



Kuva 1.

KANANLUUKOMPOSIITTI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Muotoiluinstituutti
Muotoilun koulutusohjelma
Kalustemuotoilu

Venla Huhtinen
Opinnäytetyö
69 sivua
Kevät 2020



1. Johdanto



Kuva 2. Kanojen biomassa on kasvanut huomattavasti

1.1 Aihe ja tausta

Muovia, betonia, radioaktiivista jätettä ja suunnattomasti kananluita, niistä on ihmisen aikakausi, Antroposeeni, tehty ja niistä meidät tullaan muistamaan.

Antroposeeniksi kutsutaan tätä uutta, vielä vahvistamatonta, geologista aikakauttamme. Sen katsotaan alkaneen 1965 luvulla Islannista löytyneen mullistavan maaperämuunnoksen johdosta.

Aikakaudelle on ominaista ihmisen toiminnan vaikutukset biosfääriimme. Yksi ilmeinen esimerkki biosfäärimme muokkaantumisesta on kanat. Ihmisen toimesta kanojen biomassassa suhteessa muihin lintulajeihin on huomattavan suuri ja jatkaa kasvuaan. Jalostettujen broilerin geneettinen muutos, valtava populaatiokoko ja maailmanlaajuinen jakautuminen symboloivat bioosfäärimme muutosta. Kanojen luut fossilisoituvat jätteenä kaatopaikalle ja siksi kanaa voidaanakin pitää aikakautemme symbolina ja laji-indikaattorina. (Bennett, Thomas, Williams, Zalasiewicz, Edgeworth, Miller, Coles, Foster, Burton & Marume 2018.)

Luu toimii niin eläimen kuin ihmisenkin elimistön tukirankana. Se on samaan aikaan sekä kestävä, että joustava, joten minulle heräsi kysymys, voisiko sitä käyttää materiaalina kalusteen valmistuksessa.



Kuva 3. Vapaita kanoja Dominikaanisessa Tasavallassa

1.2 Tutkimusasetelma

Opinäytetyössäni tutkin kananluun mahdollisuuksia ja soveltumista biomateriaaliksi kalusteen valmistukseen. Valmistin 12 erilaista komposiittivariaatiota, joita tutkin ja analysoin. Tutkin materiaalin soveltuvuutta käytännössä valmistamani prototyypin kautta. Lopuksi pohdin materiaalin mahdollista soveltuvuutta ja jalostusta teollisuuteen. Tarkastelen aihetta kestävän kehityksen näkökulmasta.

1.3 Tavoite ja lähtökohdat

Tutkimukseni tavoitteena on luoda kananluista kalusteen valmistukseen soveltuva materiaali. Kalusteeseen soveltuvalle materiaalille etuja on sen kestävyys, pitkäikäisyys, helppo työstettävyys, ja kierrätettävyys. Huomioin tutkimustyössä kestävän kehityksen näkökulman, jonka vuoksi edellytyksiä materiaalille ovat myös sen hyvä energiatehokkuus ja matala hiili- ja vesijalanjälki.

Minulla ei ole aiempaa kokemusta materiaalista ja tutkimustietoa löytyy niukasti, joten tutkimus pohjautuu pääosin omaan tutkintaan ja pohdintaan. Rajasin tutkimustyön ravintolaympäristössä syntyvään luujätteeseen.

1.4 Työskentelytapa

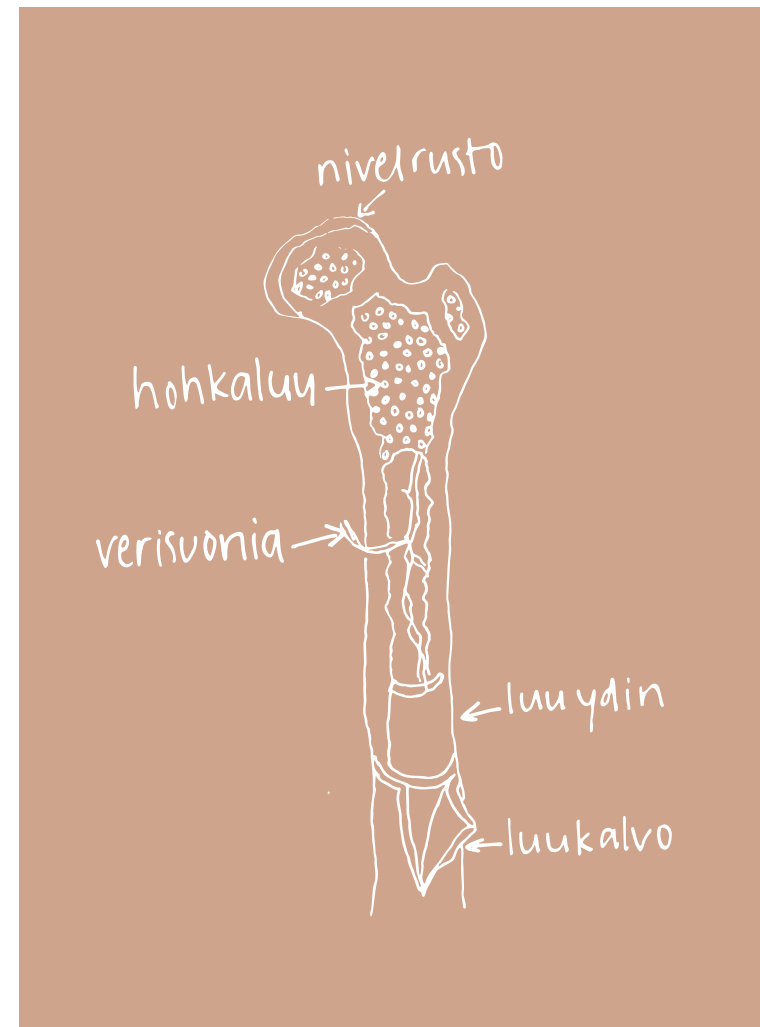
Tutkimukselleni luonteenomaisin tiedonhankinnan strategia on konstrukttiivinen tutkimusote, sillä olemassa olevaa tietoa aiheesta on niukasti ja pääpaino on kokemuksellisella oppimisella. Testasin materiaalin käytännön soveltuvuutta ja pyrin ratkaisemaan kierrätettävyysongelman.



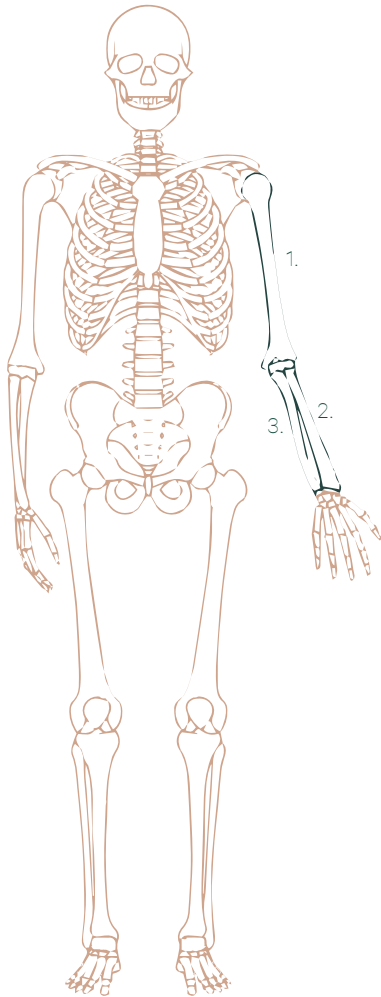
Kuva 4. Puhdistettuja kananluita

2.1 Mistä luu koostuu

Luu koostuu mineraaleista, kollageenista ja vedestä. Kalsium ja fosfaatit ovat mineraaleista tärkeimmät ja ne tuovat luulle sen kestävyysden. Kollageenit tekevät luusta pituussuunnassa joustavan. Epäorgaanisen aineen osuus luussa on kaksi kolmasosaa ja orgaanisen aineen osuus yksi kolmasosaa. (Veistola 2020.)



Kuva 5. (mukailtu Veistola 2020)



Kuva 7. Ihmisen luuranko (mukailtu Peda 2020)

2.3 Ihmisen luu vs. eläimen luu

Ihmisten- ja eläinten luilla on paljon yhtäläisyyksiä niin rakenteensa kuin muotonsakin puolesta.

Tutkimuksessa käyttämäni kanansiipiluut ovat verrannollisia ihmisen olkaluuhun (lat. humerus), kyynärluuhun (lat. ulna) ja varttinäluuhun (lat. radius). (France 2008, 18.)



Kuva 8. Kanan luuranko (mukailtu Chicken Heaven On Earth 2020)

- 1. Humerus
- 2. Ulna
- 3. Radius



3. Kananluu jätteenä



Kuva 9. Kana on biomassaltaan suurin lintulaji (Reynaldo 2020)

3.1 Tietoa kanoista

Kana (lat. *Gallus gallus domesticus*) kuuluu kanalintujen lahkoon (SEY Suomen Eläinsuojelu Ry 2020). Maailmassa on noin 300 kanarotua. Tutkimustyössäni käytin broileria, joka on lihantuotantoon jalostettu kanarotu. Suomen Broileriyhdistyksen mukaan se kasvaa viidessä viikossa teurasikäiseksi, jolloin sen paino on noin 1,7 kilogrammaa. Broileri on huomattavasti tavallista kanaa suurempi. Ihmisen toiminnan johdosta broileri on kasvanut lähes viisinkertaiseksi keskiaikaisen ajanjakson loppupuolelta. Suomessa broilereita teurastetaan noin 76 miljoonaa vuodessa. (Suomen Broileriyhdistys Ry 2020.)



Kuva 10. Siipiravintoloissa kertyy valtavasti luujätettä päivittäin

3.2 Kierrätys ravintoloissa

Pienet kananluut voidaan kierrättää biojätteeseen (Kuopion Jätekeskus 2020). Biojäte voidaan joko kompostoida tai mädättää. Toisin kuin orgaanisten aineiden, luiden maatuminen voi kestää viikoista useampiin vuosiin, riippuen olosuhteista. Parhaiten luut maatuvat lämpimässä, kosteassa ja turpeisessa ympäristössä. Biojätteestä saadaan joko kompostimultaa kompostoimalla tai energiantuotannossa hyödynnettävää biokaasua mädättämällä. (Shead 2020.)

Tässä kohtaa herääkin kysymys miten kananluita voitaisiin pitää aikakautemme laji-indikaattorina, jos ne kuitenkin päätyvätkin kompostin kautta maatuman? Asia ei kuitenkaan ole niin mustavalkoinen, sillä kaikissa maissa jätteen kierrätysjärjestelmä ei toimi yhtä hyvin kuin Suomessa ja meilläkin paljon biojätettä joutuu kaatopaikalle. Lisäksi muunmuassa lintuinfluenssan kaltaisten katastrofien myötä aiheutuneet kanojen joukkohautautaukset aiheuttavat massa fossilisoitumista. (Bennett, Thomas, Williams, Zalasiewicz, Edgeworth, Miller, Coles, Foster, Burton & Marume 2018.)

3.3 Kananluu uusiokäytön kohteena

Luu itsessään on komposiittimateriaali, joka koostuu sekä orgaanisista että epäorgaanisista aineista (France 2008, 2).

EU:n sivutuoteasetus jakaa teurasteollisuuden sivutuotteet kolmeen luokkaan perustuen niiden ihmisille ja eläimille aiheuttamaan tautiriskiin. Broilerin luut kuuluvat vähäisen riskin eläinjätteeseen luokkaan kolme. Luiden osuus teurasteollisuudessa syntyvästä jätteestä on noin 20%. Ne hyödynnetään pääasiassa turkiseläinrehuna tai prosessoituna lihaluujauhona. Koska teurasjätteelle on jo omat tuotantolinjat, päädyin tutkimustyössäni keskittymään ravintoloista kertyvään kanansiipiluu jätteeseen. (Ruokavirasto 2020.)

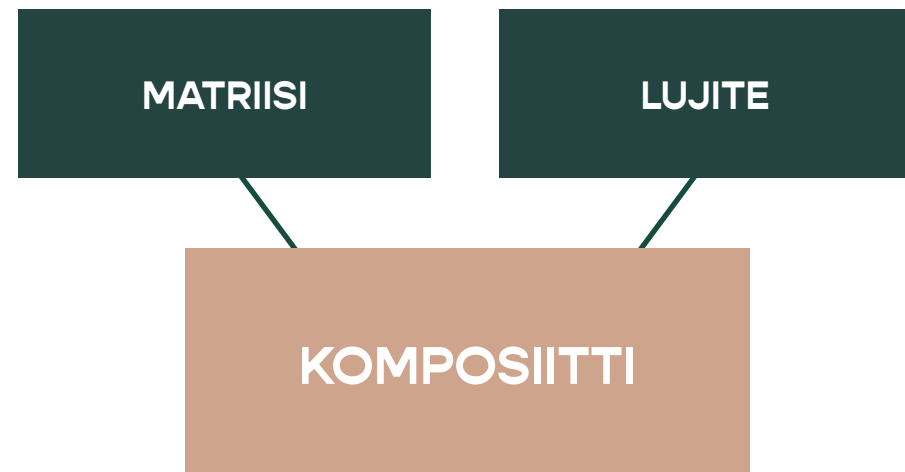


Kuva 11. Jalostetut broilerit eivät enää pärjää omavaraisina luonnossa (Hamann 2019)

4.1 Mitä komposiitti on

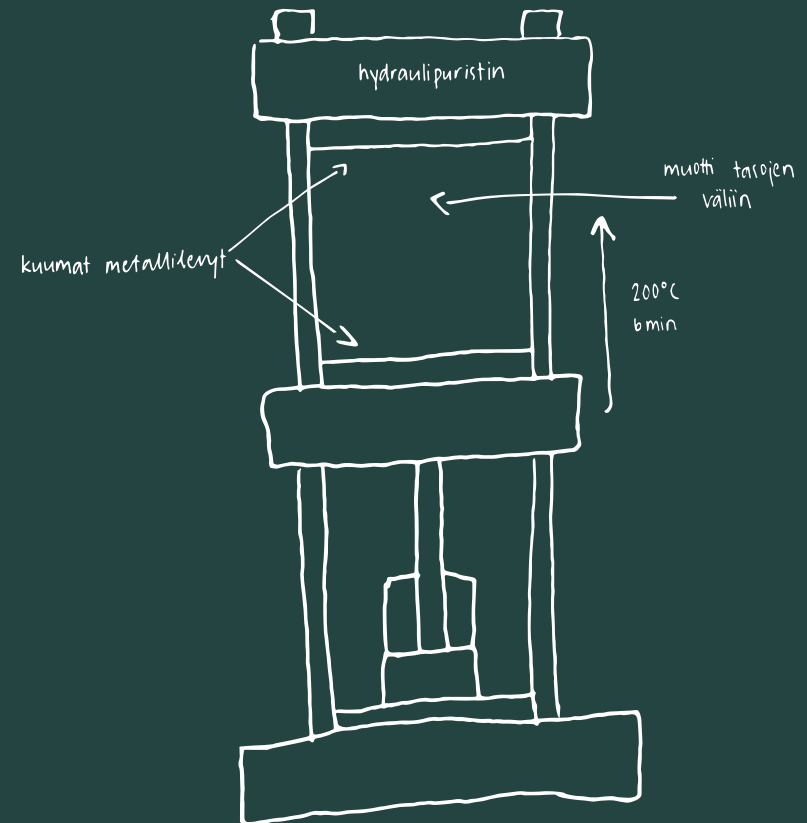
Komposiitti on kahden fyysisiltä tai kemiallisilta ominaisuuksiltaan poikkeavan aineen yhdistelmä. Se rakentuu matriisista ja lujitteesta, joista matriisi sitoo lujitteen yhteen. Lujitteilla voidaan lujuuden lisäksi muuttaa jäykkyyttä, sähköjohtavuutta, lämmönjohtavuutta tai jotakin muuta tarvittavaa ominaisuutta.

Matriisina voi toimia joko muovi, metalli tai keraami. Muovimatriisit jaetaan kesto-, kerta- ja biomuoveihin. Tutkimustyössäni keskityin muovikomposiitteihin niiden helpon hallittavuuden ja muokattavuuden vuoksi. Lisäksi matala käsittelylämpötila metalliin ja keraamiin nähden vaikutti valintaani, sillä muovin työstössä lämmitykseen kuluu vähiten energiaa ja halusin materiaalin kuormittavan mahdollisimman vähän ympäristöä. (Royal Society of Chemistry 2020.)



4.2 Valmistusmenetelmät

Komposiittien valmistuksessa voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Tyypillisiä menetelmiä ovat laminointi, puristus, painevalu, suulake ja valssaus. Käytin omassa prosessissani puristusmenetelmistä tasopuristusta. Siinä raaka-aineella täytetty muotti laitetaan hydraulipuristimeen, jossa on lämmitettävät ylä- ja alalevyt. (Kouki 2016.) Päädyin kyseiseen valmistusmenetelmään, koska sillä saa tuotettua yksinkertaisesti ja kustannustehokkaasti pieniä kokeilueriä.



Kuva 12. Hydraulipuristimen toimintaperiaate



Kuva 13.

4.3 Miksi komposiitteja valmistetaan

Komposiitit ovat usein ympäristöystävällisiä, sillä niissä käytettävät materiaalit tulevat usein teollisuuden sivuvirtoja yhdistelemällä tai luonnon materiaaleja jalostamalla.

Komposiittimateriaalien valmistuksen periaatteena on yhdistää eri materiaalien hyviä ominaisuuksia ja poistaa huonoja puolia, jolloin uudesta materiaalista tulee ominaisuuksiltaan aiempaa parempi materiaali. (Biotalous 2014.)

4.4 Komposiittien huonot puolet

Komposiittimateriaaleihin liittyy paljon haasteita, joista suurin on niiden kierrätettävyys. Pyrittäessä valmistamaan jätteestä uutta materiaalia, saatetaan päätyä pisteeseen, jossa uusi komposiittimateriaali kuormittaa ympäristöä enemmän kuin esimerkiksi jätteen poltto. Myös komposiitti jätteen mahdollinen jalostus koostuu haastavaksi ja hintavaksi ratkaisuksi. Lähes poikkeuksetta komposiittimateriaalit ovat hintavampia kuin neitseellinen materiaali. Tästä johtuen liiketoiminnan muodostaminen komposiittimateriaalien ympärille on haasteellista. Komposiittimateriaalien haastavan kierrätettävyyden vuoksi, niitä harvemmin prosessoidaan materiaaliksi, vaikka se teoriassa olisikin mahdollista. Komposiittien käyttöön tullessa päätökseensä, ne päätyvät jätelainsäädännön puitteissa joko sellaisenaan hyödynnettäväksi tai useimmiten poltettavaksi. (Matilainen & Rinnepelto 2018.)



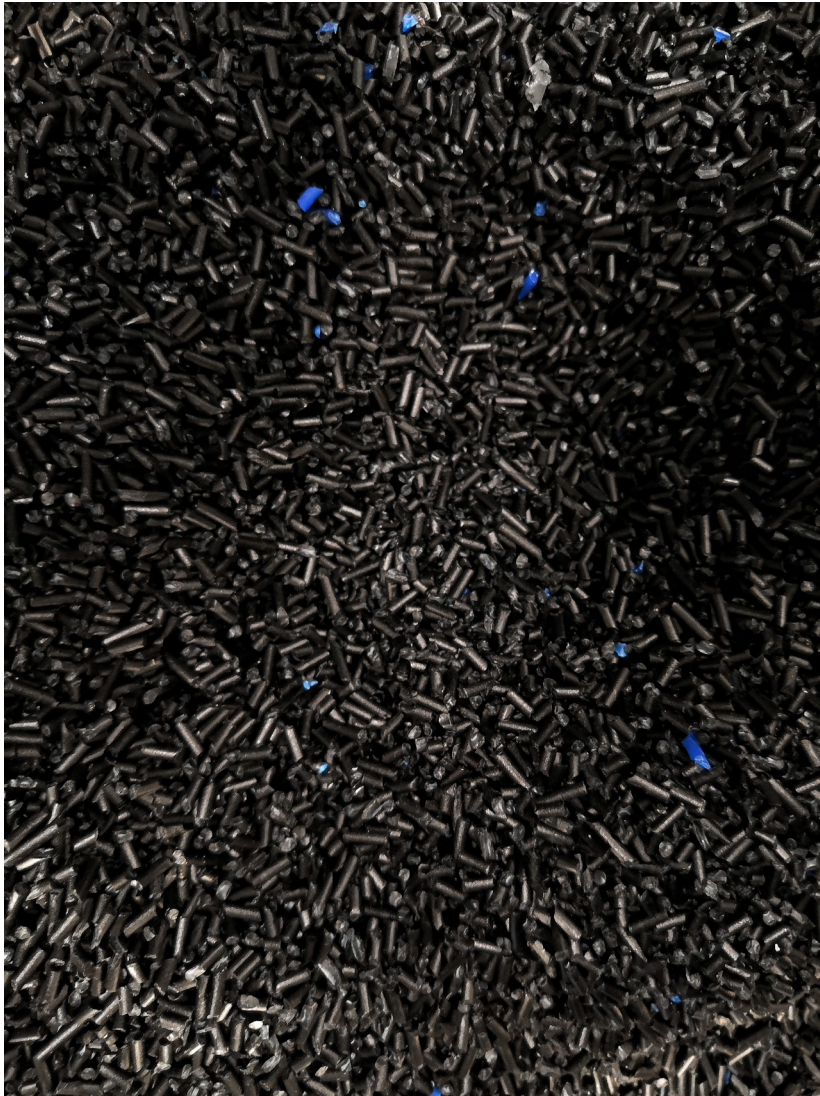
Kuva 14. Komposiittien valmistus ei ole aina vihrein valinta



Kuva 15. Sementti on yksi tunnetuimmista komposiiteista (Deluvio 2018)

4.5 Yleisiä komposiitteja

Tunnetuimpia komposiittimateriaaleja on sementti ja lasikuitu. Myös esimerkiksi puu itsessään on komposiittimateriaali, joka muodostuu selluloosakuitujen ja niitä yhdistävän ligniinin seoksesta. UPM hyödyntää ylijäämäpuuta biokomposiiteissa, joissa matriisina toimii teollisuuden ylijäämämuovi. (Biotalous 2014.)



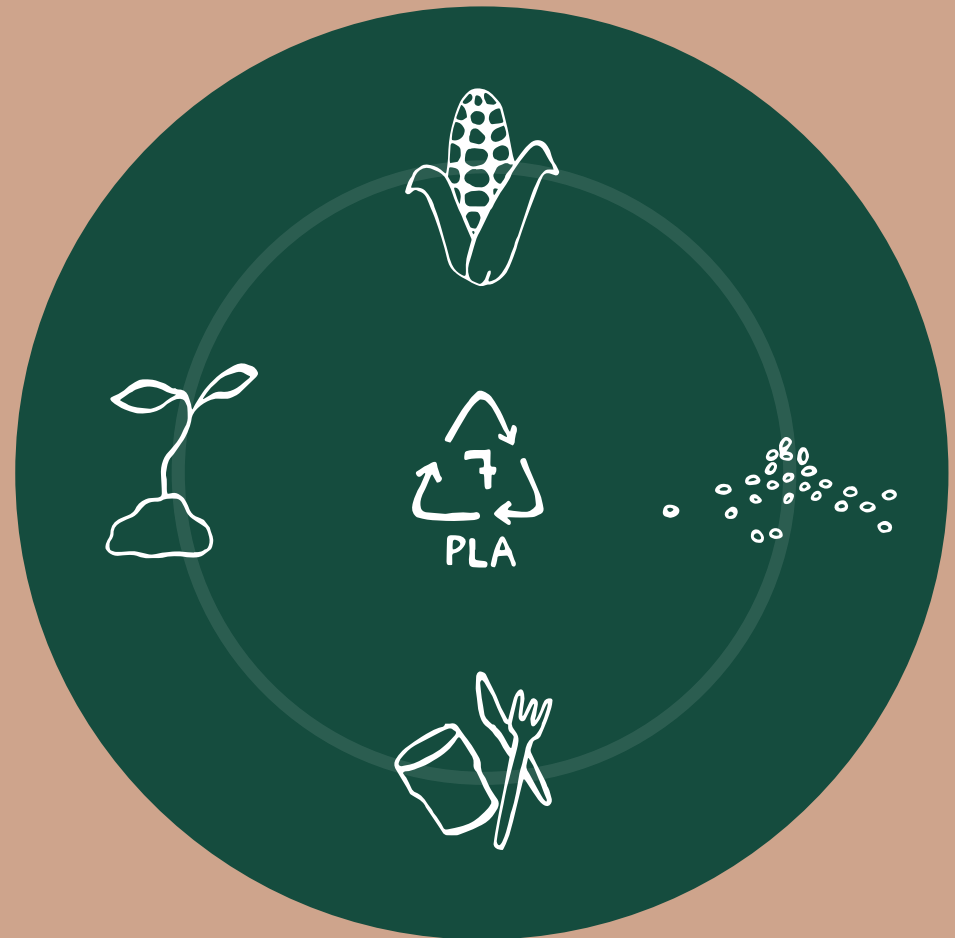
Kuva 16. Rouhittua PLA filamenttia

4.6 Muovikomposiitit

Yleisesti erilaisissa muovikomposiiteissa käytetään matriisimateriaalina polypropeenä (PP) ja polyeteeniä (PE). Nämä ovat yleisiä valtamuoveja, jotka ovat edullisia ja helppoja työstää ja niillä on suhteellisen matalat prosessointilämpötilat. Biopohjaisia vaihtoehtoja ovat bio-polyeteeni (bio-PE) ja polylaktidia (PLA). Bio-PE on niin sanottu drop-in biomuovi eli se on kemialliselta rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan täysin fossiilisista raaka-aineista valmistetun polyeteenin kaltainen. PLA on tällä hetkellä laajimmin käytössä oleva biopohjainen biohajoava muovi. (Syväne, 2020.)

4.7 Polylaktidi

Polylaktidi (PLA) on täysin kompostoituva muovi, jota valmistetaan esimerkiksi maissitärkkelyksestä saatavasta maitohaposta. Se on ominaisuuksiltaan täysin perinteisiä muoveja vastaava ja sitä voidaan työstää samoilla menetelmillä. Sen sulamislämpötila on 180 astetta mikä on alhaisempi kuin perinteisillä muoveilla. Se on sitkeää ja sillä on hyvä kulutuksen kesto. Polylaktidi ei vie uusiutumattomia luonnonvaroja, eikä lisää muoviroskan määrää sen biohajoavuuden vuoksi. (Gutierrez 2020.)

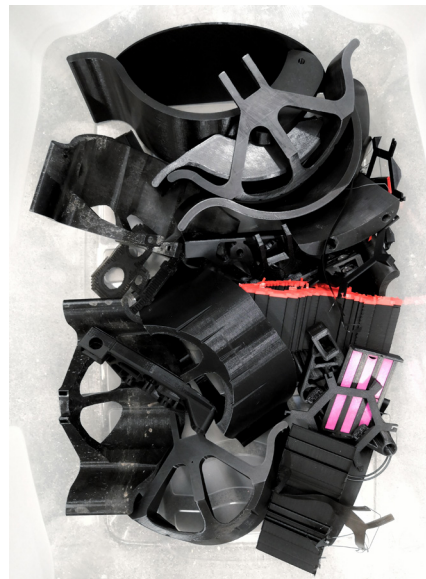


Kuva 17. Polylaktidin kiertokulku: Maissitärkkelyksestä valmistetaan PLA -granulaatteja, joista valmistettavat tuotteet kompostoituvat.

Polylaktidilla on kuitenkin myös haittapuolia. Sen maatuminen vie parhaimmillaan kolme kuukautta, mutta pahimmassa tapauksessa se voi viedä jopa satoja vuosia, jos olosuhteet eivät ole suotuisat. Moraalisena ongelmana voimme nähdä myös sen viljelyn. Maissin viljely vie tilaa elintarvikkeeksi tuotettavien kasvien viljelyltä.

Polylaktidia käytetään 3d-tulostuksessa ja pakkausmateriaalina. Päädyin hyödyntämään polylaktidia sen sata prosenttisen biohajoavuuden ja matalan sulamislämpötilan vuoksi. (Gutierrez 2020.)

Hyödynsin prosessissa 3d-tulostuksessa pilalle menneitä kappaleita ja 3d filamenttia, koska polylaktidin osalta markkinatilanne on tällä hetkellä hankala eivätkä tuottajat pysty tuottamaan sitä sellaisia määriä kuin olisi kysyntää.



Kuva 18. 3d tulostuksesta syntyneitä virhekappaleita



Kuva 19. Kappaleet laitetaan muovirouhimeen



Kuva 20. Muovirouhetta on helppoa uusiokäyttää



5. Tutkimustyö

5.1 Havainnointi

Ihminen on taipuvainen oppimaan katastrofien ja virheidensä kautta. Antroposeeni saa ihmiset tarkastelemaan planeettaamme uudesta tulokulmasta. Sitä voidaan ajatella myös ihmisen havahtumisen aikana. Käännepäivänä, jolloin ihmisten käsitys todellisuudesta muuttuu. Tietoisuus peruuttamattomista muutoksista biosfääriimme kasvaa ja tulevaisuuden suuntaa pyritään muuttamaan. Siirrytään vastuullisuuteen.

Muotoilijalla on tärkeä rooli suunnan näyttäjänä ja siksi kiinnostukseni biomateriaaleihin heräsi. Kun jostain roskaksi mielletystä asiasta saa luotua jotain vaikuttavaa ja mielenkiintoista, on mahdollista vaikuttaa ihmisten ajatteluun ja saada raskaaltakin tuntuvasta aiheesta mielenkiintoinen.

Kierrätysmateriaalien käyttö oli minulle entuudestaan tuttua ja siksi projekti tuntui luontevalta tehdä. Havainnoin aiemmin valmistettuja biomateriaaleja ja kierrätysmateriaaleja Radical Matter -kirjan kautta. Teoksessa esitellään tuotteita joita on valmistettu niin sienimateriaaleista, hiuksista, muovijätteestä kuin lehmän lannastakin. Käytin tutkimuksessa pääasiassa verkkoineistoja, joiden pohjalta tein materiaalitutkimukseni. (Franklin & Till 2019.)



Kuva 21. Hollantilaisen Krown Designin sienimateriaaleista valmistettuja kalusteita.(Krown Design 2019, 209)



Kuva 22. Iso-Britonialainen Sanne Visser on valmistanut kampaamoista saadusta hiusjätteestä materiaalia. (Visser 2019, 93)



Kuva 23. Californialainen Jorien Wiltenburg on inspiroitunut Antroposeenin aikakaudesta tehdessään kierrätysmuovista uutta materiaalia. (Wiltenburg 2019, 235)



Kuva 24. Italialainen The Museo della Merda tekee lehmän lannasta saveen kaltaista materiaalia. (Roelofs 2019, 84)



Kuva 25. Kanansiipiluita

6.1 Luiden kerääminen

Kaikki prosessissa käyttämäni luut ovat kanansiippiä myyvien ravintoloiden jätettä. Suurin osa siivistä tuli Lahden Siipiravintolan lahjoituksena. Luita kerätessä tuli vastaan ensimmäinen haaste. Lahden Siipiravintolan mukaan hygieniasyistä jätettä ei saanut säilöä yön yli. Keräsin luita vähän kerrallaan, sillä pesuprosessi oli aikaa vievää ja luita ei voinut päästää homehtumaan.



Kuva 26. Kanansiipiluita



Kuva 27. Luidenpesussa käytin juuriharjaa, pesusieniä, kuorimahanskoja ja fairya

6.2 Luiden puhdistus

Luiden puhdistukseen luonnonmukaisin tapa on laittaa ne muurahaispesään muutamaksi kuukaudeksi, jolloin muurahaiset hoitavat puhdistuksen. Tämä ei tosin projektini aikatauluun sopinut vaan käytin perinteisempää puhdistusmetodia.

Keitin ensin luita kaksi tuntia kiehuvaassa vedessä, jotta lihan jäänteet pehmenivät ja irtosivat helpommin. Irrotin lihan ja rasvan juuriharjalla, kuorintahanskoilla ja pesusienellä. Lopuksi huuhtelin pestyt luut huolellisesti. Annoin luiden kuivua ensin 24 tuntia huoneenlämmössä, jonka jälkeen kuivasin ne uunissa miedolla 60 asteen teholla kaksi tuntia. (Noidankoto, 2016.)



Kuva 28. Ennen pesua keitin luita kaksi tuntia

6.3 Luiden murskaus

Murskasin luut tehosekottimessa ja käsin vasaralla hakaten pieneksi murskaksi helpottamaan niiden jatkokyöstöä.



Kuva 29. Murskattuja kananluita



Kuva 30. Murskasin luita tehosekottimessa



Kuva 31. Murskattuja kananluita



Kuva 32. Laitoin kattilaan luita ja vettä



Kuva 33. Luille ei tapahtunut merkittävää muutosta



Kuva 34. Seoksesta ei tullut kiinteää materiaalia

6.4 Ensimmäinen materiaalitestit ja tulosten analysointi

Ensimmäisessä materiaalitestissä testasin luun uusiokäyttömahdollisuuksia ilman lisättyä matriisia. Keitin luumurskaa kuusi tuntia, mutta seokselle ei tapahtunut merkittäviä muutoksia. Laitoin seoksen muottiin ja annoin jähmettyä kaksi vuorokautta, mutta ainesosat eivät sitoutuneet toisiinsa. Rasvainen luuydin siis hylki kuoriluuta. Tämän pohjalta päädyin poistamaan luuytimen.



Kuva 35. Hiiltyneitä luita

6.5 Luuytimen poisto

Luuytimen poistoon potentiaalisia menetelmiä on laimeassa suolahapossa liuottaminen tai luuytimen poltto. Päädyin näistä polttoon, sillä se on kaikkein luonnonmukaisin menetelmä, eikä tuo komposiittiin lisäaineita, jotka voisivat hankaloittaa materiaalin kierrätystä. (Gunorubon & Misel 2014.)

Luuposliinin valmistuksessa murskattuja luita poltetaan yli 1000 asteen lämmössä (Krafft 2018). Päätin soveltaa tätä menetelmää ja polttaa luumurskaa keramiikkauunissa 600 asteessa 20 minuutin ajan. Operaatio ei kuitenkaan sujunut aivan suunnitelmien mukaan. Luuytimen palaessa muodostunut savu esti patojen nostamisen pois uunista ja aiheutti palohälytyksen. Luut piti jättää kolmeksi päiväksi sammutettuun uuniin, jonka vuoksi myös osa kuoriluusta hiiltyi.



Kuva 36. Opinnäytetyö työllisti paikallista palokuntaa



Kuva 37. Kotitalousuunissakaan luuytimen poltto ei suoriutunut mutkitta (Iltaanen 2020)



Kuva 38. Kotitalousuunissa ei kannata polttaa luita, sillä se jättää asuntoon kalman hajun (Iltanen 2020)

Toisen erän poltin kotitalousuunissa. Laitoin murskan 30 minuutiksi uuniin 215 asteeseen. Tällä menetelmällä luuydin hiiltyi, mutta kuoriluu säilyi ehjänä.



Kuva 39. Luut jäähtymässä polton jälkeen (Iltanen 2020)



Kuva 40. Kotitalousuunilla saavutin tavoittelemani lopputuloksen (Iltanen 2020)



Kuva 41. Jauhoin poltetut luut tehosekottimessa (Iltanen 2020)

6.6 Luiden jatkokäsittely

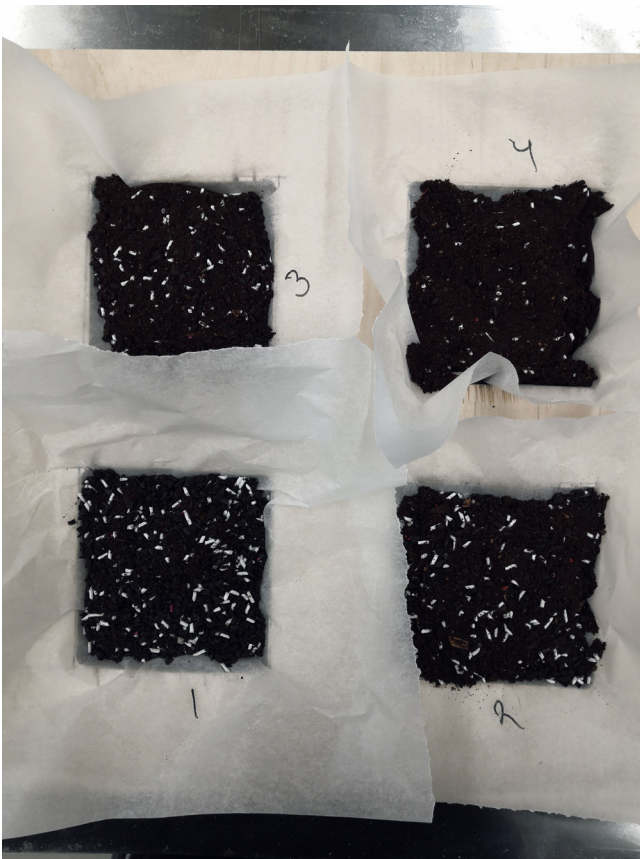
Jauhemaisessa muodossa luut on helpompi saada muovin sekaan kuin isompina palasina, joten jauhoin luut ensin tehosekottimessa ja sitten kahvimyllyssä vielä hienommaksi jauheeksi.



Kuva 42. Tehosekottimen jälkeen jauhoin luut kahvimyllyssä hienoksi jauheeksi



Kuva 43. Polyaktidin ja luujauheen sekoitus



Kuva 44. Tein yhteensä 12 komposiittivariaatiota

6.7 Komposiitin valmistus

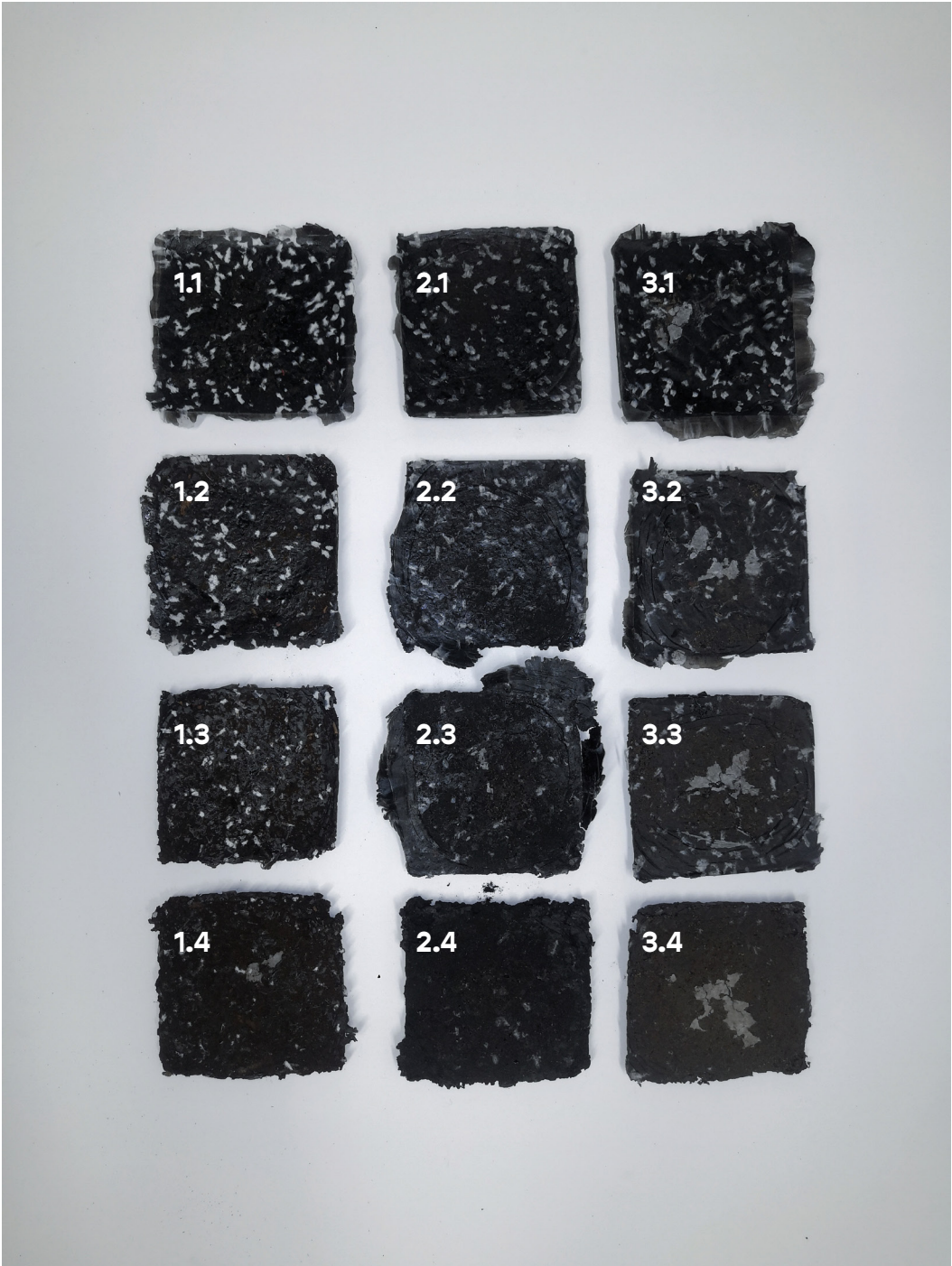
Testasin luujauheen soveltuvuutta komposiitin sidosaineena erilaisilla suhteilla muovin kanssa. Matriisina käytin polylaktidia (PLA), joka on biomuovi. Tein 9 mm paksuisesta vanerista muotit, jotka vuorasin leivinpaperilla. Käytin neljää eri muovin ja luujauheen suhdetta, jotka näkyy seuraavalla sivulla taulukossa 1. Lisäksi käytin kolmea eri jauheseosta: 1. polttoerän jauhe, 2. polttoerän jauhe ja näiden kahden 50-50% seosta. Sekotin seokset käsin ja kaadoin muotteihin, jotka laitoin hydraulipuristimeen 200 asteeseen kuudeksi minuutiksi. Tämän jälkeen laitoin levyt muutamaksi minuutiksi tasopuristimeen välttääkseni levyjen taipumisen. Tein 100mmx100mmx9mm kokoisia testipaloja yhteensä 12 erilaista. Tein myös vertailukohteeksi puhtaan 100% PLA -kappaleen.



Kuva 45. Laitoin seoksilla täytetyn muotin hydraulipuristimeen

		LUU	PLA
1 = 215 C poltettu	1.1	25%	75%
	1.2	40%	60%
	1.3	50%	50%
	1.4	70%	30%
2 = 600 C poltettu	2.1	25%	75%
	2.2	40%	60%
	2.3	50%	50%
	2.4	70%	30%
3 = 50/50% sekotus	3.1	25%	75%
	3.2	40%	60%
	3.3	50%	50%
	3.4	70%	30%
	4	0%	100%

Taulukko 1. Luujauheen ja PLA:n sekoitussuhteet



Kuva 46. Valmiit komposiittipalat



Kuva 47. Lujuustesti



Kuva 48. Lujuustesti

6.8 Ominaisuuksien tutkinta

Yleisiä komposiittimateriaalin ominaisuuksien tutkimusmenetelmiä ovat dynaaminen väsytystest, kovuusmittaus, lujuustutkimus ja palamisen tutkimus (Materiakeskus 2020a).

Tein kotiolosuhteisiin soveltuvat tutkimusmenetelmät, joilla pyrin tutkimaan mahdollisimman laajasti materiaalin kestävyyttä ja lujuutta, koska nämä ominaisuudet ovat kalusteissa käytettävässä materiaalissa tärkeitä. (Materiakeskus 2020b.)

Ensimmäisessä testissä tutkin komposiittien lujuutta rasisuskokeella. Kokeella mittasin pysyvän kuormituksen kestoa. Porasin testikappaleihin kaksi reikää. Toisesta reiästä laitoin kappaleen roikkumaan katosta ja toiseen laitoin punnuksia. Sijoitin reiät 30mm päähän reunasta. Käytin 2, 2,5 ja 3 kilon punnuksia, joita lisäsin yksi kerrallaan. Punnuksen lisättyäni odotin 30 sekunttia ennen seuraavan punnuksen lisäystä. Tutkimuksessa kappale 1.4 murtui 26 kilogramman kohdalla, 3.4 28 kilogramman kohdalla, 2.4 31 kilogramman kohdalla ja muut kappaleet säilyivät ehjinä.

Taulukko 2. Lujuustesti 1: Reiät 30mm päässä reunasta

[illegible]

Taulukko 3. Lujuustesti 2: Reiät 10mm päässä reunasta

	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22	24	26	28	31
1.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.3	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
2.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2.2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2.3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Taulukko 4. Kovuustesti

	aika 1	aika 2	aika 3	k.a.	tulos
1.1	24s	26s	27s	26s	6
1.2	28s	27s	28s	28s	4
2.1	31s	34s	31s	32s	3
2.2	40s	37s	36s	38s	1
3.1	28s	26s	27s	27s	5
3.2	37s	34s	37s	36s	2
4	24s	24s	23s	24s	7

Tein uudet reiät 10mm päästä reunasta ja tein saman kokeen. Testikappaleet kestivät yllättävän hyvin tämänkin. Kappale 1.3 murtui 22 kilogramman kohdalla, 3.3 26 kilogramman kohdalla ja muut kappaleet säilyivät ehjinä.

Seuraavassa testissä tutkin komposiittien pistemäistä keskvävyttä, jota tarvitaan kantavissa rakenteissa kuten istuimen jalassa. Tiputin kiinnitetyn painon 50 senttimetrin päästä roikkumakorkeudesta. Aloitin 2,5 kilogramman punnuksella, johon lisäsin aina 2,5 kilogrammaa. Ehdin testata vain kappaleen 2.3 kunnes ketju katkesi.

Viimeisenä testasin kappaleiden kovuutta, eli kykyä vastustaa muodonmuutosta, kuten leikkaamista ja naarmuuntumista. Toteutin testin poraamalla kappaleisiin reikiä ja ottamalla siitä aikaa. Tein kolme reikää jokaiseen kappaleeseen saadakseni mahdollisimman luotettavan tuloksen. Testin perusteella kovin materiaali oli kappale 2.2. Puhdas polylaktidi sijoittui viimeiseksi. (Materiakeskus 2020c.)

6.9 Tulosten analysointi

Testit ovat suuntaa antavia, sillä tein ne intuitiivisesti kotiympäristössä. Verrattaessa pelkkään polylaktidiin, luujauhe tekee materiaalista kestävämmän. Luujauhetta täytyy kuitenkin olla komposiitissa alle puolet saavuttaakseen parhaat ominaisuutensa. Toisin kuin odotin, materiaalitestien perusteella 600 asteessa poltetuista luista valmistettu komposiitti oli kestävin.

Lujuustestin pohjalta pääteltynä kappaleet 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2 ja 4 soveltuvat parhaiten kalustemateriaaliksi. Kovuustestin pohjalta paras seossuhde oli 60% polylaktidia ja 40% luujauhetta (kappale 2.2). Luujauheista 600 asteessa poltetu jauhe oli paras ja luonnollisesti 50-50% suhteella sekoitettu jauhe toiseksi paras. Puhdas polylaktidi ei pärjännyt komposiiteille, joissa on yli 50% luujauhetta.



Kuva 49. Kappale 2.2 pärjäsi parhaiten testeissä



Kuva 50. Komposiittiseos valmiina hydraulipuristimeen

6.10 Lopullisen materiaalin valmistus

Kun ainekset sekoitetaan käsin, on seoksesta haastavaa saada tasalaatuista tehtäessä isompia kappaleita. Välttääkseni jauhoisen pinnan ja 600 asteessa polttamisen energiankulutuksen, päädyin käyttämään seosta, jonka suhde oli 30% luujauhoa (50-50% suhteella sekoitettuna) ja 70% polylaktidia.

Käyttämäni hydraulipuristimeen mahtui maksimissaan 500mm x 500mm levy. Jätin muotin reunalle hieman tyhjää joten levyn koosta tuli 400mm x 400mm.

Seosta meni 10 neliösenttimetrin alueelle samanpaksuisessa muotissa 100 grammaa. Lopullinen muotti oli 40 neliösenttimetrin kokoinen, joten siihen tarvittiin materiaalia 16 x 100 grammaa eli 1600 grammaa. 30-70% suhteella se tarkoittaa 480 grammaa luujauhetta ja 1120 grammaa polylaktidi rouhetta.

Tein yhteensä viisi kokonaista levyä ja yhden puolikkaan.

Materiaalin valmistusprosessi



1. Luiden keräys ravintolasta
2. Luiden puhdistus
3. Luiden kuivaus
4. Luiden murskaus
5. Luuytimen poltto
6. Luiden jauhaminen
7. Lujitteen ja matriisin sekoittaminen
8. Komposiitti hydraulipuristimeen



7. Tuotekehitysprosessi



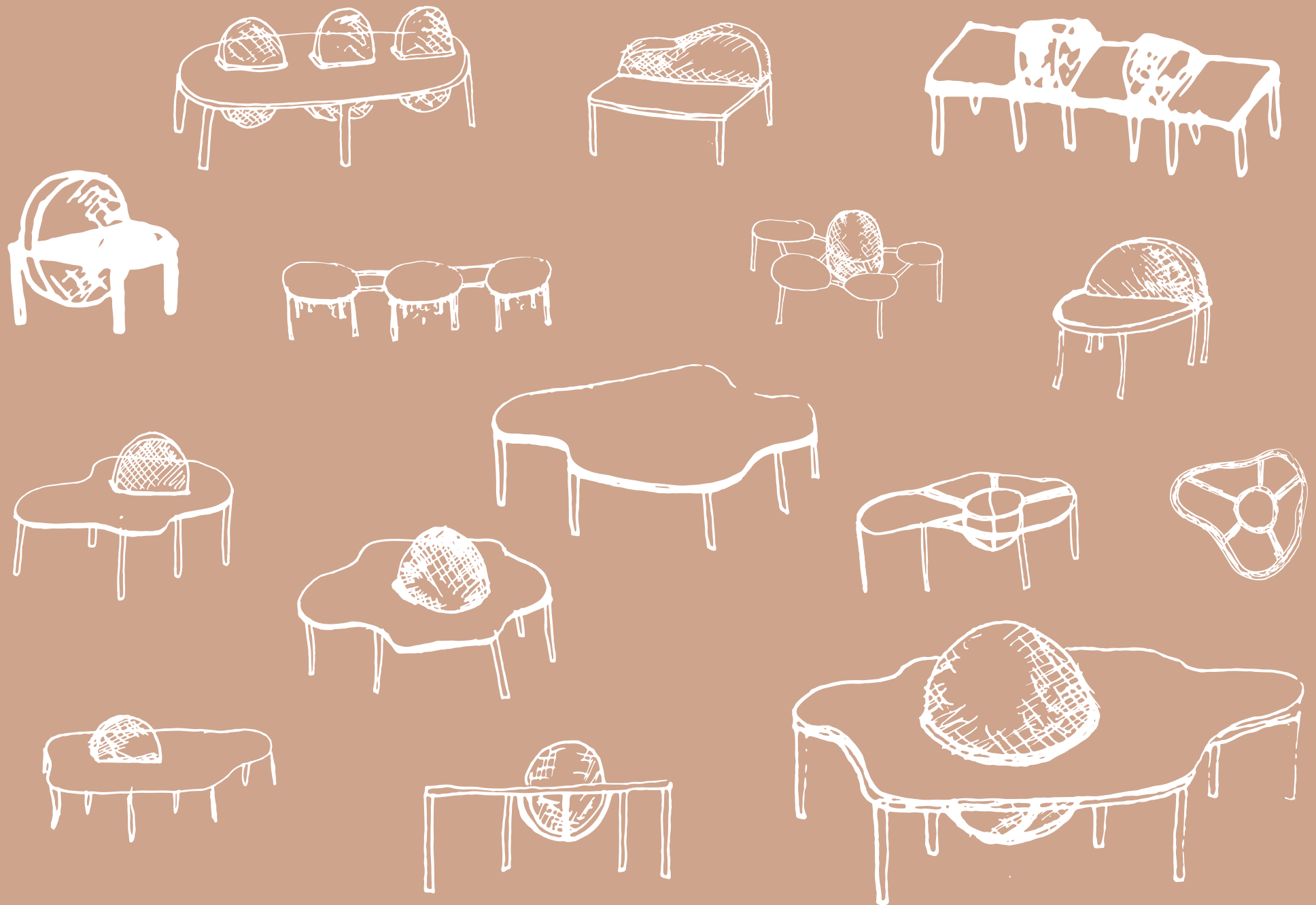
Kuva 52. Valmis komposiittilevy

7.1 Lähtökohdat ja tavoitteet

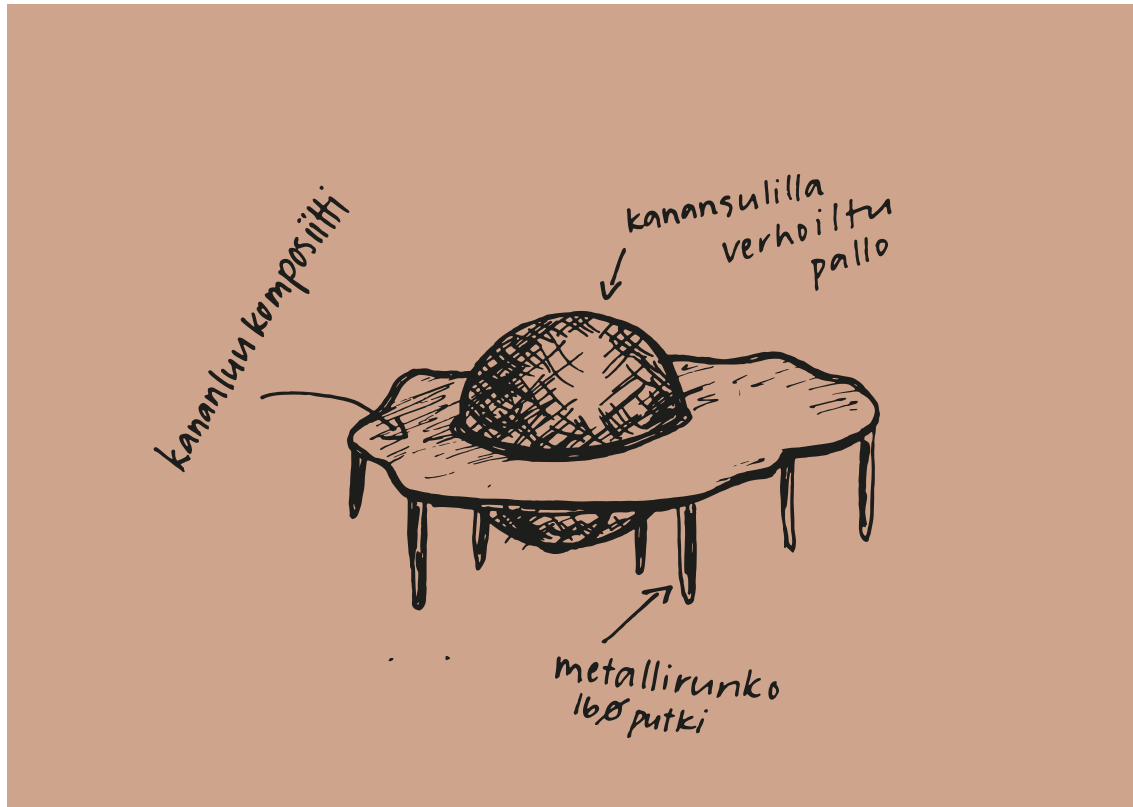
Aloitin tuotesuunnittelun vasta saatuani valmiin materiaalin. Valmistuneen materiaalin ominaisuuksien pohjalta tutkin mihin käyttötarkoitukseen se soveltuisi parhaiten.

Prosessin alussa listaamani edellytykset hyvälle kalustemateriaalille olivat kestävyys, pitkäikäisyys, helppo työstettävyys ja kierrätettävyys. Materiaalin pitkäikäisyyttä ei vielä pysty arvioimaan, mutta muut edellytykset komposiitti täytti. Levymateriaalina komposiitti soveltuu kaikkiin tasopintaa vaativiin tuotteisiin. Yhdeksän millimetrin paksuisena levynä materiaali ei sovellu pistemäistä rasitusta vaativiin tukirakenteisiin, joten päätin käyttää sitä istuinpinnan materiaalissa.

Koko tutkimus pohjautuu The Royal Society -lehden artikkeliin voisiko broilerit symboloida biosfäärimme muutosta ja toimia antroposeenin stratigrafisena merkinä, siksi halusin valmistaa uniikin kalusteen, joka ottaa kantaa ihmisen toiminnan aiheuttamiin muutoksiin biosfäärissämme. (Bennett, Thomas, Williams, Zalasiewicz, Edgeworth, Miller, Coles, Foster, Burton & Marume 2018.) Halusin tuotteen olevan huomiota herättävä ja mielenkiintoinen, jotta se herättäisi ihmisten kiinnostuksen ja lisäisi tietoisuutta aiheuttamistamme stratosfäärisistä muutoksista planeetallamme. Koska komposiittimateriaalista itsestään ei pysty päättelemään sen olevan peräisin kanasta, halusin muotokielen viestiä sen alkuperästä.



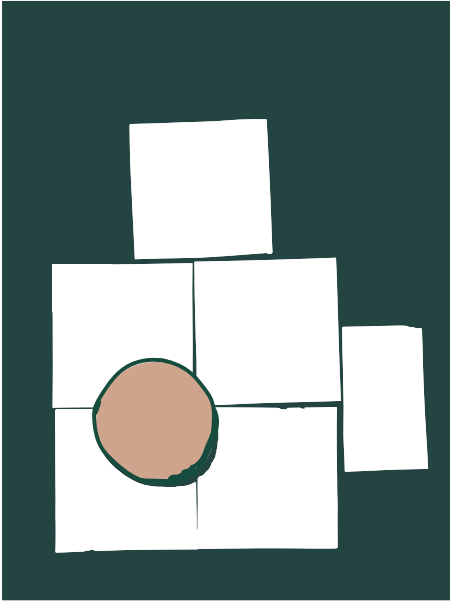
Kuva 53. Luonnoksia



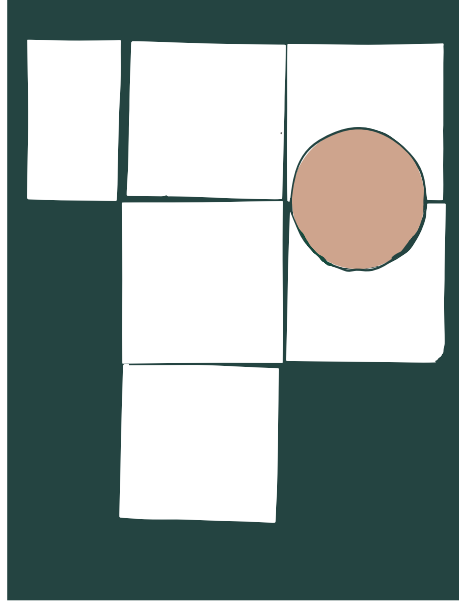
Kuva 54. Luonnos toteutettavasta tuotteesta

7.2 Luonnokset ja suunnitteluprosessi

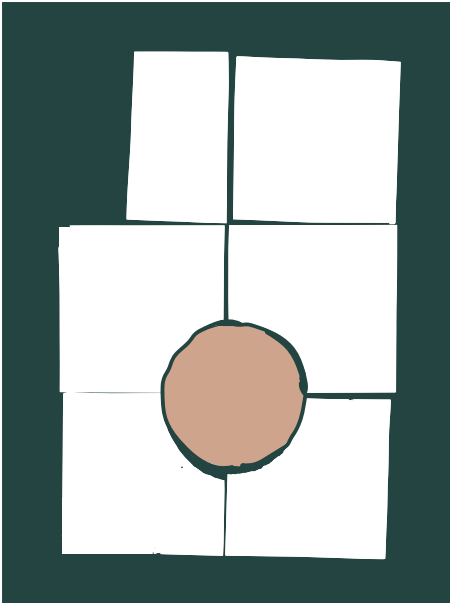
Sain inspiraation tuotteen muotokieleen paistetusta kananmunasta, joka pannulla paistettaessa leviää orgaaniseksi muodoksi. Orgaaninen muoto viestii myös biosfräärimme jatkuvasta muokkaantumisesta ja mukautumisesta toimintaamme ja tarpeisiimme. Levyt halusin yhdistää yhdeksi isommaksi levyksi palapelin omaisesti, jotta istuinpinnasta saa mahdollisimman näyttävän ja huomiota herättävän. Suunnittelussa huomioin materiaalien kierrätettävyyden siten, että osat saa halutessaan irti toisistaan ja ne voidaan kierrättää.



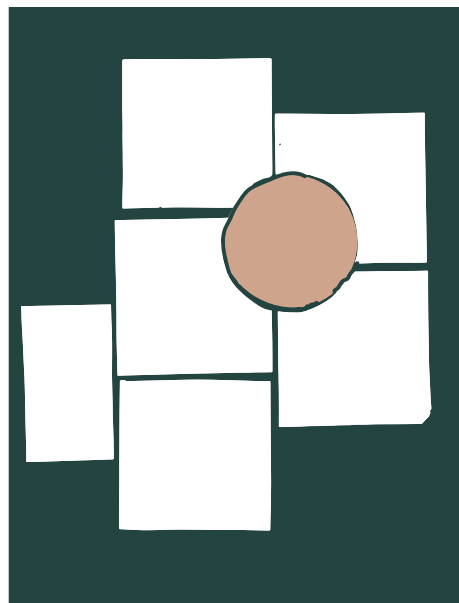
Kuva 55.



Kuva 56.

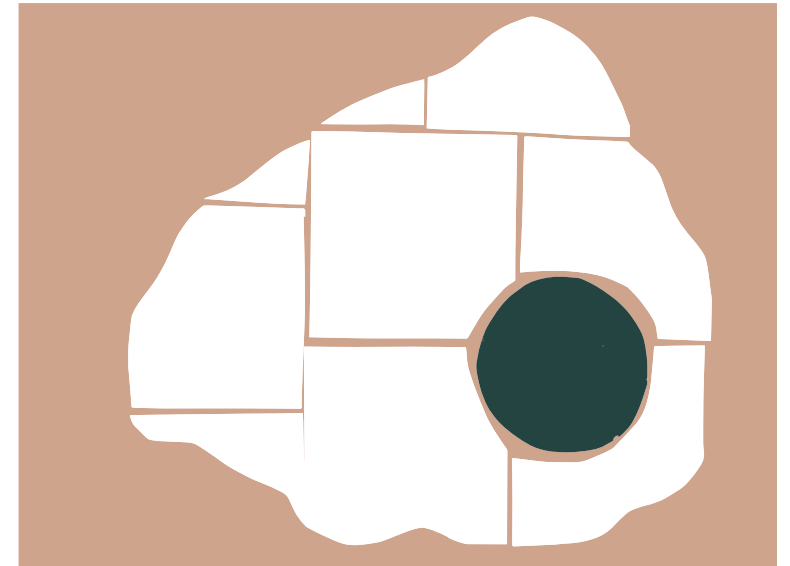


Kuva 57.



Kuva 58.

Levyjen asettelun suunnittelua



Kuva 59. Komposiittilevyjen asettelu tuotteeseen



Kuva 60.



Kuva 61.



Kuva 62.



Kuva 63.

Tuote sai muotonsa paistinpannulle
orgaanisesti levittyvystä kananmunasta.



Kuva 64. Lopullisen tuotteen muoto

7.3 Muut käytetyt materiaalit

Kantavat rakenteet suunnittelin valmistettavan metalliputkesta sen kestävyys vuoksi. Halusin tuoda tuotteen keskelle huomiopisteen pehmeästä materiaalista, luomaan kontrastia kovalle ja tummalle pinnalle.



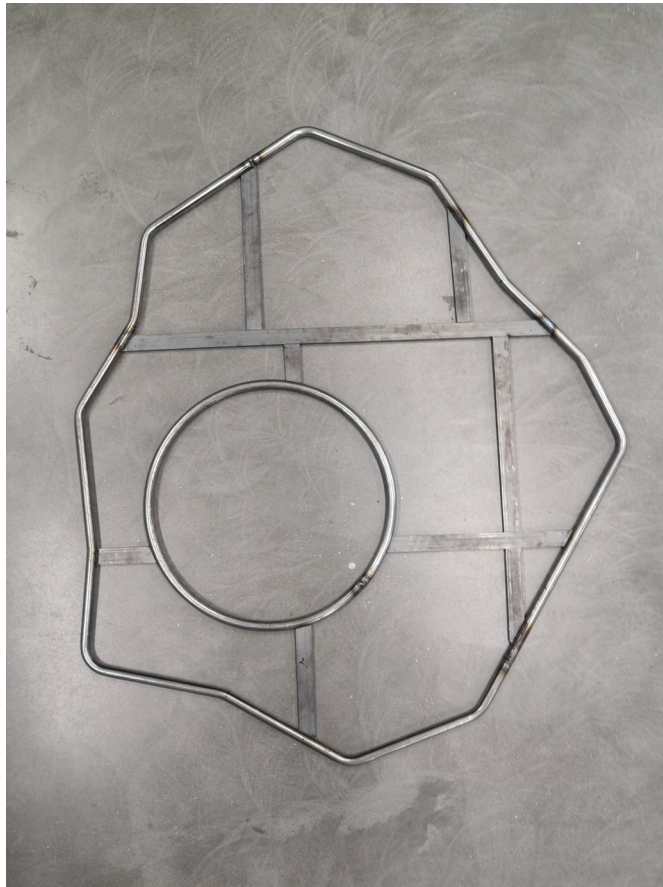
Kuva 65. Höyhenet ovat Ellun kanat ja munat -sukutilalta

8.1 Komposiitin käsittely

Sulatusvaiheessa levyjen pinnoille jäi paljon leivinpaperia, joka imeytyi osittain levyn sisään. Puhdistin levyt leivinpaperista ja siistin pahimpia käyristymiä puhdistuslaikalla. Levyistä ei tullut täydellisen suoria ja niitä oli vaikea saada siististi jälkikäteen korjattua, joten päätin korostaa pintojen epätasaisuutta tekemällä pintatekstuuria puhdistuslaikalla. Lopuksi kävin kuumailmapuhaltimella levyt läpi, jotta pinnasta tuli kiiltävä ja viimeistelty.



Kuva 66. Käsittelin levyt puhdistuslaikalla



Kuva 67. Metallirungon valmistusprosessi



Kuva 68. Jauhemaalasin rungon mustaksi

8.2 Rungon valmistus

Valmistin rungon 19mm teräsputkesta ja lattaraudasta, jotta se olisi mahdollisimman tukeva. Keskelle taivutin kaaren, johon pehmusteen sai asetettua ilman pysyviä liitoksia.

8.3 Selkänojan valmistus

Valmistin istuimen selkänojan 30 kilogrammaisesta vaahtomuovista mattopuukolla veistäen. Laitoin väliin 1,5 senttimetrin paksuisen vanukerroksen ja verhoilin pinnan samettikankaalla. Samettipinnan päälle huovutin kanan sulkia kauttaaltaan. Sulat sain Salolaiselta Ellun Kanat ja Munat -sukutilalta, jossa ne on kerätty eettisesti eläviä eläimiä vahingoittamatta. Sulat on lämpödesinfioitu tilalla.



Kuva 69. Vaahtomuovista veistetty pallo



Kuva 70. Verhoilu



Kuva 71. Verhoiltu pallo



Kuva 72. Huovutin kanansulkia pallon päälle



Kuva 73. Sulat loivat kauniin tekstuuriin

8.4 Komposiitin soveltuminen tuotteeseen

Sahasin palapelin omaisesti levyt istuinpinnaksi. Komposiitti soveltui hyvin levymateriaaliksi ja sitä on helppo työstää.



Kuva 74.



Kuva 75.

8.5 Valmis tuote

SUNNY SIDE UP 'N' DOWN





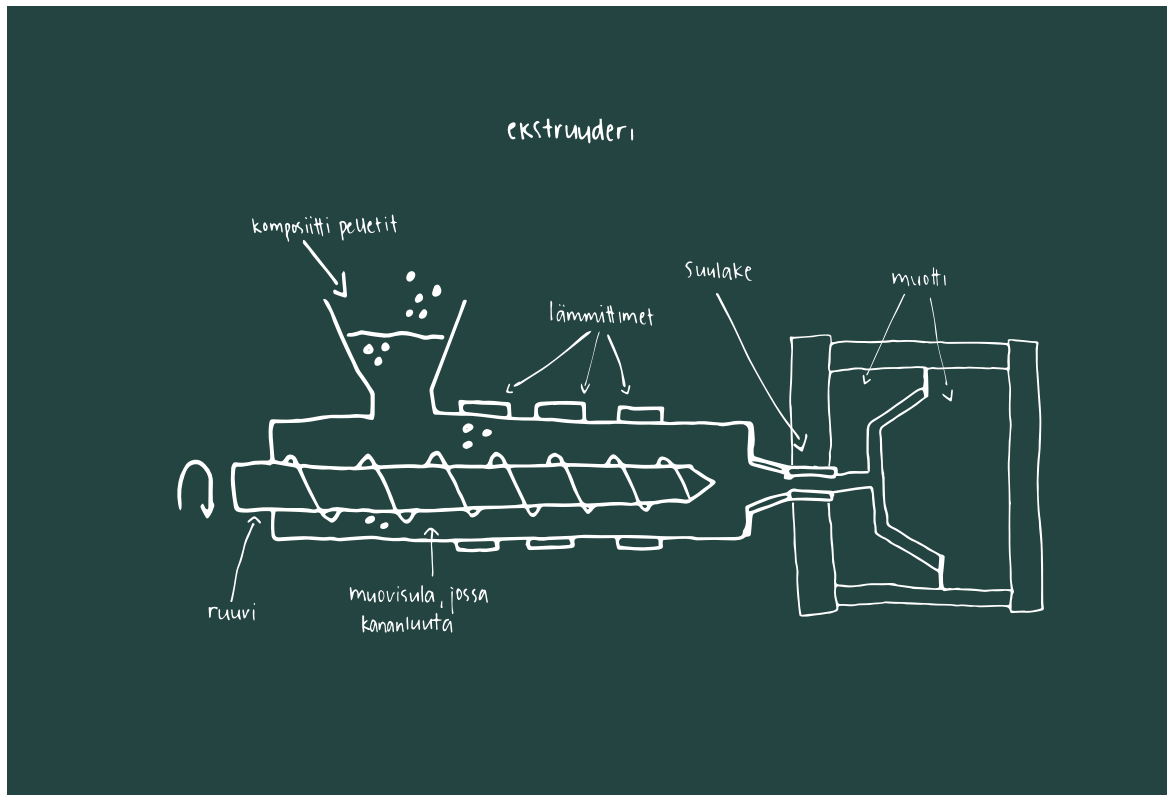
Kuva 77.



Kuva 78.

A stylized, light teal outline of the map of Finland is positioned on the left side of the slide, partially overlapping the title text.

9. Jatkokehitys



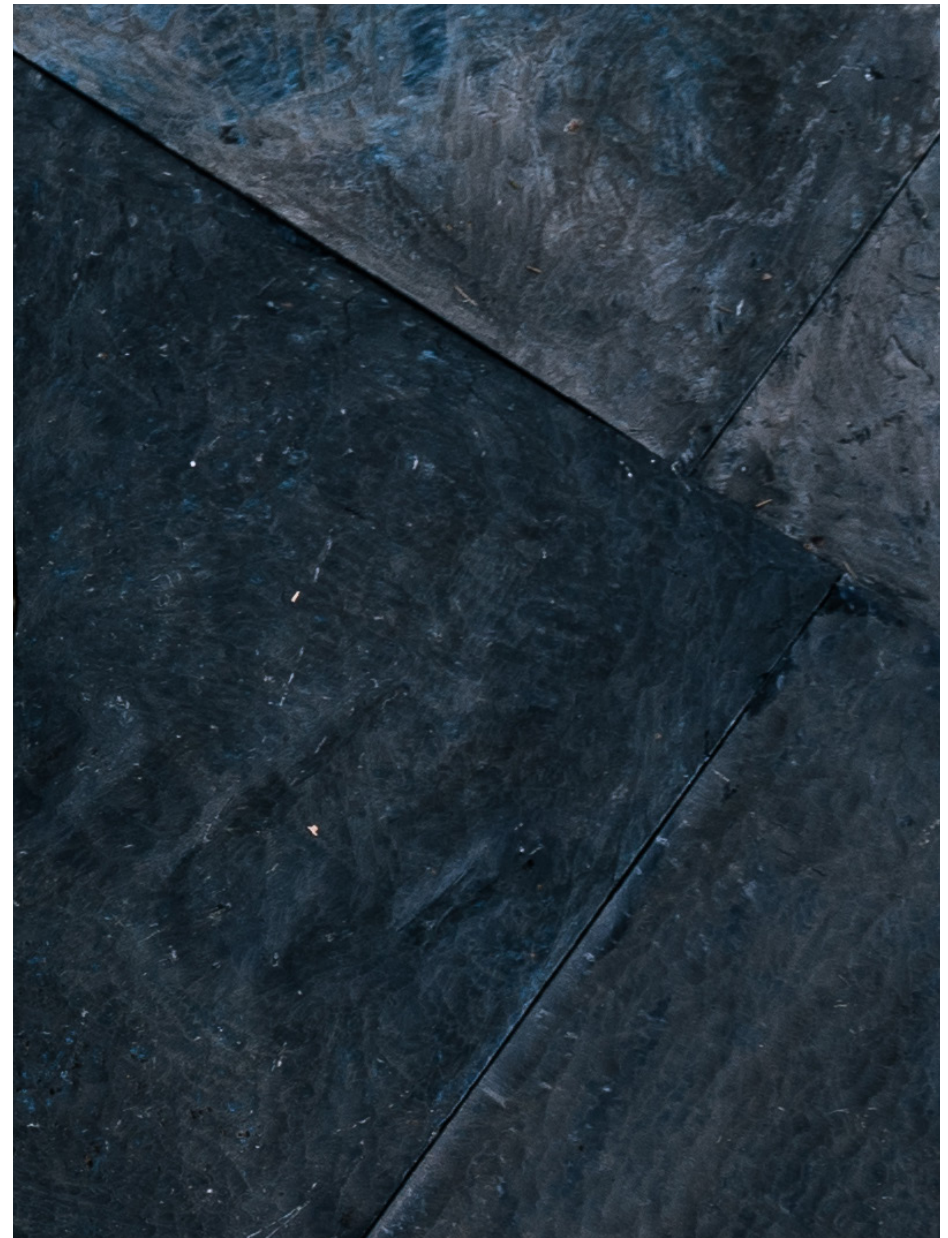
Kuva 79. Ekstruuderin toimintaperiaate

9.3 Tasalaatuisuuden kehittäminen

Valmistettaessa isompia määriä komposiittia, ei tasapuristus ole paras vaihtoehto, sillä se on hidasta ja sisältää paljon käsityötä. Vaihtoehtoisia komposiitin valmistusmenetelmiä olisi esimerkiksi ekstruusio eli suulakepuristus. Materiaalista saadaan tasalaatuisempaa, kun se ainesosien sekoituksen jälkeen laitetaan ekstruuderin läpi. Ekstruuderin sulattaa materiaalin ruuvin ja lämmön avulla. (Muoviteollisuus Ry 2020.) Tällöin materiaali ei jätä jauhoista pintaa ja luujauhon prosentuaalista osuutta komposiitissa voidaan kasvattaa. Ekstruusiolla voi valmistaa esimerkiksi putkia, tankoja, levyjä ja profiileita. Tällä menetelmällä saisi kalusteen tukirakenteet samasta materiaalista.

10.1 Materiaalin käyttökelpoisuus

Materiaalista tuli toimiva kalusteen valmistukseen ja sitä on helppo työstää. Myös sen ominaisuudet puhtaaseen polylaktidiin verrattuna paranivat.



Kuva 80.

10.2 Materiaalin potentiaali tuotantoon

Komposiitin massatuotanto on mahdollista ja tuotantoketju on mahdollista toteuttaa. Ratkaisevaksi haasteeksi koituu luiden keräys ravintoloista. Se vaatisi toimivan tuotantolinjan, jossa ravintolat ja tuotantolinja olisivat tiiviissä yhteydessä. Logistiikasta syntyvät päästöt nostavat tuotteen hiilijalanjälkeä, jolloin ilmaston kannalta on järkevämpää hävittää luut suoraan ravintolassa biojätteeseen. Tuotannollista potentiaalia voisi kuitenkin olla teurasteollisuudessa syntyvästä sivutuotelinjasta. Tämä tosin vaatisi sivutuotteen jatkojalostamon, joka keskittyy vain tiettyyn tuotteeseen. Sellaista ei Suomesta tällähetkellä löydy.

10.3 Materiaalin kierrätys

Sekä polylaktidi että kananluujauho ovat biohajoavia, joten materiaali on täysin biohajoava ja maatuu pidemmän maatumisajan omaavan luun hajoamisajan mukaan.





11. Arviointi

11.1 Prosessin arviointi

Minulla ei ollut takeita prosessin onnistumisesta, sillä aiheesta olevaa tietoa oli vähän. Prosessini sujui pitkälti kokeellisesti testaten, joten väistämättä matkalla tuli pieniä haasteita. Tein tutkimuksen kriittisesti tarkasteltuna. Opin prosessissa paljon biomateriaalien valmistuksesta ja erilaisista tuotantomenetelmistä. Myös syvällisempi perehtyminen biomateriaalien ekologisuuteen avarsi tietouttani. Vaikka kananluusta ei välttämättä tulekaan tulevaisuuden materiaalia, sain silti arvokasta tietoa, jota voin hyödyntää myöhemmin muotoilijana.

11.2 Lopputuloksen arviointi

Komposiitista tuli onnistunut ja se täytti pääosin alussa tavoitellut määritelmät hyvästä kalustemateriaalista. Tutkimuksessa oli tarkoitus luoda ekologinen materiaali, jolla on hyvä energiatehokkuus ja matala hiili- ja vesijalanjälki. Tämä ei kuitenkaan prosessissa täyttynyt, sillä vaikka materiaali on biohajoava, sen valmistus aiheutti valtavasti ympäristöhaittoja ja energiankulutusta. Pahimmat päästöt syntyivät luiden prosessoinnissa ja logistiikassa. Materiaalista ei tullut kustannustehokasta ja sillä on korkea hiilijalanjälki. Komposiittia ei ole kustannus- ja energiatehokasta valmistaa tutkimuksessani käyttämistä ravintolan jäteluista, vaikka siitä voisikin saada teollisesti tuotantokelpoisen materiaalin. Luujätettä kuitenkin voisi hyödyntää teurasjätteenä syntyvästä sivutuotteesta, jos tähän tarkoitukseen erikoistunut jatkojalostamo perustettaisiin. Kuitenkin vallitseva ihmisten suhtautuminen eläinperäisiin tuotteisiin, vähäinen tutkimus aiheetta kohtaan ja elintarvikemääräykset hankaloittavat tuotannon mahdollisuutta.



Kuva 82.



Kuva 83.

11.4 Jatkokehityksen arviointi

Jatkokehitys on hyvin suunniteltu ja sen tarvetta on analysoitu kriittisesti. Vaikka materiaali ei päätyisi teollisuuteen tai jatkokehitykseen, toimii se silti hyvänä mielenkiinnonherättäjänä biomateriaaleista ja ihmisen toiminnan vaikutuksista biosfääriimme.

11.3 Lopputuotteen arviointi

Tuote toimii rakenteellisesti ja komposiitti soveltuu istuinpinnaksi. Se täyttää tavoittelemani vaatimukset huomiotaherättävyydestä ja mielenkiintoisuudesta. Tuotteen muotokieli toimii hyvänä konkreettisena tiedonvälittäjänä aikakaudestamme, antroposeenista.

LÄHTEET

1. Bennett, C., Thomas, R., Williams, M., Zalasiewicz, J., Edgeworth, M., Miller, H., Coles, B., Foster, A., Burton, E. & Marume, U. 2018. The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere. Royal Society Open Science Nro 12/2018 [viitattu 7.3.2020]. Saatavissa: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsos.180325>
2. Biotalous. 2014. Biokomposiitti kierrätetystä tarramateriaalista [viitattu: 10.4.2020]. Saatavissa: <https://www.biotalous.fi/komposiitti-upm-profi/>
3. Bledzki, A. 1999. Composites reinforced with cellulosic fibre. Progress in Polymer Science Nro 24/1999 [viitattu 9.3.2020]. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670098000185>
4. France, D. 2008. Human and Nonhuman Bone Identification: Color Atlas. Yhdistynyt kuningaskunta: CRC Press
5. Franklin, K. & Till, C. 2019. Radical Matter: Rethinking materials for a sustainable future. Lontoo: Thames & Hudson
6. Gunorubon, A. & Misel, U. 2014. Production of glues from animal bones. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Nro 9/2014 [viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: http://www.arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2014/jeas_0914_1222.pdf
7. Gutierrez, R. 2020. PLA Plastic/Material: All You Need to Know in 2020. Julkaisu [viitattu 12.3.2020]. Saatavissa: <https://all3dp.com/1/pla-plastic-material-polylactic-acid/>
8. KeraSil Oy. 2020. Keramiikkakeskus [viitattu 10.4.2020]. Saatavissa: <https://www.kerasil.fi/Materiaalit/en/Savi/Porcelain>
9. Kouki, K. 2016. Lujitemuovitekniikka eri toimialoilla. Lujitemuovituotteiden valmistus [viitattu 1.4.2020]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/384578-Lujitemuovitekniikka-eri-toimialoilla-lujitemuovituotteiden-valmistus.html>
10. Krafft, C. 2018. Form and Function. Video [viitattu: 2.4.2020]. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=PX1oVqvwwzMA&feature=emb_title
11. Kuopion Jätekeskus. 2020. Lajittelun ABC [viitattu 20.3.2020]. Saatavissa: <https://www.jatekukko.fi/lajittelun-abc/luut.html>
12. Materiakeskus. 2020a. Puu & Komposiitit [viitattu 4.3.2020]. Saatavissa: <https://www.materiakeskus.fi/tutkimuspalvelut/puu-ja-komposiitit/>
13. Materiakeskus. 2020b. Lujuustutkimus [viitattu 4.3.2020]. Saatavissa: <https://www.materiakeskus.fi/tutkimuspalvelut/metallit/tutkimukset/lujuustutkimus/>
14. Materiakeskus. 2020c. Kovuusmittaus [viitattu 4.3.2020]. Saatavissa: <https://www.materiakeskus.fi/tutkimuspalvelut/metallit/menetelmat/kovuusmittaus/>
15. Matilainen, M. & Rinnepelto, P. 2018. Komposiittien yhteiskunta. Blogi [viitattu: 10.3.2020]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/blogit/komposiittien-yhteiskunta/>
16. Muoviteollisuus Ry. 2020. Muovisanastoa [viitattu 6.3.2020]. Saatavissa: <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=5&tag=135>
17. Noidankoto. 2016. Luiden puhdistaminen. Blogi [viitattu 13.3.2020]. Saatavissa: <http://noidankoto.blogspot.com/2016/04/luiden-puhdistaminen.html>
18. Royal Society of Chemistry. 2020. Composite Materials. Opetusmateriaali [viitattu 15.3.2020]. Saatavilla: <https://www.rsc.org/Education/Teachers/Resources/Inspirational/Resources/4.3.1.pdf>
19. Ruokavirasto. 2020. Sivutuotelainsäädäntö [viitattu 10.4.2020]. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elainala/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotelainsaadanto/>
20. SEY Suomen Eläinsuojelu Ry. 2020. Kana [viitattu 2.4.2020]. Saatavissa: <http://kanatieto.sey.fi/kana>
21. Shead, S. 2020 How do animal bones decompose? [viitattu 20.3.2020]. Saatavissa: <https://www.sciencefocus.com/nature/how-do-animal-bones-decompose/>
22. Silenius, P. 2016. Materiaalit. Sogo Budo Silenius Tmi. [viitattu: 10.4.2020]. Saatavissa: <http://www.luusolmu.fi/materiaalit>
23. Suomen Broileriyhdistys Ry. 2020. Mikä broileri? [viitattu 2.4.2020]. Saatavissa: <http://suomibroileri.fi/fi/mika>
24. Syväne, J. 2020. Projektipäällikkö. Muovipoli Oy. Haastattelu 18.2.2020
25. Veistola, S. 2020. Luun Rakenne. Peda.net. Kouluverkko [viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: <https://peda.net/p/simo.veistola/7mkk/3-4-simon-t%C3%A4rpit/pk/pa/ihminen/luusto/luuston-rakenne>
26. Wanha Wiljami. 2020. Entisöinti- ja kunnostustarvikkeiden maahantuoja ja jälleenmyyjä [viitattu 10.4.2020]. Saatavissa: <https://www.wanhawiljami.fi/product/155/luuliima---helmiliima>

KUVALÄHTEET

Kuva 1: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 2: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 3: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 4: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 5: Mukailtu. Veistola, S. 2020. Luun Rakenne. Peda.net. Kouluverkko [viitattu 10.3.2020].

Saatavissa: <https://peda.net/p/simo.veistola/7mkk/3-4-simon-t%C3%A4rpit/pa/ihminen/luusto/luuston-rakenne>

Kuva 6: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 7: Mukailtu Peda.net. 2020. Luusto nimet.[viitattu 10.4.2020]. Saatavissa: <https://peda.net/forssa/perusopetus/vierem%C3%A4n-koulu/luokat/3-lk/el1/tl/kuvamappi2/kl2/luusto-nimet>

Kuva 8: Mukailtu Chicken Heaven On Earth. 2020. The Chicken skeleton [viitattu 10.4.2020].

Saatavissa: <https://www.chickenheavenonearth.com/images-and-information-about-the-chicken-skeleton-chicken-anatomy-chicken-heaven-on-earth.html>

Kuva 9: Reynaldo, J., 2020. Group of people in red and brown dress [viitattu 19.4.2020]. Saatavissa: <https://unsplash.com/photos/EpkVJehtrfk>

Kuva 10: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 11: Hamann, N. 2019. Flock of chicken inside net [viitattu 19.4.2020]. Saatavissa: <https://unsplash.com/photos/uwTVEDtKM94>

Kuva 12: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 13: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 14: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 15: Deluvia, C. 2018. Gray concrete wall and floor [viitattu 19.4.2020]. Saatavissa: https://unsplash.com/photos/sOXh_MyKP6k

Kuva 16: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 17: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 18: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 19: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 20: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 21: Krown Design. 2019. Radical Matter: Rethinking materials for a sustainable future. Lontoo: Thames & Hudson

Kuva 22: Visser, S. 2019. Radical Matter: Rethinking materials for a sustainable future. Lontoo: Thames & Hudson

Kuva 23: Wiltenburg, J. 2019. Radical Matter: Rethinking materials for a sustainable future. Lontoo: Thames & Hudson

Kuva 24: Roelofs, M. 2019. Radical Matter: Rethinking materials for a sustainable future. Lontoo: Thames & Hudson

Kuva 25: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 26: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 27: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 28: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 29: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 30: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 31: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 32: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 33: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 34: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 35: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 36: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 37: Iltanen, J. 2020.

Kuva 38: Iltanen, J. 2020.

Kuva 39: Iltanen, J. 2020.

Kuva 40: Iltanen, J. 2020.

Kuva 41: Iltanen, J. 2020

Kuva 42: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 43: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 44: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 45: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 46: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 47: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 48: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 49: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 50: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 51: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 52: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 53: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 54: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 55: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 56: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 57: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 58: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 59: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 60: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 61: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 62: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 63: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 64: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 65: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 66: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 67: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 68: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 69: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 70: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 71: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 72: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 73: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 74: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 75: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 76: Ahola, D. 2020.

Kuva 77: Ahola, D. 2020.

Kuva 78: Ahola, D. 2020.

Kuva 79: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 80: Ahola, D. 2020.

Kuva 81: Huhtinen, V. 2020.

Kuva 82: Iltanen, J. 2020.

Kuva 83: Ahola, D. 2020.

Taulukko 1: Huhtinen, V. 2020.

Taulukko 2: Huhtinen, V. 2020.

Taulukko 3: Huhtinen, V. 2020.

Taulukko 4: Huhtinen, V. 2020.

KIITOS

Kalu 16"

Äiti

Werner Huhtinen

Matti Happonen

Harri Kalliomäki

Vesa Damski

Timo Roininen

Lahden Siipiravintola

Ellun Kanat ja Munat

Päijät-Hämeen Pelastuslaitos

Studio Nolla

Leija Tupala

Daniel Ahola

Turkka Taipale

Natasha Churchill

Lotta Toivonen

