



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 31.10.2023
Kabul Tarihi : 12.08.2024

Received Date : 31.10.2023
Accepted Date : 12.08.2024

GELENEKSEL VİTRAYIN LAZER TEKNOLOJİSİ İLE İNOVASYONU VE CAM MOBİLYA KAPAĞI TASARIMINA UYGULANMASI

INNOVATION OF TRADITIONAL STAINLESS WINDOW WITH LASER TECHNOLOGY AND APPLICATION TO GLASS FURNITURE COVER DESIGN

Cebraıl AÇIK^{1*} (ORCID: 0000-0002-1094-6946)

¹ İl Millî Eğitim müdürlüğü Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Cebraıl AÇIK, cebraıl46@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada mimari geleneksel cam vitray süslemelerinden kumlama vitray ve boyama vitray tekniklerinin bilgisayar kontrollü lazer teknolojisi ile üretilebilirliği ve camlı mobilya elamanlarında kullanılması durumunda avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada 4 mm kalınlığında cam kullanılmıştır. Cam yüzeyini işlemede 130 watt güç çıkışlı, karbondioksit gazlı tüp, 2 inch (50.8 mm) odak mesafeli lens donanımına sahip, su soğutmalı, 1,5 mm nozul çaplı ve 10,6 µm dalga boyunda lazer ışığına sahip CNC (Bilgisayarlı sayısal kontrol) lazer makinesi kullanılmıştır. İlk aşamada cam yüzeyinin işlenmesinde lazer gücü ve lazer hızının etkisini belirlemek için CNC lazer makinesinde, % 30, % 60 ve % 90 oranında cam deney örneği üzerine, farklı oranlarda lazer işlem hızı ve lazer işlem gücü parametreleri uygulanarak deney yapılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen bulgulara göre bir mobilya kapağına lazer kazıma vitray ve lazer boyama vitray uygulaması yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Mobilya cam aksesuar aksamındaki lazer vitraylarda, düşük lazer gücünde ve yüksek lazer hızlarında işlenmiş vitrayların, başarıyla kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca lazerle işlenmiş cam yüzeylerine boyama vitray uygulaması yapılabileceği, ancak bu uygulamanın geleneksel boyama vitraya göre mobilya elamanlarına daha mat görüntünün dışında estetik anlamda fazla katkısı olmadığı sonucu elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda endüstriyel lazer kullanıcılarına, mobilya üretim ve tasarımcılarına önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Lazer kazıma, cam vitray, mobilya tasarım

ABSTRACT

In this study, it was tried to determine the manufacturability of sandblasting stained glass and painting stained glass techniques, which are traditional architectural glass stained glass decorations, with computer-controlled laser technology and their advantages and disadvantages when used in glass furniture elements. 4 mm thick glass was used in the study. CNC (Computer Numerical Control) laser with 130 watt power output, carbon dioxide gas tube, 2 inch (50.8 mm) focal length lens equipment, water-cooled, 1.5 mm nozzle diameter and 10.6 µm wavelength laser light for processing the glass surface. machine was used. In the first stage, in order to determine the effect of laser power and laser speed on the processing of the glass surface, experiments were carried out on a glass test sample of 30%, 60% and 90% on a CNC laser machine by applying laser processing speed and laser processing power parameters at different rates. According to the findings obtained from the test results, the results obtained by applying laser engraving stained glass and laser painting stained glass to a furniture cover were compared. It has been concluded that stained glass processed at low laser power and high laser speeds can be used successfully in laser stained glass

ToCite: AÇIK, C., (2024). GELENEKSEL VİTRAYIN LAZER TEKNOLOJİSİ İLE İNOVASYONU VE CAM MOBİLYA KAPAĞI TASARIMINA UYGULANMASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 669-678.

in furniture glass accessory parts. On the other hand, it has been concluded that painting stained glass can be applied to laser-treated glass surfaces, but this application does not contribute much to the aesthetics of furniture elements other than a more matte appearance compared to traditional stained glass. In line with these results, recommendations were made to industrial laser users, furniture manufacturers and designers.

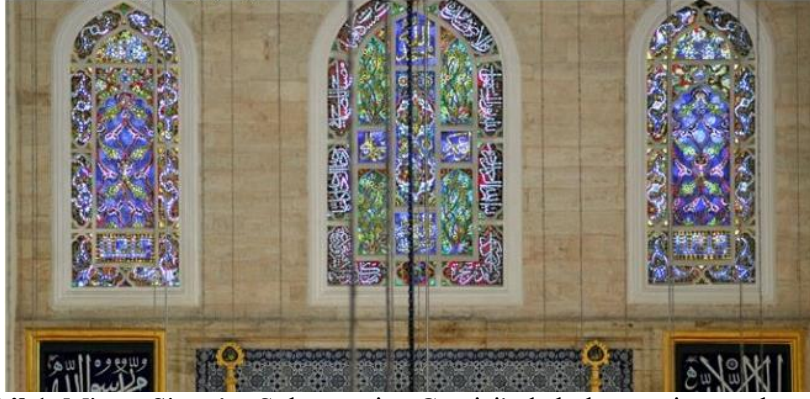
Keywords: Laser engraving, stained glass, furniture design

GİRİŞ

Vitray, eskiden beri mimarimizde var olan bir sanat dalıdır. Bizde bu sanat dalı, camilerimizde görkemli bir şekilde alçı pencere olarak görülmüş, eski konaklarımızın zevkli mimarisinde de ahşaba monte edilen renkli camlarla yaşatılmıştır. Ancak yakın yıllar içerisinde geçmişi kadar değerlendirilememiş ve bu sanat dalı ihmale uğramıştır (Işık, 2016).

Vitray Fransızca'da "vitrail", İngilizcede "stained glass" ve Almancada "glasmalerei" şeklinde isimlendirilmektedir. Son zamanlarda vitrayın birbirine yakın değişik tanımlamaları yapılmaktadır. Vitray, demir bir armatüre kurşun ya da çimentoyla yapıştırılmış, çoğu zaman renkli cam parçalarından oluşan ve bir açığı doldurmak, ya da aydınlık ve dekoratif geniş bir alan elde etmek için yapılan saydam yüzey çalışmalarıdır. Renklendirilen cam katmanları, daha önceden etüdü yapılan planlamaya göre küçük objeler halinde kesilir. Bu kesilen parçaların alçı, demir ve kurşundan çerçevelere yapıştırılmasıyla elde edilen düzenlemelere vitray denir. Bu düzenlemeler camlardan oluşmuştur. Vitray sanatı, özellikle cam parçalarından görsel oluşturmak ve onları ışığın önüne tanzim etmekten oluşur. Bu işlemlerin mimariye uyumlu olmasına ve aydınlatma düzenlemesine itina gösterilir.

Vitray sanatı camın icadıyla başlar. İnsanlar, yaşadıkları mekânlara ışıktan faydalanabilmek için pencere ya da benzeri çeşitli boşluklar bırakmışlardır. Bu boşluklar yapıların cinslerine, kullanım amaçlarına ve buldukları yerlerin iklim yapılarına göre değişik biçim ve ebatlarda olabilmektedirler. Bu boşlukların farklı zamanlardaki hava koşulları farklılığı nedeniyle kısmen veya tamamen kapatılması yöntemine başvurulmuştur. İlk vitray tekniği Romalılar tarafından geliştirilmiştir. Bu tekniği, açmış oldukları küçük boşlukları, camlarla doldurarak gerçekleştirmişlerdir (Hakayık, 2018). Daha sonraları boşlukları taşıyan bağlantı elamanları, bronz, bakır, kurşun, alçı ve mermer olmak üzere farklılaşmıştır. 7. yüzyıla ulaşıldığında Araplar, Bizanslılardan aldıkları tekniği, daha çok süsleme motifleriyle çalışmışlardır. 10. ve 11. yüzyılda birçok kaynak, bu teknikte ahşap çerçevelerin esas eleman olarak kullanıldığını belirtmektedir. 11. yüzyıla ait kaynaklar, bu eserlerden 21. yüzyıla kadar uzanan bir işaret kalmadığını göstermektedir. 14. yüzyılda yapılan tezyinlerde, İran ve Arabistan' da çizgi tezyinleri ile çiçek ve yapraklar kullanılmıştır. İslamiyet'in resim yapmayı menetmesi, zanaatkârları çizgi, yazı ve doğal motifler üzerinde çalışmalar yapmaya yöneltmiştir. Vitrayın 15. yüzyıldaki kaybolmaya yüz tutması, Türkler için yeni bir dönemin başı olmuştur. Türklerde vitrayın 15. yüzyılda uygulanmaya başlandığı görülmektedir. Türk zanaatında daha çok alçılı vitray kullanılmıştır. En güzel alçılı vitray çalışmaları, 1557 yılında yapımı tamamlanan Süleymaniye Camisi'nin pencerelerinde, meşhur zanaatkârın işlediği renkli camlarda görülür (Eliri, 2011). Osmanlılar, 16. yüzyılda kendi dini yapılarına vitrayı ulaştırmışlardır. Osmanlıda vitray, Hıristiyanlardaki gibi dini içerikleri taşıyamadığı için, Osmanlı'nın dini yapılarında cam, bir tezyin unsuru olarak yerini almıştır. Vitrayda medeniyetler değişik birleştirme unsuru kullanmışlardır. Batı kurşun uygularken Osmanlı alçı uygulaması yapmıştır. Türkler, vitrayda kendilerine özgün bir yöntem geliştirmişlerdir. Eskiden ayna camı, buzlu camlar çiçekli, göbekli, hareli, kaplama renkli, kavratmalı cam türlerini kullanan Türkler, pencerede bulunan camların kaidelerini, ilk önce çamurdan, daha sonraları ise alçıdan yapmışlardır. Türkler Süleymaniye Camisi'nde, Kanuni Türbesi'nde ve Topkapı Sarayı'nda bu yöntemin en güzel emsallerini meydana getirmişlerdir. Aşağıda Şekil 1'de Mimar Sinan'ın Süleymaniye Camisi'nde bulunan usta ellerden çıkmış vitray çalışmaları görülmektedir.



Şekil 1. Mimar Sinan'ın Süleymaniye Camisi'nde bulunan vitray çalışmaları

Türkiye’ de ortaöğretim ve yükseköğretim kurumlarında verilen vitray eğitim programları, ilk defa 1950’ li yıllarda Tatbiki Güzel Sanatlar Okulunda okutulmuştur. Daha sonraları Devlet Güzel Sanatlar Akademisinde 1970’ li yıllarda Ferruh Başağa tarafından değişik vitray yöntemleri ile çalışılmaya başlanmıştır (MEGEP, 2014).

Günümüzde ise vitray yöntemlerinin bir kısmının, iç mekânlarda görsel olumsuzluğa neden olan, hoş görünmeyen bazı alanlarda uygulandığı görülür. Hem mekân içindeki bazı bölme amaçlı yapılmış iç mekân donatılarında, hem de aynı mekân içinde aydınlatma aracı olarak da tasarlandığı görülmektedir. Son zamanlarda vitray, mimariye biçim vermenin ötesinde, iç veya dış mekânın etkili ve görkemli bir özelliğe sahip olması amacıyla kullanılmaktadır. Uygulama mekânı olarak vitray, genelde ışığı iyi alan yerlere uygulandığı görülmektedir. Ancak kapı tavan gibi ışık almayan bölümlere de uygulanmaktadır. Işığa göre vitrayın hangi mekâna ve hangi teknikle uygulanacağı kararı önemli bir unsurdur. Vitray uygulanmadan önce, uygulanacak alanın dışarı ile bağlantısı, hatta iç dekorasyonla bağlantısı detaylı bir şekilde irdelenerek işe başlanması oldukça önemlidir. Rengi, çizgisi, hareketi ile uyumlu olarak ortaya çıkarılan bir vitrayın, mekâna uyumu olmadığı takdirde fazla bir katkısının olmayacağı da bilinmelidir (MEGEP, 2014). Bu bakımdan mobilya tasarımlarında kullanılacak vitray motiflerinin, öncelikle uygulanacağı mobilyaya, daha sonra da mobilyanın kullanıldığı mekâna uygun olması gerekmektedir.

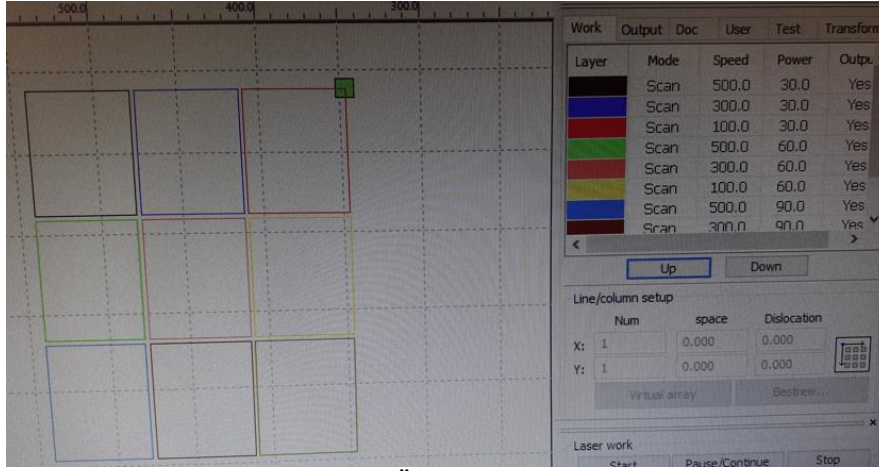
Cam vitrayın daha çok dış ve iç mekânlardaki sabit yapı elamanlarında kullanıldığı görülmektedir. Mobilyalarda kullanımının ise oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Bunun bir nedeni de genellikle küçük motifli süslemeleri hassas olan cam veya aynalı mobilya elamanlarına, el işçiliği ile uygulamanın zorluğundan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Son zamanlarda cam teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte cam, mimari, medikal, otomotiv, düz panel ekran ve elektronik uygulamalarında en önemli mühendislik malzemelerinden biri haline gelmiştir. Camın istenilen şekle dönüşmesine ancak doğru ve hassas işleme tekniği ile ulaşılabilir. Lazer teknolojisi, endüstriyel yöntemlere uygunluk, yüzey kalitesi ve yüksek çalışma hızı nedeniyle cam için geleneksel işleme yöntemlerine göre bazı avantajlara sahiptir (Nisar ve ark., 2013). Camın, dokunma duyusuyla kontrol edildiğinde sert ve katı bir malzeme olduğu hissedilebilir. Birçok mühendislik malzemelerine göre kırılğan bir yapısı vardır. Mekanik etkilerle karşılaştığında kırılmaya meyillidir. Bu kırılğan yapısına rağmen kimya teriminde “sıvı” olarak adlandırılmaktadır (MEGEP, 2008). Yani sıvıları taşımak için tasarlanmış cam kapların çoğu aslında sıvının kendi formudur. Cam, sertleşmek için soğutulduğunda bu temel nitelikleri üzerinde taşımaktadır. Ancak, ısıtıldığında özellikleri oldukça farklılık göstermektedir. Elastikiyet derecesine kadar yumuşamaya başlar ve eğer yeterli derecede ısıtılırsa normal sıvılar gibi akıcı bir hal almaktadır. Lazer işlemede ise, uyarılmış radyasyon yayınıyla herhangi bir cisme uygulanan ışık kuvvetini küçük bir alanda toplayarak kuvvetin etkisi artırılarak termik etki sonucu malzemeler kesilir veya kazınır. Bu nedenle ısı ve cam etkileşimleri sonucu ortaya çıkabilecek sonuçlar önceden bilinmelidir. Isı iletim katsayısının düşük olması ve gevrek olması sebebiyle, camın endüstriyel yöntemlerle işlenmesi oldukça zor bir iştir. Üretim esnasında gerginlik ve kılcal çatlaklara bağlı çatlama potansiyeli, üretim ve daha sonraki kullanım aşamalarında en aza düşürülmesi gerekmektedir (URL-2).

Bu makale, lazerli cam vitray işleme tekniğinin bir incelemesini sunmaktadır. Özellikle bu tekniğin sınırlamaları ve avantajlarını ortaya koymaya çalışmaktadır. İleriye yönelik lazerle malzeme işleme ve sanatsal araştırmaları kolaylaştıracak bir karşılaştırma çerçevesi oluşturmaktadır. Çalışmada yeni imal edilecek ve kullanımda olan mobilya elamanları üzerine lazer teknolojisi ile vitrayın uygulanabilirliği incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

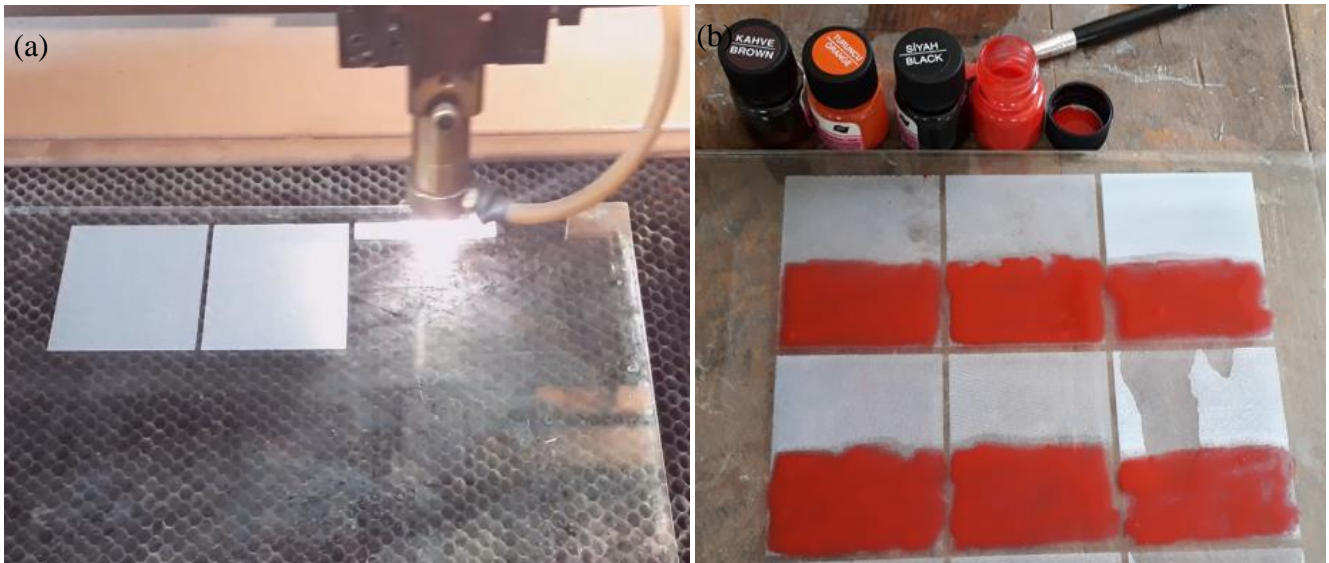
Çalışmada silika kumu, soda külü, kireç taşı ve dolomit bileşenlerini içeren ısıtma-soğutma yöntemi ile üretilmiş 4 mm kalınlığında düz cam kullanılmıştır. Cam yüzeyini işlemede 130 watt güç çıkışlı, karbondioksit gazlı tüp, 2 inch (50.8 mm) odak mesafeli lens donanımına sahip, su soğutmalı, 1,5 mm nozul çaplı ve 10,6 µm dalga boyunda lazer ışığına sahip CNC (Bilgisayarlı sayısal kontrol) lazer makinesi kullanılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle lazer işlem gücü ve lazer işlem hızının etki sonuçlarını görmek için laserwork bilgisayar destekli üretim programında (CAM) deney tasarımına göre işlem parametreleri oluşturulmuştur. CNC lazer makinesinde, lazer işlem gücü ve lazer işlem hızı sonuçlar açısından en etkili parametrelerdir. Üretim tasarımı aşağıdaki Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. CAM Üretim tasarımı aşaması

İlk aşamada cam yüzeyinin işlenmesinde lazer gücü ve lazer hızının etkisini belirlemek için CNC lazer makinesinde, % 30, % 60 ve % 90 oranında lazer gücü, 100, 300 ve 500 mm/s hızlarında kazıma hızı uygulanarak farklı kazıma yüzeyleri elde edilmiştir. Çalışmada lazer merceğindeki odak mesafesi dikkate alınarak nozul yüksekliği 6 mm olarak ayarlanmıştır. İlerleme adımı 0,1 mm çift yönlü olarak hava destekli işlem yapılmıştır. Deney örneğinde 60x75 mm ölçülerinde 9 adet farklı işlem yüzeyi elde edilmiştir. Şekil 3.a' da lazer kazıma deney yüzeyi örneği elde edilme aşaması gösterilmiştir. İkinci aşamada deney kazıma yüzeylerinin yarı kısmı SÜDOR marka kırmızı renkli cam boyası ile boyanmıştır. Cam boyama aşaması Şekil 3.b' de gösterilmiştir. Üçüncü aşamada ise, birinci ve ikinci aşamadaki bulgular doğrultusunda bir dolap kapağına vitray uygulaması yapılmıştır.



Şekil 3. (a) Lazer cam kazıma deney örneği hazırlama (b) Deney örneği boyama aşaması

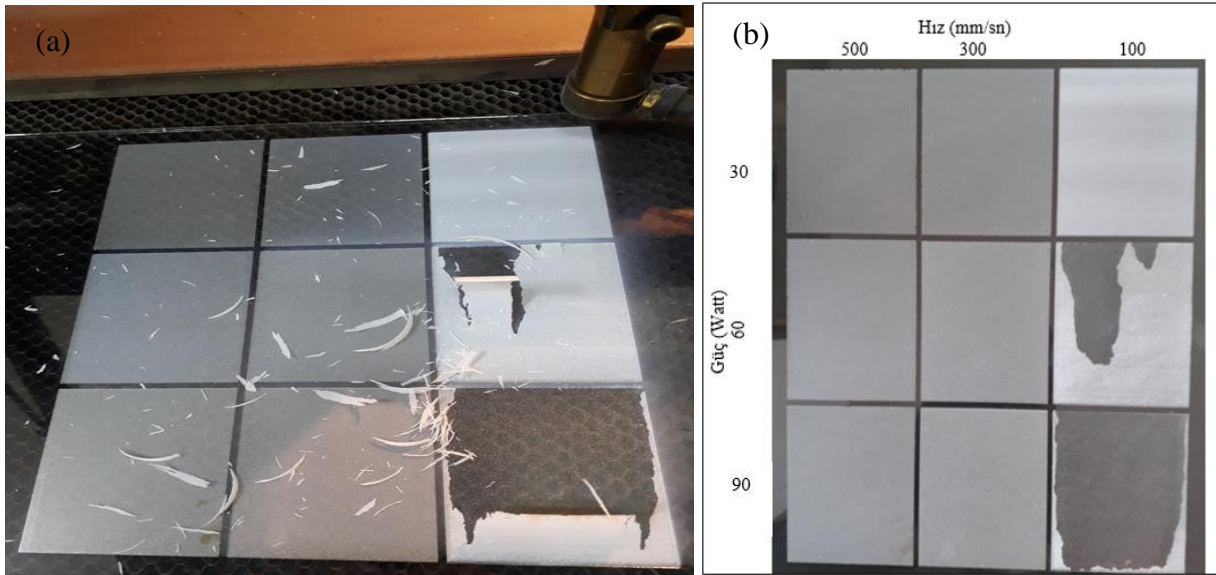
BULGULAR

İlk aşamada cam yüzeyinin işlenmesinde lazer gücü ve lazer hızının etkisini belirlemek için CNC lazer makinesinde, % 30, % 60 ve % 90 oranında lazer gücü, 100, 300 ve 500 mm/s hızlarında kazıma hızı uygulanarak farklı kazıma yüzeyleri elde edilmiştir. Lazerlerde işlem gücünün artması veya işlem hızının azalması iş parçasının emilebilecek enerji miktarını ve bu enerjiyle çentikte bulunan malzemenin buharlaşma miktarını artırır. Bu nedenle lazer işlemlerde güç/zaman ilişkisi oldukça önemlidir (Açık, 2022). Aşağıda Tablo 1’de çalışmada uygulanan güç/zaman oranları sonucu oluşan bulgular verilmiştir. Bu bulguların üretim çıktılarına yansımaları Aşağıda Şekil 4’de görülmektedir.

Tablo 1. Çalışmada uygulanan güç/zaman bulguları

Kazıma gücü (130 W %)	Kazıma hızı (mm/s)		
	500	300	100
30	0,06	0,1	0,3
60	0,12	0,2	0,6
90	0,18	0,3	0,9

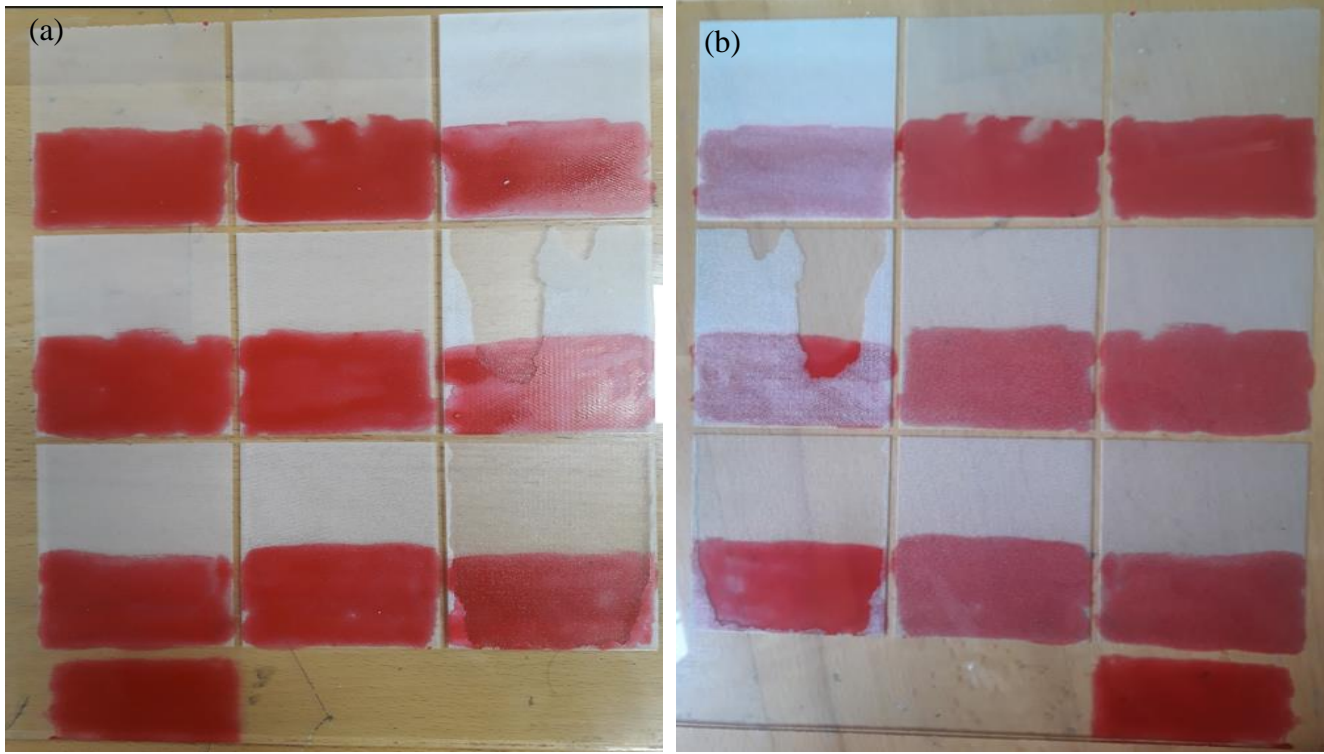
Lazer üretiminin ilk çıktıları aşağıda Şekil 4.a’da gösterilmektedir. Şekil 4.b’de ise çıktıların lazer işleme hızı ve lazer işlem gücü parametrelerine göre temizlenmiş son çıktıları görülmektedir. Bu bulgular Tablo 1’deki veriler ile değerlendirildiğinde cam yüzeylerde lazer işlem hızındaki değişimlerin, lazer işlem gücündeki değişimlerden daha çok etkileme yaptığı görülmektedir. Hızın 100 mm/s’ye düştüğü durumlarda cam yüzeylerinde ince filmler halinde soyulmaların olduğu görülmektedir. Ayrıca bu hız parametrelerinde camın üst yüzey tabakasının kazınarak alttan yeni görüntüler oluşturan başka katmanların oluştuğu görülmektedir. 500 mm/s ve 300 mm/s hız parametrelerinde görsel olarak bir değişiklik görülmemektedir. Ancak lazer gücünün 30 watt’ tan 90 watt’ a çıktığı durumlarda cam yüzeylerindeki kazıma alanlarında renk beyazlaşmalarının arttığı görülmektedir. Öte yandan güç/hız parametresinin 60/100 ve 90/100 olduğu durumlarda cam kazıma yüzeylerinde homojen olmayan katmanlı kazıma yüzeylerinin oluştuğu ve kazıma derinliklerinin 0,4 mm’ye kadar çıktığı görülmektedir. Bu durumlar, camın kırılgenliğini artıracakları öngörülmekte ve dezavantajlı görünüm oluşturmaktadır. Bu nedenle mobilya elamanlarında kullanılacak cam vitray çalışmaları için sakıncalı olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 4. (a) Lazer üretim ilk çıktıları (b) lazer üretim parametre çıktıları

Çalışmada kazıma yüzeylerin cam boyasıyla boyanması sonucu el edilen görüntüler Şekil 5.a’da gösterilmiştir. Kazıma yüzeylerinin boyanmasında, camın kazınmamış yüzeyine göre herhangi bir dezavantajı görülmemiştir.

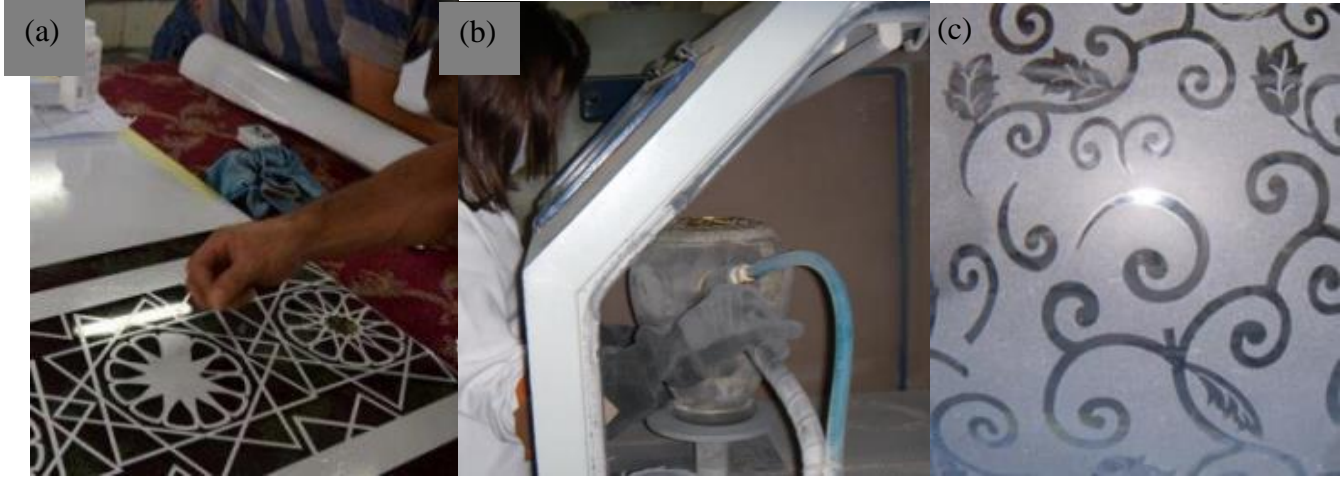
Boyanmış kazıma yüzeylerinin ön taraftan (kazınmamış yüzeyden) görüntüleri aşağıda Şekil 5.b' de gösterilmiştir. Bu bulgular incelendiğinde, kazıma sırasındaki beyaz renkli alanların boyamada daha mat görüntüler oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca kazıma alanlarında boyama renginin kazınmamış cam yüzeyine göre daha mat bir görüntü oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan güç/hız parametresinin 60/100 ve 90/100 olduğu durumlarda cam kazıma yüzeylerinin homojen olmayan katmanlı kazıma yüzeylerinin, boyanması durumunda da, özellikle mobilyalarda kullanılan görsel estetiğin önemli olduğu vitray çalışmaları için dezavantajlı değerlendirilebilecek, standart olmayan bir görüntü oluşturdu belirlenmiştir. Literatürde başka bir çalışmada da lazer işlem süresinin kısaltılmasının, ısı üretiminin seviyesini azaltacağı ve lazerden etkilenen cam katman kalınlığının daha iyi kontrol edilmesini sağlayacağı açıklanmıştır (Maingi ve ark. 2022).



Şekil .5 (a) Kazınmış boyalı yüzeylerin görüntüsü (b) Boyalı yüzeylerin ön taraftan görünüşü

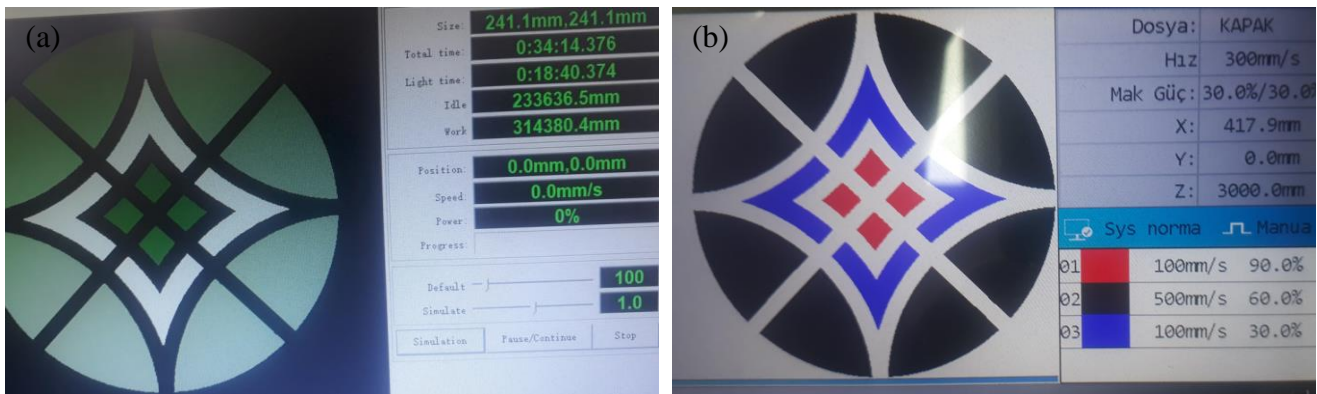
Geleneksel temel vitray teknikleri; kurşunlu vitray tekniği, alçı vitray tekniği, yapıştırma (mozaik) vitray, kumlama aşındırma tekniği, füzyon vitray tekniği, boyama vitray ve tiffany vitray tekniği olarak yedi farklı teknikle sınıflandırılabilir (Dinçol, 2015). Bu çalışmadaki lazer cam vitray (boyanmamış) tekniğinin, geleneksel vitray tekniklerinden kumlama aşındırma vitray tekniği sınıfında bir çalışma olduğu değerlendirilebilir. Kumlama vitray tekniğinde renksiz veya renkli camlara, hava basıncına bağlı bir aparat ile kum püskürtmek suretiyle, yüzeyin pürüzlü bir hal almasıyla işlem tamamlanır. Aşağıda Şekil 6.a' da geleneksel cam kumlama vitrayın desen hazırlama aşaması görülmektedir. Burada kumlama yapılması istenmeyen yerler kâğıtla kapatılmaktadır (Dinçol, 2015). Şekil 6.b' de kumlama kabininde havalı kum püskürtme tabancası ile cam kumlama aşaması görülmektedir. Şekil 6.c' de ise kumlama tamamlanmış bir vitray deseni görülmektedir (Megep, 2008). Lazer vitrayda ise yüzeyin pürüzleştirilmesi kazıma işlemiyle sağlanır. Her iki yöntemde yüzeyin pürüzleştirilmesi esasına dayanır. Mekanik kumlama lazer gravür ile karşılaştırıldığında, lazer oldukça esnek ve hızlıdır. Renkli kaplamaların seçici ablasyonu veya vitreus emayesinin eritilmesi de lazer işaretleyicilerle mümkündür (URL-2). Lazer kazıma, camın özellikleri kaybedilmeden belirgin, hassas ve en önemlisi kalıcı desenler ortaya çıkarma imkânı sağlar. Geleneksel kumlama vitrayın temizlik için oldukça fazla uğraş gerektirmesi, model hazırlığın sürecinde zaman harcanması ve malzemenin zarar görme riski gibi dezavantajları bulunmaktadır. Lazer cam kazımanın avantajı, özellikle bilgisayar kontrollü ve temassız üretimdir. Böylelikle, örnek oluşturmaların, modellerin hazırlık aşaması, folyoların tutturulması, folyo atıklarının bertaraf edilmesi, çalışma alanının temizliği vs. gibi işçilik bakımından ekonomik olmayan aşamalar bertaraf edilmiş olur. Bununla birlikte, filigran detayların ve özellikle çok belirgin resimlerle parlaklık izdüşümlerinin lazer kazıma vitrayı da mümkündür. Bu teknoloji esas kumlama işleminin geldiği son nokta olarak değerlendirilebilir. Lazer cam vitray işleme esnasında cam katmanın yüzeyi işaretlenir ve mat bir görünüm kazandırılır. Böylece, karbondioksit

gazlı tüple çalışan lazerin yüksek hassasiyeti sonucu cam tabakaların üzerine fotoğrafların yanı sıra süsler, harfler ve logolar işlemek de mümkün olmaktadır (URL-3).



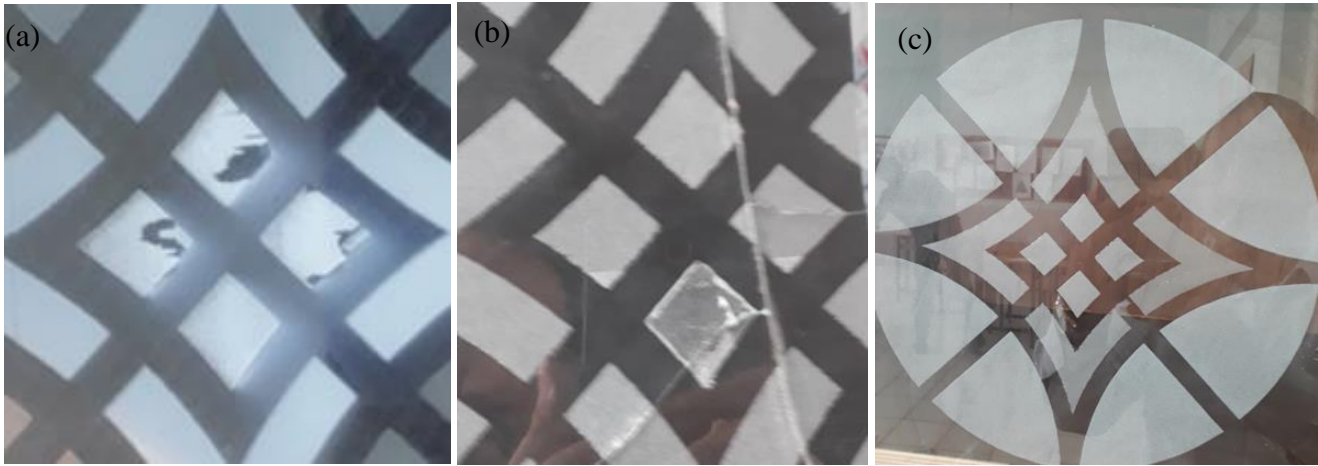
Şekil 6. (a) Geleneksel kumlama vitrayın desen hazırlama aşaması (b) Kumlama aşaması (c) Kumlanmış desen

Bu çalışmadaki boyanmış lazer cam vitray (kazıma) tekniğinin, geleneksel vitray tekniklerinden boyama vitray tekniği sınıfında bir çalışma olduğu değerlendirilebilir. Ancak lazer boyama vitray tekniğinde kazınmış yüzeylere boyama yapıldığından daha mat bir görüntü elde edilmektedir. Geleneksel boyama vitrayın yapılışında cam ve cam boyası, fırça gereklidir. Taslak çizim için taslak camın altına yerleştirilir ve ince bir kontur çizgisi ile belirginleştirilir. Bu kontörlerin arasında kalan kısımlar daha önce belirlenen renklerle boyanır ve işlem sona erer (Hakayık, 2018). Vitray geleneksel olarak daha çok kilise, saray, bazı burjuva evleri gibi yerlerde kullanılmıştır. Endüstriyel devrimlerin ilerlemesiyle birlikte vitray, bu işi yapan kişilerin evlerinde de sıkça kullanılmaya başlamıştır. Böylece vitray geleneksel kullanım alanlarının dışına çıkmış ve iç mekânlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel vitray kullanım amacı yapının dışarıyla bağlantısını kesecek yüzeylerde uygulanmıştır. Endüstriyel üretimin ilerlemesi ve beğeni tercihlerinin farklılaşması camı da etkilemiştir. Camın uygulama yöntemi olarak çok farklılık göstermesi kullanım alanlarındaki çeşitliliğin zenginliğini artırmıştır. Cam işleme tekniklerinden biri olan vitray tekniğinde, teknolojinin gelişmesi ile kendi içindeki tüm vitray teknikleriyle modern form ve hatların hızlı devreye girmesine neden olmuştur. Cam vitray uygulamalarında farklı tekniklerin ve fikirlerin gelişmesi, yeni buluşlara da kapı açmıştır (Dinçol, 2015). Vitray günümüzde daha çok abajurlarda, duvar panolarında, kapılarda ve iç mimaride kullanılır olmuştur (Tutar, 2021). Lazer vitrayın mobilya camlarında kullanımının kısıtlı olduğu, daha çok lazer vitrayın şarap veya şampanya kadehlerinde, bira bardakları ve şişeleri gibi çeşitli özel kullanımlar için bireysel gravüre sahip hediyelerde kullanıldığı görülmektedir (URL-1). Bu çalışmada elde edilen bulgular yardımıyla daha önce kullanılmış bir kitap dolabı kapağının camına lazer yöntemiyle vitray uygulamaları yapılmıştır. Aşağıda Şekil 7.a' da CAM tasarımı yapılan vitrayın üretim çıktısının ön izlemesi görülmektedir. Şekil 7.b' de ise farklı oranlarda lazer işlem hızı ve lazer işlem gücü parametreleri uygulanarak üretime başlama aşaması görülmektedir.



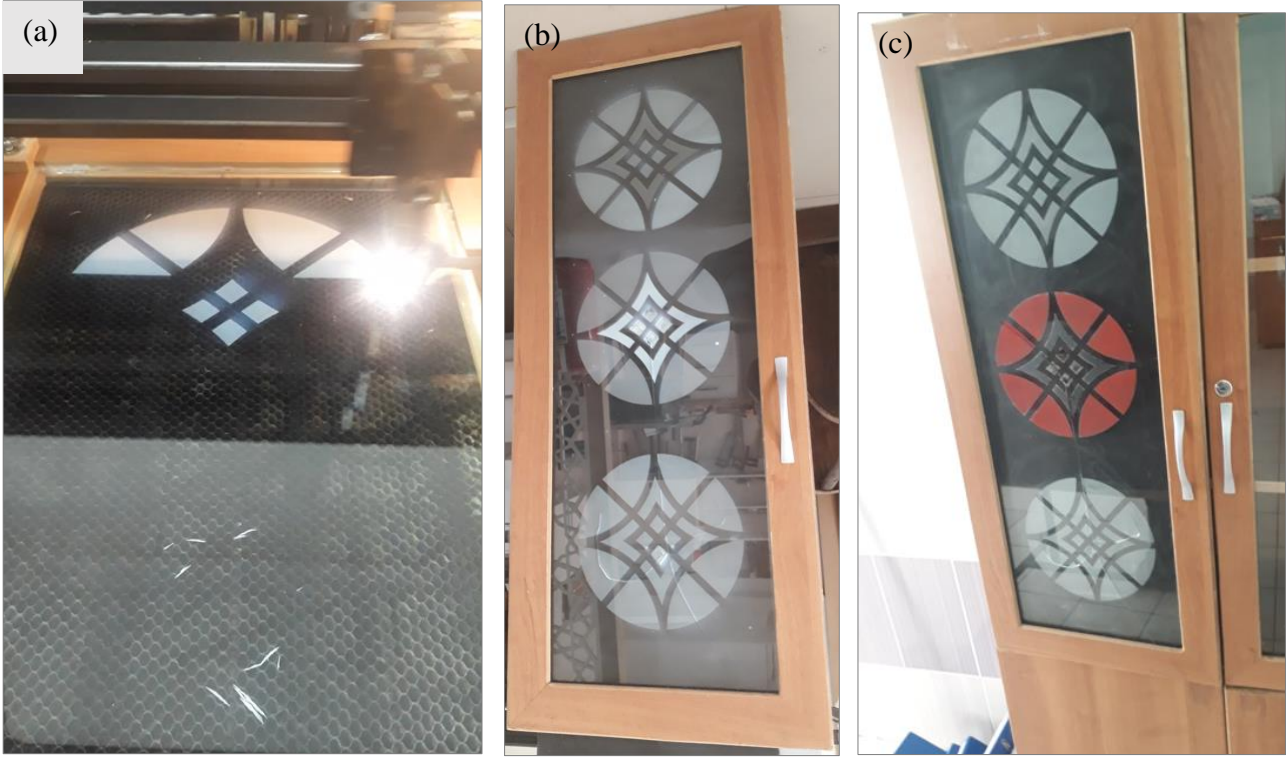
Şekil 7. (a) Vitray üretim çıktısı ön izlemesi (b) Üretim başlama aşaması

CAM tasarımı yapılan vitray motifi yukarıdaki Tablo 1'deki bulgular referans alınarak lazerle mobilya kapağı üzerine işlenmiştir. Yapılan uygulamalarda lazer işleme hızının 100 mm/s seviyesine düştüğü durumlarda, lazer gücü 90 watt civarında yüksek olduğu durumlarda renk tonu farklılığı bakımından motif oluşturmak amacıyla yapılacak işlemlerin, camda katman kalkmalarına neden olduğu saptanmıştır. Bu durum aşağıda Şekil 8.a' da gösterilmektedir. Bunun nedeni cam yüzeyinden fazlaca kazıma yapılarak yüzeydeki mukavemet sağlayan katmanın yok edilmesinden ve camın aşırı ısınmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Bu durumun kapak gibi hareketli mobilya elamanlarında daha da dezavantaj oluşturduğu, hatta kullanım esnasında zayıf noktalardan çatlama olduğu görülmektedir (Şekil 8.b). Ancak 100 mm/s lazer işleme hızının uygulandığı parametrelerde cam vitray uygulaması, 30 watt civarında düşük düzey güçlerde başarıyla uygulanabilmektedir. Öte yandan 500 mm/s hızında yapılan işlemlerin 60 watt civarında orta düzey lazer gücünde uygulanması durumunda daha hızlı ve optimum üretim koşulları sağlanmaktadır (Şekil 8.c). Cam lazer vitray çalışmalarında lazer tüpünün gücüne de bağlı kalınarak genel olarak 30 watt' ın üstünde bir güçle çalışılması önerilmektedir (URL-1).



Şekil 8. (a) Katman kalkma görüntüsü (b) Cam çatlama görüntüsü (c) Optimum görüntü

Aşağıda Şekil 9.a' da tasarımı tamamlanmış mobilya kapak üzerine lazer vitrayın CNC makinesinde işleme aşaması gösterilmektedir. Şekil 9.b' de elde edilen bulgulara göre çeşitli parametrelerde renk tonları elde etmek için, üzerinde vitray denemeleri yapılmış bir dolap kapağı görülmektedir. Şekil 9.c' de ise boyama vitray denemesi yapılmış ve yerine montajı yapılmış dolap kapağı görülmektedir. Yapılan lazer işlemleri sonucunda boyama vitray tekniğinin, lazer yöntemiyle uygulanmasının çok fazla bir avantajının olmadığı görülmektedir. Sadece geleneksel boyama vitraya göre biraz daha mat bir görüntü vermektedir. Ancak motifin yüzeye aktarılması bilgisayar destekli tasarımla gerçekleşmesi bakımından oldukça avantajlıdır. Öte yandan geleneksel kumlama vitray tekniğine göre, lazer kazıma vitray yöntemi üretim sürecinde oldukça üstün kolaylıklar sağlamaktadır. Geleneksel kumlama vitray ile alınan sonuçlar, lazer kazıma bilgisayar kontrollü tasarım ve üretim yöntemiyle, daha kısa zamanda, daha çeşitli renk tonlarında ve daha teknolojik olarak alınabilmektedir. CAD/CAM teknolojiyle bireysel tasarım seçenekleriyle daha çok katma değer sağlamaktadır. Hızlı ve dijital yöntemlerle küçük ürün partilerinde bile esnek ve kalıcı kişiselleştirme tasarımları yapılabilmektedir (URL-1).



Şekil 9. (a) Lazer cam vitray üretim aşaması **(b)** Farklı parametreler uygulanmış kapak **(c)** Boyama vitray uygulanmış ve montajı yapılmış mobilya kapağı

SONUÇLAR

Bu çalışmada cam malzemelerin yüzeylerine bilgisayar kontrollü lazer makinelerinde vitray uygulamasında lazer gücü ve işlem hızının cam yüzeyi özelliklerine ve bu yüzeylerdeki boyama üzerine etkileri araştırılmıştır. Lazer cam vitrayların işlenmesinde lazer cihazında düşük lazer çalışma hızlarında çalışma yapıldığında, ısınmadan dolayı camın yapısal karakteristiğinden kaynaklı çatlamlar meydana gelmektedir. Hem düşük lazer hızında, hem de yüksek lazer güçlerinde çalışmaları yapıldığında ise 0.4 mm derinliğinde kazıma gravürleri oluşmakta ve bu gravürler camın mukavemetini zayıflatmaktadır. Bu kazıma alanları özellikle hareketli mobilya elamanlarında ilerleyen sürede çatlaklar oluşturabilmektedir. Mobilya cam aksesuar aksamındaki lazer vitraylarda, düşük lazer gücünde ve yüksek lazer hızlarında işlenmiş vitrayların, başarıyla kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Lazer vitrayın hem yeni üretilen, hem de kullanımda olan mobilya kapakları, vitrin camları, sehpa camları, kapı camları vb. mobilya elamanları ve aksesuarlarında başarıyla kullanılabilmesi söylenebilir. Öte yandan lazerle işlenmiş cam yüzeylerine boyama vitray uygulaması yapılabilir. Ancak bu uygulamanın geleneksel boyama vitraya göre mobilya elamanlarına daha mat görüntünün dışında estetik anlamda fazla katkısı olmadığı sonucu elde edilmiştir. Bu çalışmadaki bulguların devamı olarak, sonraki çalışmalarda lazer ışınlarının camdaki mukavemet zayıflatıcı olumsuz etkilerinin önlenmesi için çalışmalar yapılabilir. Bu durumda iç mekân donatı elamanlarında daha çok renk tonlarıyla çalışma imkânı sunan çeşitli lazer vitray uygulamalarının yaygınlaşacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Açık, C., (2022). Endüstriyel Ahşap Ürün Tasarımında CNC Lazerle Üretim Parametrelerinin Araştırılması ve Uygulanması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora tezi. Kahramanmaraş, 250s.

Dinçol, İ., (2015). Cam sanatında vitray teknikleri. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik ve Cam Anasanat Dalı, İzmir.

Eliri, İ., (2011) Nakışlı Cam Sanatı Vitray (Revzen-İ Menkuş) Ve Süleymaniye Camii'nde Kullanılan Örneklere Plastik Açından Bir Bakış. *Türk-İlâm Medeniyet Akademik Araştırmalar Dergisi*. Sayı: 11, Sayfa: 145-155. <http://ktp.isam.org.tr/detayilhmklzt.php?navdil=tr&midno=42903750&Dergivalkod=0617&YayinTarihi=2011&Sayi=11>

Hakayık,. (2018) Vitray sanatı nedir? *Milli Eğitim Bakanlığı dergisi* Sayfa 21-24.
25125238_dergi_2018_pages_deleted_1.pdf

Işık, Ş. (2016). Vitray sanatı üzerine, *Sanat Çevresi Dergisi*, Sayı:76. s.34. İstanbul
<https://api.core.ac.uk/oai/oai:earsiv.sehir.edu.tr:11498/40109>

Maingi, E., Alonso, M., Angure,l L., Rahmanb, A., Chapoulic, R., Dubernet S., (2022). German Franciscode la Fuenteb Historical stained-glass window laser preservation: The heat accumulation challenge. *Boletin dela sociedades panolade ceramicay vidrio* 61 (2022) S: 69–82.

MEGEP, (2008). Milli Eğitim Bakanlığı Seramik ve Cam Teknolojisi alanı, Cam yüzeyi aşındırma teknikleri dersi bireysel öğrenme materyalleri. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kumlama.pdf

MEGEP, (2014). Milli Eğitim Bakanlığı Seramik ve Cam Teknolojisi alanı, Temel vitray dersi bireysel öğrenme materyalleri. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Temel%20Vitray.pdf

Nisar, S., Li, L., Sheikh, M.A., (2013). Laser glass cutting techniques-a review. *Journal of laser applications*, Volume 25, Issue 4. <https://doi.org/10.2351/1.4807895>

Tutar, B.,(2021). Cam Güzeli: Vitray. *Genç dergisi*, Sayı:173 S.63. <https://gencdergisi.com/14324-cam-guzeli-vitray.html>

URL-1. <https://www.troteclaser.com/tr/malzemeler/lazerle-cam-kazima> (Erişim: 22.10.2023)

URL-2. <https://www.laseral.com.tr/sectorler/51/cam-isleme> (Erişim: 22.10.2023)

URL-3. <https://www.eurolaser.com/tr/malzemeler/cam> (Erişim: 22.10.2023)