangled life* -kirjansa (2020) takakannessa: "The more we learn about fungi, the less makes sense without them." Mitä enemmän opimme sienistä, sitä vähemmän elämässä on järkeä ilman niitä. Kaiken parin viime vuoden aikana oppimani jälkeen, pystyn seisomaan tämän ajatuksen takana täysin.

LÄHTEET

Atlas Food Co. 2021. Viitattu 28.10.2021. <https://www.atlastfood.co/>

Beloff, L., Berger, E. & Haapoja, T. 2013. Maiseman ja laboratorion välimaastossa. Teoksessa Beloff, L., Berger, E. & Haapoja, T. (toim.) *Field notes – from landscape to laboratory*. Suomen Biotaiteen Seura. Viitattu 27.10.2021. https://research.gold.ac.uk/id/eprint/19520/1/Field_Notes-From_Landscape_To_Laboratory-2013.pdf

Bendix, A. 2021. A half-mile installation just took 20,000 pounds of plastic out of the Pacific - proof that ocean garbage can be cleaned. *Business Insider India* 15.10.2021. Viitattu 28.10.2021. <https://www.businessinsider.in/science/news/a-half-mile-installation-just-took-20000-pounds-of-plastic-out-of-the-pacific-proof-that-ocean-garbage-can-be-cleaned/articleshow/87042384.cms>

BIOS 2019. Ekologinen jälleenrakennus. Viitattu 20.8.2021. <https://eko.bios.fi/>

Bolt Threads 2021. Viitattu 28.10.2021. <https://boltthreads.com/>

Bustillos, J.; Loganathan, A.; Agrawal, R.; Gonzalez, B. A.; Gonzalez Perez, M.; Ramaswamy, S.; Boesl, B. & Agarwal, A. 2020. Uncovering the Mechanical, Thermal, and Chemical Characteristics of Biodegradable Mushroom Leather with Intrinsic Antifungal and Antibacterial Properties. *ACS Applied Bio Materials* 2020, Vol. 3, No. 5, 3145–3156. Viitattu 20.08.2021. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsabm.0c00164>

Comhaire, E. 2019. Arc Nouveau, a biodegradable acoustic panel grown with mycelium. Bachelor graduation project. Industrial product design. Belgium: Howest University of Applied Sciences. Viitattu 15.05.2020. https://issuu.com/ellencomhaire/docs/arc_nouveau_ellen_comhaire_bachelor

Cox, S. 2017. Mycelium & timber collection launches. Viitattu 16.10.2021. <https://www.sebastiancox.co.uk/news/10-years-in-business>

Critical concrete 2018. Building with mushrooms. Viitattu 21.10.2021. <https://critical-concrete.com/building-with-mushrooms/>

Crosier, J. 2021. Kääpä biotechin laboratoriopäällikkö Joette Crosierin kanssa käydyt keskustelut Karjalohjalla opinnäytetyötä varten 2.9.2021. Maikki Pekkala: muistiinpanot.

Crutzen, P.J. & Stoermer, E.F. 2000. The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter* 41:17–18.

Dadachova, E. & Casadevall, A. 2008. Ionizing radiation: how fungi cope, adapt and exploit with the help of melanin. *Current Opinion in Microbiology*, 11 (2008), 525–531. Viitattu 20.8.2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369527408001306?via%3Dihub>

Ellen MacArthur Foundation 2017. A new textiles economy: Redesigning fashion’s future. Viitattu 20.9.2021. <http://ellenmacarthurfoundation.org/publications>

Elsacker, E.; Peeters, E. & De Laet, L. 2019. Mycelium-based materials at the dawn of the Anthropocene. Kirjassa: *Structures and Architecture: Bridging the Gap and Crossing Borders (1083–1090)* Viitattu 20.08.2021. <https://www.researchgate.net/publication/334422720>

Ernvall, O. 2014. Filter helps recover 80% of gold in mobile phone scrap. Viitattu 26.8.2021. <https://phys.org/news/2014-04-filter-recover-gold-mobile-scrap.html>

Farra, E. 2019. "I Need a Few More Colleagues Linking My Arm"—Stella McCartney Sounds Off on Sustainability, Faux Leather, and the Lack of Honesty Around Both. *Vogue magazine* 15.2.2019. Viitattu 25.5.2020. <https://www.vogue.com/article/stella-mccartney-sustainable-fashion-leather-conversation>

Farra, E. 2020. Leather's Carbon Footprint Is Immense, But This Plant-Based Alternative Could Be the Way Forward. *Vogue magazine* 5.2.2020. Viitattu 25.5.2020. <https://www.vogue.com/article/reishi-launch-vegan-sustainable-faux-leather-alternative>

Friedman, V. 2021. Stella McCartney does mushrooms in Paris. *Fashion Review, The New York Times* 5.10.2021. Viitattu 7.10.2021. <https://www.nytimes.com/2021/10/05/style/stella-mccartney-mushrooms.html>

Harjumaa, M. 2019. Tutkimus: Mikromuovia päätyy ihmisen elimistöön pankkikortin verran viikossa. *Yle* 12.6.2019. Viitattu 18.10.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-10827176>

HIAP 2021. Ecological travel. How to get to Helsinki? Viitattu 20.10.2021. <https://www.hiap.fi/ecotravel/>

Hildebrandt, E. 2019. 50 new plastic-eating mushrooms have been discovered in past two years. Viitattu 25.9.2021. <https://leaps.org/plastic-eating-mushrooms-let-you-have-your-trash-and-eat-it-too/>

Ilmasto-opas. Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Viitattu 28.8.2021. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastomuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>

Ilmatieteen laitos 2020. Metaanipäästöt ovat kasvaneet maailmanlaajuisesti viime vuosikymmeninä. Viitattu 27.10.2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/3KoGtPNCG8frqRRNZi6q0l>

Ilmatieteen laitos 2021. IPCC:n raportti: Ihmisen toiminta on aiheuttanut ennennäkemättömän laajoja ja nopeita muutoksia ilmastossamme. Viitattu 20.9.2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/3vWBBiEr4enwIPeUVUlxp0>

IPCC 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. In Press. Viitattu 20.9.2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Kartastenpää, T. 2020. Sienestä voi tehdä vaikka laastarin tai tyylikkään puseron: Muotoilija Mari Koppanen valmistaa taulakäävistä nahkamaisia käyttöesineitä. *Helsingin Sanomat* 20.9.2020. Viitattu 18.10.2021. <https://www.hs.fi/kulttuuri/art-2000006642400.html>

Kelola, K. 2021. Surun tunne on tärkeintä, kun yritämme pysäyttää luontokadon, sanoo Helen Macdonald – Kirjailija eli köyhyydessä ennen menestysteostaan. *Helsingin Sanomat* 17.10.2021. Viitattu 18.10.2021. <https://www.hs.fi/kulttuuri/art-2000008328351.html>

Khan, S.; Nadir, S.; Shah, Z.; Shah, A.; Karunarathna, S. C.; Xu, J.; Khan, A.; Munir, S. & Hasan, F. 2017. Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus tubingensis*. *Environmental Pollution* 225 (2017). 469–480. Viitattu 20.10.2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117300295>

Koneen Säätiö 2021a. Kohti ekologisesti kestävää residenssitoimintaa. Viitattu 27.9.2021. <https://koneensaatio.fi/kohti-ekologisesti-kestavaa-residenssitoimintaa/>

Koneen Säätiö 2021b. Koneen Säätiö mittasi hiilijalanjälkeään: apurahansaajien työmatkalennot muodostivat yli puolet säätiön päästöistä. Viitattu 27.9.2021. <https://koneensaatio.fi/koneen-saatio-mittasi-hiilijalanjalkeaan-apurahansaajien-tyomatkalennot-muodostivat-yli-puolet-saation-paastoista/>

Koppanen, M. 2021. Viitattu 18.10.2021. <https://marikoppanen.com/work>

- Koskinen, M. 2018. Tyynenmeren roskapyörre paljastui jopa kuusitoista kertaa suuremmaksi kuin luultiin – Meressä vellova kaatopaikka on lähes viisinkertainen Suomen pinta-alaan nähden. Helsingin Sanomat 22.3.2018. Viitattu 20.08.2021. <https://www.hs.fi/ulkomaat/art-2000005614516.html>
- Lebreton, L.; Slat, B.; Ferrari, F.; Sainte-Rose, B.; Aitken, J.; Marthouse, R.; Hajbane, S.; Cunsolo, S.; Schwarz, A.; Levivier, A.; Noble, K.; Debeljak, P.; Maral, H.; Schoeneich-Argent, R.; Brambini, R. & Reisser, J. 2018. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports* 8, 4666 (2018). Viitattu 28.08.2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Livin Studio 2021. Fungi Mutarium. Viitattu 27.10.2021. <http://www.livinstudio.com/fungi-mutarium>
- Lummaa, K. 2017. Antroposeeni: ihmisen aika geologiassa ja kirjallisuudentutkimuksessa. *AVAIN - Kirjallisuudentutkimuksen Aikakauslehti*, 2017(1), 68–77. Viitattu 26.9.2021. <https://doi.org/10.30665/av.66194>
- Lummaa, K. 2014. Antroposeeni ja objektien ekologia. Ihmisen luontosuhde humanismin jälkeen. Teoksessa Lummaa, K. & Rojola, L. (toim.) *Posthumanismi*. Helsinki: Eetos, 265–288.
- McCoy, P. 2016. *Radical mycology: a treatise on seeing and working with fungi*. Portland: Chthaeus Press.
- Metsähallitus. Marjastus ja sienestys. Viitattu 15.02.2020. <https://www.luontoon.fi/marjastusja-sienestys>
- Morton, T. 2013. *Hyperobjects. Philosophy and ecology after the end of the world*. Minneapolis & London: University of Minnesota Press.
- Myco Hacklab 2021. Viitattu 15.02.2020. <https://mycohacklab.org/>
- Mycoworks 2021. Viitattu 28.10.2021. <https://www.mycoworks.com/>
- Mäki, T. 2021. Ihminen on vasta tulossa – taide ja posthumanismi. Teoksessa Johansson, H. & Seppä, A. (toim.) *Taiteen kanssa maailman äärellä, kirjoituksia ihmiskeskeisestä ajattelusta ja ilmastonmuutoksesta. Taideteoreettisia kirjoituksia Kuvataideakatemiasta (13)*. Helsinki: Parvs, 192–220.
- Mäkikouri, S. & Vehmas, T. 2019. Muutetaan betonin ongelmat ratkaisuiksi. Viitattu 27.9.2021 vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/muutetaan-betonin-ongelmat-ratkaisuiksi
- Nikkanen, H. 2017. Uutisista suurin. Teoksessa Nikkanen, H. & työryhmä (toim.) *Hyvän sään aikana: Mitä Suomi tekee kun ilmasto muuttaa kaiken*. Helsinki: Into, 7–10.
- Peltonen, A. 2018. Sienipohjaiset materiaalit. Opinnäytetyö. Muotoilun koulutusohjelma, Kalustemuotoilu. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Muotoilu- ja taideinstituutti. Viitattu 15.2.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145922/Peltonen_Aleksi.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Penttilä, M. 2017. Synteettinen biologia kestävän bioekonomian mahdollistajana - Tiekartta Suomelle. Viitattu 28.8.2021. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2017/syntheticbiologyroadmap.pdf>
- Penttilä, M. 2021. Puheenvuoro: Solumaatalous tuloillaan – Täsmäruokaa mikrobeilla. *Kehittyvä Elintarvike* 4/2021. Viitattu 27.10.2021. <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/mielipiteet/puheenvuoro/solumaatalous-tuloillaan-tasmaruokaa-mikrobeilla/>
- Pärssinen, M. 2019. Tutkijat löysivät runsaasti mikromuovia Arktiksen lumesta – "Sitä kulkeutuu kaikkialle tuulen mukana". *Yle* 15.8.2019. Viitattu 18.10.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-10923448>

Quorn 2021. Viitattu 28.08.2021. <https://www.quorn.fi/>

Rothschild, L. 2018. Myco-architecture off planet: growing surface structures at destination. Viitattu 20.08.2021. https://www.nasa.gov/directorates/space-tech/niac/2018_Phase_I_Phase_II/Myco-architecture_off_planet/

Russell, J. R.; Huang, J.; Anand, P.; Kucera, K.; Sandoval, A. G.; Dantzer, K. W.; Hickman, D.; Jee, J.; Kimovec, F. M.; Koppstein, D.; Marks, D. H.; Mittermiller, P. A.; Núñez, S. J.; Santiago, M.; Townes, M. A.; Vishnevetsky, M.; Williams, N. E.; Núñez Vargas, M. P.; Boulanger, L.; Bascom-Slack, C. & Strobel, S. A. 2011. Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi. *ASM Journals. Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 77, 2011 (17). Viitattu 26.10.2021. <https://doi.org/10.1128/AEM.00521-11>

Sandeep, K. M.; Yadav, A.; Singh, S.; Mishra, S. & Gupta A. 2019. Role of Fungi in Climate Change Abatement Through Carbon Sequestration. *Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi. Fungal Biology*. Springer, Cham. Viitattu 26.10.2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25506-0_11

Saunois, M. et al. 2020. The Global Methane Budget 2000–2017. *Earth System Science Data*, 12 (2020), 1561–1623. Viitattu 27.10.2021. <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>

Sheldrake, M. 2020. *Entangled life. How fungi make our worlds, change our minds and shape our futures*. London: The Bodley Head.

Shunk, G. K.; Gomez, X. R. & Aversch, N. J. 2020. A self-replicating radiation-shield for human deep-space exploration: Radiotrophic fungi can attenuate ionizing radiation aboard the international space station. *Cold Spring Harbor Laboratory, bioRxiv* (2020). Viitattu 28.10.2021. <https://doi.org/10.1101/2020.07.16.205534>

Sihvonen, M. 2020. Tuotteistetut mikrobit auttavat taimet kasvuun. *Luonnonvarakeskus* 25.5.2020. Viitattu 20.08.2021. https://www.luke.fi/mt_tuotteistetut-mikrobit-auttavat-taimet-kasvuun/

Sitra 2020. Megatrendit 2020. Viitattu 15.2.2020. <https://www.sitra.fi/aiheet/megatrendit/#megatrendit-2020>

Sitra 2021. Synteettinen biologia. Viitattu 20.08.2021. <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/synteettinen-biologia/>

Stamets, P. 2005. *Mycelium running: how mushrooms can help save the world*. Berkeley: Ten Speed Press.

Stamets, P. 2008. Six ways mushrooms can save the world. Video. Youtube-videopalvelu, julkaistu 8.5.2008. Viitattu 15.02.2020. <https://www.youtube.com/watch?v=XI5frPV58tY>

Stella McCartney 2021. Viitattu 10.10.2021. <https://www.stellamccartney.com/fi/en/stella-world/about-stella-mccartney.html>

Tavares, F. 2020. Could future homes on the Moon and Mars be made of fungi? Viitattu 27.10.2021. <https://www.nasa.gov/feature/ames/myco-architecture>

Tenetz, A. 2013. Taiteellinen kenttätyöskentely tee-se-itse-teknologioiden ja taktisen mediataiteen risteyksessä. Teoksessa Beloff, L., Berger, E. & Haapoja, T. (toim.) *Field notes – from landscape to laboratory*. Suomen Biotaitteen Seura. Viitattu 27.10.2021. https://research.gold.ac.uk/id/eprint/19520/1/Field_Notes-From_Landscape_To_Laboratory-2013.pdf

Tero, A.; Takagi, S.; Saigusa, T.; Ito, K.; Bebbler, D. P.; Fricker, M. D.; Yumiki, K.; Kobayashi, R. & Nakagaki, T. 2010. Rules for biologically inspired adaptive network design. *Science*, 327(5964), 439–442. Viitattu 28.10.2021. https://www.researchgate.net/publication/41111573_Rules_for_Biologically_Inspired_Adaptive_Network_Design

The Growing Pavilion 2019. Viitattu 20.08.2021. <https://thegrowingpavilion.com/>

The Kingdom: How fungi made our world. 2018. Dokumenttielokuva. Tuotanto: Smith & Nasht/Real to Reel Production, Australia. Yle Areena -verkkopalvelu. Viitattu 15.02.2020. <https://areena.yle.fi/1-4355355>

The Ocean Cleanup 2021. The largest cleanup in history. Viitattu 28.10.2021. <https://theocean-cleanup.com/>

Tieteen termipankki 2021. Ympäristötieteet: suljettu kierto. Viitattu 20.8.2021. https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ympäristötieteet:suljettu_kierto

Timonen, S. & Valkonen, J. (toim.) 2018. Sienten biologia. Helsinki: Gaudeamus.

UNEP 2021. The Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On. Viitattu 28.10.2021. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>

UWE Bristol 2019. World-first “smart” fungal building to be created in 2,5m pound living architecture project. Viitattu 21.10.2021. <https://info.uwe.ac.uk/news/uwenews/news.aspx?id=3970>

Viljanen, M. 2020. Tutkijat löysivät istukasta mikromuovia – Muovin pelätään häiritsevän sikiön kasvua ja aiheuttavan pitkäaikaisia vaurioita. Helsingin Sanomat 23.12.2020. Viitattu 18.10.2021. <https://www.hs.fi/tiede/art-2000007702791.html>

Von Longo-Liebenstein, L. 2021. Kääpä biotechin mykologia johtaja Lorin von Longo-Liebensteinin kanssa käyty puhelinkeskustelu opinnäytetyötä varten 12.8.2021. Maikki Pekkala: muis-tiinpanot.

VTT 2019a. KORVAA: Kuulokkeet hiivojen ja sienirihmaston tuottamista biomateriaaleista. Lehdistöiedote 12.6.2019. Viitattu 15.2.2020. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/korvaa-kuulokkeet-hiivojen-ja-sienirihmastojen-tuottamista-biomateriaaleista>

VTT 2019b. Biomateriaali taipuu moneksi – myös design-kuulokkeiksi. Uutiset ja tarinat 22.11.2019. Viitattu 15.02.2020. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/biomateriaali-taipuu-moneksi-myos-design-kuulokkeiksi>

VTT 2019c. Korvaa Headset. Video. Youtube-videopalvelu, julkaistu 12.6.2019. Viitattu 15.02.2020. https://www.youtube.com/watch?v=3NHhoaxU_wQ

VTT 2019d. Hämähäkkisilkin ja nanoselluloosan yhdistelmästä syntyi muovin haastaja. Lehdistöiedote 16.9.2019. Viitattu 28.8.2021. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/hama-hakkisilkin-ja-nanoselluloosan-yhdistelmasta-syntyi-muovin-haastaja>

VTT 2020. Mullistava teknologia kananmunan valkuaisproteiinin tuottamiseksi ilman kanaa toi VTT:lle voiton EARTOn innovaatiokilpailussa. Lehdistöiedote 20.10.2020. Viitattu 27.10.2021. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/mullistava-teknologia-kananmunan-valkuaisproteiinin-tuottamiseksi-ilman-kanaa>

VTT 2021. Vaihtoehto nahalle ja synteettiselle nahalle: VTT kehitti jatkuvan tuotantotavan sienirihmastosta valmistetulle nahalle. Lehdistöiedote 7.7.2021. Viitattu 25.9.2021. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/vaihtoehto-nahalle-ja-synteettiselle-nahalle-vtt-kehitti-jatkuvan-tuotantotavan>

Wolfrom, J. 2020. When fashion is fungal. Washington Post 31.8.2020. Viitattu 25.9.2021. <https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2020/08/31/fashion-mushrooms-mycelium-climate/?arc404=true>

World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company. 2016. The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics. Viitattu 20.9.2021. <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>.

Wright, T. 2019. Taidetta ilmastonmuutoksen aikakaudella. Taiteilija -verkkolehti. Suomen Taiteilijaseura. Viitattu 15.2.2020. <https://taiteilijalehti.fi/taidetta-ilmastonmuutoksen-aikakaudella/>

WWF 2019. Avaimet muoviongelman ratkaisuun. Alkuperäisjulkaisu Solving plastic pollution through accountability, 2019 WWF – Maailman luonnonsäätiö (World Wide Fund for Nature), Gland, Sveitsi. Viitattu 20.9.2021. https://wwf.fi/app/uploads/5/k/q/ssq4vvn92r9nuh53em95ro/wwf_muoviraportin_lyhennelma_tulostus.pdf

WWF 2021. Merten muoviroska. Mikromuovit. Viitattu 20.9.2021. <https://wwf.fi/uhat/merten-muoviroska/#mikromuovit>

Yle 2021. Ilmastoaktivistit ryntäsivät lavalle kesken Louis Vuittonin muotinäytöksen Pariisin muotiviikoilla. Yle uutiset 6.10.2021. Viitattu 7.10.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-12130112>

Ympäristöministeriö. Pariisin ilmastopimus. Viitattu 28.08.2021. <https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>

Ympäristöministeriö 2021. Kunmingin kokouksesta hyvät eväät jatkotyölle luontokadon pysäyttämiseksi. Tiedote 15.10.2021. Viitattu 20.10.2021. <https://ym.fi/-/kunmingin-kokouksesta-hyvat-evaajat-jatkotyolle-luontokadon-pysayttamiseksi>

Yong, E. 2010. Slime mould attacks simulates Tokyo rail network. National Geographic 21.1.2010. Viitattu 18.10.2021. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/slime-mould-attacks-simulates-tokyo-rail-network>