Çalgı Yapımında Çevre Dostu Biyokompozit Malzemelerin Kullanımı

Use of Eco-Friendly Biocomposite Materials in Instrument Making

Özgür Turan

Anadolu Üniversitesi Devlet Konservatuvarı Çalgı Yapım Bölümü

ozgur_turan@anadolu.edu.tr

Özet

Doğanın sunduğu en temel/geleneksel yapı malzemelerinden birisi olan ağaçlar, en yaygın yapı malzemesi olarak yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. Bugünse "yeni fil dişi" olarak anılmaya başlanan tropikal ağaç türleri başta olmak üzere tüm bir tropikal orman familyası ve faunası, hiçbir yüzyılda olmadığı kadar yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Buna koşut birçok alanda olduğu gibi ahşap malzemeye bağımlı geleneksel çalgı yapım endüstrisinin de hammadde tedarikinin gittikçe zorlaştığı görülür. Özellikle çalgı yapım alanında kaliteli/akustik ahşap malzemenin artık bulunamadığı bir ortamda alternatif olarak kompozit/biyokompozit gibi farklı malzemelerin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Diğer yandan gelişen teknolojilerle günümüzde kullanımı ivme kazanan bu malzemelerin zararlı atıkları ve geri dönüşümleri başlıca bir sorun haline gelmiştir. Bu soruna getirilen en önemli çözümlerden birisiyse biyokompozit ya da yeşil-kompozit olarak adlandırılan hammadde türleridir.

Çalgı yapım pratiklerinin yüzyıllar boyu süren ahşap geleneğine karşı, biyokompozit malzeme teknolojileri lutiyeler için henüz yeni bir üretim alanıdır. Ancak salt ahşap malzemeler için değil çalgı yapımda kullanılan kemik, deri, sedef, alüminyum, pirinç vb. gibi organik hammaddelere de alternatif olarak sunulan biyokompozitler ekolojik dengeye önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, biyokompozit malzemelerin çalgı yapımdaki kullanımı ele alınırken, bu malzemeler ile üretilen çalgılara örnekler verilmektedir. Ayrıca bu üretim süreçlerine koşut alana bir çözüm ve katkı sağlamak amacıyla "hibrit lutiyelik" kavramı önerilir ve günümüz tasarım anlayışı ve üretim teknolojilerinin, gelenekselleşen lutiyelik ve icracı alışkanlıklarıyla nasıl uyum sağlanacağı konusu açık bir soru olarak ortaya konur.

Anahtar Kelimeler: Biyokompozit, Çevre Dostu Çalgı Tasarımı, Çalgı Teknolojileri, Hibrit Lutiyelik.

Abstract

Woods, one of nature's most basic/traditional building materials, have been used for centuries as the most common building material. Today, the entire tropical forest family and fauna, especially the tropical tree species referred to as the "new ivory tusk," are in danger of extinction like never before. Parallel to this, as in many other fields, it is seen that the supply of raw materials for the traditional instrument-making industry, which is dependent on wood material, is becoming more and more difficult. Especially in the field of instrument making, in an environment where quality/acoustic wood material is no longer available, the use of different materials such as composite/biocomposite is becoming increasingly common. Harmful waste and recycling of composite materials, which has gained momentum with the developing technologies, has become a significant problem. One of the most important solutions to this problem is the material types called biocomposite or green composite.

Against the centuries-old wood tradition of instrument-making practices, biocomposite material technologies are still a new production area for luthiers. However, not only wood materials but also bone, leather, mother-of-pearl, aluminum, brass, etc., are used in instrument

making. Biocomposites offered as an alternative to organic raw materials contribute to the ecological balance. In this study, while the use of biocomposite materials in instrument making is discussed, examples of instruments produced with these materials are given. In addition, to provide a solution and contribution, the concept of "hybrid luthier" is proposed, and the issue of how today's design understanding and production technologies will be compatible with traditional luthier and performer habits is put forward as an open question.

Keywords: *Biocomposite, Eco-Friendly Instrument Design, New Instrument Technologies, Hybrid Luthier.*

GİRİŞ

Ses, dönemler boyunca fizyolojik, coğrafi, iklimsel, inançsal, ekonomik, sosyoloji, teknolojik vb. koşulların getirdiği kültür, yaşam ve estetik pratiklerine göre şekillenirken zanaatsal, tasarımsal ve sanatsal bir malzeme olarak karşımıza çıkar. Müzikse kendi edimsel sürecinde evirilirken buna koşut çalgılarıyla var olur, şekillenir ve değişir. Yüzyıllardır farklı ses ve tını arayışında olan lutiyelerin, sanatçıların ve icracıların, ses ile olan deneyimlerinin büyük bir kısmının farklı malzeme ve bilimsel deneylerle pekiştiği görülür. Bugün gelenekselleşen pratikler, dünün deneysel/yenilikçi eğilimlerinin bir sonucudur.

Özellikle 18. yüzyılın ikinci yarısından sonra başlayan ve her dönem bir yenisinin eklendiği Sanayi Devrimleri ile yeni teknolojilerin ve üretimlerin hızlandığını ve bunun bir yansıması olarak müzik ve çalgı teknolojilerinin de etkilendiğini görebiliriz. Örneğin buhar makineleri, hem buhar gücü ile çalışan çalgı fikirlerini körüklemiş hem de bakırın daha rahat ulaşılabilir bir madene dönüşmesiyle farklı alaşım ve mekanik prensiplerle/valflerle çalışan çalgıların gelişmesine katkı sağlamıştır. 19. yüzyılın müzik ve çalgı teknolojileri daha da ivme kazanarak; elektrik enerjisinin sese dönüşümünü sağlayan yepyeni icatlar/çalgılar ile artırılmış ses ve tını olanaklarının sağlanmasına vesile olur. 20. yüzyılın en önemli teknolojik devrimlerinden birisi olan mikroçipin icadı ise diğer tüm alanlarda olduğu gibi ses ve müzik teknolojilerini de temelden etkilemiş ve çalgı pratikleri yeni bir boyut kazanmıştır. 21.yüzyıla gelindiğinde ise yeni dijital sistemlerle birlikte üretim pratikleri kökünden değişmiştir. Tasarım ve üretim pratikleri ahşap tezgahlardan bilgisayar ekranlarına kadar taşınırken, mekatronik ve robotik sistemler üretimin her aşamasına girmiş, “dijital lutiyelik” ve “dijital organoloji (Magnusson; 2017; 286)” gibi yeni alanları ortaya çıkmıştır.

Diğer yandan içinde bulunduğumuz yüzyılın koşulları ise bizi var olan kaynakların daha verimli ve tutumlu kullanılabileceği yaşam ve üretim pratiklerini zorunlu hale getirmiştir. Artık üretimin sorun olmadığı ancak hammadde tedarikinin daha önemli hale geldiği bir dönemde yenilenebilir ve çevre dostu üretim anlayışlarının en küçük üreticiden en büyük sanayi organlarına kadar benimsenmesi gerekmektedir. Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin artık yeni pazar ve hızlı üretim anlayışından çok, dönüştürülebilir alternatif hammadde ve enerji kaynaklarını kullanmaya yönelik çözümler aradığı görülmektedir. En temel çözümse kaynakların dengeli kullanımından geçmektedir.

Bu bağlamda 21.yüzyılın en önemli üretim teknolojilerinden birisi ise katmanlı (eklemeli) üretim yani 3 boyutlu baskı teknolojileri olarak gösterilmektedir. Başlangıçta çok dikkat çekmeyen 3 boyutlu baskı teknolojileri kompozit, biyokompozit hammaddeler konusunda yeni olanaklar sunmasıyla birlikte bugün otomotiv, uçak, uzay teknolojileri, savunma sanayi, gemicilik, evler, tıp vb. gibi sayısız alanda kullanılmaktadır. Katmanlı imalat teknolojilerinin en önemli özelliği ise malzeme ve enerji tasarrufu açısından oldukça verimli olmalarıdır. Ayrıca modelleme açısından yepyeni tasarım olanakları sunmaktadırlar.

Ahşap Hammadde Tedariki ve Çalgı Yapım Pazarına Bir Bakış

Teknolojik gelişmeler bir yana 21.yüzyılın kaotik şehir yaşamı, artan nüfus, çevre problemleri ve yaşanan covid-19 pandemisi köklü değişimlere sebep olmuş, toplumu derinden değiştiren olaylar insanoğlunun sahip olduğu kaynakların daha akılcı kullanılmasını işaret ederken bu kaynakların sınırsız olmadığını da gözler önüne sermiştir. Özellikle dünya genelinde artan orman yangınları CO^2 salınımını ciddi boyutta tehlikeye atarken yasa dışı ağaç kesimleri önemli bir problem haline gelmiştir.

Özellikle Tropikal Bölgelerde 2019'da ormansızlaştırma faaliyetleri yeniden hız kazanmıştır. Bugün Amazon Ormanları'nın %20'sinden fazlası artık yok olurken şu anda devrilme noktasına (*tipping point*) yaklaşık %7-8 gibi bir oran kalmıştır. Amazon Ormanları'nın 90 ila 140 milyar arasında metrik ton CO^2 tuttuğu tahmin edilirken yapılan araştırmalar, ormanın artık bu karbon oranını da tutamadığı, üstelik daha fazlasını atmosfere yaydığını göstermektedir (Briggs, 2022).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Interpol tarafından hazırlanan bir rapora göre 2012 itibariyle, küresel kereste ticaretinin %15 ila %30'u karaborsa yoluyla elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca koruma altındaki ormanlarda kaçak kesim oranının yüksek olması nedeniyle, Birleşmiş Milletler tarafından bu ağaçlar "yeni fildişi" olarak ilan edilmiştir. Ölçmek zor olsa da dünya çapında kaçak ağaç kesiminin 30 ila 100 milyar dolar arasında olduğu tahmin edilmektedir (Swanson, 2019; 1).

> "Yasadışı ağaç kesimi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve su filtrasyonu gibi temel ekosistem hizmetleri üzerinde zararlı etkilere sahip olup, ülkeleri ihtiyaç duydukları gelirden mahrum ederek doğal kaynakları tüketmektedir (World Bank, 2019 akt. Çalışkan, Filiz & Özden; 2022; 23). Bu durum aynı zamanda çevre kirliliğinin, özellikle karbon salınımının artması, toprak ve su verimliliğinin azalması, sera gazlarının artması gibi doğrudan ve dolaylı etkileri ile iklim krizini de tetiklemektedir. Interpol'ün (2019) raporuna göre, yasadışı tomruk ticareti yıllık 51-152 milyar dolar arasında değişiyor ve bu suç, birçok tropik ülkede kesimin %90'ını ve dünyadaki küresel kereste üretiminin yaklaşık %30'unu oluşturuyor. Ormansızlaşma ve yasa dışı ağaç kesiminin çoğu Amazon, Orta Afrika ve Güneydoğu Asya'nın tropikal ormanlarında gerçekleşiyor (INTERPOL, 2019; akt. Çalışkan, Filiz & Özden; 2022; 23)".

Ekonomik verilerin ötesinde kaçak ağaç kesimi hızlı ormansızlaştırmayı tetiklemekte, orman ekosistemlerinde yaşayan türlerin yaşamlarını ve CO^2 salınımını arttırırken yerel toplulukların da geçim kaynaklarını tehlikeye atmaktadır. Diğer yandan tropikal bölgelerdeki kesimin artmasının en büyük sebebi ise tedariki zorlaşan ahşap malzemenin piyasa değerinin gittikçe artmasıdır. Özellikle tropikal bölgelerdeki egzotik ağaç kesimlerinin artmasının sebebi yaygın olarak süs eşyalarında kullanılan ve cezbedici görselliklere sahip olan ağaç türlerinin metreküp fiyatlarının günümüz altın fiyatları ile yarışır hale gelmesi ve bazılarının değerli madenlerden bile çok daha yüksek fiyatlara alıcılar bulabilmesidir. Bu sektörlerden birisi olan çalgı yapımında ise sadece akustik kalitedeki ağaçlar değil, görsellikleri yüksek ağaçlar da tercih edilmektedir. Büyük markalar ve lutiyeler tarafından bir pazarlama stratejisi olarak kullanılan bu "A" kalite ağaçlar müzisyenler tarafından ciddi bir talep görmektedir. Bu görsel nitelikleri yüksek çalgılar kimi zaman ses nitelikleri aranmaksızın tercih sebebi olabilmektedir (hiçbir ağaç malzeme, çeşitli akustik, elastikiyet, x-ray vb. yöntemler ile test edilmeden salt görsellikleri üzerinden üst kalite ağaç olarak sınıflandırılamaz bu sadece görsel bir pazarlama stratejisidir).

Diğer taraftan yüzyıllardır ağaç teknolojisi üzerine şekillenmiş geleneksel çalgı yapım sektörü ise artık kaliteli akustik malzemeye kolay kolay ulaşamamaktadır. Birçok lutiye gelenekselleşmiş ağaç türlerine alternatif farklı ağaç türlerine ya da çeşitli kompozit malzemelere yönelmeye başlamıştır. Tabi ki küresel mobilya sektörüne karşın çalgı yapım sektörü küçük kalsa da bu alanda sık kullanılan geleneksel ağaçların neslinin tükenmeye

başlaması direkt ya da dolaylı olarak çalgı yapım endüstrisini de etkilemektedir. Örneğin; akustik kalitesi yüksek ağaçlardan birisi olan Brezilya (*Rosewood)* gül ağacı, o kadar çok tüketilmiştir ki; *CITES*[103], 1960'lardan beri Brezilya (*Rosewood)* gül ağacının uluslararası satışını yasaklamış, fakat bu yasadışı kesilmiş Brezilya (*Rosewood)* gül ağacının ülke dışına çıkmasını engellememiştir. Ancak son yıllarda özellikle 2009'daki *Gibson* fabrika baskınından sonra gitar üreticileri bu konu da yeni alternatifler aramaya başlamıştır. *Fender* gitar firması gül ağacı klavyelerinde *Rosewood* benzeri özelliklere sahip bir ağaç olan *Pau Ferro* ağacını kullanmaya başlamıştır (Swanson, 2019; 1). Sonrasında çalgı yapım endüstrisindeki birçok firma benzer uygulamalara gitmeye başlamıştır.

Nesli tükenmekte olan daha birçok ağaç türü bulunmakla birlikte keman yapım sektöründe kullanılan kaliteli akçaağaç, ladin ve abanoz gibi ağaçların tedariki de oldukça azalmış, en büyük tedarikçilerden birisi olan Romanya akçaağaç kesimini yasaklamıştır. Aynı şekilde ülkemizde de uzun yıllardan beri sedir ağacı kesimi yasaktır. Yine *black, madagascar, african* abanoz ağacı başta olmak üzere *pernambuco, bubinga, kosso, madagascar rosewood, afromosia, african sandalwood vb.* birçok ağacın soyu tükenmek üzeredir. Çoğu *CITES* tarafından koruma altında olsa da kaçak kesimler halen devam etmektedir ve bu ağaçların çoğu özellikle gitar yapımcılarının en çok tercih ettiği ağaç türleridir.

Müzik ve çalgı yapım endüstrisindeki tüm kuruluşlar, endüstriyel kereste tüccarları, marangozlar, gitar/çalgı yapımcıları veya son kullanıcılar olarak müzisyenler, kendi ticari faaliyetlerinde tüm ağaç türlerinin korunması için uluslararası ve ulusal yasal gerekliliklere uymak zorundadır. Düzenlemeye tabi ağaçtan yapılmış gitarlar/çalgılar ile yurtdışına seyahat etmek de dahil olmak üzere uluslararası ticaretle ilgili gereklilikler; Birleşmiş Milletler nezdinde *CITES* sözleşmelerinde düzenlenmiştir.

Bugün, dünya çapında yasal olarak ticareti yapılan tropik ağaç hacminin %1-5'i yüksek kaliteli çalgıların üretiminde kullanılmaktadır (CAFIM, 2017'den akt. Wick, 2019; 4). Ancak maalesef yasa dışı ağaç kesim faaliyetleri göz önünde bulundurulduğunda bu yüzde çok daha fazladır. Ek olarak kontrplak ve sıkıştırma malzemeler için kesilen ağaçların bir kısmı da yine çalgı yapım sektöründe kullanılmaktadır. Yani çalgı yapım sektörü için legal olarak gösterilen %5'lik tropikal ağaç hacmi, illegal kesim ve diğer ağaç türleri için yapılan kesimlerle birlikte çok daha yüksek bir yüzdeye çıkmaktadır. Ancak ağırlıklı olarak illegal kesim yapılması sebebiyle net ve sağlıklı bir veriye ulaşmak mümkün değildir.

Çalgı yapım sektörü için legal ve illegal, direkt ve dolaylı olarak yapılan kesimlerin bir bilançosunu görmek istersek ülke ve firma bazında üretilen çalgıların ihracat hacimlerine bakmamız yeterli olacaktır. Örneğin sadece Çin'in 1995 – 2011 yılları arasındaki toplam piyano ihracatı $120 milyon dolarlık bir hacme sahiptir. Giderek büyüyen çalgı yapım endüstrisi 2016 yılında toplam 21,2 milyar doları geçmiştir. Çalgı pazarının büyüklüğünü ve önemini daha iyi kavrayabilmek için pazarın dünyadaki en büyük firmalarından bazılarına göz atmak yeterlidir. Örneğin küresel pazarın en büyük firmalardan birisi olan *Fender Musical Instruments Corporation,* ABD merkezli 1946 yılında kurulmuş, dünya çapında çok ünlü bir gitar üreticisi şirketidir ve 2017'de $500 milyon 'dan fazla gelir elde etmiştir ve nakit akışı halen pozitif yönde ilerlemektedir. *Music Trades* verilerine göre ise son yıllarda 1,9 milyar dolara yükseldiği iddia edilmiştir.

Çalgı Endüstrisinin sadece küçük bir diliminden gösterdiğimiz örnekler bizlere bu büyük pazarın ihtiyaç duyduğu ağaç hammadde miktarı konusunda da bir fikir verebilir. Bu

[103] *Convention on International Trade in Endangered Species* (Nesli Tehlike Altında Olan Türlerin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme)

rakamlar sadece ahşap odaklı bir çalgı yapım geleneğinin artık sürdürülebilir olamayacağının bir göstergesidir.

Büyük çalgı yapım firmalarının dışında butik olarak çalışan küçük çaplı atölyelerde göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Ancak bunların birçoğu illegal/merdiven altı çalışan atölyeler olduğu için gerçekçi bir veri elde etmek zordur. Ayrıca son beş yılda büyük bir artış gösteren hobi çalgı yapımcılığı ağaç hammadde, çalgı aksesuar ve lutiye araçları/aletleri pazarını ciddi anlamda hareketlendirmiştir. Bunun sektöre en büyük etkisiyse hobi atölyelerinin çok daha fazla ahşap hammadde zayiatına sebep olmasıdır.

Biyokompozit Malzemeler

Kullanımları Antik Mısır'a kadar dayanan kompozit malzemeler hemen hemen her alanda karşımıza çıkar. Metal, cam, seramik, elastromer ve polimer gibi farklı malzemelerden oluşan kompozitler ahşap malzemeyle birlikte ya da ahşap malzemeye alternatif olarak birçok alanda kullanılmaktadır.

Hem takviye hem de polimer matris fazında yenilenebilir veya biyolojik hammaddelerden oluşan malzemeler ise biyokompozit malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Abhiram, Das ve Sharma, 2021: 2659).

Biyokompozitler biyolojik olarak parçalanabilir ve çevre dostu malzemelerdir. Ağaç, keten, pamuk, kenevir, sisal, kenaf, pirinç kabuğu, muz ve bambu vb. gibi doğal lifli malzemelerin kullanımı çevre dostu, parçalanabilen biyokompozitlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyokompozitlerin matris fazında polimerler kullanılır ve bu tür doğal takviye malzemeler, kırılgan polimer matrislere mukavemet ve süneklik sağlamak için kullanılan dolgu maddeleridir, bu lifler yüksek mukavemet, sertlik ve düşük yoğunluk gibi mekanik özelliklere sahiptirler. Ayrıca bu hammaddeler düşük maliyetleri, yenilenebilir ve çevre dostu olmaları nedeniyle oldukça cazip malzemelerdir (Aydın ve Altun, 2020: 1062,1064).

Çeşitli üretim yöntemleri ile kullanılabilen biyokompozitler, ekstrüzyon, enjeksiyon, pres kalıplama ve 3 boyutlu baskı için uygundurlar. Çoğu üretici, biyokompozit üretimi için hala fosil bazlı polimerler kullanmaktadır. Çok sayıda biyo-bazlı polimer vardır ve bu biyokompozit malzeme çeşitliliğini arttırır. Fosil karbon yerine yenilenebilir karbonla tamamen veya kısmen biyo-bazlı kompozitler elde etmek içinse birçok biyo-bazlı polimer bulunmaktadır (Partanen ve Carus; 2019, 317).

Çalgı yapım alanında gittikçe yaygınlaşan 3 boyutlu baskı teknolojileri kompozit ve biyokompozit hammaddeler ile hızla ilerlemektedir. Her geçen gün kompozit malzemeler ile yapılan çalgıların sayısı artmaktadır. Kompozit ve biyokompozit çalgılar arasındaki en önemli fark biyokompozitlerin çevre dostu malzemeler olmasıdır. Diğer yandan ahşap, plastik ve kompozit çalgı yapım endüstrisinin amatör kulvardaki niteliksiz üretimleri de dünyadaki atık sorununu arttıran faktörler arasındadır. Bu açıdan çalgı yapım sektöründe endüstriyel ya da butik atölyelerde biyokompozit malzemelerin kullanılması oldukça önemlidir.

14-15 Kasım 2019 tarihlerinde Köln'de düzenlenen ve biyokompozitlerin güncel gelişmeleri, ürün çeşitliliği ve uygulama alanları hakkında kapsamlı bir bakış sunan *8th Biocomposites Conference Cologne'*ın ana temalarından ilki çalgılar ve çalgı kılıfları olmuş ve çalgı yapım endüstrisine bir alternatif olarak çeşitli biyokompozit hammaddeler tanıtılmıştır (Carus, 2019).

Özellikle plastiğe iyi bir alternatif olabilen biyokompozitler ahşap malzemelere en yakın polimer bazlı hammaddelerdir. Çalgılar, çalgı kılıfları, çeşitli mobilyalar, oyuncaklar gibi diğer

tüketim malları için alternatif olan biyokompozit malzemelerde ahşap ve doğal elyaf granüller kullanılmaktadır. Görünümleri ve dokunuşları mükemmel olabildikleri gibi tüketicilere ihtiyaca göre yüksek kalitede malzeme seçenekleri sunabilmektedirler (Partanen ve Carus; 2019, 317).

Çalgı yapım sektöründe çok uzun yıllardır karbon fiber kompozit ve henüz yeni sayıla bilinecek *ekoa*[104] gibi biyokompozit malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler oldukça iyi tını/ses ve mukavemet özelliklerine sahiptirler. Dezavantajları ise; bu malzemeler genellikle pres/sıkıştırma kalıplama yöntemiyle uygulanabildiklerinden üretim açısından maliyetli, sınırlı tasarım ve üretim olanaklarına sahiptirler. Ayrıca karbon fiber kompozitlerde, matris olarak epoksi reçineler kullanılmaktadır. Diğer taraftan *ekoa* gibi biyokompozit malzemelerin en önemli özelliği ise biyo-reçine bazlı matristen oluştukları için çevreci ve sağlığa zararsız olmalarıdır.

Kompozit malzemelerin kullanımının artmasının avantajlarının yanı sıra şekillendirilmelerinde kullanılan malzemeler için tüketilen atıklar da büyük sorun yaratmaktadır. Ayrıca kompozitlerin en az iki farklı fazdan oluşması geri dönüşümünü zorlaştırmaktadır. Yaygın olarak kullanılan ve doğal olmayan kompozit malzemeler yapıları gereği ağaçtan çok daha uzun süre dayanıklıdır. Ancak bu özelliklerine karşın atığa dönüştüklerinde biyobozunur olmadıkları için daha büyük bir çevre sorununa sebep olabilmektedirler. Bu anlamda *ekoa* gibi biyokompozitler ise biyobozunur oldukları için çevreye zararlı değildirler.

Diğer yandan çalgıların belli bir zamanda sonra antika değerleri ve onu uzun yıllarca muhafaza etme isteği her zaman vardır. Bir çalgının uzunca yıllar kullanılabilmesi, dayanıklı olması, kolay kolay zarar görmemesi çok önemli bir faktör olsa da bu çalgıların kırılamayacağı, atılmayacağı ya da herhangi başka bir sorunla karşılaşılamayacağı anlamına gelmemektedir. Dolayısıyla her zaman bir atık olabilme potansiyeli taşırlar. Unutulmamalıdır ki ahşap atık haline gelse de her zaman biyobozunur bir malzemedir. Özellikle geleneksel üretim yöntemleri ile yapılan ahşap çalgıların doğal reçine, gomalak, doğal tutkal, kazein, jelatin, zamk vb. biyolojik malzemelerle izole edilmesi ahşabın yüksek emicilik özelliği sebebiyle emprenye ya da kompozite benzer bir etki yaratabilir ancak bu hammaddeler ahşabı korusalar ve dayanıklılıklarını arttırsalar da ahşap çalgıların biyobozunur olma özelliklerini değiştirmezler. Kontrplak vb. ahşap kompozit malzemelerse her zaman geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir.

Bu bağlamda katmanlı üretim teknolojilerinin en önemli avantajlarından birisi ise kullandıkları biyokompozit filament malzemelerin yenilenebilir ve biyobozunur olmalarıdır. Yeni üretilen ve beğenilmeyen hatalı görülen bir parça dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir. Dolayısıyla 21.yüzyıl hammadde ve çevre problemleri gibi sebeplerle her alanda olduğu gibi çalgı kullanım ve çalgı yapım alışkanlıklarımızın, anlayışlarımızın irdelenmesi gerektiği ve belki de yeniden şekilleneceği bir yüzyıl olacaktır.

Katmanlı Üretim Teknolojileri

Katmanlı üretim, 21. yüzyılın üretim sürecini dönüştürecek ezber bozan bir teknoloji olarak görülmektedir. 2020 yılında 12 milyar ABD doları gelir oluşturan katmanlı üretimin 2028 yılına kadarsa 78 milyar Amerikan dolarına ulaşması beklenmektedir. Bu rakamlar katmanlı üretim teknolojilerinin artık üretimde kalıcı bir yer edindiğini göstermektedir. Katmanlı imalat, yazılımla bütünleşik tasarım teknikleri yardımıyla karmaşık ve hassas

[104] *Ekoa*, keten lifi ve biyo bazlı reçinelerden elde edilen akustik özellikleri yüksek bir biyokompozit malzemedir. *Blackbird Guitar* ve *Lingrove* şirketlerinin ortaklığı ile geliştirilerek 3 Şubat 2015 yılında tescillenmiştir (Blackbird, 2022).

sistemler oluşturma sürecidir. Bu teknoloji, özel olarak tasarlanacak ürünün hassas ölçümlerini almak için CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) veya 3 boyutlu nesne yazıcılarını kullanır. Katmanlı üretimde 3 boyutlu modelleri üretmek için kullanılan hammaddeler, geri dönüştürülebildiklerinden çevre dostudurlar. Günümüzde çevrenin korunmasına yardımcı olan çevre dostu teknolojilerin artan kullanımı ve yeşil teknolojiyle birlikte artan farkındalık, katmanlı üretimin sektörünün büyümesini daha da hızlandırmaktadır. Aynı zamanda düşük maliyetle üretimi ve kolayca kişiye özelleştirilmesi bu teknolojinin yayılmasının en önemli sebepleri arasındadır (Wood, 2020; 1).

Örneğin ahşap hammadde kullanımın ormanlara/gezegene vermiş olduğu tahribat bir yana, ahşabın kesilmesi, lojistiği, biçilmesi, kurutulması, işlenmesi için kullanılan makinalar ve harcadıkları enerji, atölyelere ulaştıktan sonra bu malzemenin alana özel kullanılabilir hale getirilmesi ve tüm bu süreç içerisinde israf edilen ahşap artıkları, tüketilen enerji ve zaman israfı çok ciddi boyutlara ulaşmıştır. Buna karşın katmanlı imalat teknolojilerindeki hammadde ve enerji tüketimi oldukça azdır ve çevrecidir.

Çalgı Yapım alanında ise henüz çok az kullanılan katmanlı üretim yöntemleri, geleneksel yöntemlere göre bambaşka üretim süreçlerini ve tasarım becerilerini gerektirir ve bu bakımdan çalgı yapım için henüz oldukça yenidir.

Başlangıçta daha çok ar-ge departmanlarında kullanılan 3 boyutlu yazıcılar günümüzde birçok firmanın temel üretim yöntemi haline gelerek yaygınlaşmıştır. Diğer üretim yöntemleri ile karşılaştırıldığında teknik ve malzeme olarak çok geniş bir alternatif ve yenilikçi tasarım imkanları sunmaktadır.

Katmanlı üretimde kullanılan hammadde türleri ve teknolojileri her geçen gün gelişmekte ve çeşitlilik bakımından artmaktadır. Başta PLA (polilaktikasit) olmak üzere karbonfiber, cam elyaf, PC (polikarbonat), ASA, eco-PLA, PETG (polietilen tereftalat), eco-PETG, ahşap, cam, metal dolgulu, kil/seramik, termoplastik(esnek) filamentler gibi birçok farklı kompozit ve biyobozunur malzemeden yapılabilmektedirler. Ancak bunların arasında en sık kullanılan ve en temel 3 boyutlu baskı malzemesi PLA (polilaktikasit)'dır. Aydın ve Altun'un makalesinde PLA ile ilgili şu bilgilere ulaşabiliriz;

> "PLA yani; polilaktit/polilaktik asit, laktik asitten yapılan sentetik, alifatik yani benzen halkasız polyester türü bir polimerdir (Riley, 2012'dan akt. Aydın ve Altun, 2020: 1066). En yaygın olarak kullanılan biyobozunur malzemelerden biridir. PLA, toprakta belirli mikroorganizmaların varlığında hidroliz yoluyla parçalanıp, bozunarak toprağa karışan bir polimer türüdür. Biyobozunur olmasının yanı sıra PLA, biyo bazlı (biyo türevi) olup yenilenebilir bir malzemedir (Koh vd., 2018'dan akt. Aydın ve Altun, 2020: 1062). Genellikle tarımsal ürünlerden elde edilen termoplastik bir polimerdir. Yaygın olarak kullanılmasının nedeni, biyouyumlu ve biyobozunur olması, nispeten iyi mukavemete sahip olması, kolay bulunabilirliği ve termoplastisite gibi üstün özelliklerdir. PLA polimerinin hazırlanması, laktik asidin doğrudan yoğunlaştırılması veya siklik laktit dimerlerinin halka açıcı polimerizasyonu ile yapılabilir (Elsawy vd., 2017'dan akt. Aydın ve Altun, 2020: 1062). Yılda 140.000 tonu aşan kapasitede üretilebilen doğal kaynaklara dayanan tek termoplastik polimer PLA'dır. Bu nedenle sürdürülebilirlik açısından petrol türevi polimerlerin yerine geçebilecek en umut verici biyopolimerlerden biridir. Petrokimyasal termoplastların fiyatına kıyasla sadece yüksek fiyatı rekabet gücünü düşürmektedir (Bax ve Müssig, 2008'dan akt. Aydın ve Altun, 2020: 1066). Diğer ticari polimerlere kıyasla PLA üretiminin yararı, karbondioksit (CO^2) emisyonlarını azaltma avantajıdır. Bu da PLA'nın diğer geleneksel plastiklere kıyasla çevre kirliliğini azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Gan ve Chow, 2018'dan akt. Aydın ve Altun, 2020: 1066)."

Biyokompozit filament türleri ve teknolojisi ise her geçen gün gelişmektedir. Artık tamamen biyobozunur, çevreci ve sektörel ihtiyaçları karşılayacak özel filamentler üretilmesi mümkündür. Özellikle son dönem biyobozunur, çevreci filamentlere ağaç, söğüt, kahve, yosun, kenevir ve patates filamentleri örnek olarak gösterilebilir ve bunların çoğu yüksek mukavemetli

malzemelerdir. Daha çok mısır nişastası, şeker pancarı ve diğer farklı bitki türlerinden elde edilen biyokompozit malzemelerin en temel özellikleri biyobozunur olmaları olsa da üretim kaliteleri, üretilen firma ya da kişi bazında tamamen değişiklik göstermektedir. Bazı firmalar üretim yöntemleri ve hammadde içerikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi verirken bazı firmaların hangi yöntemler ya da malzemeler kullandıkları bilinmemektedir. Bu da elde edilmek istenen sonucu direkt etkileyen başlıca faktördür. Söz gelimi özellikle PLA filament piyasasında oldukça niteliksiz ürün bulunmaktadır. Bu niteliksiz ürünler 3 boyutlu baskı kalitesini düşürdükleri gibi çevre dostu olmaları açısından da yanıltıcı olabilmektedirler.

Katmanlı Üretim Teknolojilerinin Çalgı Yapımında Kullanımı

Yüzyıllardır ahşabı temel yapı malzemesi olarak kullanan çalgı yapım alanı bu düsturundan vazgeçmemiştir. Sanayi devrimleri ile farklı malzemelerin kullanımı kolaylaşmaya başlasa bile özellikle telli ve yaylı çalgıların geleneksel yapım teknikleri salt ağaç malzeme üzerine şekillendiği görülür. Metal, cam, seramik ve polimer gibi malzeme teknolojileri hızla gelişse de bu malzemeler kendi döneminin yeni çalgılarına bir tasarım malzemesi olarak eklemlenebilmiş, geleneksel çalgılar ahşap teknolojileri üzerine kurulmuş, ahşap tınısı bu çalgıların müziğinde belirleyici olmuştur.

Bugün geleneksel alanlar dışındaki çalgı yapım sektöründe birçok farklı malzeme çalgıların yapımında ya da aksesuarlarında/ara yüzlerinde kullanılmaktadır. 19. yüzyıldan 21. yüzyıla evirilen süreçte elektrikten elektroniğe, dijital teknolojilerden bunlara koşut gelişen ve çeşitlenen malzeme teknolojilerine kadar birçok yenilik çalgı yapım alanında bir üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Önceki yüzyıllarda bu yeni teknolojilerin ağırlıklı olarak endüstriyel çalgılarda kullanıldığı/kullanılabildiği görülür. Bunun en büyük sebebi ise döneminin bu teknolojilerinin büyük atölye imkanları ya da fabrika ortamında ileri teknoloji ile kullanılabilir olmasıdır. Ancak bugün birçok farklı malzemenin ya da tekniğin artık evlerde küçük atölyelerde dahi kullanılabildiği görülmektedir. Bu teknolojilerin en son örneği ise katmanlı imalat teknolojileri, yani 3 boyutlu yazıcılardır.

3 boyutlu baskı teknolojileri geçmişte sınırlı malzeme türleri ile sadece prototipler için kullanılmaktayken bugün uçak, uzay, otomotiv, medikal ve tekstil sanayi için vazgeçilmez bir üretim yöntemi haline gelmiş ve özellikle hammadde anlamında hızla gelişerek 21. yüzyıldaki en önemli gelişmelerden birisi olmuştur. Sanat ve tasarım alanında da yeni tasarı imkanları sunan katmanlı üretim yöntemleri geçmişte büyük maliyetli ve zaman alan teknikleri günlük ev kullanımına kadar indirgemiştir.

Bu anlamda plastikten cama, seramikten metale ve hatta kumaşlara kadar çok çeşitli kompozit malzeme teknolojisi ile gelişen 3 boyutlu yazıcılar artık sanat, tasarım ve zanaat atölyelerinin, okul ve evsel üretim yöntemlerinin vazgeçilmez bir aracı haline gelmeye başlamıştır. Ayrıca katmanlı imalat teknolojileri, endüstriyel kulvarın dışındaki butik atölyeler ve çalgı yapımcılığına yeni hammadde, enerji tasarrufu, zaman tasarrufu, düşük maliyetler, geri dönüşüm, yeni tasarım ve üretim olanakları tanımaktadır. Bu tasarı ve üretim olanakları yeni tını idealleri arayışındaki tasarımcılar, lutiyeler, besteciler ya da müzisyenler için yepyeni bir üretim alanıdır.

Bu yenilikçi yaklaşımla birçok enstitü, üniversitede ve özel atölyelerde 3 boyutlu yazıcılar kullanılarak çalgı üretim çalışmaları yapılmaktadır. Bunlardan bazılarına örnek olarak Daniel Oslon'un (*Michigan U.*) PLA trompeti[105], Keman virtüözü Laurent Bernadac'in katkılarıyla *Protosis* Teknoloji tarafından üretilen elektro keman *3D-Varius*[106], Tasarımcı Scott

[105] https://www.youtube.com/watch?v=WlBqGipg_fs
[106] https://www.youtube.com/watch?v=aUJpmzRSmTc

Summi'nin *Shakuhachi* Flütü ve akustik gitarı gösterilebilir. Ayrıca bu çalışmaların en profesyoneli Jens Ritter tarafından 2014 yılında tasarlanan ve yapılan *3D- Monroe Guitar*[107] projesidir.

Kurumsal olarak yapılan en önemli çalışmalardan birisi ise; Kanada'daki Ottawa Senfoni Orkestrası'nın *3D StringTheory*[108] projesidir. Lutiye Charline Dequicey, tasarımcı Laurent Lacombe, Besteci Harry Stafylakis, kemancı Mary-Elizabeth Brown, Natalie Deschesnes, Jessica Ramsay ve Hanna Williamson viyolacı Marlena Pellegrino ve Lisa Moody, bas-viyolada Alisa Klebanov ve Geena Salway tarafından gerçekleştirilen projede 3 boyutlu yazıcılarla üretilen yaylı çalgılar için yeni tını idealleri arayışıyla yapılan besteler icra edilmiştir. Ottawa Senfonisi *3D StringTheory* grubu şu sorunun arayışı içendedir; "Günümüzün en yeni teknolojilerini kullanarak hangi yeni enstrümanları ve tınıları/sesleri yaratabiliriz?" Kanada'da katmanlı üretim yöntemlerini teşvik etmek için kurulan ulusal, özel, kamu ve akademi ortaklığı ile kâr amacı gütmeyen bir kuruluş olan Canada Makes'in yöneticisi Frank Defalco, bu projedeki 3 boyutlu çalgılar için "İtiraf etmeliyim, belli alanlarda ahşaptan daha iyi bir şey olmadığını düşünüyorum. Ancak ahşap seviyesine yaklaşabilecek malzemeler olsa da buna polimerlerle yakınlaştıklarına eminim" açıklamasında bulunur. Besteci Harry Stafylakis ise "klasik müzik geleneği ile *heavy* metal ruhunun bir karışımı" olarak tanımlar (OSO, 2022b).

Şu an için 3 boyutlu çalgılar, ahşap ağırlıklı bir tasarım/plastisite algısına alışkın jenerasyon için henüz profesyonel görülmeyerek bir oyuncak ya da deneysel çalgılar olarak nadiren tercih edilseler de yakın bir gelecekte medyada daha fazla yer alacağı ve gelişen hammadde teknolojileri ile çalgı yapım alanının başlıca üretim yöntemlerinden birisi olarak karşımıza çıkacağı ön görülebilir. Ancak dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; bu yeni çalgıları ağaç malzemeler ile yapılan çalgılarla karşılaştırmamaktır. Bu çalgıları, bu yüzyılın yenilikçi ruhuyla, yeni/farklı tınılara niteliklere sahip yeni çalgılar olarak kabullenebilmektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlu her dönemde içinde bulunduğu koşullara uyum sağlayarak var olmanın ve üretmenin yeni yollarını bulur ve ilerleyişini sürdürür. Ancak içine bulunduğumuz bu yüzyılda şartlar gittikçe elverişsiz hale gelirken nesli tükenen hayvanlar, tükenen orman faunası ve kirli atmosfer, yaşamın her alanında insanların daha dengeli ve sorumlu adımlar atmasını gerektirir. Toplumsal ve kişisel yaşam alanlarının, alışıla gelmiş üretim ve tüketim pratiklerinin artık daha bilinçli bir perspektifte tasarlanması ütopik bir dünya görüşünün ötesinde varoluşsal bir zorunluluk haline gelmiştir.

Tüm bu süreçleri çalgı yapımcılığı açısından değerlendirecek olursak; gittikçe kötüleşen çevre koşullarıyla birlikte kaliteli/akustik ağaç tedariki her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. Zorlaşan bu koşullar çözüm önerileri ile yeni hammadde arayışlarını ve yeni üretim pratiklerini beraberinde getirir. Var olan üretim ve tüketim alışkanlıklarına tezat en zor ve en etkili çözümse bilinçsiz ağaç malzeme tüketimden vazgeçilmesi, belli sınırlandırmalar getirilmesi ve üretimde disiplinlerarası/hibrit yöntemlerin kullanılmasıdır. Bu gibi sıra dışı önlemler ileriki süreçte bir tercih değil, daha kaçınılmaz bir zorunluluk/sonuç olarak karşımıza çıkacaktır.

Gelecekte biyomühendisliği/biyoteknolojisi, orman genetiği gibi alanların ormansızlaştırma ve ahşap malzeme problemlerini çözebileceği ön görülebilir olsa da ahlaki olarak hali hazırda var olan ormanların korunması başlıca amaç olmalıdır. Öte yandan 1987'den beri üretilen genetiği değiştirilmiş ağaçların hızla ve düzensiz bir şekilde yayılarak doğal

[107] https://www.youtube.com/watch?v=XqLZnhFiL_M
[108] https://www.youtube.com/watch?v=xcLR6xwYpkA

ormanları daha da tehdit ettiği, toprakları yoksullaştırdığı, ilaca dayanıklı süper böcekleri yarattığı, kelebekleri ve arıları yok ettiği de unutulmamalıdır (Görgü, 2005;1).

Ormansızlaştırma problemleri ile ortaya çıkan ve çıkacak olan ağaç hammadde tedarik sıkıntısının bir sonucu olarak; özellikle ahşap teknolojilerini temel alarak gelenekselleşen çalgı yapımcılığında 21. yüzyılın getirdiği yeni hammadde ve yöntemlerin kullanılması başta yine bu geleneksel edimlerin sürdürülebilmesi açısından önemlidir. Geleneksel ahşap teknolojileri üzerine kurulu bir sistemin ihtiyaç duyduğu ağaç hammadde olmaksızın aynı pratiklerle geleneği sürdürmek/korumak mümkün değildir.

Biyokompozit hammadde kullanımı ahşap malzemeye en yakın hammadde olarak çalgı tasarımında yeni tını arayışları bağlamında yeni imkanlar sunmaktadır ve bu alanda daha fazla çalışma yapılmalıdır. Diğer yandan bu yeni hammaddelerle, yeni tasarım ve atölye pratikleriyle şekillenen, salt işçiliğin/görsel paradigmaların ön planda olmadığı, bilimsel ve kavramsal bir çalgı yapım bilinci oluşturulmalıdır.

İçinde bulunduğumuz bu dönemde dünya genelinde okullarda ve sektörde halen ahşap teknolojilerine bağlı bir çalgı yapım geleneğinin ağırlıkta olduğu görülür. Bir öneri olarak tüm bu geleneksel ve yenilikçi yöntemlerin bir arada olduğu disiplinlerarası bir "hibrit lutiyelik[109]" alanı/yöntemleri çalgı yapım atölye pratiklerine hızla sokulmalı ve bu yenilikçi yöntemlere uyum sağlayabilmiş lutiyeler yetiştirmek başlıca amaç olmalıdır. Bilimsel perspektifte tüm yenilikçi yöntemleri kucaklayan bir yaklaşımla; yeni üretim teknolojilerinden uzak salt geleneksel ahşap işleme tekniklerine alışkın lutiyeler bilinçlendirilmeli ve çalıştaylar düzenlenmelidir.

KAYNAKÇA

Abhiram, Y., Das, A., & Sharma, K. K. (2021). "Green Composites for Structural and Non-Structural Applications: A Review". *Materials Today: Proceedings*, *44*, 2658-2664.

Aydın, H. Y., Altun, S. (2020). "Odun Kökenli Malzemelerin Takviyesi ile Oluşturulan Polilaktik Asit Matrisli Kompozitler". Bartın Orman Fak. Dergisi, 22(3), 1061-1076.

Bax, B., Müssig, J. (2008). "Impact and tensile properties of PLA/Cordenka and PLA/flax composites." Composites Science and Technology, 68(7–8), 1601–1607.

Besnainou, C. (1995). "From Wood Mechanical Measurements to Composite Materials for Musical İnstruments: New Technology for Instrument Makers". MRS Bulletin, 20(3), 34-36.

Blackbird G. (2022). "Ekoa Guitar" https://www.blackbirdguitar.com/ [10.07.2022].

Briggs, Helen. (2022). "Amazon Ormanlarında Kritik Bir Eşiğe Gelindi, Toplu Ağaç Ölümleri Görülebilir." BBCNews. https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-60661437 [08.07.2022]

CAFIM. (2017). Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. Wiesbaden (Germany): CAFIM. http://www.cafim.org

Caramiaux, B., & Donnarumma, M. (2020). "Artificial Intelligence in Music and Performance: A Subjective Art-Research Inquiry." arXiv preprint arXiv:2007.15843.

[109] Turan, Özgür. (2020). *"Çalgı Yapımında Yeni Bir Kavram Önerisi; Hibrit Lutiyelik"*. Yayınlanmamış Makale. Anadolu Üniversitesi. Eskişehir.

Carus, Michael. (2019). "The 8th Biocomposites Conference Cologne". Maternushaus, Cologne, Germany. https://dnfi.org/events/the-8th-biocomposites-conference-cologne-2_17702/ [10.08.2022]

Çalışkan, H., Filiz, E. G. İ., & Özden, S. (2022). "Comparison of Illegal Logging Crimes and Penalties in Forest Laws in Some Selected Countries". Turkish Journal of Forestry, 23(1), 90-95.

Elsawy, M. A., Kim, K. H., Park, J. W., Deep, A. (2017). "Hydrolytic Degradation of Polylactic Acid (PLA) and Its Composites." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79(May), 1346–1352.

Gan, I., Chow, W. S. (2018). "Antimicrobial poly(lactic acid)/cellulose bionanocomposite for food packaging application: A review." Food Packaging and Shelf Life, 17(July), 150–161.

Görgü, Elif. (2005). "Ağaçların da Genetiği Değiştiriliyor." TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=413&tipi=24&sube=0 [10.08.2022].

INTERPOL. (2019). "Global Forestry Enforcement, Strengthening Law Enforcement Cooperation Against Forestry Crime." Accessed: https://www.interpol.int/Crimes/Environmental-crime/Forestrycrime [12.08.2022].

Kathavate, V. S., Pawar, D. N., Bagal, N. S., Adkine, A. S., Salunkhe, V. G. (2020). "Micromechanics Based Models for Effective Evaluation of Elastic Properties of Reinforced Polymer Matrix Composites". Materials Today: Proceedings. 21, 1298–1302.

Koh, J. J., Zhang, X., He, C. (2018). "Fully biodegradable Poly(lactic acid)/Starch Blends: A Review of Toughening Strategies." International Journal of Biological Macromolecules, 109, 99–113.

Magnusson, Thor. (2017). "Musical Organics: a Heterarchical Approach to Digital Organology." Journal of New Music Research 46.3 (2017): 286-303.

OSO. (2022). "3DStringTheory". Ottawa Symphony Orchestra, Canada. https://ottawasymphony.com/3d-stringtheory [15.08.2022].

OSO. (2022b). "3DStringTheory". Ottawa Symphony Orchestra, Canada. https://www.youtube.com/watch?v=xcLR6xwYpkA [16.08.2022].

Partanen, A., & Carus, M. (2019). "Biocomposites, Find The Real Alternative to Plastic–an Examination of Biocomposites in The Market". Reinforced Plastics, 63(6), 317-321.

Phillips, S., & Lessard, L. (2012). "Application of Natural Fiber Composites to Musical Instrument Top Plates. Journal of Composite Materials", 46(2), 145-154.

Redwood, B., Schöffer, F., & Garret, B. (2017). "The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications". 3D Hubs.

Riley, A. (2012). "Basics of polymer chemistry for packaging materials." In Packaging Technology. Woodhead Publishing Limited.

Swanson, Matthew C. (2019). "Sound Practices: The Role of Musical Instruments in Illegal Logging Industry". https://www.kcet.org/shows/earth-focus/sound-practices-the-role-of-musical-instruments-in-illegal-logging-industry [10.04.2022]

Turan, Özgür. (2020). "Çalgı Yapımında Yeni Bir Kavram Önerisi; Hibrit Lutiyelik". Yayınlanmamış Makale. Anadolu Üniversitesi. Eskişehir.

Wang, R.-M., Zheng, S.-R., Zheng, Y.-P. (2011). "Introduction to polymer matrix composites. Polymer Matrix Composites and Technology". 1–548.

Wick, E. (2019). "Impacts of the Convention on International Trade in Endangered species of Wild Fauna and Flora (CITES) on various Stakeholders in the Music Industry.". Swiss Wood Solution.

Wood, Laura. (2020). "Global Additive Manufacturing Market Generated $12 Billion Revenue in 2020, and is Forecast to Reach $78 Billion by 2028." Research and Markets. The "Global Additive Manufacturing Market and Technology Forecast to 2028". Dublin

World Bank, (2019). "Illegal logging, Fishing and Wildlife Trade: The Costs and How to Combat It." Worldbank Group Report.