T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV İÇ TASARIM MALZEMESİ OLARAK PLA'NIN KULLANIM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMİNE KADAYIF

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU

Nisan 2021

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV İÇ TASARIM MALZEMESİ OLARAK PLA'NIN KULLANIM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emine KADAYIF

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Hazırlanan bu tez 01/04/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Emrah BULUT	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Ferhat AYDIN	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm hazırlanan verilerin akademik kurallar çerçevesinde hazırlandığına, yazılı, görsel tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğuna, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığına, tezde yer alan verilerin Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesinde veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Emine KADAYIF

21/01/2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Mekanik Testlerin yapılmasındaki yaklaşımlarından ötürü Doç.Dr. Ferhat AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof.Dr. Ahmet KOLİP'e ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Emrah BULUT'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN……I

TEŞEKKÜR……..II

İÇİNDEKİLER…….…....III

KISALTMALAR…….....….V

SİMGELER…….…….....VI

TABLOLARLİSTESİ…….…...VII

ŞEKİLLERLİSTESİ…….…….....VIII

ÖZET…….…..……..IX

SUMMARY……..…..X

BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1. Tezin Amacı 1
1.2. Literatür Araştırması 1
1.3. Hipotez 8

BÖLÜM 2
OTOMOTİV İÇ TRİM MALZEMELERİ..... 9
2.1. Otomotiv İç Trim Malzemeleri 9
2.2. Malzemenin Özellikler 11
2.3. Otomotiv İç Trim Malzemelerine Uygulanan Testler 12
2.3.1. Çekme deneyi 13
2.3.2. Eğilme deneyi 16
2.3.3. Darbe deneyi 17

BÖLÜM 3
MATERYAL VE METOD 19
3.1. Parçanın Özellikler 19
3.2. Parçanın Malzeme Seçimi 19
3.3. Parçanın Norm Özellikleri 21
3.3.1. Gövde boyutları 23
3.3.2. Direk destek tutacağı gövde ölçüleri 23
3.3.3. IP monteli kepçe kolu ölçüleri 24
3.3.4. Tepegöz tutamak erişim ölçüleri 25
3.3.5. Direk destek tutamağı erişim ölçüleri 26
3.3.6. Kepçe kolu erişim ölçüleri 26
3.3.7. İnsan vücudunun fiziksel ve parametrik özelliklerinin modellenmesi..... 27
3.4. Parçanın 3b Baskı İmalatı 28
3.4.1. CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) modelleme 30

3.4.2. Baskı ayarlamaları 31
3.5. PLA Malzemesine Uygulanan Testler 35
3.5.1. Çekme testi 35
3.5.2. Eğilme testi 37

BÖLÜM 4
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA 39
4.1. Teknik Çizim 39
4.2. Analiz Sonuçları 40
4.2.1. Statik kuvvet yapısal kuvvet analizi 40
4.2.2. Eşdeğer gerilme analizi 43
4.2.3. Normal stres analizi 43
4.2.4. Toplam deformasyon 44
4.2.5. Yönlü deformasyon 45
4.3. Çekme Testi Sonuçları 47
4.3.1. PLA malzeme çekme test sonucu 47
4.3.2. PP malzeme çekme test sonucu 48
4.4.Eğilme Testi Sonuçları 51
4.4.1. PLA malzeme eğilme test sonucu 51
4.4.2. PP malzeme eğilme test sonucu 52

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER…….55

KAYNAKLAR……..57

EKLER…….....60

KISALTMALAR

3B	: 3 Boyut
3BP	: 3 Boyutlu Yazıcı
ABS	: Akrilonitril Bütadien Stiren
ARGE	: Araştırma Geliştirme
CAD	: Bilgisayar Desteklli Tasarım
EA	: Ergime Akış İndeksi
EPDM	: Etilen, propilen dien monomen
EBM	: Elektron Işınlı Ergitme
FDM	: Fused Deposition Modelling
ISO	: Uluslararası Standartlar Örgütü
MPa	: Megapaskal
PA	: Poliamid
PE	: Polietilen
PLA	: Poli Laktik Asit
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbonlar
PDMS	: Polidimetilsiloksan
PDFE	: Polytetrafloretilen
PET	: Polietilenteraftalat
PP	: Polipropilen
PVC	: Polivinil Klorür
RP	: Hızlı Protipleme
s	: Saniye
SAE	: Otomotiv Mühendisleri Topluluğu
STP	: Step
SLA	: Service Level Agreement
SLM	: Seçmeli Lazer Ergitme
SLS	: Seçmeli Lazer Sinterleme
S/N	: Sinyal /Gürültü oranı
TAYSAD	: Taşıt Araçları Tedarik Sanayicileri Derneği
TOSB	: Otomotiv Yan Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi
TPU	: Termoplastik Poliüretan
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

SİMGELER

cm : Santimetre

c^o : Derece

dk : Dakika

Ee : Elastisite modülü

F : Kuvvet

Fmax : Maksimum kuvvet

g/cm³ : Yoğunluk

J : Joule

kg : Kilogram

Me : Eğme momenti

mm : Milimetre

N : Newton

s : Saniye

T : Zaman

δ : Eğilme miktarı

ε : Birim uzama

σ : Gerilme (MPa)

$\sigma_ç$: Çekme dayanımı (MPa)

σ_e : Eğilme dayanımı (MPa)

σ_k : Kopma dayanımı (MPa)

% : Yüzde

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 : Plastik malzemesinin özellikleri
Tablo 3.1 : PLA'nın mekanik özellikleri
Tablo 3.2 : Filament özellikleri
Tabla 4.1 : Polietilen malzemenin ansysde kullanılan parametreleri
Tablo 4.2 : Eş değer gerilme analiz tablosu
Tablo 4.3 : Normal stres gerilme analiz tablosu
Tablo 4.4 : Toplam deformasyon sonuç tablosu
Tablo 4.5 : Yönlü deformasyon sonuç tablosu
Tablo 4.6 : PLA parçaların çekme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri
Tablo 4.7 : PP numune parçaların çekme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri
Tablo 4.8 : PLA numune parçaların eğilme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri
Tablo 4.9 : PP numune parçaların eğilme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 : Otomotiv iç trim malzeme örnekleri
Şekil 2.2 : Otomotiv iç trim malzemeleri
Şekil 2.3 : İç trim malzeme tasarımı
Şekil 2.4 : Otomotiv iç döşeme
Şekil 2.5 : Çekme deneyi cihazı
Şekil 2.6 : Çekme deneyi grafiği
Şekil 2.7 : 3 nokta eğme deneyi
Şekil 2.8 : Darbe testi cihazı
Şekil 2.9 : Darbe testi örneği
Şekil 3.1 : El Tutamağı
Şekil 3.2 : Termoplastik malzeme örnekleri
Şekil 3.3 : PLA malzeme
Şekil 3.4 : Tutunma kolu ölçüleri
Şekil 3.5 : Destek ölçüleri
Şekil 3.6 : IP monteli kepçe kolu ölçüleri
Şekil 3.7 : Tutunma kolu erişim ölçüleri
Şekil 3.8 : Dirsek desteği tutamağı erişim ölçüleri
Şekil 3.9 : IP monteli kepçe kolu erişim ölçüleri
Şekil 3.10 : Tepegöz tutamağı erişim değerlendirmesi
Şekil 3.11 : 3B baskı makinası
Şekil 3.12 : El tutamağı cad modelleme
Şekil 3.13 : El tutamağı Solidworks tasarımı
Şekil 3.14 : El tutamağı STL tasarım modeli
Şekil 3.15 : El tutamağının 3B baskı ile üretim aşaması
Şekil 3.16 : PLA malzemesi el tutamağı yapım aşaması
Şekil 3.17 : PLA malzemesine uygulanan çekme testi cihazı ve numune
Şekil 3.18 : Shımadzu çekme testi cihazı
Şekil 3.19 : Eğilme testi cihazı
Şekil 3.20 : Eğilme testi cihazı ve pla malzeme
Şekil 4.1 : İmalatı yapılan el tutamağının teknik çizimi
Şekil 4.2 : Statik kuvvet analizi
Şekil 4.3 : Yapısal kuvvet analizi
Şekil 4.4 : Statik –Yapısal kuvvet analiz grafiği
Şekil 4.5 : Eş değer gerilme analizi
Şekil 4.6 : Normal stres analizi
Şekil 4.7 : Toplam deformasyon analizi
Şekil 4.8 : Yönlü deformasyon analizleri
Şekil 4.9 : PLA malzeme çekme test sonuç grafiği
Şekil 4.10 : PP malzeme çekme test sonuç grafiği
Şekil 4.11 : PLA ve PP malzeme çekme testi karşılaştırma grafiği
Şekil 4.12 : PP ve PLA numunelerin çekme testi sonucu oluşan gerilme sütun grafiği
Şekil 4.13 : PLA malzeme eğilme test sonuç grafiği
Şekil 4.14 : PP malzeme eğilme test sonuç grafiği
Şekil 4.15 : PP ve PLA malzeme karşılaştırma grafiği
Şekil 4.16 : PP ve PLA numunelerin eğilme testi sonucu oluşan maksimum kuvvet sütun grafiği

OTOMOTİV İÇ TASARIM MALZEMESİ OLARAK PLA'NIN KULLANIM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Otomotiv sektöründe trim sistemleri; iç trim, dış trim ve plastik parçalardan oluşmaktadır. Trim malzeme modellemesi için yapılan tasarım, mühendislik analizleri ve 3 boyutlu yazıcılar ile hızlı prototipleme aşamasına kadar işlemler uygulanmıştır. Trim sistemlerin kendi yapısında konstrüksiyonu ve aracın diğer trim parçaları ile olan ilişkileri ile tasarım aşamasında bulunan parçaların imalat sırasındaki analizleri, temel mukavemet analizlerini içermektedir.

Bu çalışmada; PLA malzemesinin otomotiv iç trim malzemesi olarak kullanılması ve tasarımından prototiplemeye kadar malzemenin kullanımı esnasındaki veriler test edilerek kullanılabilirliği araştırılmıştır. Tez konusu belirlendikten sonra otomotiv iç trim malzemesi olarak kullanılan el tutamağı parçası karar verilmiştir. Çizime Solid works programında başlanılmıştır. Çizimden sonra parçaya uygulanan kuvvet ve yönler belirlenmiştir. Ansys programını kullanarak statik analiz, yapısal kuvvet analiz, eşdeğer gerilme analiz, normal stres analiz, toplam deformasyon ve yönlü deformasyon analizleri yapılarak tamamlanmıştır. Sonrasında PLA filamenti kullanılarak çizim ile beraber 3 boyutlu yazıcıda basımı gerçekleştirilmiştir. 3 boyutlu yazıcıda hazırlanan %20 doluluk oranına sahip olan parçalar bittikten sonra kontrol sağlanmıştır. Sonrasında parçaya uygulanan mekanik testler araştırılmıştır. Çekme ve eğilme testleri için parçadan numuneler hazırlanmıştır. Cihazlarda testler yapılarak rapor şeklinde doküman hazırlanılmıştır. PLA malzemesi ve PP malzeme karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasında; Günümüzde kullanılan otomotiv sektöründe plastik malzemelerden PLA ham malzemesini alarak 3 boyutlu yazıcıda %20 doluluk oranı ile basımı yapılmıştır. Özgül ağırlıkları birbirine yakın olan PLA ve PP malzemelerin eğilme ve çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Testler neticesinde PP malzemenin deformasyona karşı daha dayanıklı olduğuna ve malzemenin günlük yaşamda kullanılabilirliğinin olumlu sonuçlarına yapılan testler neticesinde varılmıştır.

Anahtar Kelimeler; PLA, Otomotiv İç Trim Tasarımı, 3 Boyutlu Baskı, Polimer Malzemeler, Plastik, Mekanik Testler.

INVESTIGATION OF THE USE OF PLA AS AN AUTOMOTIVE INTERIOR DESIGN MATERIAL

SUMMARY

Trim systems in the automotive industry; Consists of inner trim, outer trim and plastic parts. The design for trim material modeling, engineering analysis and 3D printers were applied until the rapid prototyping stage. The construction of the trim systems in their own structure, their relationship with the other trim parts of the vehicle, and the analysis of the parts in the design phase during the manufacturing process include basic strength analysis.

In this study; The use of PLA material as an automotive interior trim material and its usability was investigated by testing the data during the use of the material from its design to prototyping. After determining the subject of the thesis, the handgrip part used as automotive interior trim material was decided. Drawing has started in the Solid Works program. After drawing the force and directions applied to the part were determined, it was completed by performing static analysis, structural force analysis, equivalent stress analysis, normal stress analysis, total deformation and directional strain analysis using the Ansys program. Afterwards, it was printed on a 3D printer together with the drawing using PLA filament. Control was achieved after the parts with 20% fullness prepared in a 3D printer were finished. Afterwards, mechanical tests applied to the part were investigated. Samples were prepared from the piece for the tensile and bending tests. A document was prepared in the form of a report by testing the devices. PLA material and Polypropylene material were compared.

In the thesis study; It was printed with 20% fullness rate in 3D printer by taking PLA raw material from plastic materials in today's automotive industry. The flexural and tensile tests of PLA and PP materials with close specific weights were carried out. As a result of the tests, it has been concluded that the polypropylene material is more resistant to deformation and the positive results of the material's usability in daily life are as a result of the tests.

Keywords; PLA, Automotive Interior Trim Design, 3D Printing, Polymer Materials, Plastic, Mechanical Tests.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Polilaktik Asit (PLA)' in otomotiv iç tasarım malzemesi olarak kullanma imkanlarının araştırılması konusu ele aldığımız tez çalışmasıdır. Otomotiv iç trim malzemeleri araştırılıp belirlendikten sonra, el tutamağı parçanın çizimi ve analizi tamamlandı. 3B baskı ile PLA filamenti alarak %20 doluluk oranlarına sahip malzemelerin basımı gerçekleştirildi. Baskıdan sonra öncelikli olarak mekanik testlerine sonrasındaysa çekme ve eğilme testlerine karar verildi. Test sonucu rapor haline getirildi, grafikler yardımıyla PLA malzeme ve PP malzeme karşılaştırıldı.

1.1. Tezin Amacı

Tezde yer alan PLA'nın otomotiv iç tasarım malzemesi olarak kullanma imkanlarının araştırılması; Otomotiv sektöründe iç trim malzemesi olarak araçlarda kullandığımız el tutamağının tasarımı, analizi ve kullanılan parçanın malzemelerin özelliklerini araştırarak 3B yazıcıda PLA malzemeyle baskıdan sonra %20 doluluk oranları ile PLA malzemesine uyguladığımız mekanik testleri gerçekleştirerek orijinal malzememiz olan PP ile diğer ölçüm ve sonuçları karşılaştırmaktır.

1.2. Literatür Araştırması

Bu kısımda polipropilen (PP) malzeme ve polilaktik asit (PLA) malzemesini karşılaştırarak uygun sonuçlara varmak için kaynak taraması gerçekleştirilmiştir.

Literatürde 3 boyutlu yazıcılar hakkında birçok çalışma yapılmıştır.

3 boyutlu yazıcılar konusunda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Günlük hayatta kullanılan plastik malzemeler hakkında 3B baskı yöntemi yaygın olarak görülmektedir.

Burçin ve Sezer (2018) [1], üç boyutlu yazıcılar ile gerçekleştirilen baskılar neticesinde ortaya çıkan bileşenler ve ürünler, otomotiv, gıda ve birçok sektörde kullanılmaktadır. 3

boyutlu yazıcılar sayesinde üretilen malzemelerin mekanik özelliklerinin anlaşılması ve daha sonrasında uygulamalarda kullanılması açısından önemli olduğu belirtilmiştir.

Fevzi ve arkadaşları (2013) [2], 3 boyutlu baskı teknolojisi günümüzde bir yazıcı olarak işlem görmektedir. Uygun çizim ile makineye gönderilen parça katmanlı üretilerek 3 boyutlu fiziksel parça haline gelmektedir. Katmanlı üretimle oluşan parçayı prototipleme ile birlikte üretimi yapılacak parçanın imal edilmeden önce modelini oluşturulması olarak parça tanımlanabilir. Oluşan şekille o ürünün prototipi denir.

Cenk ve arkadaşları (2013) [3], bu çalışmada FDM (Eriyik Yığma Modelleme) yöntemi ile üç boyutlu (3B) yazıcı imalatı olan ve kompozit yapıya sahip parça imalatı yer almaktadır. Yazıcıda kullanılacak olan birinci ekstruder ve standart filamentler basılırken, ikinci ekstruderle basılan parça içerisine farklı kimyasal özelliklere sahip malzemeler yer almaktadır. Bunun sonucunda daha üstün mekanik özellikli kompozit ürünler elde edilmiştir. Parçalar çekme testi uygulanarak elde edilen sonuçlar ile baskının mekanik testleri yapılarak incelenmiştir.

Mustafa ve arkadaşları (2019) [4], bu çalışmada ergiyik yığma modelleme (FDM) ve 3B yazıcılarda PLA malzemesinin mekanik özelliklerine göre baskı hızı, doluluk oranı öngörülerek tasarlanmıştır. Çalışmada, 3B yazıcı ile standart çekme testi örnekleri hazırlanmış. İşlem parametrelerinin (Baskı hızı, doluluk oranı ve tarama açısı) çekme dayanımıyla ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca, çekme dayanımı için işlem parametrelerinin optimizasyonu uygulanmıştır. Sonuç olarak, çekme dayanımı üzerinde en etkin parametre doluluk oranı olurken, tarama ve baskı hızı diğer önemli parametreler olarak tespit edilmiştir.

Koray ve Burhan (2017) [5], Eklemeli imalat teknolojileri; üç boyutlu yazıcı (3BP), steryolitografi (SLA), ergiterek yığma modelleme (FDM), elektron ışınlı ergitme (EBM) seçmeli lazer sinterleme (SLS), seçmeli lazer ergitme (SLM), yöntemleri yer almaktadır. Katmanlı üretimde teknolojinin tıp, dişçilik, uzay sanayi ve otomotiv gibi birçok sektörde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Endüstri 4.0 sanayi devrimi için önemli bir yeri olacağı ön görülmektedir.

Hatice ve arkadaşları (2018) [6], En çok kullanılan filamentler ABS ve PLA’ dır. 3 boyutlu yazıcı tasarımı ve prototipi mekanik sisteminin etrafının kapalı olduğu alanda gerçekleştirilmiştir. Üç farklı doluluk oranları ile %10 %30 ve %50 olmak üzere prototipi

gerçekleştirilen yazıcılarda filament kullanılarak iki farklı durumda numune üretilmiştir. Sonuçlar kıyaslanarak doluluk oranının, mukavemet üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Ben ve Joshua (2015) [7], PLA renginin 3B baskılı bileşenlerin malzeme ile yapılan çalışmalar sonucunda 3B baskının gelişimini desteklemek için renk ve işlem sıcaklığının 3B baskılı PLA'nın malzeme özellikleri üzerindeki etkileri hakkında raporlar hazırlanmıştır. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, RepRap baskılı parçaların, çekme dayanımı açısından tescilli FDM kullanan ticari 3 boyutlu yazıcılarla çalışarak eşleşebileceği ve hatta gerçekleştirilebileceği bulunmuştur.

Mohammed (2018) [8], Temel polimerlerden polilaktik asit 3B yazıcılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. 3B baskı filamentleri üretilmesi için, PLA ile farklı oranlarda (%1, %2,5 ve %5) nano boyutlu MOF-5 katılmıştır. Saf PLA karşılaştırarak nanokompozitlerin mekaniksel ve termal karışımdaki MOF-5 oranına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Tagarielli (2017) [9], PLA blokları 3B baskı ile üretilmiştir. Örnekler geleneksel işlemlerde kullanılarak baskılı bloklardan kesilerek ve farklı malzeme yönleri boyunca gerilme, sıkıştırma ve kırılma deneyleri yapmak için kullanılmıştır gerçekleştirilen deneyler sonucunda PLA blokları ve mekanik tepki ölçüleri, füzyon biriktirme yöntemiyle (FDM) birlikte polimer filamenti tek bir yönde bırakan 3B baskı ile üretilmiştir. PLA malzemenin 3B baskı boyutu ile mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. 3D baskı ile imalatın tokluğu arttırıldığı gözlemlenmiştir. Tavlama termal döngüsünün moleküler yapı ve malzemenin mekanik yanıtı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Eric ve arkadaşları (2014) [10], 3B baskı ile kalıp tasarlamak için kullanılan geliştirme süreci yer almaktadır. Çok işlevli prototipler yazdırılarak 3B baskı teknolojisi açıklanmaktadır. 3B baskı sürecini kesintiye uğratarak uyum ve işlevselliği aynı anda yakalamak ve değerlendirmek için hızla geliştirilmiş ve yüksek kaliteli prototipler üretilebilir sonucuna varılmıştır.

Hatice ve arkadaşları (2017) [11], PLA ve PET malzemelerin, üç boyutlu yazıcıda doluluk oranının mekanik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. PET ve PLA malzemeleri %10, 20, 30, 40 ve %50 doluluk oranlarında üç boyutlu yazıcılar kullanılarak yazdırılmıştır. Üretimi yapılan parçalar ile çekme testleri gerçekleştirilerek, pürüzlülük ve sertlik değerleri ölçülmüştür. Gerçekleştirilen ölçümler neticesinde PLA ve PET

malzemelerinde sertlik değerinin malzemenin doluluk oranı ile doğru orantılı olduğu, doluluk oranı arttıkça malzemelerin sertliklerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

Fatih (2018) [12], hızlı prototipleme teknolojileriyle çeşitli malzemeler kullanarak dijital ortamdaki üç boyutlu modeller kalıp veya fikstüre gerek kalmaksızın somut nesneler halinde üretilebilmektedir. 3B yazıcıların zaman, maliyet tasarrufu, çevreye zarar vermeme, güvenlik ve gizlilik gibi avantajları nedeniyle farklı alanlarda uygulamaları yapılmaktadır. 3B yazıcı teknolojisi geliştikçe ve kullanımı yaygınlaştıkça yeni kullanım alanları ortaya çıkmaktadır. 3B yazıcılar plastik, silikon, cam ve diğer bazı malzemeleri yazdırabilmektedir.

Berkay ve arkadaşları (2019) [13], endüstriyel mekanizma örneği olan ve 3B baskı ya da eklemeli imalat yöntemi olarak bilinen üretim yönteminin kullanımı bir çok alanda olduğu gibi yaygın olarak otomotiv sektörü başta olmak üzere, havacılık, savunma sanayi ve birçok alanlarda her geçen yıl artmaktadır. Endüstriyel mekanizma örneği olan 3B yazıcılarda katman kalınlığının baskı süresi, yüzey pürüzlülüğüne ve filament tüketimi incelenmiştir. Deney çalışmaların sonuçlarına göre, katman kalınlığı optimizasyonu ile yüzey kalitesi, baskı süresi ve filament tüketimi parametrelerinin optimize edilebileceği belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerinin en düşük seviyede ve düşük katman kalınlıklarında baskı süresinin en yüksek seviyede olduğu incelenmiştir.

Literatürde PLA malzeme ile yapılan deneylere ve kaynaklara yer verildi.

Xuesi Chen (2010) [14], Bu çalışmada PLA' nın araştırma, geliştirme ve sanayileşme sürecinde, yer alan aşamaları belirtilmiştir. Ayrıca PLA malzemesinin kullandıktan sonra geri dönüşümünün malzemede ne gibi etkisi olduğu açıklanmaktadır. PLA malzemenin kullanım alanları günlük hayatımızda birçok yerdedir. PLA malzemelerin, kullanımından sonra malzemenin ikinci kez tekrar eritilmesi ve işlenmesi veya temel kimyasal olan laktik aside hidrolize edilmesi suretiyle geri dönüştürülebilir. Bu çalışmada, laktik asidin polimerizasyonu için teknolojiler ve PLA'nın ve kopolimerlerin diğer benzer polimerlerle fiziksel, termal ve mekanik özellikleri, biyolojik olarak bozunabilirliği ve biyo uyumluluklarının karşılaştırılması açıklanmaktadır.

Özkan ve arkadaşları (2018) [15], bu çalışmada yazdırma doluluk oranının, 3B yazıcıda yazdırılan parçaların çekme hasar yüküne olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmanın devamı niteliğinde olup, yeni filament tipi

eklenerek içeriği genişletilmiştir. Parçaların yazdırılmasında, PLA, ABS, naylon ve destek malzemesi olarak kullanılan polistiren filamentler tercih edilmiştir. Yazdırılan parçalar için doluluk oranları %15, %50 ve %100 olarak seçilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, doluluk oranlarındaki artışa bağlı olarak hasar yüklerinde belirgin şekilde artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Benjamin ve arkadaşları (2018) [16], PLA malzemesi ile yapılan deneyler sonucunda, biyolojik olarak polimerlere ve doğal elyaf takviyeli polimerlere olan ilgi, çevresel endişeler nedeniyle son zamanlarda artış göstermiştir. PLA sırasıyla Cordenka rayon lifleri ve keten lifleri ile güçlendirilmiştir. Tamamen biyolojik olarak bozunabilir kompozitlere örnek olan bu kompozitlerin mekanik özellikleri test edilmiş ve karşılaştırılmıştır. En yüksek darbe mukavemeti ve gerilme mukavemeti meydana gelmiştir. Sonuç olarak %30 PLA kadar bir elyaf-kütle bulunmuştur.

Mustafa ve arkadaşları (2019) [17], Filament malzemesinin çalışma durumundaki 190-200-210-220 ºC sıcaklıkları kullanılarak 3 boyutlu yazıcılarda gerçekleştirilmiştir. 3 boyutlu yazıcılarda yazdırılmış ve shore-D sertlik ve çekme testleri yapılarak mekanik özellikleri gözlemlenmiştir. Sertlik değeri olarak da 30 mm/s gibi düşük yazdırma hızlarında en yüksek sertliğin 190 ^{o}C de elde edilmiş olduğu tespit edilmiştir. Düşük viskozite nedeniyle yazdırma işlemlerinin 200^{o}C sıcaklıkların üzerinde yapılması gerektiği öngörülmektedir. Deney sonuçları neticesinde, PLA filamentiyle gerçekleştirilen farklı sıcaklıklarda 3 boyutlu yazıcılarda üretilen parçaların özelliklerinin yazdırma hızına bağlı olarak gözlemlenmiştir.

Raquez ve arkadaşları (2013) [18], polilaktik bazlı nanokompozitler günlük hayatımızda birçok farklı alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Çevre dostu süreçler ve ürünler ekseninde, polilaktit (PLA), yenilenebilirlik, biyolojik olarak bozunabilirlik, biyouyumluluk ve iyi termomekanik özellikleri nedeniyle çeşitli petropolimerler için en iyi polimerik ikameleri temsil eder.

Kenan (2019) [19], PLA filament malzemesinden, farklı parametrelere göre eklemeli imalat üretimi yapılmıştır. Üretilen numuneler sertlik ölçüm testleri ve çekme testlerine tabi tutularak, ürünlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Birinci üretim parametresi olarak; %20, %60, %100 olmak üzere üç farklı doluluk oranı kullanılmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre; doluluk oranındaki artış ile birlikte numunelerin çekme mukavemeti de

artmıştır. Sertlik değerlerinde genel olarak bir artışa, dolgu oranındaki artış ve üretim hızındaki azalmanın neden olduğu gözlemlenmiştir. Sertlik, uzama değerlerindeki farklılıkların, PLA malzemesinden parça üretim sürecinde, daha fazla ısıya maruz kalmasına bağlı olarak gevrekleşmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Yavuz ve arkadaşları (2000) [20], polimer malzemelerin önemi gün geçtikçe artmıştır. Özellikle metallerin yerine ikame edilen polimerler metallerden farklı özelliklere sahip olduğundan bu malzemelerin özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan test teknikleri önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada polimer malzemelerin mekanik özellikleri ve kullanılan test teknikleri incelenmiştir.

Literatürde otomotiv sektöründe kullanılan plastik malzeme ve 3 boyutlu baskı araştırmalarına yer verildi.

Yasin (2019) [21], kompozit malzemelerinin özellikleriyle yapılan çalışmalarda doğal lifler ve cam lifleri ile incelendiğinde daha düşük mukavemete sahip olmalarına rağmen düşük yoğunlukları nedeniyle özgül mukavemet değerleri cam liflerine eş, hatta bazı doğal liflerde daha yüksektir. Doğal lif destekli kompozitlerin avantajları; geri dönüşebilir olmaları, ağırlıktan tasarruf sağlayarak karbondioksit salınımını azaltmaları, hammadde olarak doğal liflerin kolay ve bol bulunmalarıdır.

Şüheda ve arkadaşları (2020) [22], otomotiv sektöründe her geçen gün yeni zorluklarla karşı karşıya olup, kısa vadede araçların yeniden şekillendirilmesi, yeni modeller ve tasarımsal düzeltmeler geleneksel imalat yöntemlerini zorlamaktadır. Sıklıkla yeni modeller üretmek ve görünüm geliştirmeleri yapmak durumunda kalan otomotiv firmaları, estetik, aerodinamik, güvenlik ve ağırlık azaltma konularındaki teknolojik evrimden etkilenerek gelişmektedir. Dijitalleşme, otomotiv endüstrisinin tasarımlarını daha hızlı ve daha verimli bir şekilde başarılı sonuçlara dönüştürmesine yardımcı olmaktadır. Otomotiv sektöründe 3B katmanlı imalat yönteminin kullanılmasıyla karmaşık hafif yapıların hızlı bir şekilde üretilmesine yardımcı olmaktadır.

Aydın (2018) [23], otomotiv sektöründe test ve doğrulama altyapıları son yıllarda oldukça gelişme göstermiştir. Araçta bulunan ve her yük taşıyan tüm parçalar için hem statik limit dayanım testleri hem de tekrarlı yüklere dayanım ömrü testleri yapılmaktadır. Ömür testlerinde yükleme formu sinüs gibi periyodik olabildiği gibi bazen yoldan toplanan rastlantısal yükleme formunda da olabilmektedir. Ömür testlerini hızlandırmak

için yükleme frekansı parça ve altyapı izin verdiği oranda ve eşdeğer hasarı yaratacak şekilde arttırılmaktadır.

Neslihan (2017) [24], günümüzde modern otomotiv iç ve dış parça tasarımındaki estetik her geçen gün önem arz etmektedir. Polipropilen malzemelerin kolay, hafif, ucuz olmaları işlenebilmeleri ve geri dönüştürülerek tekrar kullanılabilmelerinin yanı sıra dolgu ve katkılarla güçlendirilmiştir. Ve böylece otomotiv iç ve dış aksamların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe özellikle iç aksamlarında kaliteli yüzey özellikleri geliştirmek amacıyla PP bileşikler hazırlanmıştır. Malzemelerin hazır yüzey kalitesine etkilerini tespit etmek amacıyla bileşiklerden alınan numunelere fiziksel, termal, mekanik ve morfolojik testler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar neticesinde, çizilmeye karşı direncine etki eden ana faktörler arasında kristalizasyon, polimer ve dolgu arasında ki etkileşim, ana matris içinde dispersiyonun etkinliği, sertlik/darbe dayanımı dengesi, slip ajanla yüzey modifikasyonu incelenmiştir.

Ali (2013) [25], günümüzde yaygın olarak kullanım alanı oluşturulan termoplastik matrisli kompozitler geri dönüştürülerek yeni nesil plastik malzemeler haline getirilmiştir. Kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Örnek olarak; enerji, havacılık, otomotiv ve daha birçok alanda uygulanmaktadır. Plastik matrisli kompozitler olarak önceden bilinen termoset matrisli kompozitler anlaşılmasından dolayı tanımlarda özellikle termoplastik matris kavramı vurgulanmıştır. Çalışmalar neticesinde termoplastik matrisli kompozitlerin kullanımı ve geri dönüşmüş termoplastiklerin kullanımı önemli hale gelmiştir.

Otomotiv iç tasarım malzemelerinde PLA'nın kullanma imkanlarının araştırılmasında 3 boyutlu yazıcı ile üretilen %20 doluluk oranlarına sahip el tutamağı numuneleri ve PP malzemelerine mekanik testler uygulanmıştır. Çekme ve eğilme testleri sonucunda oluşan gerilme, birim deformasyon, kuvvetler ve uzama değerleri grafikler ile gösterilmiştir.

1.3. Hipotez

Otomotiv sektöründe kullanılan parça seçiminde malzemenin tasarımı ve kullanış biçimi önemlidir. PLA'nın Otomotiv iç tasarım malzemesi olarak kullanma imkanlarının araştırılması konusunda; Otomotiv iç trim malzemesi olarak el tutamağının tasarımı, analizi ve %20 doluluk oranları ile 3B baskı imalatında üretilen PLA' nın mekanik testleri gerçekleştirilmiştir. PLA ve PP malzemelerine uygulanan mekanik testler, çekme ve eğilme test sonuçları karşılaştırılarak sonuca varılmıştır. Çalışmanın amacı; termoplastik olarak seçilen PP ve PLA malzemelerinin çekme ve eğilme testlerini gerçekleştirerek, PLA malzemesinin 3B baskı ile üretilen parçanın kullanma imkanlarını test etmektir.

BÖLÜM 2. OTOMOTİV İÇ TRİM

2.1. Otomotiv İç Trim Malzemeleri

Otomotiv sektöründe sıklıkla duyulan trim malzemeler terimi; otomotiv aracın içinde ve dışında mevcut olan tüm plastik malzemeleri ifade eder. İç tarafta, ön konsol, orta konsol ve kapıların üzerindeki kısımlar, plastik olan her parça trim olarak kabul edilir. Trim malzemeler normal şartlar altında boyalı malzemelerdir. Otomotiv sektöründe, trim malzemelere yönelik olarak yapılan başlıca hata; plastik aksamların tekrar boyanması ya da parlatılması gibi fazladan işlemlere tabi tutulmalarıdır. Yapılan fazladan işlemler; trim malzemelerin üzerinde çizikler oluşmasına, sürtünme ve güneş ışığı gibi etmenlerden normalden fazla etkilenmelerine ve bu nedenlerden ötürü yıpranmalarına sebebiyet verir. Trim sistemlerin kendi içindeki konstrüksiyonu ve aracın diğer parçaları ile olan ilişkileri; tasarım aşamasında, parçaların imal edilebilirlik analizleri, temel mukavemet analizleri, montaja uygunluğu önemli bir rol oynar [44].

Araçların iç trim malzemeleri olan gösterge paneli, el tutamağı, tavan döşemeleri, sütun döşemeleri, kapı trim panelleri, koltuklar ve benzeri iç trim plastik parçaları, günden güne teknolojik ilerlemeler neticesinde değişime ve gelişime uğramaktadırlar. Tasarımlardaki gelişmelerin başlıca amacı, sürücü ve yolcuların ergonomisidir. İç trim malzemelerdeki prosedür dış tasarımla aynıdır. Bundan dolayı otomotiv aracının estetik bir iç mekana sahip olması, potansiyel alıcıların karar vermesinde olumlu bir etkendir. Kullanılan plastik parçaların tasarımındaki dayanımlar sürüş konforu için önemlidir.



Şekil 2.1: Otomotiv iç trim malzeme örnekleri [46]

İç Trim Malzemelerin Avantajları;

- Kaliteli ve güvenli bir görünüm sağlama,

- Yüksek kaliteli yüzeyler sayesinde özgünlük hissi oluşturma,

- Tasarım çeşitliliği sayesinde, renk ve yüzey efektlerinin seçilebilmesi,

- Yüksek uygulama güvenliği sayesinde uygun fiyata servis etme,

- Esneklik, ekonomik ve çevresel tasarım kapsamında uygun parçalar imal etme [26],

Otomotiv iç trim malzemelerine örnek olarak Şekil 2.2'de ve iç tasarım malzeme tasarımı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Otomotiv iç trim malzemeleri [46]

- İç Trim Parçaları;

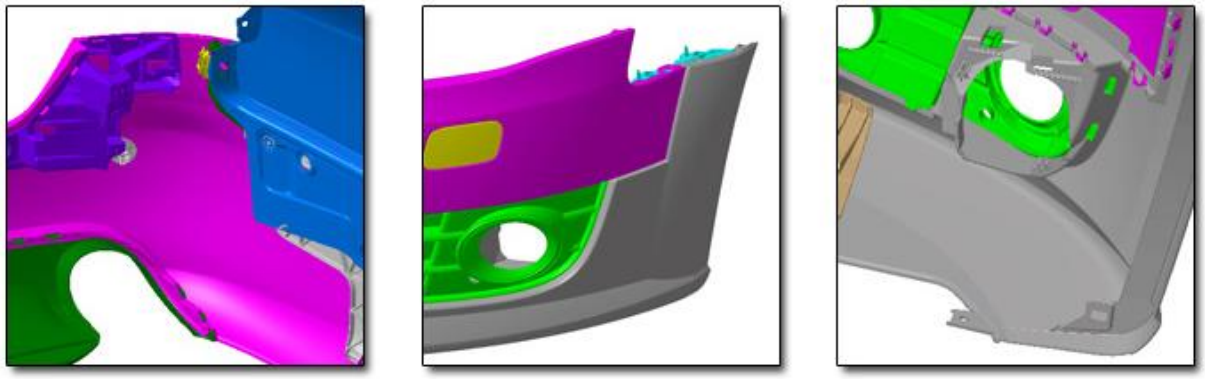
- Ön Konsol

- Orta Konsol

- Kapı İç Giydirmeleri

- Yan Direk Giyrdirmeleri

- Eldiven Kutusu



Şekil 2.3: İç trim malzeme tasarımı [46]

2.2. Malzemelerin Özellikleri

Otomotiv sektöründe kullanılan plastik malzemelerin otomotiv iç trim malzeme tasarımında önemli bir yer kapsar. Plastiğin özellikleri otomotiv sektörüne yadsınamaz avantajlar sunmaktadır. Otomotivin tasarımında bulunan döşemeler, otomobilde görünüm ve konfor için önemli aksesuarlardandır. Otomotiv döşeme malzemeleri, arabanın içinde bulunan bütün tekstil ve kaplama alanlarıdır. İçerdiği tüm malzemeler için estetik amaçlı yenilemeden dolayı malzeme kullanımına özen gösterilmelidir. Otomotiv iç trim malzemeleri olarak döşeme yapılacağı zaman tüm detaylarında bütünlük sağlanmalıdır [45].

Ön konsol, orta konsol, koltuk, kapı, tavan, direksiyon, zemin gibi otomotivde bulunan bölümlerde iç dekorasyona ve malzeme seçimine özen gösterilmelidir. Otomotiv iç döşeme Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Otomotiv iç döşeme [47]

2.3. Otomotiv İç Trim Malzemelerine Uygulanan Testler

Malzemelerin mekanik yükler altında gösterdiği davranışlarına mekanik özellikler denir. Bu özellikler arasında malzemeyi oluşturan maddelerin atomlar arası bağ kuvvetlerinden kaynaklanır. Malzemenin iç yapısının da bunda etkisi bulunmaktadır. Böyle olunca örneğin bir malzemenin iç yapısını değiştirerek aynı malzemeden değişik mekanik özellikler elde edilebilir. Günümüzde gelişen teknoloji ile otomotiv sektöründe yapılan dayanıklılık, performans, nem ve sıcaklık testleri yapılmaktadır. Otomobillerin iç tasarım malzemeleri olarak ön konsol, ve koltuklar da dahil olmak üzere, bütün iç kaplama sistemleri, aydınlatma ve ses sistemleri ve kapı panelleri birden çok teste tabi tutulmaktadır. Otomotiv aracın mekaniksel özellikleri arasında bulunan standartlar çerçevesinde uluslararası test yöntemleri uygulanmaktadır. Üretici firmaların özel test yöntemlerine göre testler yapılmaktadır. Araçlarda bulunan ve otomotivin iç trim malzeme testleri kapsamında genelde şu testler gerçekleştirilmektedir:

- Çekme deneyi,
- Eğilme deneyi,
- Basma deneyi,
- Darbe deneyi,

Bu testlerin yapılmasındaki başlıca amaçlar;

Gelişen teknoloji ile beraber malzemelerin ve kaplamaların geliştirilmesi,

Yeni veya eski ekipmanların üzerine koruyucu boya/kaplama seçimi,

Şartname ve spesifikasyona bağlı olarak seçilen malzemenin kalite güvencesi,

Herhangi bir endüstriyel tesisin bakım maliyeti ve amortismanı gibi [36].

Plastik malzemelerin ağırlıklarının düşük, işlenebilirliklerinin de fazla olması nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır.

Plastiklerin kullanım oranı %10 ile %12 arasındadır. Bu oran yaklaşık olarak yüzdelik şekilde ifade etmek gerekirse, %48 iç kısım, %27 dış ve %14 kaporta kısmında kullanılıyor [34]. Plastik malzemelerin özellikleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Plastik malzemesinin özellikleri

Yoğunluk (g/ cm^3)	1.12 – 1.14
Kopma Mukavemeti (Mpa):	40-80
Kopma Uzaması (%)	30-300
Elastik Modül (basmada) (Mpa)	1750-2000
Elastik Modül (çekmede) (Mpa)	700-2600
Elastik Modül (eğilmede) (Mpa)	1000-3100
Eğilme Mukavemeti (Mpa)	76-100
Basma Mukavemeti (Mpa):	65-110
Darbe Mukavemeti (çentikli) (j/cm):	0.32-0.54
Sertlik Değerleri ; Rockwell R	115-120
Sertlik Değerleri ; Rockwell M	80-85

2.3.1. Çekme deneyi

Otomotiv sektöründe kullanılan çekme testi en yaygın test yöntemlerinden biridir. Eksenel germe yükleri uygulanırken parçanın davranışını ve malzemenin gerilme özelliklerini belirlemekte kullanılır. Çekme testi; kompozitler, metaller, plastikler, elastomerler, kağıtlar, vb. dahil olmak üzere çeşitli malzemeler üzerinde gerçekleştirilir [34]. Çekme testinde yapı malzemelerinin tasarımında en fazla ve ne kadar dayanıklı oldukları ve ne kadar şekil değiştirebilme yeteneği gösterdikleri dikkate alınmaktadır. Bu konuda uygulanan temel test çekme testidir.

Bu testlerde malzemenin elastik ve plastik şekil değiştirme özelliği tespit edilir. Genel olarak bir malzemeye uygulanan birtakım kuvvetler malzemelerde şekil değişikliklerine neden olur. Bu kuvvetler kaldırıldığı zaman malzeme önceki şekline dönüyorsa elastik şekil değiştirme, dönmüyorsa plastik şekil değiştirme denir [38].

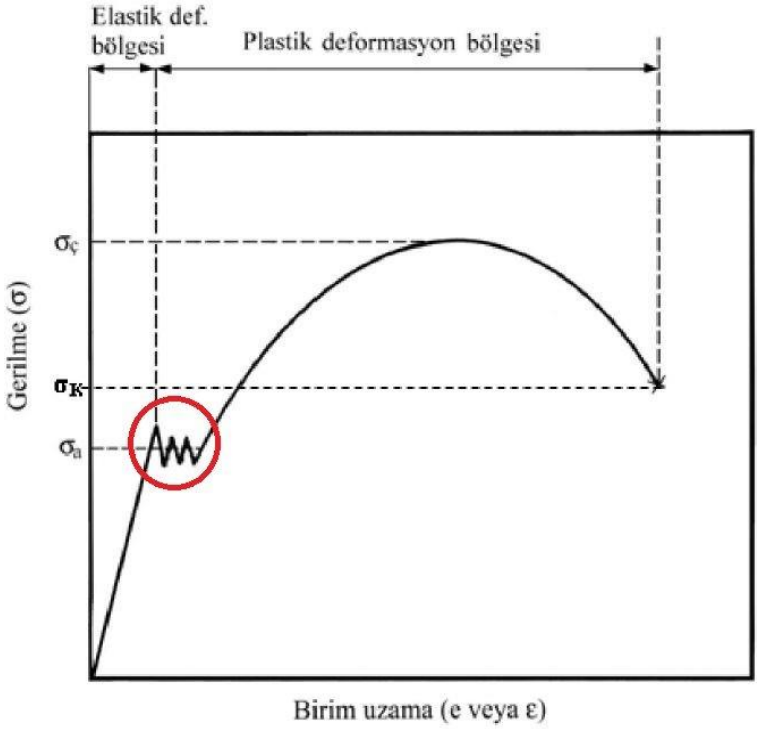


Şekil 2.5: Çekme deneyi cihazı

Çekme Deneyi Cihazı; bilgisayar yardımıyla kontrol edilebilen düzeneklerdir.

Basma, eğme, çekme, için ayrı ayrı programlanmış düzenek yapısındadır. Şekil 2.5'te çekme deneyi cihazı gösterilmiştir.

Deney sonucunda çekme eğrisini ve kopma anındaki yükü, maksimum yükü, % uzamayı ve çekme dayanımını otomatik olarak vermektedir. Çekme deneyi grafiği Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6: Çekme deneyi grafiği [53]

Çekme testi sonuçları şunları içerir:

- Maksimum Uzama

- Maksimum Yük

- Kırılma Yükü

- Elastik Modül

Eğilme deneyi malzemenin eğilmeye karşı olan mukavemetinin belirlenmesi ve eğilmeye karşı mekanik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmaktadır.

Numunenin test aşamalarında belirlenen eğilme davranışı için düzenlenen deney düzeneğinde dairesel ve dikdörtgen kesite sahip olan parçanın iki mesnet arasına yerleştirilir. Kesme kuvveti parçanın orta noktasından uygulanır ve parça yükleme sonucunda biçim değiştirir. Bu gerçekleştirilen deney üç nokta eğme deneyi olarak isimlendirilir [35].

Polimer malzemelerin çekme dayanımları arasında büyük farklar vardır. Birçok polimer malzemenin çekme gerilmesi 350 kg/ cm^2 ile 710 kg/cm^2 arasında değişir. Çekme dayanımı ile ilgili bulunan ve dikkate alınması gereken diğer bir özellik de çekmeye

çalışılan cismin kopmadan önce boyunda meydana gelen uzamadır. Polietilen gibi bazı polimerlerin çekildiklerinde boydan kopmadan önce boylarından uzama yaptıklarına şahit olunmuştur [36].

2.3.2. Eğilme deneyi

TS EN ISO 14125 standardına göre üç noktalı eğme deneyi yapılmıştır. Üç noktalı eğme, silindirik iki adet mesnet üzerine yerleştirilen dairesel veya dikdörtgen kesitli parçalara bir mandren tarafından eğme yükü uygulanmasıyla yapılır.



Şekil 2.7: 3 Nokta eğme deneyi

Eğilme, testi uygulanacak parçaların eğilme direncine karşı gösterdiği davranış olarak bilinen iki mesnet üzerine yerleştirilmiş dikdörtgen veya dairesel kesitli deney numunesinin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan şekil değişimine denir. Eğme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemektedir [35]. Eğme düzeneğinde mesnetler bir tabla üzerine, yükleme bloğu denilen mandren ise cihazın üst kısmına yerleştirilir. Şekil 2.7'de 3 nokta eğme deney düzeneği gösterilmiştir. Bu düzenekte mandren çapı ve mesnetlerin çap ve uzunlukları önemlidir. Bu değerler, kullanılacak malzemeye göre ve bu malzemeye ait olan standarda uygun olarak deneye başlanmadan önce kumpasla ölçülür. Düzenek ayarlandıktan sonra mesnetler üzerine numune yerleştirilir ve numune bir yükün uygulandığı mandren yardımıyla eğilir.

Eğme deneyi sonucunda, malzemenin eğme momenti, eğilme dayanımı ve elastisite modülünün hesabı için malzemenin kırıldığı andaki maksimum yükünü [F_{max}] ve deney sırasında yükün uygulandığı noktada numunenin başlangıçtaki duruma göre düşey eksendeki değişme miktarı olan eğilme miktarı δ'nın değerleri deney cihazına bağlı gösterge ve kayıt düzenlerinden faydalanılarak kaydedilir.

2.3.3. Darbe deneyi

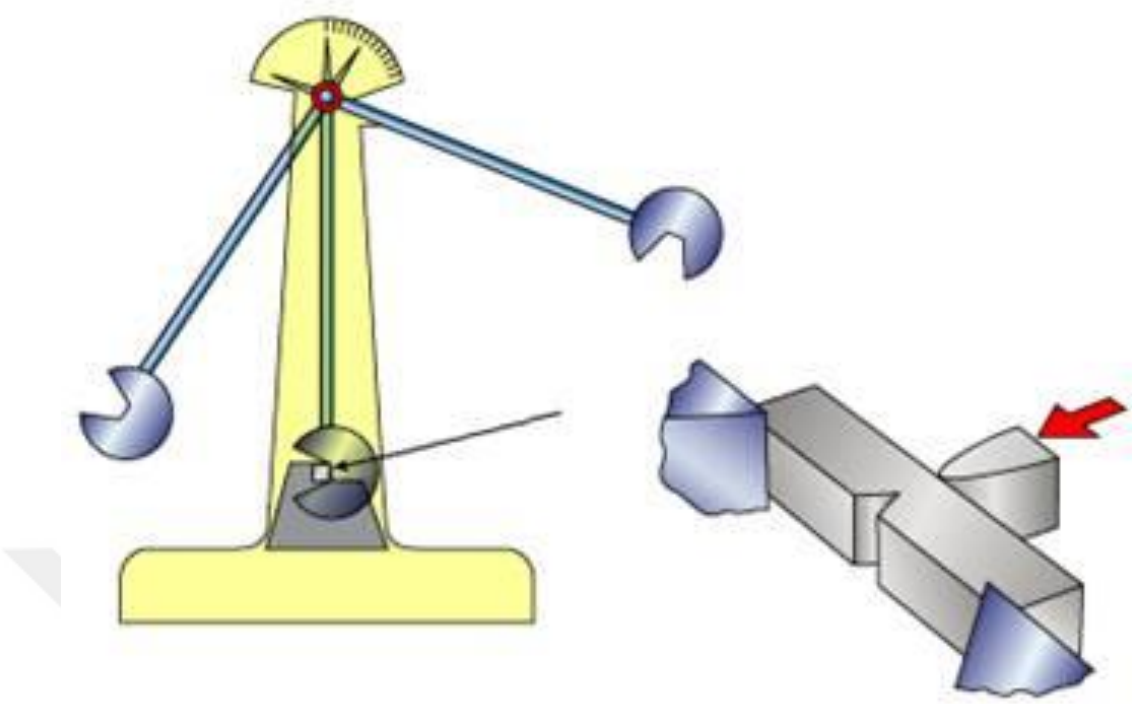
Darbe deneyi; çekme, eğilme veya burulma içinde ani yüke maruz kalan bir malzemenin davranışını belirleme yöntemidir. Charpy Darbe Testi, Izod Darbe Testi ve Çekme Darbe Testi olduğu gibi, ölçülen miktar, parçanın darbeyle kırılmasında soğurulan enerji miktarıdır.



Şekil 2.8: Darbe testi cihazı [48]

Darbe testi hava atışı ve tekrarlayan vuruş darbe testinde olduğu gibi, darbe testleri artan şiddette çoklu vuruşlara bağlı olan numuneler tarafından da gerçekleştirilir.

Darbe esnekliği sertliği bozucu olmayan darbe testleri ile belirlenir [37]. Darbe testi cihazı Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Darbe testi örneği [49]

Şekil 2.9'da darbe testi örneği gösterilmiştir. Parçaların dinamik zorlamalar altında kırılması için gerekli enerji miktarını ve sünek, gevrek geçiş sıcaklığını darbe deneyi ile belirlenmektedir. Parçanın dinamik zorlama altında kırılmasıyla enerji oluşmaktadır. Malzeme için farklı sıcaklıklarda yapılan darbe deneyleri malzemenin darbe direnci hakkında bilgi verir.

Sıcaklığın azalması ile malzemelerin darbe direnci düşmektedir. Düşüş aniden olabildiği gibi belirli bir sıcaklık aralığında da olabilir. Darbe direncinin aniden düştüğü sıcaklığa gevrek, sünek geçiş sıcaklığı denir. Darbe direnci genellikle Joule (J) olarak verilir [35].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD

3.1. Parçanın Özellikleri

Analizi yapılan iç trim malzemesi; tavan el tutamağıdır. Tavan el tutamağı; sürücülerin ani ya da kontrollü fren yapmaları neticesinde, aracın içerisinde bulunan yolcuların savrulmalarını ve istenmeyen hareketlerle yerlerinden olmalarını engellemeye yarar. Araç sürücüsünün kontrolü dışında gerçekleşen ani hareketlerde, savrulmaya müsait yollarda aracın bu trim parçası konforu ve emniyeti sağlanmaktadır. Şekil 3.1'de el tutamağı malzemesi gösterilmiştir.



Şekil 3.1: El tutamağı

3.2. Malzeme Seçimi

Plastik malzeme seçimi 1980'lerden sonra yaygınlaşmıştır. Bu kullanım evvela binek araçlarda sonralarıysa hafif ticari araçlar ve kamyonlarda görülmüştür. 2000'li yılların başından beri makine elemanlarının, kaporta ve tampon gibi dış parçalarının imalatında termoplastik matrisli kompozitlerin kullanımına başlanmıştır. İki ana başlık altında ele alınmıştır.

İlk olarak doğrudan orijinal termoplastiklerin fiberler ile desteklenerek kullanımı diğeri ise geri dönüşmüş termoplastik matrisli kompozitlerin kullanımıdır. Bu ikinci kullanımda çevreye duyarlı konseptler ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi konuları da ön plana çıkmıştır [25].



Şekil 3.2: Termoplastik malzeme örnekleri [50]

Şekil 3.2'de termoplastik malzeme örnekleri gösterilmiştir. Plastik malzemeler metal, cam ve seramiklere göre daha yumuşak malzemelerdir. Sertlik genellikle, Termoplastik malzemelerde artan sıcaklıkla azalırken, termoset malzemelerdeyse artarak malzeme daha sert bir hale gelir.



Şekil 3.3: PLA malzeme [51]

PLA termoplastik bir malzemedir. Örnek olarak Şekil 3.3'te PLA malzeme gösterilmiştir. Mekanik özellikleri önemli ölçüde bozulmadan eritilebilir ve yeniden şekillendirilebilir. PLA mekanik olarak geri dönüştürülebilen bir malzemedir. PLA plastik, polipropilen, polistiren ve poliüretan gibi geleneksel polimerlere kıyasla daha iyi mekanik özelliklere sahiptir. Özellikle, Young modülü (gerilme veya basma altındaki uzamayı tolere etme kabiliyeti), gerilme kuvveti (bir şeyi çekmek için gereken kuvvet) ve eğilme dayanımı (plastik deformasyonu başlatmak için gerekli stres) söz konusu olduğunda mekanik özellikleri ön plana çıkmaktadır.

3.3. Parçanın Norm Özellikleri

Plastik endüstrisi günümüzde her geçen gün gelişmektedir. Endüstriyel uygulamalarda aranan özellikler; kompleks yapılı, yüksek mukavemetli, ince cidarlı, hafif malzemelerdir. Otomotiv endüstrisinde ise birçok metal parçanın yerini plastik ve fiber takviyeli malzemeler yer almaya başlamıştır [28].

Günümüzde kalite; "müşteri isteklerini önceden tahmin ederek, müşteri beklentilerinin ötesine geçmek, ürünün doğal yaşamı boyunca müşteriyi memnun etmek" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdaki en önemli farklılık; müşterinin yalnızca bugünkü ihtiyaçlarının karşılanması değil, ilerideki ihtiyaçlarının da karşılanmasının hedeflenmesidir. Ürünün yalnızca satın alındığı zaman müşteriyi memnun etmesi yeterli değildir, ürünün öngörülen yaşamı süresince de aynı mutluluğu yaratması gerekir [28].

Kalite boyutu, ölçülebilir birer kalite boyutuna dönüşmüş şeklidir. Kalite boyutunu bilmek müşterinin ürün veya hizmeti nasıl algıladığını bilmek açısından önemlidir. Sadece kalite boyutunu anlayarak kalite ölçümleri gerçekleştirilebilir ve mal veya hizmet kalitesi arttırılabilir. Kaliteyi etkileyen faktörler de gelişen teknoloji ve müşteri taleplerine bağlı olarak devamlı değişmektedir. Ürün ve üretim sistemlerinin güvenirliliğini sağlamak ve sistem performansını düşürmemek için, bütün faktörleri göz önünde bulundurarak sistemi sürekli dikkatle değerlendirmek ve gerekli önlemleri almak gerekmektedir [28].

Performans: Parçanın işlevlerini yerine getirebilme özelliğidir.

Uygunluk: Standartlara ve belgelere uygun olması gerekmektedir.

Dayanıklılık: Ürünün fiziksel ya da ekonomik olarak yaşam süresini yansıtır.

Estetik: Görünümü, sağlamlığı ve hissettirdiklerinden oluşmaktadır.

Tasarım kalitesi genel olarak, üretilen ürün veya hizmetin, müşteri tarafından talep edilen niteliklere sahip olması yani onun istek ve ihtiyaçlarını karşılama derecesi olarak tanımlanabilir. Tasarım kalitesi aynı zamanda hedeflenen kalite olarak da tanımlanabilir. Tasarım kalitesinde belirlenen spesifikasyonlara uyma düzeyidir.

Uygunluk kalitesi aynı zamanda uygun kalite olarak da adlandırılabilir. Çünkü gerçekte üretilen ürünlerin tasarım kalitesine uyum derecesini göstermektedir [28].

Performans kalitesi, firmanın ürünlerinin ya da servislerinin pazardaki performans düzeylerinin pazar araştırmaları ve müşteri takibiyle eldesi ile belirlenmektedir. Bu bağlamda satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik ve lojistik destek analizi ile müşterilerin neden firmanın ürün/servislerini satın almadıklarının araştırılması yapılmaktadır. Performans kalitesi çalışmaları ile ürünlerdeki kalite kaybı derecesi ve nedenleri araştırılır. Kalite kaybı iki şekilde gerçekleşebilir. Birincisi, kalite kaybının ürün veya hizmet karakteristiklerinin, pazarın gereksinimleri ile farklılıklar taşımasından kaynaklanmasıdır. Bu kayıp, öncelikle ürünlerin müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düzeltilmesi ve pazar sayısının artırılması yoluyla ortadan kaldırılabilir. İkinci kayıp şekli ise, kalite karakteristikleri değişiminin çok fazla olduğu üretim süreçlerinde ortaya çıkar. Kalite kaybı konusunda performans kalitesi aşamasında elde edilen bilgiler, tasarım ve uygunluk kalitesi aşamalarına bildirilmektedir [28].

Tablo 3.1: PLA'nın mekanik özellikleri [41]

Mekanik özellikler	**3B baskı**	
	Tipik değer	**Test yöntemi**
Germe katsayısı	2346,5 MPa	ISO 527 (1 mm/dak)
Akma noktasında çekme gerilimi	49,5 MPa	ISO 527 (50 mm/dak)
Kopma noktasında çekme gerilimi	45,6 MPa	ISO 527 (50 mm/dak)
Akma noktasında uzama	%3,3	ISO 527 (50 mm/dak)
Kopma noktasında uzama	%5,2	ISO 527 (50 mm/dak)
Eğilme mukavemeti	103,0 MPa	ISO 178
Eğilme katsayısı	3150,0 MPa	ISO 178
Izod darbe mukavemeti, çentikli (23˚C'de)	5,1 kJ/m2	ISO 180
Charpy darbe mukavemeti (23˚C'de)	-	-
Sertlik	83 (Shore D)	Durometre

3.3.1. Gövde boyutları

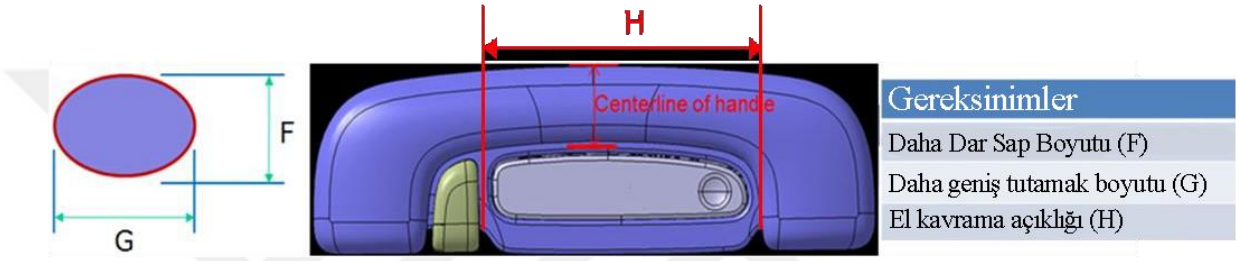
Tepegöz Tutamak Gövdesi Ölçümleri

- Daraltıcı Tutamak Boyutu (F): Merkez çizgisindeki kolun dar ekseni.

- Geniş Kol Boyutu (G): Merkez çizgideki kolun geniş ekseni.

- El Kavraması Açıklığı (H): El tutamağı sap dönüş noktasının eksenindeki sap içindeki bir sonraki yüzeye pivot noktasında sapın iç kenar uzunluğu.

Aşağıda tutunma kolu ölçüleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Tutunma kolu ölçüleri

3.3.2. Direk destek tutacağı gövde ölçüleri

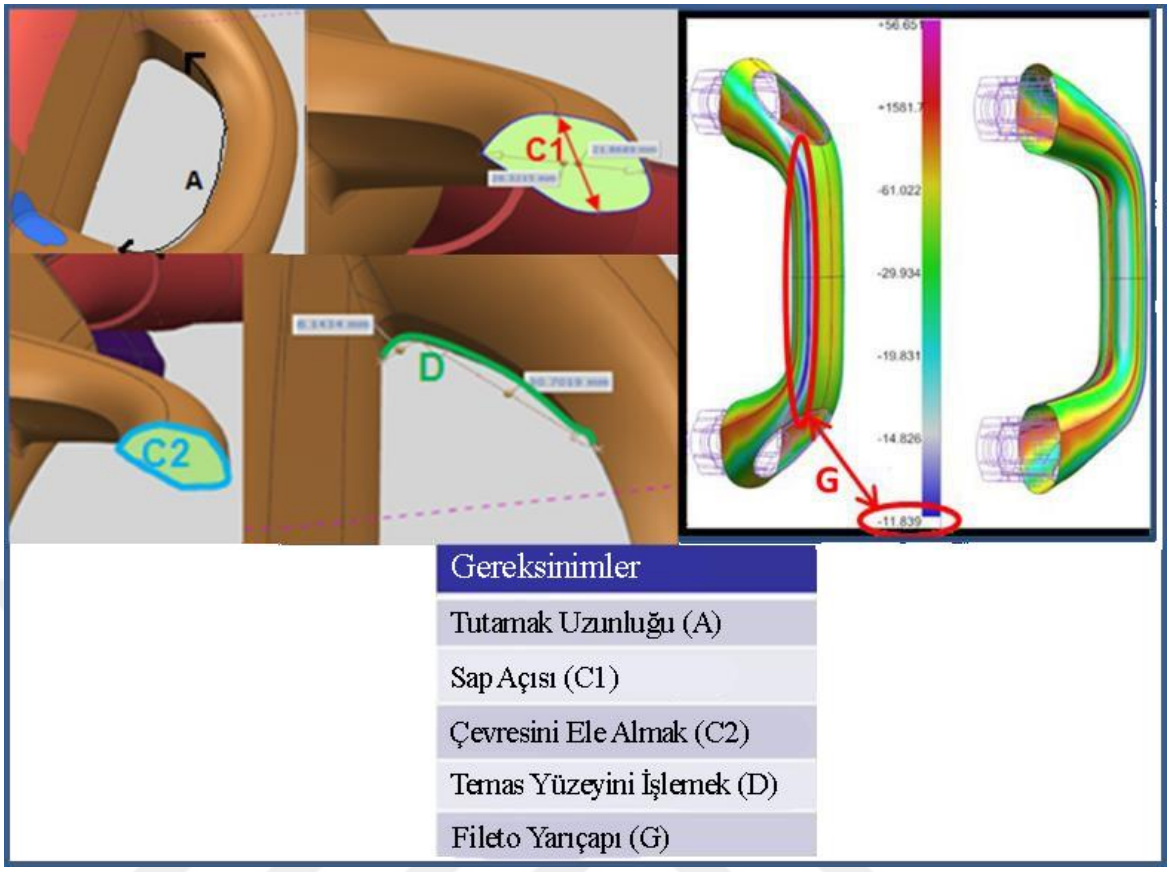
- Sap Uzunluğu (A): Sapın iç kenardan iç kenara, açıklığın ortasından sapın tutturulduğu yüzeye paralel bir düzlem boyunca açılması.

- Sap Çapı (C1): El tutamağının orta noktasındaki sapın çapı.

- Kol Çevresi (C2): Kolun orta noktasındaki çevresi.

- Sap Temas Yüzeyi (D): Elin sapın alt kenarından temas edeceği yüzeye uzunluğu.

- Kavis Yarıçapı (G): Ölçüm, sapın yüzeyi etrafındaki yay yarıçapı değerlerini hesaplar ve sapın farklı alanlarında ortalama yarıçapı oluşturur. Hesaplanan en düşük yarıçap rapor edilir. Destek ölçüleri Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Destek ölçüleri

3.3.3. Ip monteli kepçe kolu ölçüleri

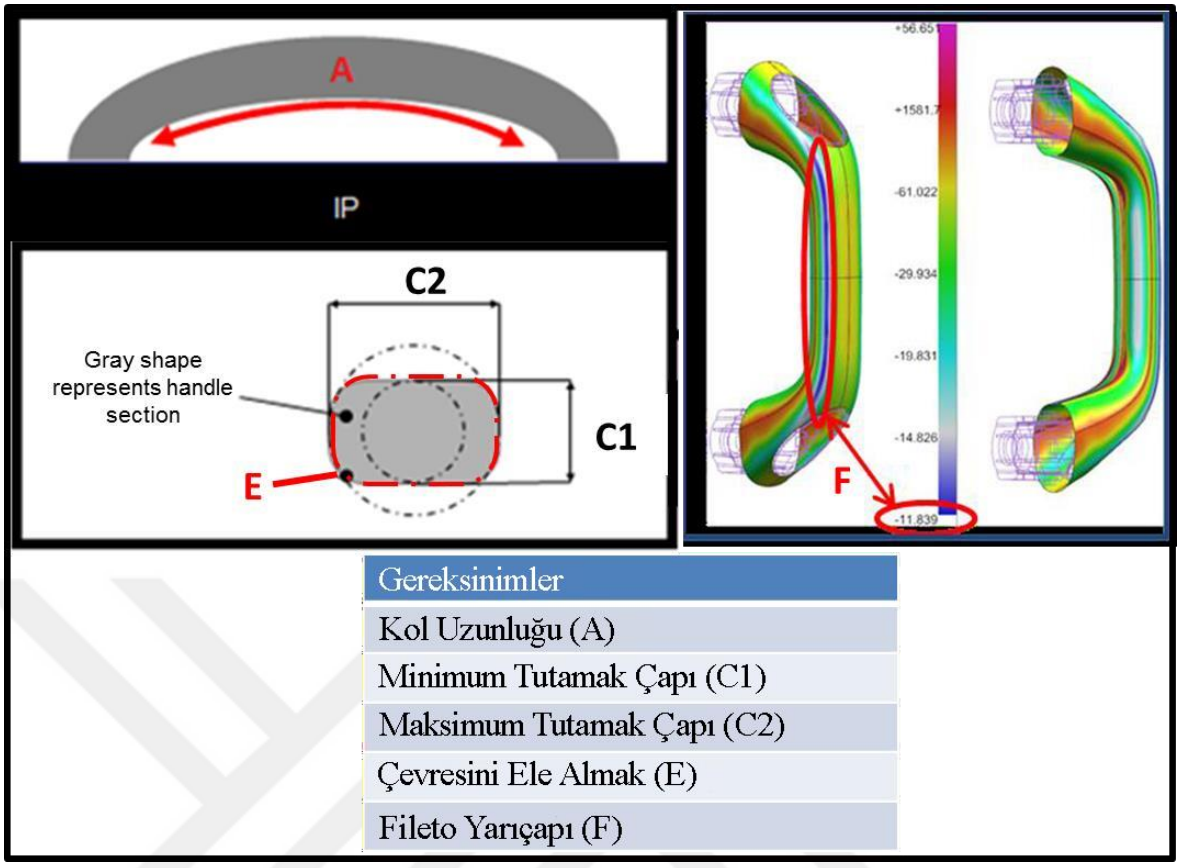
- Kulp Uzunluğu (A): Tutma sapı boyunca kulpun kullanılabilir uzunluğu ölçülür.

- Minimum Çap (C1): Tavan el tutamağı kolunun orta noktasından kepçe sapının çapın boyunca minimum mesafedir.

- Maksimum Çap (C2): Tavan el kolunun orta noktasından kepçe sapının çapı boyunca maksimum mesafedir.

- Çevresi (E): Tutma sapının orta noktasındaki sapın çevresidir.

- Yarıçapı (F): Ölçüm, sapın yüzeyi etrafındaki yay yarıçapı değerlerini hesaplar ve sapın farklı alanlarında ortalama yarıçapını oluşturur. Şekil 3.6'da verilen ölçüler gösterilmiştir.



Şekil 3.6: IP monteli kepçe kolu ölçüleri

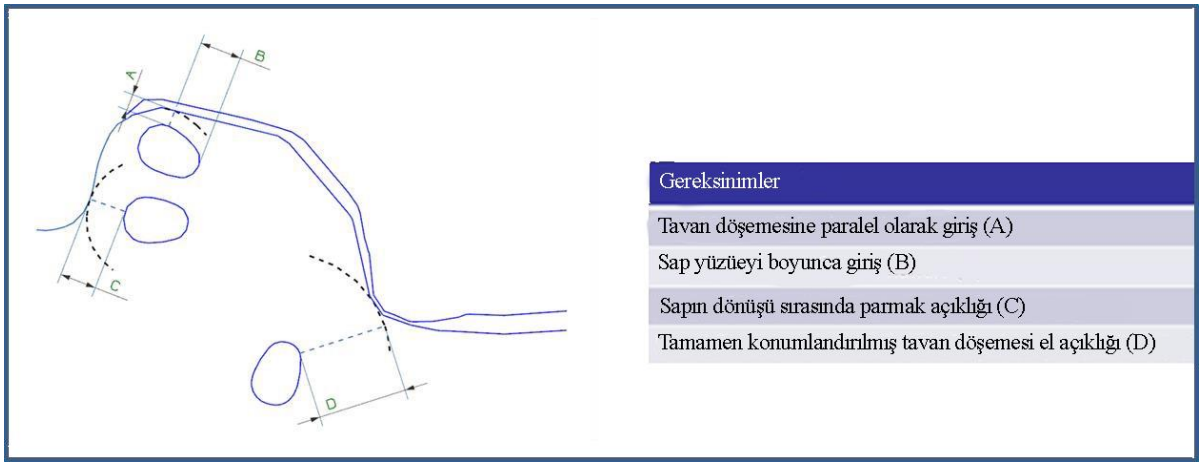
3.3.4. Tepegöz tutamak erişim ölçüleri

- İç tavana paralel giriş (A): Orta çizgide, tavan döşemesinden parmakların tutulacağı yere kadar olan minimum mesafedir.

- Tutamak Yüzeyi Boyunca Giriş (B): Tutamağın dış kenarından, Ölçüm A'nın alındığı noktaya kadar öngörülen mesafedir.

- Kolun Döndürülmesi Sırasında Parmak Açıklığı (C): El tutamağını tüm dönüş sırasında en yakın iç yüzeye tutunulması gerekir.

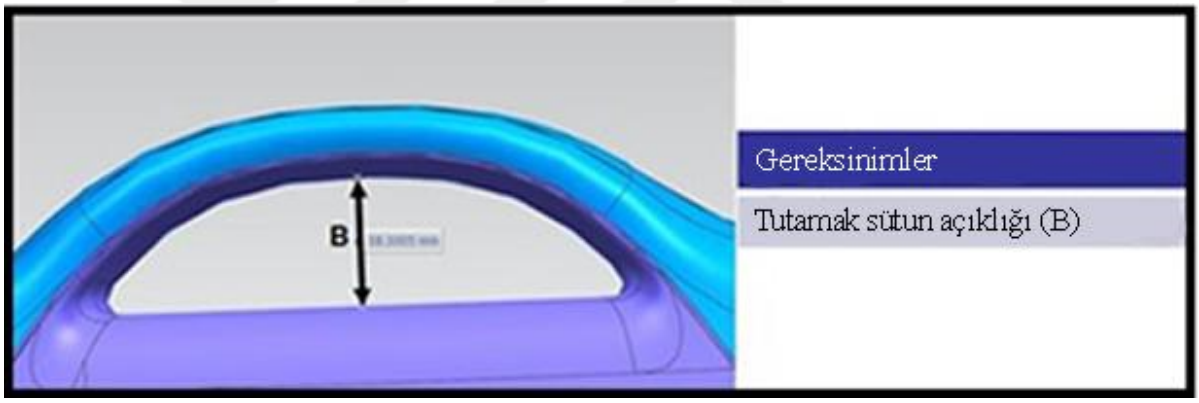
- Tamamen Açılmış Pozisyonda (D): Tavan Döşemesine ve çevresindeki bileşenlere el boşluğu: Kol tamamen döndürülmüşken, kolun dış kenarı en yakın yüzeyin iç kenarına doğrudur. Şekil 3.7'de tutunma kolu erişim ölçüleri verilmiştir.



Şekil 3.7: Tutunma kolu erişim ölçüleri

3.3.5. Direk destek tutamağı erişim ölçümü

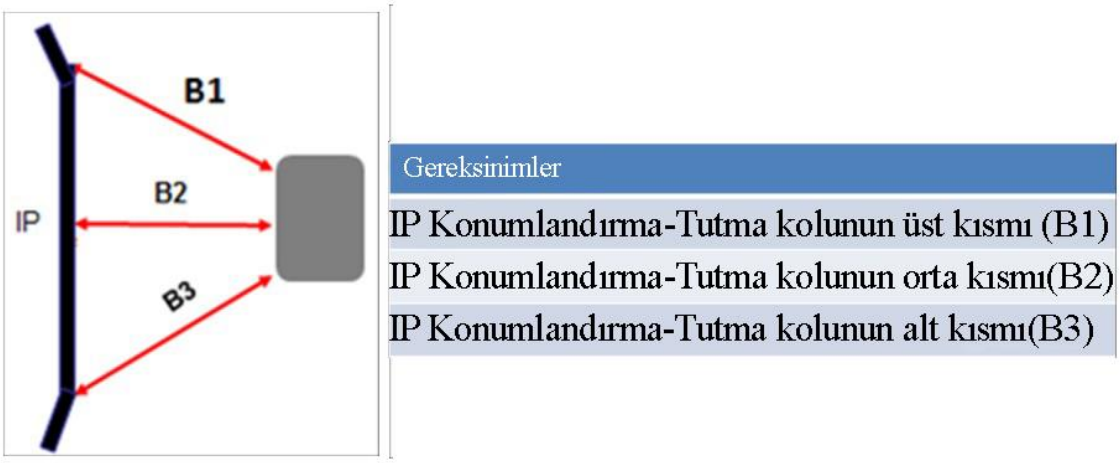
Koldan Kola Açıklık: Kolonun iç kısmından direk kaplamasından sapın dış kenarına kadar olan uzaklıktır. Şekil 3.8'de dirsek desteği tutamağı erişim ölçüleri verilmiştir.



Şekil 3.8: Dirsek desteği tutamağı erişim ölçüleri

3.3.6. Kepçe kolu erişim ölçüleri

Saptan Boşluğuna (B): Tutuş Sapından minimum kullanılabilir mesafedir. Üç konumda bulunur. Bunlar; Tutamak sapının üstünde, Tutamak sapının ortasında ve Tutamak sapının altındadır. Şekil 3.9'da IP monteli kepçe kolu erişim ölçümleri verilmiştir.



Şekil 3.9: IP monteli kepçe kolu erişim ölçüleri

3.3.7. İnsan vücudunun fiziksel ve parametrik özelliklerinin modellenmesi

İnsan modelleme veya tutma kolu bogey modeli ile tutma sapına erişimi kontrol edebilir. Örnekte verilen bu model gerçeği yansıtmamaktadır. Bu nedenle bileşenin durumunu kontrol etmek için bu modeli kullanmasına izin verilir. İnsan duruşu, ortamdaki bileşenlerle etkileşime dayanarak hassas ayarlanmalıdır. Az miktarda koltuk sıkıştırmasına izin verilir.

Yazılımdaki konfor araçlarını kullanarak duruşlarda;

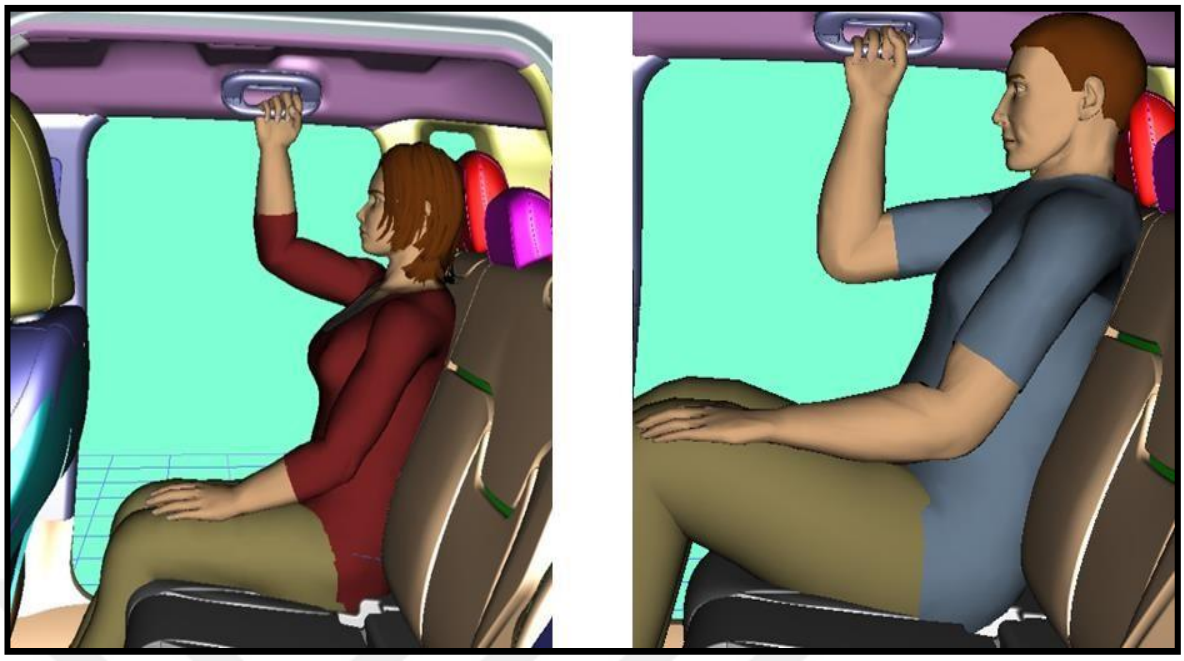
- Mankenin eli incelenerek, tutma yeri konumuna manuel olarak yerleştirilir.

- Sadece omuz rotasyonu ile başlayıp, gerekirse gövde rotasyonu / fleksiyonu eklenebilir.

- Daha gerçekçi bir duruş oluşturmak için bir bilek rotasyonu kullanılır.

- Uygun ölçü ve ebatlarda kullanılır.

- En iyi pratikte belirtilen aralıklar dışında eklem açıları eklenebilir.



Şekil 3.10: Tepegöz tutamağı erişim değerlendirmesi

3.4. Parçanın 3B ile baskı imalatı

Sayısal ortamlar kullanılarak modellenen 3 boyutlu nesnenin elle tutulur ve gözle görülür biçimde basılması süreci 3B baskı olarak adlandırılmaktadır. 3B baskı işlemini gerçekleştiren cihaza 3B yazıcı adı verilmektedir. Baskı tekniği açısından incelendiğinde 3B yazıcıların; termoplastik malzemenin eritilerek katmanlar halinde üst üste yığılması esasına dayanan "Bileşimli Yığma Modelleme/Fused Deposition Modeling", objenin bir tabla üzerindeki metal tozların içerisine yansıtılması ve yansının kapladığı alandaki tozların lazer ışınları yardımıyla eritilerek birbirine bağlanması esasına dayanan "Seçici Lazer ile Sinterleme" ya da objenin bir kap içerisinde bulunan sıvı reçine içerisine yansıtılması ve yansının kapladığı alanın lazer yardımıyla katılaştırılması esasına dayanan "Polimer Kürleme/Polymer Curing" yöntemlerinden birini kullandığı görülmektedir [29]. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te gösterilen ölçülerde malzemenin 3 boyutlu yazıcıda üretilmesi önem arz etmektedir. Şekil 3.4'te tepegöz tutamak, gövde boyut ve Şekil 3.7'de kol erişim ölçüleri standart ölçülere uygun olup üretime yer verilmiştir.



Şekil 3.11: 3B baskı makinası [52]

PLA matris kompozitleri, geniş montajlı yapısal olmayan mühendislik uygulamalarına sahiptir. Bazı çalışmalar, olası 3B baskı için hibrid harman ve çoklu harman PLA matrisinin kullanıldığını bildirmiştir [30]. Baskı makinası Şekil 3.11'de gösterilmiştir. FDM teknolojisi ile çalışan 3 boyutlu yazıcılarda ABS ve PLA gibi termoplastik polimer malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Malzeme yüksek sıcaklığa sahip bir nozul yardımı ile eritilerek katmanlar halinde inşa edilir. Özellikle baskı malzemesi olarak plastik kullanılan 3boyutlu yazıcı modelleri günümüzde oldukça kullanılmaktadır [31]. Son teknoloji ile kompleksli parçalar hızlı prototipleme ile üretilir. Polimerik veya metalik ürünün tasarımdan hemen sonra kısa sürede üretilmesi bilgisayar destekli tasarım teknolojilerinin gelişmesiyle sağlanmıştır [18]. 3 boyutlu yazıcıların toptan üretime oranla önemli bir üstünlüğü; talebe uygun, kişiye özel, sınırsız çeşitlilikte parça üretme imkânı sağlamaktadır. 3 boyutlu yazıcılarda oluşan modelleme teknolojisinin uygulanması için gerekli olan malzeme ve ürünün ihtiyaçlarına hızlı ve kaliteli bir şekilde yapılmaktadır [32].

3 boyutlu yazıcıların avantajları;

- Kolayca aktarılabilir/paylaşılabilir olması,

- Hızlı bir şekilde düzeltmelerin yapılması,

- Kişiselleştirilmiş ürünlerin kolaylıkla üretilebilir olması,

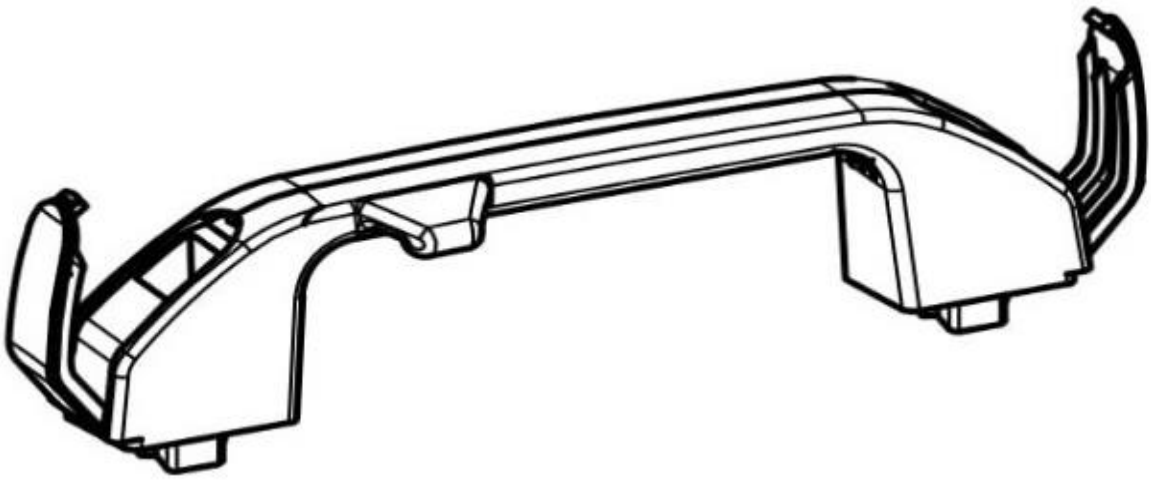
- İmalat açısından verimli olması,

- Yatırım maliyetlerinin düşük olması,

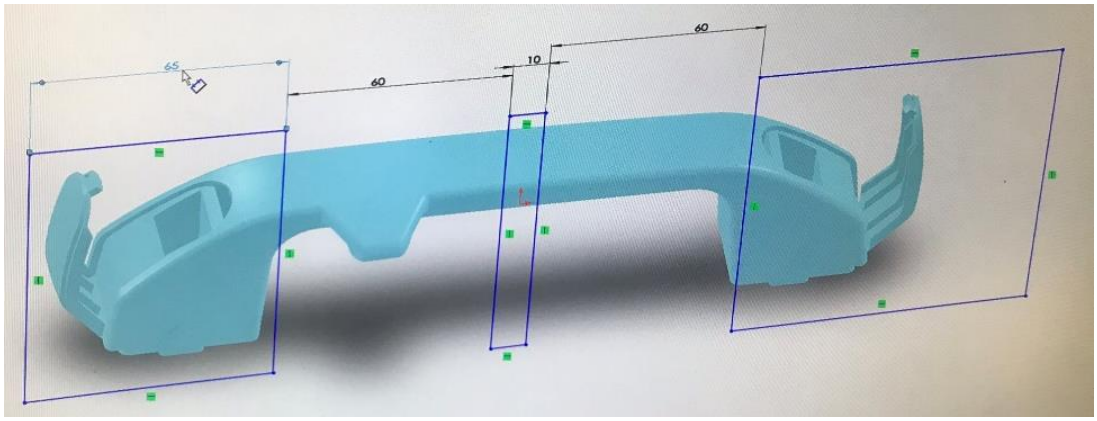
- Ürün fiyatının üretimden önce hesaplanabilir olmasıdır.

3.4.1. CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) modelleme

Bilgisayar destekli tasarım; mühendislik tasarımcılarının ürettikleri tasarımlarını geliştirmek ve bilgisayardan ana öğe olarak yararlandıkları bir işlemi tanımlamak için kullanılır. Autoced programında ve Solidworks programında tasarlanan el tutamağı modeli Şekil 3.12'de ve Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.12: El tutamağı CAD modeli



Şekil 3.13: El tutamağı Solidworks tasarımı

Bu çalışmada prototip hazırlama işlemi Solidworks programında yapılmıştır. Herhangi bir CAD yazılımı ile tersine mühendislik yaparak malzemenin 3B CAD modelinin hızlı prototip üretiminde ilk adım oluşturulmasıdır. CAD yazılımları ile hızlı prototipleme makineleri arasında veri transferini sağlamak için bir veri ara yüzüne ihtiyaç duyulmaktadır. Otomotiv el tutamağı çizimi Solidworks programıyla tasarlanmıştır.

3.4.2. Baskı ayarlamaları

Üç boyutlu ergonomik el tutamağı modelimizin tasarımının tamamlanmasından sonra, bu tasarımın STL formatında matematiksel hesaplanmış katmanlara dönüşümü yapılmaktadır. Bu ara yüz baskı programı kullanılarak, baskı yapılacak malzeme türü, baskı kalınlığı, baskı kalitesi, iç doluluk yapısı, gibi baskı değişkenleri kullanıcının istekleri doğrultusunda seçilebilmesine olanak sağlamaktadır. Baskı işlemi üç boyutlu ergonomik el tutamağı tasarımının son işlem basamağıdır. El tutamağının STL tasarım modelleri Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

Katmanlı Analiz Verileri;

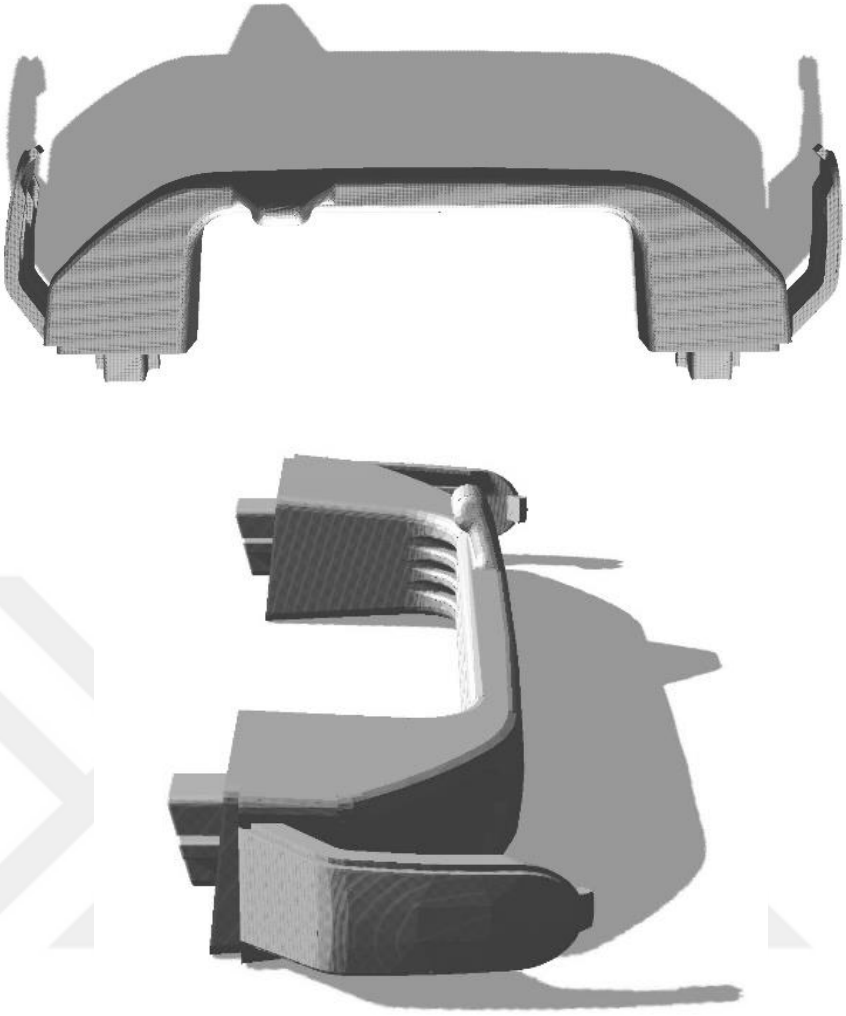
- Doluluk Oranı; %20

- Katman Kalınlığı; 230 Mikron

- Genişliği; 460 Mikron

- Katman Sayısı; 174

- Üçgen Sayısı; 174



Şekil 3.14: El tutamağı STL tasarım modeli

Üç boyutlu yazıcılar ile bilgisayar üzerinde tasarlanmış veya üç boyutlu olarak tasarlanmış parçaları, birçok farklı malzeme kullanarak çok hızlı ve ekstra bir kalıba ihtiyaç duymadan üreten bir cihazdır.

3B teknolojisi ile çalışan genellikle ABS ve PLA gibi termoplastik polimer malzemeler kullanmaktadır. Filament malzeme yüksek sıcaklığa sahip bir nozul yardımı ile eritilerek katmanlar halinde inşa edilir. PLA filamenti el tutamağı baskısında kullanılmıştır. Şekil 3.15'te ve Şekil 3.16'da El tutamağının 3B baskı ile üretim aşamsı gösterilmiştir.



Şekil 3.15: El tutamağının 3B baskı ile üretim aşaması

PLA Filamentinin Temel Özellikleri;

- Dayanıklı, sert, kullanıcı dostu ve darbelere karşı dirençlidir.

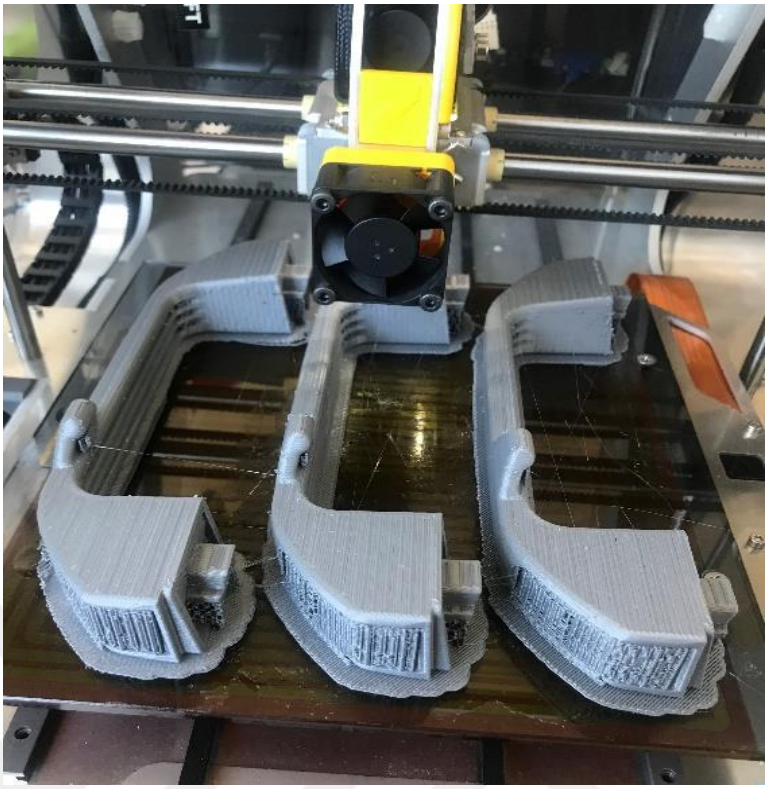
- Soğuma esnasında kalkma, çatlama sorunları ile karşılaşılmaz.

- Kırılgan ve hafif esnekliğe sahiptir.

- 190°C – 220°C arasında basım sıcaklığına sahiptir.

- Aseton ile çözümlenmesi zordur.

Bir kere ayarlanmış sıcaklık, yatak kalibrasyonu ve üretim hızı ile sorunsuz basım yapılabilir [33].



Şekil 3.16: PLA malzemesi el tutamağı yapım aşaması

Tablo 3.2: Filament özellikleri

Filament Özellikleri	
Çap	2,85 ± 0,10 mm
Maksimum Yuvarlak Sapması	0,10 mm
Net Filament Ağırlığı	350 g / 750 g
Filament Uzunluğu	~44 m / ~95 m

Eklemeli imalat, üç boyutlu (3B) geometrik verileri kullanarak malzemenin birbiri ardına katman katman eklenmesiyle, karmaşık geometrili fiziksel parçaların hızlı bir şekilde imalatını gerçekleştiren bir imalat tekniğidir [5].

3.5. PLA Malzemesine Uygulanan Testler

Polilaktik Asit, en yaygın olarak PLA olarak bilinir, yenilenebilir kaynaklardan yapılmış bir polimerdir. Petrol bazlı diğer termoplastiklerin aksine, PLA üretimi için kullanılan hammaddelerin bazıları mısır nişastası, tapyoka kökleri veya şeker kamışıdır. Bu çalışmada yer alan, ergiyik yığma modelleme (FDM) esaslı 3B yazıcı kullanılarak üretilen PLA numunelerin mekanik özelliklerine uygun çekme testi ve eğilme testi yapılmaktadır.

3.5.1. Çekme testi

Çekme testi, parçaların test düzeneğine yerleştirilip, kopana kadar geçen süre ile tek eksende çekme kuvvetlerine maruz bırakıldığı temel bir malzeme bilimi testidir. Deney sonuçlarından herhangi bir uygulama için malzeme seçimi, kalite kontrol ve malzemenin diğer kuvvetler altında nasıl davranacağını tahmin edilir. Test yoluyla direkt elde edilen bilgiler; maksimum çekme gerilmesi, maksimum uzama ve alandaki azalmadır [40].



Şekil 3.17: PLA malzemesine uygulanan çekme testi cihazı ve numune

Çekme testleri Shımadzu markalı cihazda gerçekleştirilmiştir. PLA malzemeler ve PP malzemeler sırayla çekme testine tabi tutulmuştur. Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de PLA malzemesine uygulanan çekme testi cihazı ve numune parça gösterilmiştir.



Şekil 3.18: Shımadzu çekme testi cihazı

Test edilecek PLA ve PP numune parçalar sırasıyla cihaza yerleştirilir. Uygulanan bu kuvvetin uygulanma süresi boyunca kesitteki uzama miktarı cihaz tarafından kaydedilir. Uzama miktarındaki veriler kullanılarak deformasyonun (ε) belirlenmesinde kullanılır.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \tag{3.1}$$

$$\Delta L = L - L_0 \tag{3.2}$$

ΔL; Boydaki uzama,

L_0; Başlangıç uzunluğu,

L; Son uzunluk

Çekme testi cihazı gereken hesaplamaları gerçekleştirerek verileri excelle döker. Çekme testi sonucunda alınan verileri Denklem 3.1 ve Denklem 3.2'de verildiği gibi formüle uygun şekilde hesaplamalar yaparak gerilme ve birim deformasyon grafikleri oluşturulur.

3.5.2. Eğilme testi

Eğilme testi malzemenin mukavemet bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılır. Enine yük taşıyan kiriş gibi elemanlar eğilmeye maruz kalırlar. Kirişin her bir bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir. Bu da eğilme gerilmesi ile alakalıdır [43].



Şekil 3.19: Eğilme testi cihazı

Eğilme testi Shımadzu markalı cihazda gerçekleştirildi. PLA malzemeler ve PP malzemeler sırayla çekme testine tabi tutulmuştur. Şekil 3.20'de eğilme testi cihazı gösterilmiştir. Eğme deneyi TSE'nin TS 205 tanımlarında, iki desteğe sabitlenen, dairesel veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının yön değiştirmeksizin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan biçim değiştirmesi olarak tanımlanır [34].

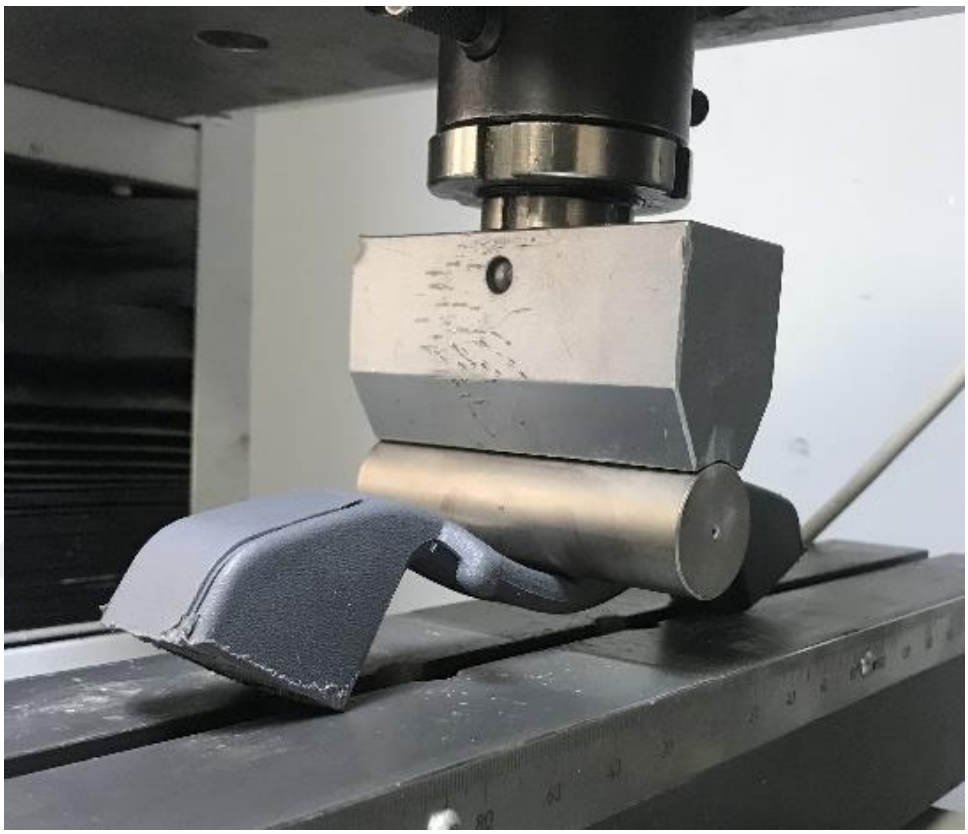
Eğme deneyi sonucunda;

- Eğme momenti [Me],

- Eğilme gerilmesi [σe],

- Elastisite modülü [Ee],

- Sehim miktarı [δ] değerleri hesaplanabilmektedir.



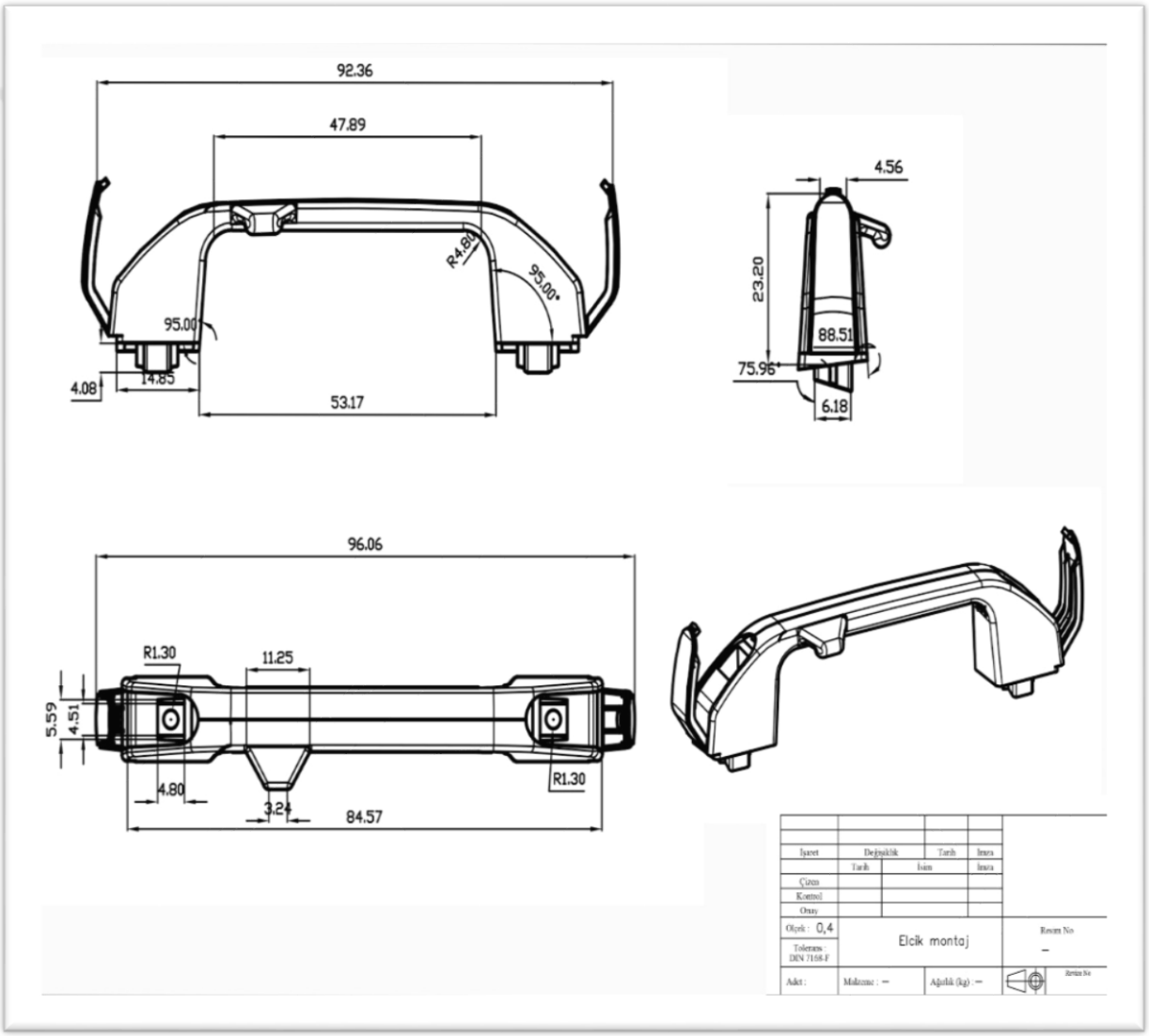
Şekil 3.20: Eğilme testi cihazı ve PLA malzeme

Şekil 3.20'de eğilme testi cihazı ve PLA malzeme gösterilmiştir. PLA ve PP malzemelerine uygulanan eğilme testi sonucunda cihazdan verileri excell formatta aldıktan sonra gereken hesaplamalar yapılarak eğilme yükü, sehim grafikleri oluşturulur.

BÖLÜM 4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Teknik Çizim

El tutamağı malzemesi 3B yazıcıda basılmadan önce 2 boyutlu tasarımı yapılmıştır. 2 boyutlu tasarımı Autocad programında hazırlanmıştır. El tutamağı teknik resmi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: İmalatı yapılan el tutamağının teknik çizimi

4.2. Analiz Sonuçları

Hazırlanan el tutamağı çizimi ansys solidworks programı kullanarak analizi tamamlandı. Otomotiv iç trim malzemesi el tutamağı analizi için polietilen malzemesini kullanarak statik kuvvet, yapısal kuvvet, eşdeğer gerilme, normal stres analizleri gerçekleştirildi.

Polietilen malzemenin özellikleri; Kimyasal kararlılık, kolay işlem görmesi, geniş çalışma sıcaklığı, deformasyon direncinin iyi olması, kolay temizlenebilme ve bakteri üretmeme özellikleri sayesinde oldukça cazip bir malzemedir [1].

Tablo 4.1: Polietilen malzemenin ansysde kullanılan parametreleri

Çekme Dayanımı (Mpa)	18-22
Darbe Dayanımı (kj/m2)	9
Elastisite modülü (Mpa)	1,35
Özgül ağırlık (gr/cm3)	0,98
Uzama (%)	2

El tutamağı analizinde uygulanan kuvvetler ile ilgili gerçekleştirilen çalışmada çok güçlü bir insanın kaslarının anlık olarak 450 kilogramlık kuvvet uygulayabileceği dikkate alınmıştır. Bu güç sürekli olamaz. Zamana bağlı olarak insan gücü, ani düşüş gösterir ve yaklaşık 10 dakika sonra dayanma gücü 10-15% seviyelerine kadar düşer. Bayanların gücü erkeklerin gücünün yaklaşık 2/3 ü oranındadır. Güç yaş ile de değişir. Kol ve bacakların pozisyonu ile aktarılacak kuvvetin yönü insanın uygulayabileceği kuvvetin büyüklüğünü belirler [42].

4.2.1. Statik kuvvet yapısal kuvvet analizi

Malzemenin statik kuvvet-yapısal kuvvet analizinde belirlenen yapılar veya sistemler kullanıldıkları süre boyunca çeşitli kuvvetlere veya darbelere maruz kalırlar. Bu kuvvet ve darbeler sonucunda yapıda bazı bozulmalar görülebilir.

Bu bozulmaları daha önceden tespit edip engellemek için statik analizler yapılır. Statik analiz kısaca analiz edeceğimiz yapıların ya da sistemlerin üzerlerine gelen durağan yüklerin ve kısıtlamaların anlık olarak analiz edilmesidir. Statik analiz zamana bağlı değildir.

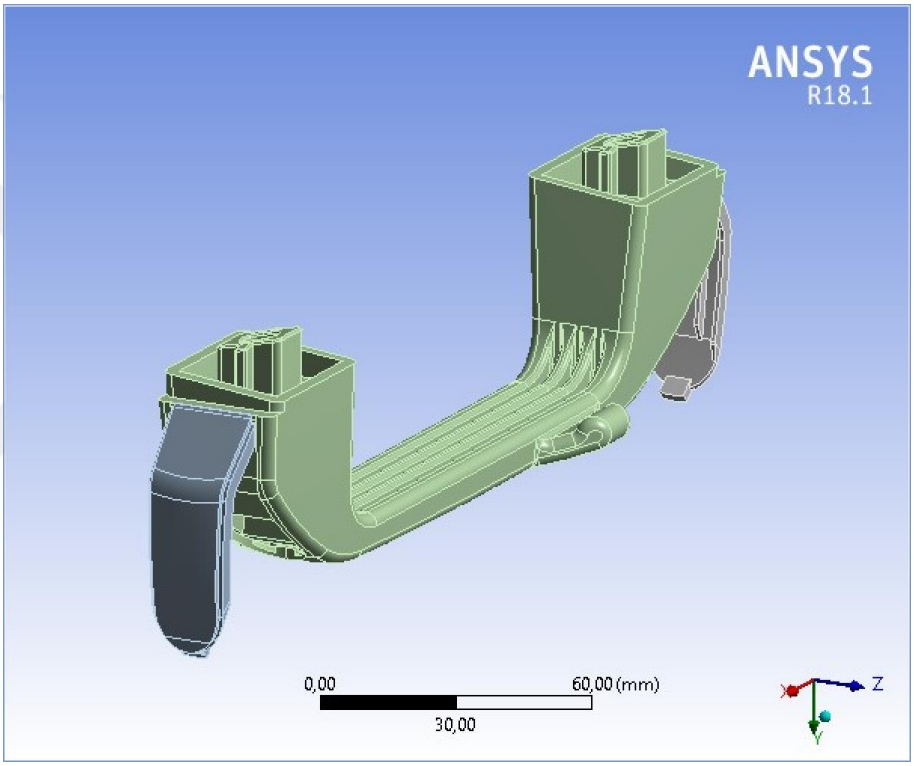
Statik analiz sonucunda;

- Parçanın ne kadar yüklemeye karşı koyabileceği,

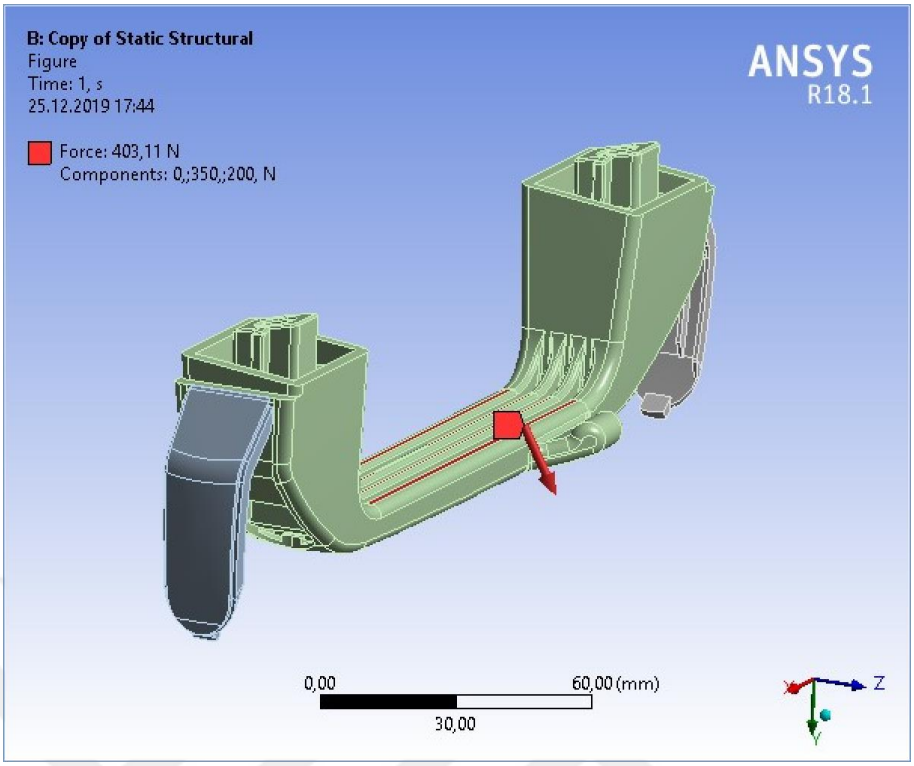
- Konstrüksiyonun ne kadar güvenli olduğu belirlenir.

- Ürün tasarımında uygulanacak statik analizi ile yapı üzerindeki eşdeğer gerilme minimum ve maksimum değerleri belirlenecektir [39].

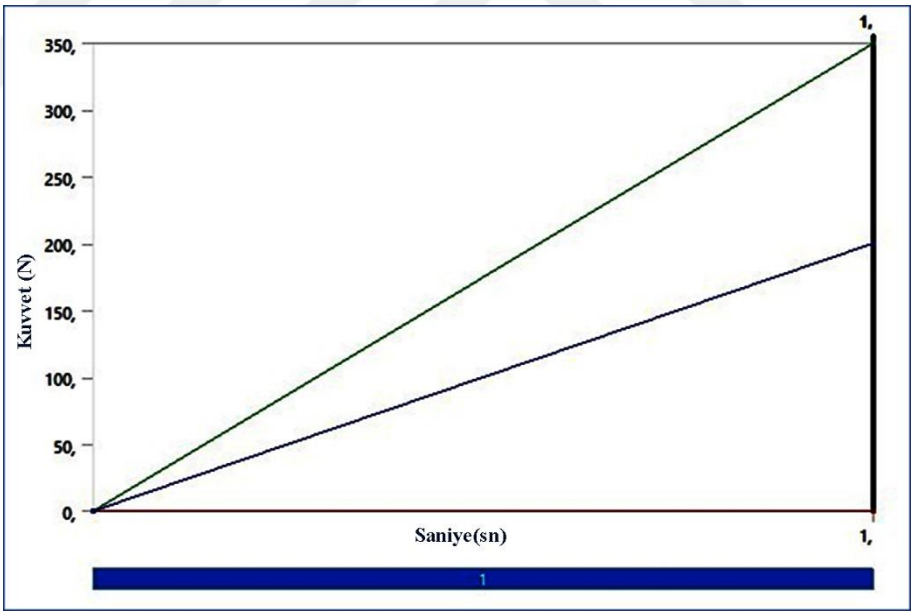
Malzemeye uygulanan ortalama maksimum kuvvet 405 kilogram alınıp statik kuvvet ve yapısal kuvvet analizi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2: Statik kuvvet analizi



Şekil 4.3: Yapısal kuvvet analizi

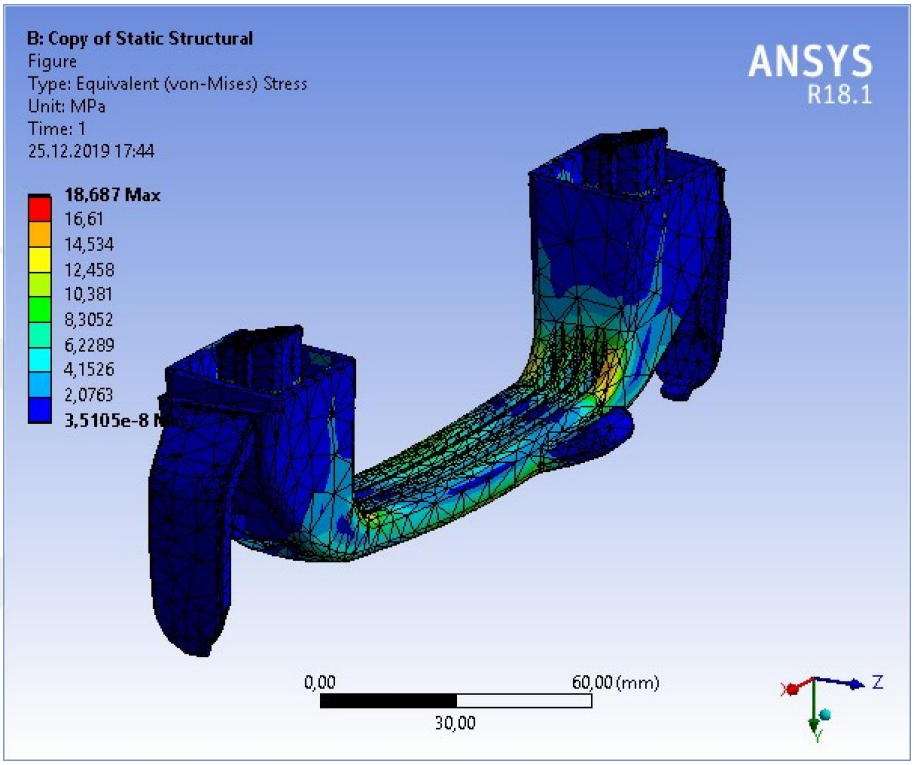


Şekil 4.4: Statik-Yapısal kuvvet analiz grafiği

4.2.2. Eş değer gerilme analizi

Tablo 4.2: Eş değer gerilme analiz tablosu

Süre [s]	En düşük [MPa]	En büyük [MPa]
1,	3,5105e-008	18,687

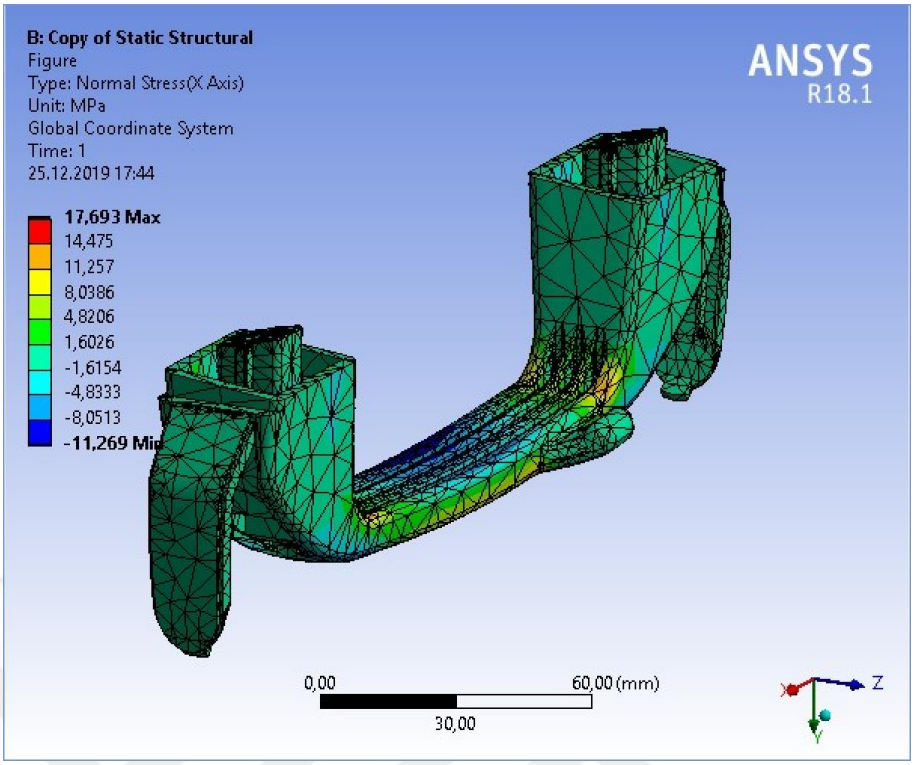


Şekil 4.5: Eş Değer Gerilme Analizi

4.2.3. Normal stres analizi

Tablo 4.3: Normal stres gerilme analiz tablosu

Süre [s]	En düşük [MPa]	En büyük [MPa]
1,	-11,269	17,693



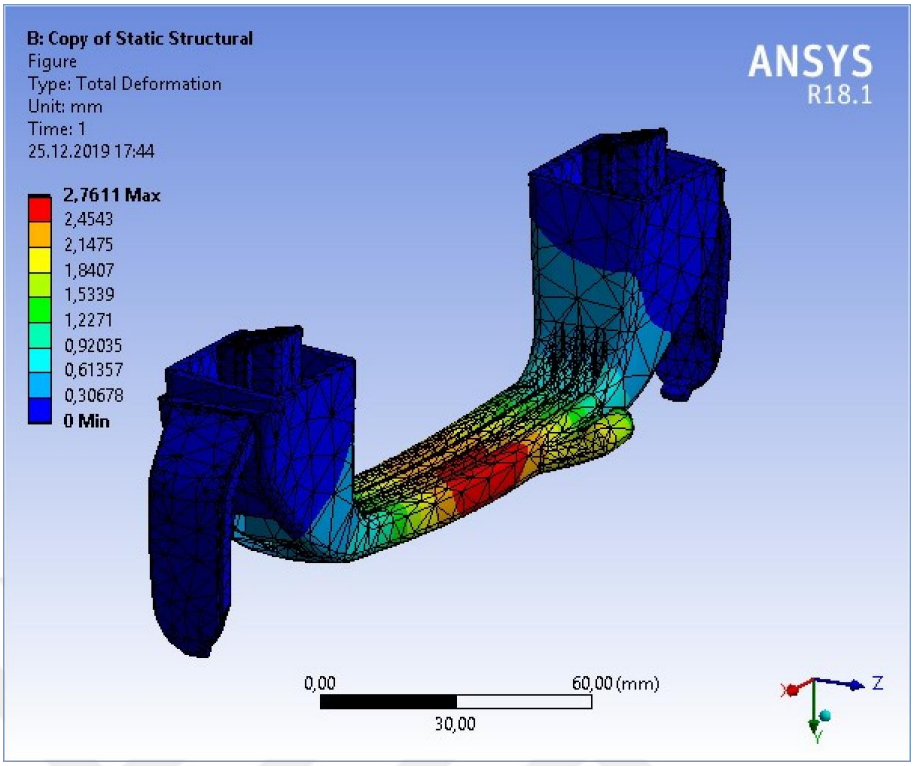
Şekil 4.6: Normal stress analizi

4.2.4. Toplam deformasyon

Tablo 4.4: Toplam deformasyon sonuç tablosu

Süre [s]	En düşük [mm]	En büyük [mm]
1,	0,	2,7611

Statik yapısal analizlerde mekanik tasarımların basit doğrusal hesaplamalar ile karmaşık malzeme, geometrik ve temaslı doğrusal olmayan parçalar için belirli kuvvet altında analizlerini hesaplamalarında kullanılır. Analiz sonuçları, düşük mukavemet ve dayanıklılığa sahip zayıf alanların belirlenmesine yardımcı olur. Yapısal analize dayanarak, yapının mukavemeti ve dayanıklılığı için tanımlanmış gereksinimleri karşılamaktadır. El tutamağına uygulanan 450 kg kuvvet ile elde edilen maksimum toplam deformasyon 2,77 mm olarak incelenmiştir. Tablo 4.4'te gösterilmiştir.



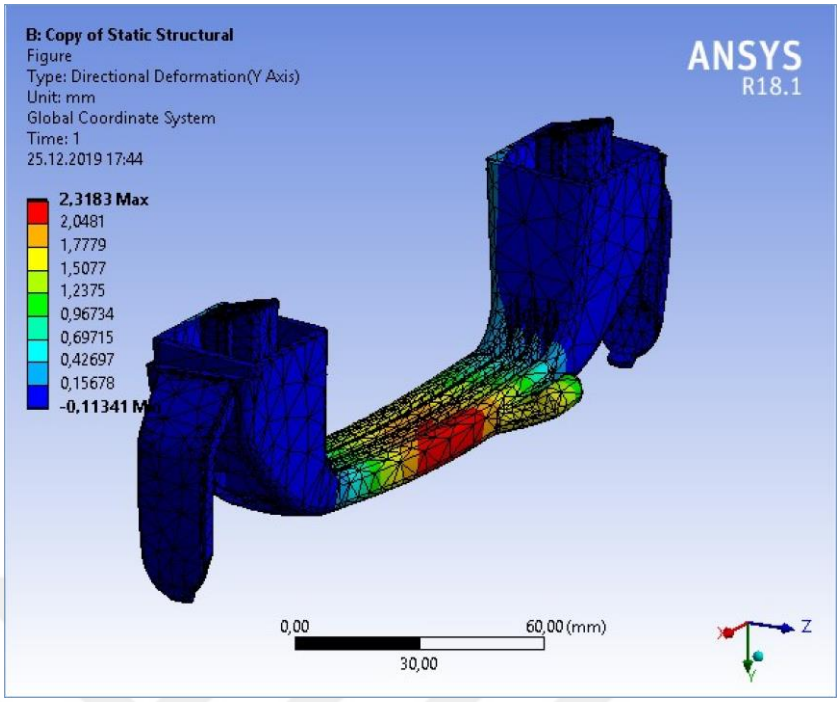
Şekil 4.7: Toplam deformasyon analizi

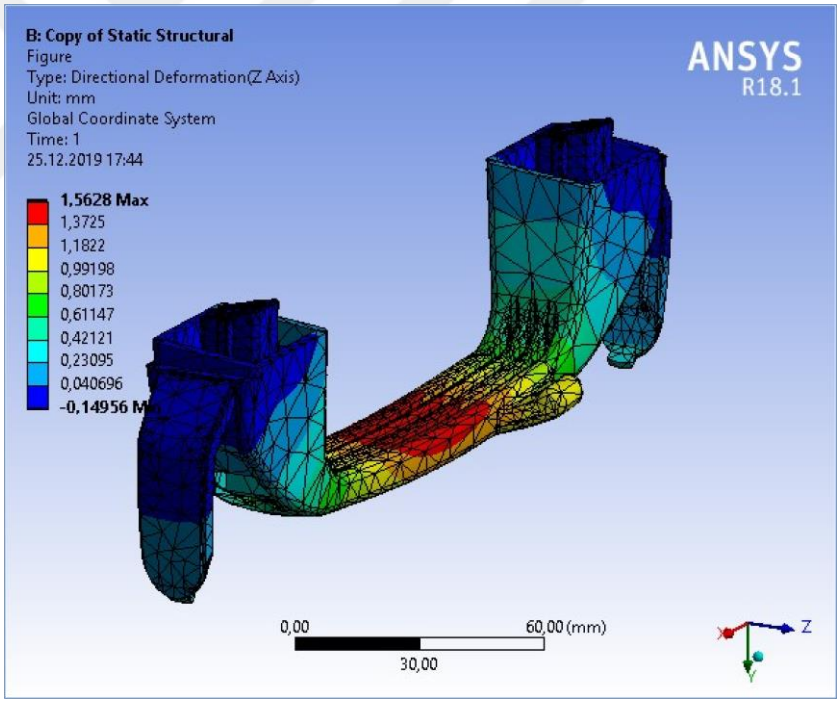
4.2.5. Yönlü deformasyon

Düşey yönde ve tutunma orta yerinden uygulanan 450 kg kuvvet ile maksimum 2,4 mm yönlü deformasyon elde edilmiştir. Deformasyon sonuçları Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Yönlü deformasyon sonuç tablosu

Süre [s]	En düşük [mm]	En büyük [mm]
1,	-0,11341	2,3183





Şekil 4.8: Yönlü deformasyon analizleri

4.3. Çekme Testi Sonuçları

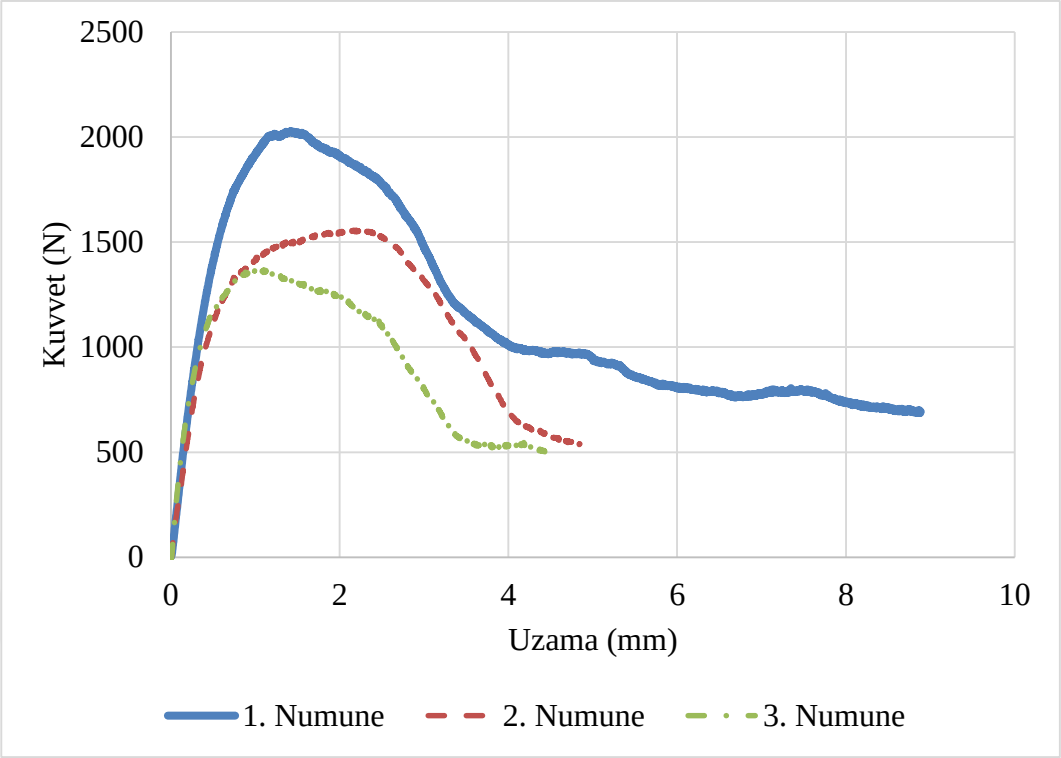
Çekme deneyi malzemelerin mekanik özellikleri belirlenmesi için en yaygın kullanılan deneydir. Deney sonucunda gerilme (N/mm²), birim deformasyon grafiği oluşturulur. Fakat daha kabul gören gerilme ve uzama grafiğidir. Bu nedenle uygulanmış olan kuvvet, parçanın teste sokulmadan önceki kesit alanına bölünerek (σ=F/A0), kuvvet değerleri gerilme değerlerine dönüştürülür ve Gerilme-Birim deformasyon grafiği elde edilir. Deneysel hataları minimuma indirebilmek için üç numune PLA ve 3 numune PP malzeme ile test edilmiş, elde edilen sonuçlar kuvvet ve uzama değerlerinin ortalaması alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

4.3.1. PLA malzeme çekme test sonucu

PLA malzemesinin temel özellikleri; İyi gerilim mukavemeti ve yüzey kalitesi, yüksek hızlarda çalışma kolaylığı, ev ve ofis ortamları için kullanıcı dostu; PLA, yüksek çözünürlüklü parçaların oluşturulmasına olanak tanır. Geniş renk seçenekleri mevcuttur [41]. PLA malzemesinden üretilen 3 boyutlu yazıcıda basılan ve %20 doluluk oranına sahip 3 adet el tutamağı malzemesine uygulanan test verileri aşağıda verilmiştir. Çekme deneyleri Instron marka çekme cihazında 3 mm/dak hızında gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarına göre gerilme ve birim deformasyon grafiğinden elde ettiğimiz verilerde 1.test sonucunu baz alarak PP malzeme ile karşılaştırma yapıldı. 1. test sonucunu baz almamızın sebebi maksimum gerilme kuvvetine sahip olmasıdır. PLA numune parçaların çekme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri Tablo 4.6'da ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6: PLA numune parçaların çekme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri

*	**Kuvvet**	**Uzama**
Birim	**N**	**mm**
1.	2025	1,5
2.	1554	2,4
3.	1360	1,2
Ortalama	**1646**	**1,7**



Şekil 4.9: PLA malzeme çekme test sonuç grafiği

4.3.2. PP malzeme çekme test sonucu

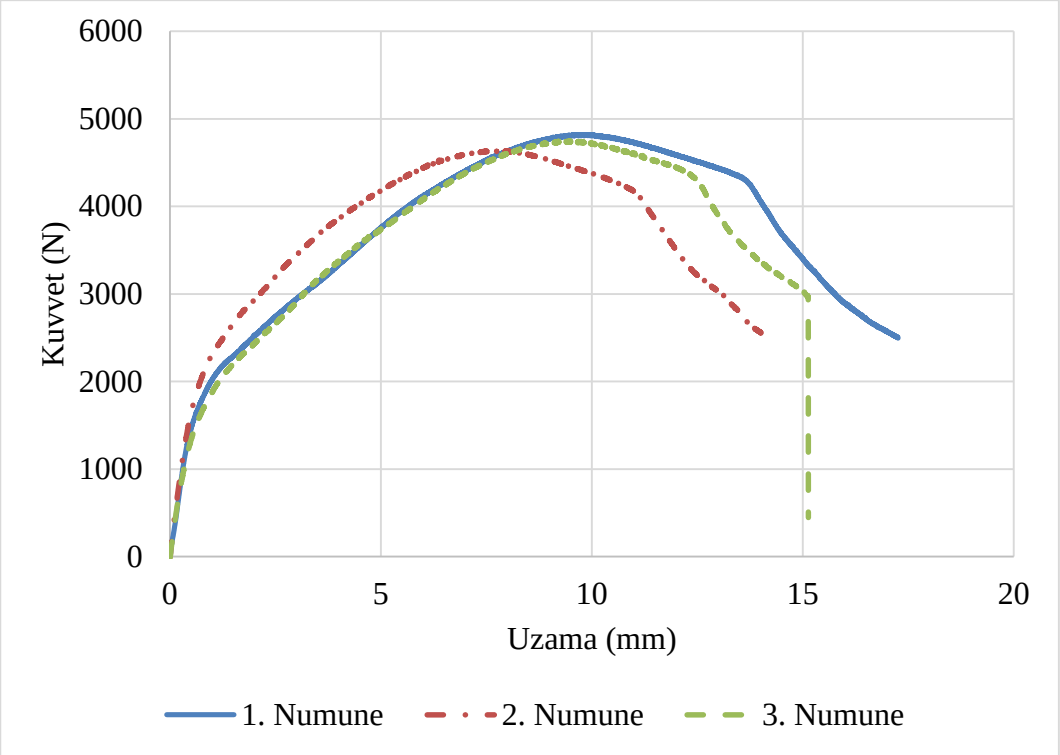
Otomotiv sektöründe kullanılan PP malzeme el tutamağından 3 adet satın alarak çekme testine tabi tutulmuştur. Çekme deneyleri Instron marka çekme cihazında 3 mm/dak hızında gerçekleştirilmiştir. Malzemelerin temel mekanik özellikleri çekme deneyleri ile belirlenmiştir.

Uygulanan 3 adet malzeme test sonuçları Tablo 4.7 ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir. 2.test sonucu baz alınarak karşılaştırma yapıldı. 2.test sonucunu almamızın sebebi deformasyonu en az olmasıdır.

Şekil 4.10'de maksimum kuvvetlerine göre sıralarsak 1.numune, 3.numune ve sonrada 2 numune olarak gözlemlenmiştir. Kuvvet arttıkça uzama değerleri 8,3 mm-9,9 mm-10,2 mm olarak incelenmiştir.

Tablo 4.7: PP numune parçaların çekme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri

*	Kuvvet	Uzama
Birim	**N**	**mm**
1.	4807	10,2
2.	4615	8,3
3.	4736	9,9
Ortalama	4720	9,5



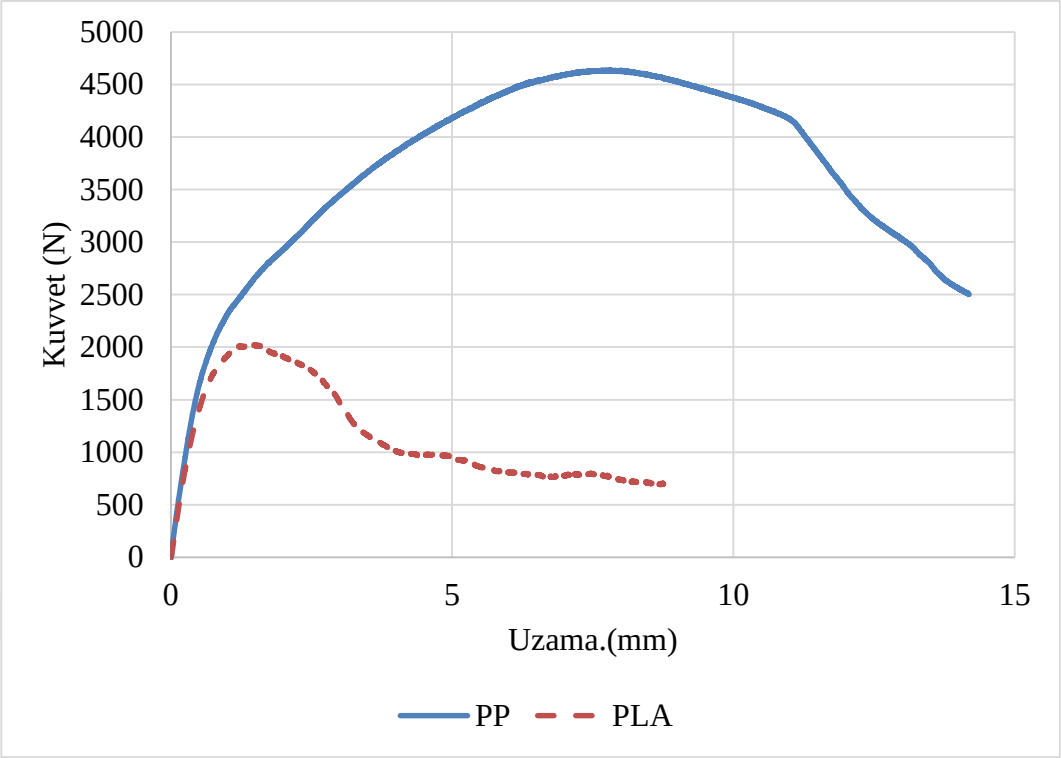
Şekil 4.10: PP malzeme çekme test sonuç grafiği

PP malzeme çekme testi sonucu olarak;

- PLA ve PP malzemeler çekme testine tabi tutulurken, uygulanan kuvvet arttıkça boy uzaması artmaktadır.

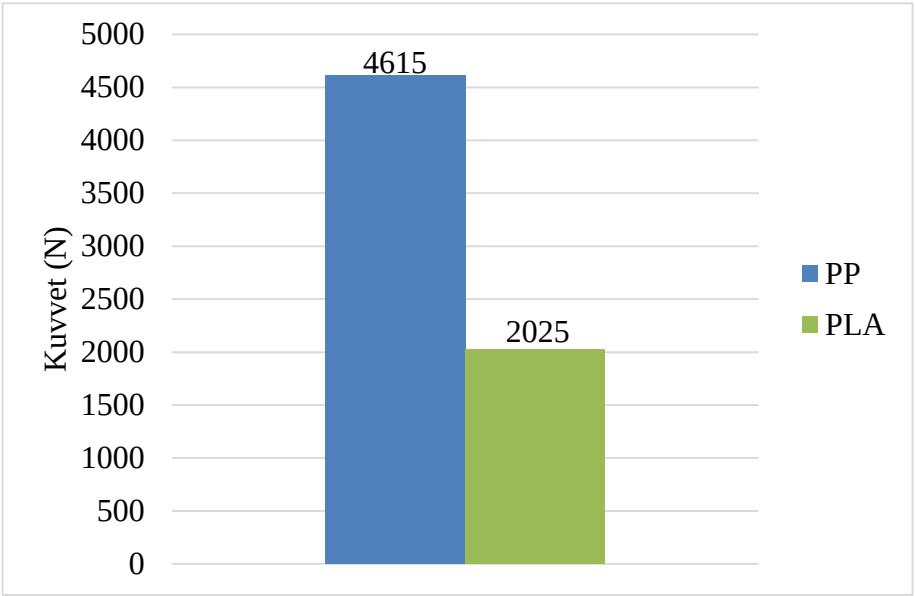
- PLA ve PP malzemelerinde sertlik değerinin malzemenin doluluk oranı ile doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir.

- Doluluk oranı arttıkça malzemelerin sertliği artmaktadır.



Şekil 4.11: PLA ve PP malzeme çekme testi karşılaştırma grafiği

PP malzeme ve PLA malzemeye uygulanan testler sonucunda PLA çekme 1.test sonucunu ve PP 2.test sonucunu alarak karşılaştırma yapıldı.



Şekil 4.12: PP ve PLA numunelerin çekme testi sonucu oluşan gerilme sütun grafiği

Şekil 4.12'te PP ve PLA numunelerin çekme testi sonucu oluşan gerilme sütun grafiği yer verilmiştir. PP mazlemenin çekme testi sonucunda gerilme kuvveti 24,01 iken PLA malzemenin gerilme kuvveti 10,54 olarak bulunmuştur. Çekme dayanımı ne kadar yüksek ise bu malzeme o kadar dayanıklıdır. PP malzeme PLA malzemeye kıyasla çekme testi sonucuna göre çekme dayanımı daha yüksektir. PP, PLA malzemesine göre tokluk değeri yüksektir. Çünkü malzemenin kopana dek absorbe ettiği enerji daha yüksektir. PP gerilme kuvveti PLA ya kıyasla 2,3 kat fazla değere sahiptir.

4.4. Eğilme Testi Sonuçları

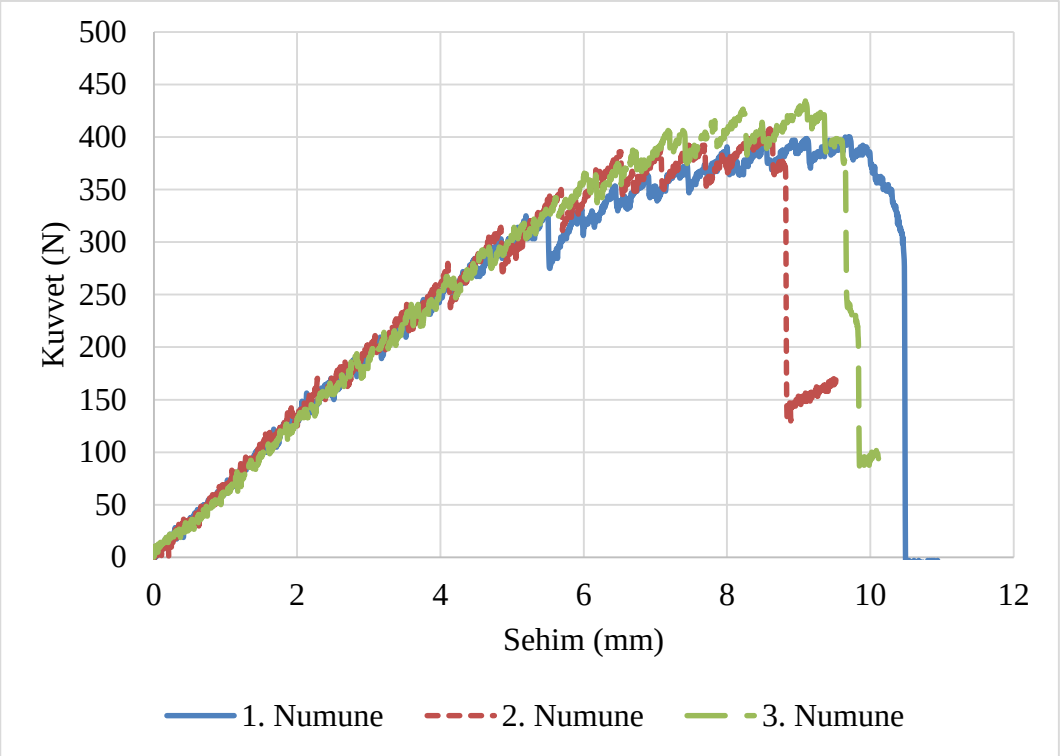
Parçanın mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla eğilme deneyi yapılır. TS EN ISO 7438 standardını eğilme deneyinde incelediğimizde, iki desteğe sabitleyerek, genellikle dairesel veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının yön değiştirmeksizin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan biçim değiştirmesi olarak tanımlanmaktadır [34].

4.4.1. PLA malzeme eğilme test sonucu

3 boyutlu yazıcıda üretilen PLA malzemeden yapılan el tutamağına uygulanan eğilme test sonuçları aşağıda gösterilmiştir. Eğilme test hızı 6 mm/dak olarak belirlenmiştir. Tablo 4.8'de ve Şekil 4.13'te PLA malzemesini eğilme test sonuçları gösterilmiştir. Maksimum kuvvete sahip olan 3.numune baz alınmıştır.

Tablo 4.8: PLA numune parçaların eğilme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri

*	Kuvvet	Uzama
Birim	**N**	**mm**
1.	398,6	9,7
2.	408	8,6
3	434,5	9,1
Ortalama	**413,7**	**9,2**



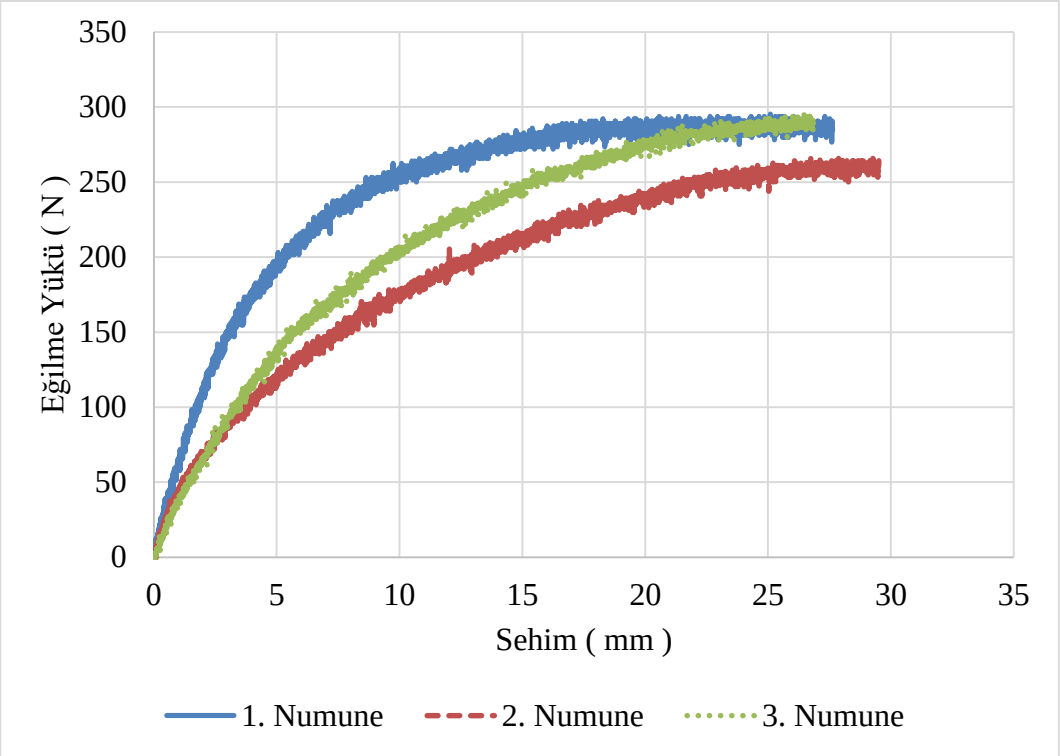
Şekil 4.13: PLA malzeme eğilme test sonuç grafiği

4.4.2. PP malzeme eğilme test sonucu

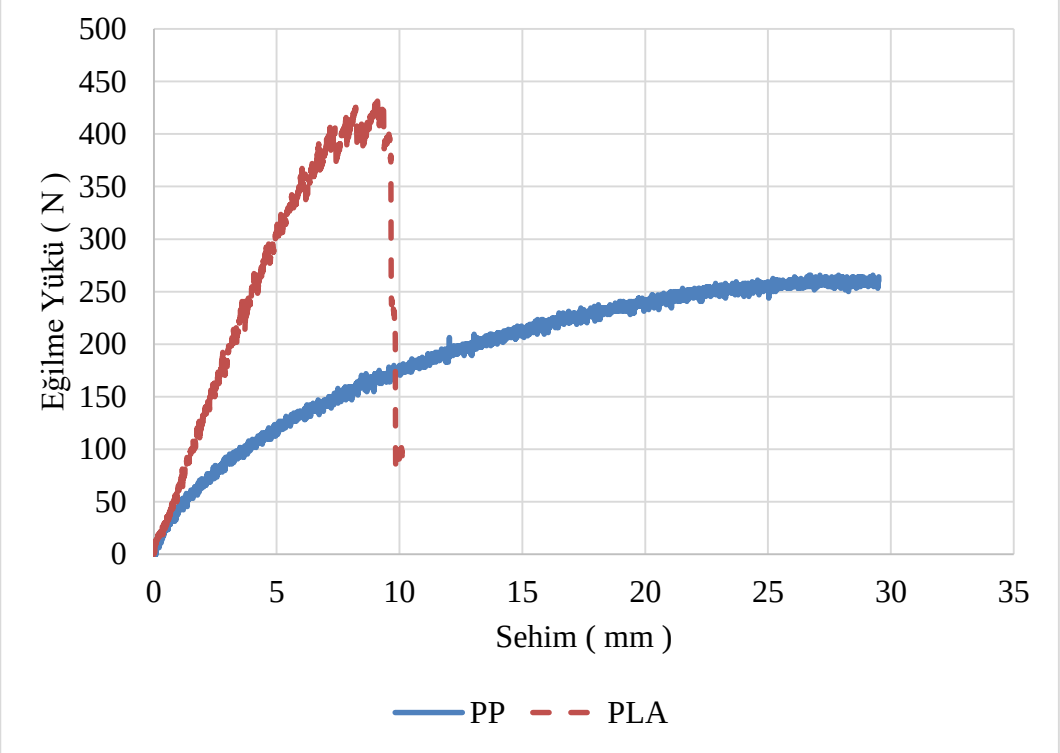
PP malzeme ile gerçekleştirilen eğilme test sonuçları Tablo 4.9 ve Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Eğilme test hızı 6 mm/dak olarak belirlenmiştir. Minimum kuvvete sahip olan 2.numune baz alınmıştır.

Tablo 4.9: PP numune parçaların eğilme testi maksimum Kuvvet-Uzama değerleri

*	**Kuvvet**	**Uzama**
Birim	**N**	**mm**
1.	293,8	27,4
2.	265,7	29,3
3.	289,1	26,9
Ortalama	282,9	27,9

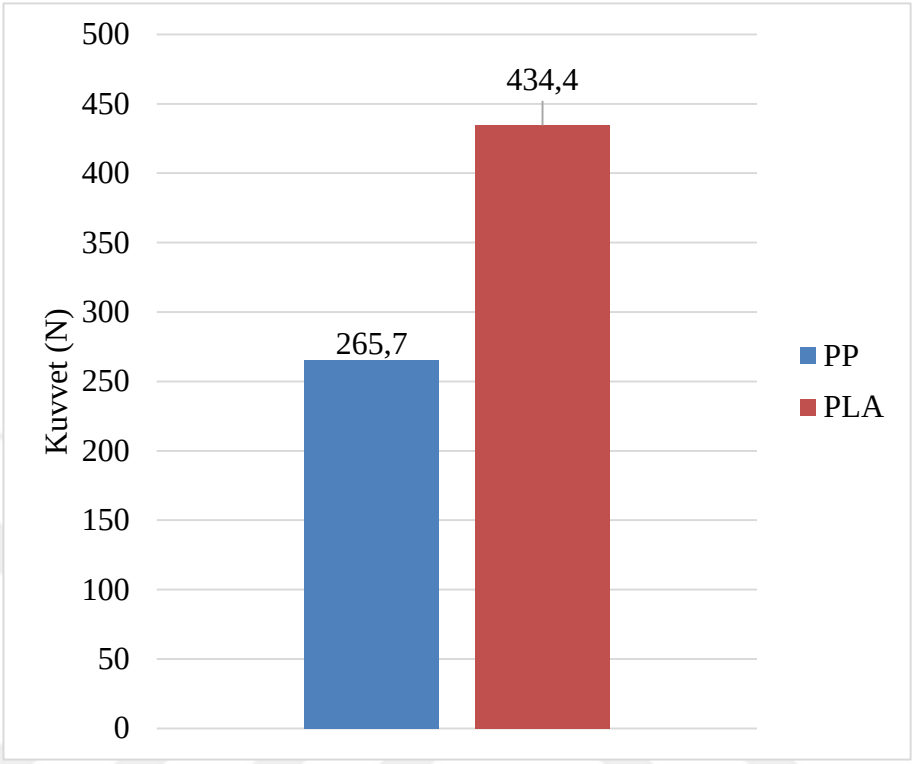


Şekil 4.14: PP malzeme eğilme test sonuç grafiği



Şekil 4.15: PP ve PLA malzeme karşılaştırma grafiği

PP malzeme ve PLA malzemeye uygulanan testler sonucunda PLA Eğilme 3.test sonucunu ve PP 2.test sonucunu alarak karşılaştırma yapıldı.



Şekil 4.16: PP ve PLA numunelerin eğilme testi sonucu oluşan maksimum kuvvet sütun grafiği

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Otomotiv sektörüne verilen önem tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de her geçen yıl artmaktadır. Otomotiv iç tasarım malzemelerinde yapılan araştırmalar ve gerçekleştirilen testler zamanla gelişmektedir. Deneysel çalışmalarda PLA malzeme ile numune üretimi Sakarya Üniversitesi Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi (SARGEM) laboratuvarlarında mevcut olan 3 boyutlu yazıcı tarafından üretilmiştir. PLA malzemenin %20 doluluk oranlarında 3 adet numune üretilerek ve otomotiv sektöründe kullanılan PP malzemenin mekanik testleri yapılması gerektiği kararlaştırılmıştır. Bu çalışmada PLA'nın otomotiv iç tasarım malzemesi olarak kullanma imkanları araştırılmıştır. Elde edinilen veriler incelenmiş ve gerçekleştirilen testlerden alınan sonuçlar analiz edilmiştir. PLA malzemeden üretilen el tutamağı numuneleri ve ilk tasarım aşamasından test aşamasına kadar giden yoldaki süreçlerden, yapılan test sonuçlarından bahsedilmiştir.

- PLA malzemesinde pürüzlülük değeri ile çekme mukavemeti ve çekme mukavemeti ile sertlik değerleri arasında ters bir orantı olduğu, pürüzlülük arttıkça çekme mukavemeti değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

- PLA ve PP malzemeler çekme testine tabi tutulurken, uygulanan kuvvet arttıkça boy uzaması artmaktadır.

Çekme testi gerilme değerleri;

- PLA malzemesi ile yapılan çekme testinde maksimum gerilme değeri seçilen 1.numune 2025 N/mm^2'dir.

- PP malzemesi ile yapılan çekme testinde minimum gerilme değeri seçilen 2.numune 4615,625 N/mm^2'dir.

- PP, PLA malzemesine göre tokluk değeri yüksektir. Çünkü malzemenin kopana dek absorbe ettiği enerji daha yüksektir.

- Çekme dayanımı ne kadar yüksek ise bu malzeme o kadar dayanıklıdır. PP malzeme PLA malzemeye kıyasla çekme testi sonucuna göre çekme dayanımı daha yüksektir.

- PP, PLA malzemesine göre tokluk değeri yüksektir. Çünkü malzemenin kopana dek absorbe ettiği enerji daha yüksektir.

PLA ve PP malzemeleri iki mesnet üzerinde duran numunenin tam ortasından dik yönde düşeyde yük uygulanmıştır. Kuvvet uygulandıkça malzeme eğilmekte ve kırılmaktadır. Eğme deneyi sonucunda, malzemenin eğilme dayanımı ve elastisite modülünün hesabı için numunenin kırıldığı andaki maksimum yükünü [Fmax] ve deney sırasında yükün uygulandığı noktada numunenin başlangıçtaki duruma göre düşey eksendeki değişme miktarı olan eğilme miktarı değerleri deney cihazına bağlı gösterge ve kayıt düzenlerinden faydalanılarak kaydedilmiştir.

- PLA malzemesi ile yapılan eğilme testinde maksimum eğilme kuvveti değeri seçilen 3.numune 434,38 Newtondur.

- PP malzemesi ile yapılan eğilme testinde minimum eğilme kuvveti değeri seçilen 2.numune 265,625 Newtondur.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmanın sonucunda PLA malzemesinden 3 adet, PP malzemesinden 3 adet olmak üzere toplamda 6 malzemenin çekme ve eğilme testleri yapılmıştır.

Grafiklerdeki artış ve azalmanın sebebi PLA malzemesinin %20 doluluk oranında olması ve PP malzemesinin PLA malzemeye göre çekme mukavemetinin yaklaşık 2,3 kat daha yüksek değerlerde olmasıdır. Düzenli bir artış veya azalmanın olduğu deney sonuçlarında görülmüştür.

Maliyet analizi olarak piyasada üretilen el tutamaklarına nazaran piyasa değerinden %75 oranında kar sağlanmıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda; 3 boyutlu yazıcıda üretilen parçanın arasına elyaf koyarak ve PLA malzemesinin doluluk oranlarını arttırılarak gerçekleşen çalışmada daha çok dayanıklı bir malzeme üretilebilir.

KAYNAKLAR

[1] Burçin KAYGUSUZ, Sezer ÖZERİNÇ, Üç Boyutlu Yazıcı ile Üretilen PLA Bazlı Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Makina Tasarım Ve İmalat Dergisi, Ankara, 2018

[2] Fevzi YILMAZ, M. Esad ARAR, Ebubekir KOÇ, 3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi, Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği Metalurji Mühendisler Odası, İstanbul, 2013

[3] Abdulkadir BEDİR, Cenk ÇIRIKKA Esger, İSMAYİLOV, Çift Başlı Üç Boyutlu Yazıcı İmalatı İle Mekanik Özellikleri İyileştirilmiş Kompozit Parça Üretimi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2013

[4] Mustafa GÜNAY, Süleyman GÜNDÜZ, Hakan YILMAZ, Nafiz YAŞAR, Ramazan KAÇAR, 3D Baskı İşlem Parametrelerinin Optimizasyonu için PLA Esaslı Numunelerde Çekme Dayanımı, Politeknik Dergisi, Karabük, 2019

[5] Koray ÖZSOY, Burhan DUMAN, Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği, International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry, Isparta, 2017

[6] Hatice EVLEN, Gülçin EREL, Elif YILMAZ, Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı Ve Yazdırma Doluluk Oranının Mekanik Özellikler Üzerine Etkisinin İncelenmesi, International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry, Karabük, 2018

[7] Ben WİTTBRODT, Joshua M. PEARCE, The Effects Of PLA Color On Material Properties Of 3D Printed Components, Additive Manufacturing, USA, 2015

[8] Mohammed Raed AMJED, The Chemıcal And Mechanical Properties Of 3D Printed Materıals Composed Of Nanosızed MOF-ABS And MOF-PLA, On Dokuz Mayıs Üniversity Graduate School Of Science, Samsun, 2018

[9] V.L. TAGARİELLİ, Measurements Of The Mechanical Response Of Unidirectional 3D Printed PLA, Materials and Design London, 2017

[10] Eric MACHONALD, Rudy SALAS, David ESPALİN, Mireya PEREZ, Efrain AGUİLERA, Dan MUSE, 3D Printing For The Rapid Prototyping Of Structural Electronics, IEEE Acess, USA 2014

[11] Hatice EVLEN, Merve Ayfer ÖZDEMİR, Aydın ÇALIŞKAN, Doluluk Oranlarının PLA ve PET Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri, Politeknik Dergisi Karabük, 2017

[12] Fatih KAHRAMAN, 3B Baskı Teknolojisi Kullanılarak Hızlı Prototipleme Yapımı Ve Nesnelerin Üretimi, Academic Platform, İzmir, 2018

[13] Berkay ERGENE, G. ATLİHAN, İsmail OVALI, Endüstriyel Mekanizma Örneği Olan Üç Boyutlu Yazıcılarda Üretim Optimizasyonu, Proceedings On 2nd International Conference On Technology And Science, Denizli, 2019

[14] Xuesi Chen, Polylactic Acid (PLA): Research, Development And İndustrialization, Biotechnol, China, 2010

[15] Özkan Öz, Muat AYDN, Amet Sean KARA, Melis Siel SANAK, Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Doluluk Oranlarının Hasar Yüküne Olan Etkisinin Belirlenmesi, Karabük, 2018

[16] Benjamin Bax, Jörg Müssig, Impact And Tensile Properties Of PLA / Cordenka And PLA / Linen Composites, Hal Archives, Composites Science and Technology, 2018

[17] Mustafa AYDIN, Ferhat YILDIRIM, Ebubekir ÇANTI, Farklı Yazdırma Parametrelerinde PLA Filamentin İşlem Performansının İncelenmesi, International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry, Manisa, 2019

[18] JM Raquez, Y Habibi, M Murariu, P Dubois, Polylactide (PLA) Based Nanocomposites, Belgium, Polimer Biliminde İlerleme, 2013

[19] Kenan PAK, PLA Malzemesinden Eklemeli İmalat Yöntemiyle Üretilen Ürünlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Isparta, 2019

[20] Yavuz SOYDAN, Bilal MERT, Mustafa Kemal ARICIOĞLU, Polimer Malzemelerin Mekanik Analiz Yöntemleri, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2000

[21] Yasin ÖZDEMİR, Otomotiv Sektöründe Kullanılan Doğal Lif Destekli Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin, 2019

[22] Şüheda ÖZELA, Muzaffer ZEREN, Neşe Çakıcı ALP, 3D Yazıcılar İle Katmanlı İmalat Teknolojisinin Otomotiv Endüstrisinde Uygulanması, International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry, Kocaeli, 2020

[23] Aydın KUNTAY, Otomotiv Geliştirme Sürecinde Yapılan Testler, Bugünkü Durum ve Gelecek, Mühendis ve Makina Güncel, İstanbul, 2018

[24] Neslihan ERGÜN, Otomotiv Uygulamaları İçin Yüzey Özellikleri İyileştirilen Polipropilen Kompozitlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu, Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı Yalova, 2017

[25] Ali Rıfat ÜNAL, Geri Dönüşmüş Termoplastik Matrisli Kompozitlerin Otomotiv Endüstrilerin Otomotiv Endüstrisinde Uygulanması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013

[26] Tolga DIRAZ, Hızlandırılmış Korozyon ve Yaşlandırma Testleri, Academia, 2018

[27] Buğra Yiğit ÇETİN, Otomotiv Sektöründe Kullanılan Cam Fiber Takviyeli Mühendislik Plastiklerinin Aşınma Direncinin İyileştirilmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

[28] Özer ERDOĞAN, Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Ve Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasında Uygulamaları, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008

[29] Prof. Dr. Buket AKKOYUNLU, Prof. Dr. Aytekin İŞMAN, Üç Boyutlu Yazıcı Ve Öğretim Sürecinde Kullanımı, Eğitim Teknolojileri Okumaları, Sakarya, 2018

[30] Sudhir KUMAR, Rupinder Singh, T.P.SİNGH, Ajay BATİSH, Comparison Of Mechanical And Morphological Properties Of 3D Printed Functional Prototypes Multi And Hybrid Blended Thermoplastic Matrix, Indıa, 2020

[31] Mustafa BOZDEMİR, Silah Kabzasının 3 Boyutlu Yazıcılar Tasarım Ve İmalatı, International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital, Kırıkkale, 2018

[32] Abdurrahman AYDIN, Fatih KAHRAMAN, 3B Baskı Teknolojisi Kullanılarak Hızlı Protipleme Yapımı Ve Nesnelerin Üretimi, International Symposium on Innovative Technologies In Engineering And Science, Antalya, 2018

[33] Abdulkadir BEDİR, Cenk ÇIRIKKA, Esser İSMAYİLOV, Çift Başlı Üç Boyutlu Yazıcı İmalatı İle Mekanik Özellikleri İyileştirilmiş Kompozit Parça Üretimi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2018

[34] Url-1 {www.malzemebilimi.net} erişim tarihi 15.05.2020

[35] Url-2 {www.metaluzmani.com} erişim tarihi 19.05.2020

[36] Url-3 {www.metalreyonu.com.tr} erişim tarihi 08.06.2020

[37] Url-4 {www.instron.com.tr} erişim tarihi 09.07.2020

[38] Url-5 {www.gozetim.com} erişim tarihi 03.11.2020

[39] Url-6 {www.efdanaliz.com } erişim tarihi 03.11.2020

[40] Url-7 {www.wikipedia.com/cekmetesti} erişim tarihi 05.11.2020

[41] Url-8 {www.silotip.com.tr/TDSPLAv3.oll} erişim tarihi 07.11.2020

[42] Url-9 {www.muhendislikbilgileri.com} erişim tarihi 01.12.2020

[43] Url-10 {www.2.bayar.edu.tr/mühendislik/malzeme/pdf} 01.12.2020

[44] Url-11 {www.avrotas.com/trim-parca-tasarimi/} erişim tarihi 017.03.2021

[45] Url-11 {http://www.aytdizayn.com/oto-doseme/} erişim tarihi 17.03.2021

[46] Url-12 {https://www.mankiewicz.com/} erişim tarihi 18.03.2021

[47] Url-13 {http://www.inceotodosemeicdizayn.com/} erişim tarihi 18.03.2021

[48] Url-14 {https://www.hedefkimya.com/urun/darbe-test-cihazi.html} erişim tarihi 18.03.2021

[49] Url-15 {http://www.mazlumboru.com.tr/tr/centik-darbe-deneyi.html} erişim tarihi 18.03.2021

[50] Url-16 {https://firdavat.net/termoplastik-ile-termoset-arasindaki-temel-farklar-nelerdir/} erişim tarihi 18.03.2021

[51] Url-17 {https://tr.aliexpress.com/item/32902981703.html?aff_fcid} erişim tarihi 18.03.2021

[52] Url-18 {https://zmorph3d.com/} erişim tarihi 18.03.2021

[53] Url-19 {https://argevetasarim.com/cekme-deneyi/}21.03.2021

EKLER

Ek A : Teknik çizim

Ek B : Fiziksel boyutlar

Ek C : Açıklık/Erişim

Ek D : Erişim/Konum

Ek E : Arka Sıra Tutamakları Boyutları

Ek F : Fiziksel Boyutlar

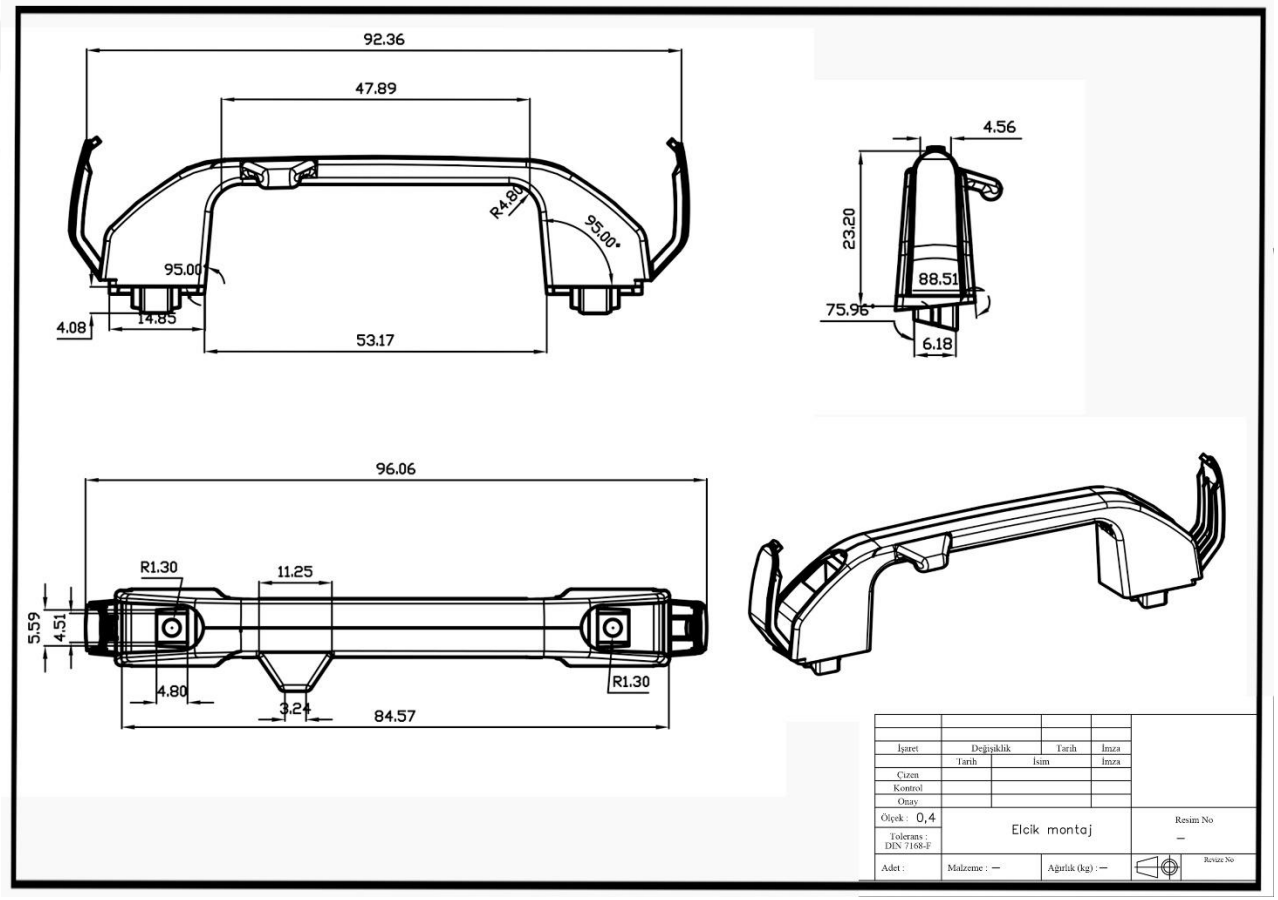
Ek G : Açıklık/Erişim

Ek H : Erişim/Konum

Ek I : Açıklık/Erişim

Ek İ : Analiz Malzeme Verileri

EK A: Teknik Çizim



EK B: Fiziksel Boyutlar

GEREKSİNİMLER				DURUM
Boyut	**Açıklama**	**Hedef**		**Notlar**
		Min	**Max**	
F	Daha dar tutamak boyutu	15	-	6 SAE için hedef
G	Daha geniş tutamak boyutu	22	38	6 SAE için hedef
H	El kavraması açıklığı	96,5	-	8 SAE için 106,5

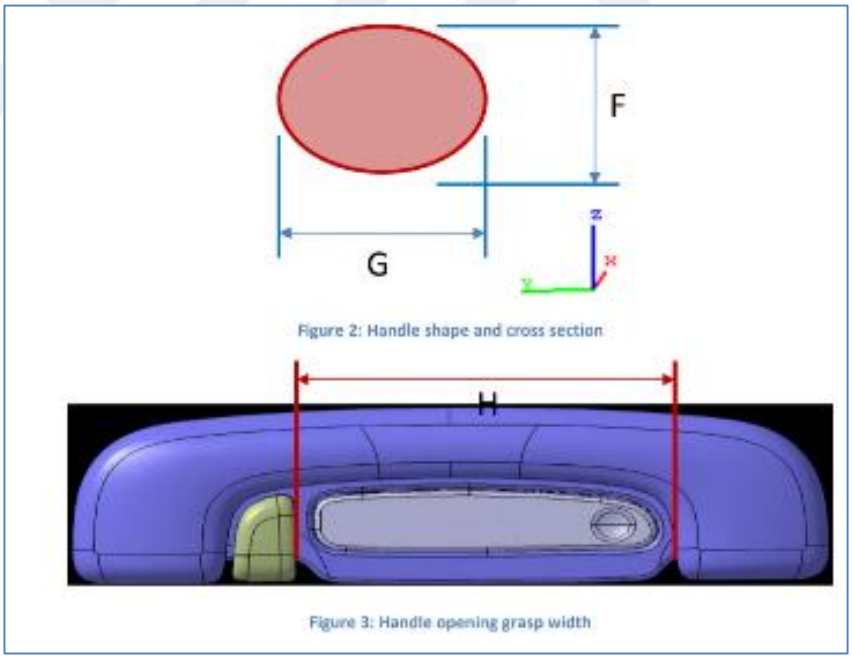
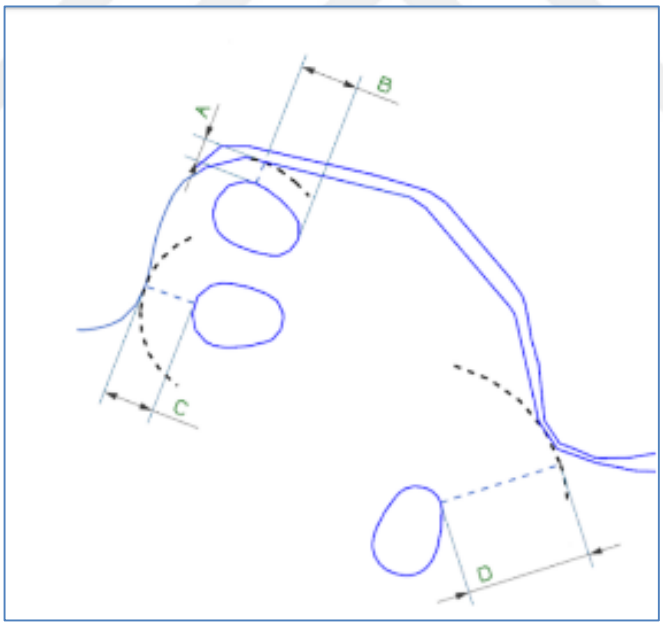


Figure 2: Handle shape and cross section

Figure 3: Handle opening grasp width

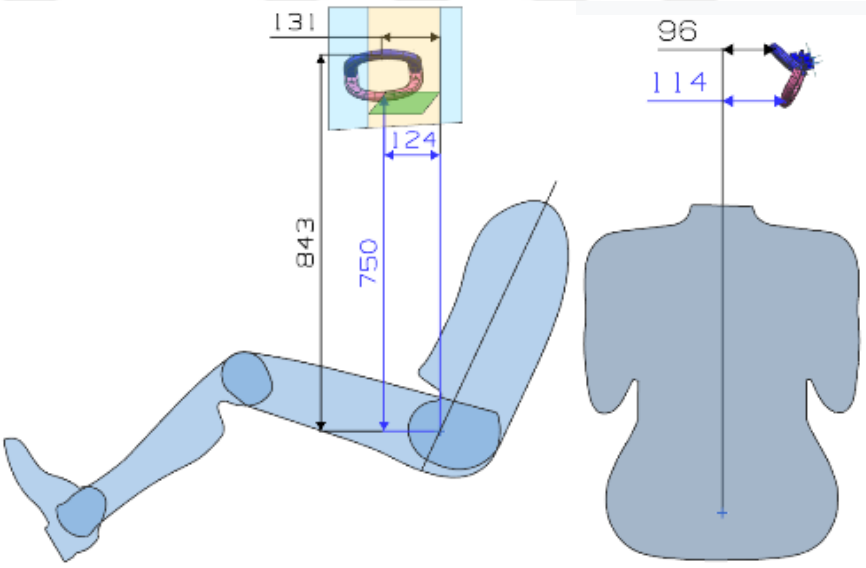
EK C: Açıklık / Erişim

Boyut	Açıklama	Hedef		Notlar
		Min	Max	
A	Tavan boşluğuna paralel parmak açıklığı / giriş	12	-	8 SAE için 18 mm
B	Tutamak yüzeyi boyunca parmak açıklığı / giriş	12	-	8 SAE için 18 mm
C	Kolun döndürülmesi sırasında parmak açıklığı	21	-	8 SAE için 29 mm
D	Tavan döşemesine tamamen yerleştirilmiş konumda el mesafesi	38	-	8 SAE için 50 mm



EK D: Erişim / Konum

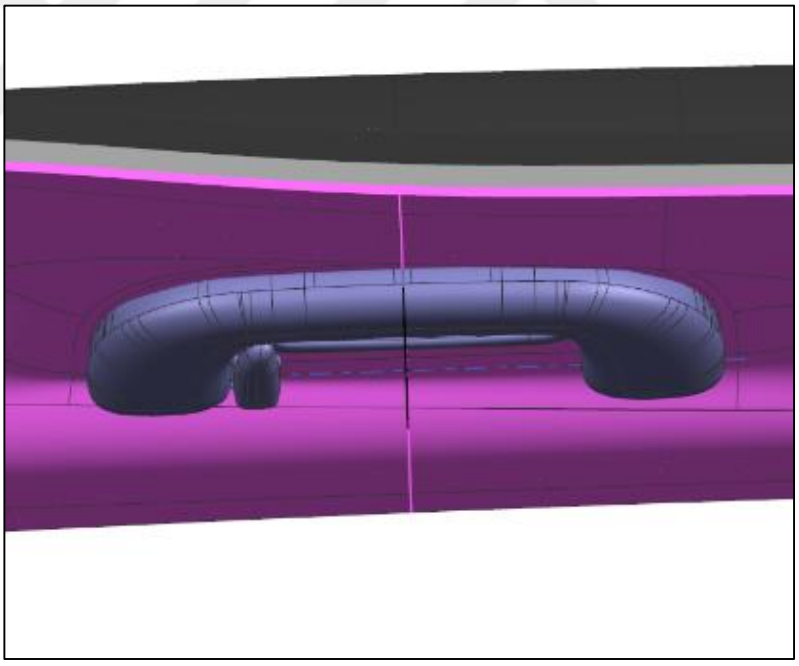
Boyut	Açıklama	HEDEF	
		Min	Max
A	X-Z uzaklık	Cad bölümü kısıtlamalarına bakın	
B	Y H noktasından uzaklık		



A B

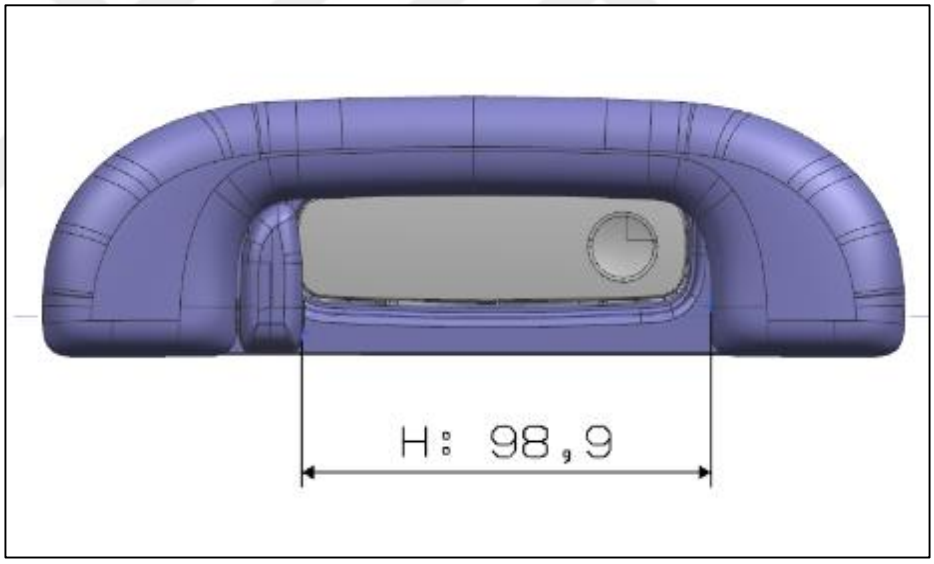
Ek E: Arka Sıra Tutamakları Boyutları

GEREKSİNİMLER	
Boyut	**Açıklama**
A	Tavan boşluğuna paralel parmak açıklığı / giriş
B	Tutamak yüzeyi boyunca parmak açıklığı / giriş
C	Kolun döndürülmesi sırasında parmak açıklığı
D	Tavan döşemesine tamamen yerleştirilmiş konumda el mesafesi



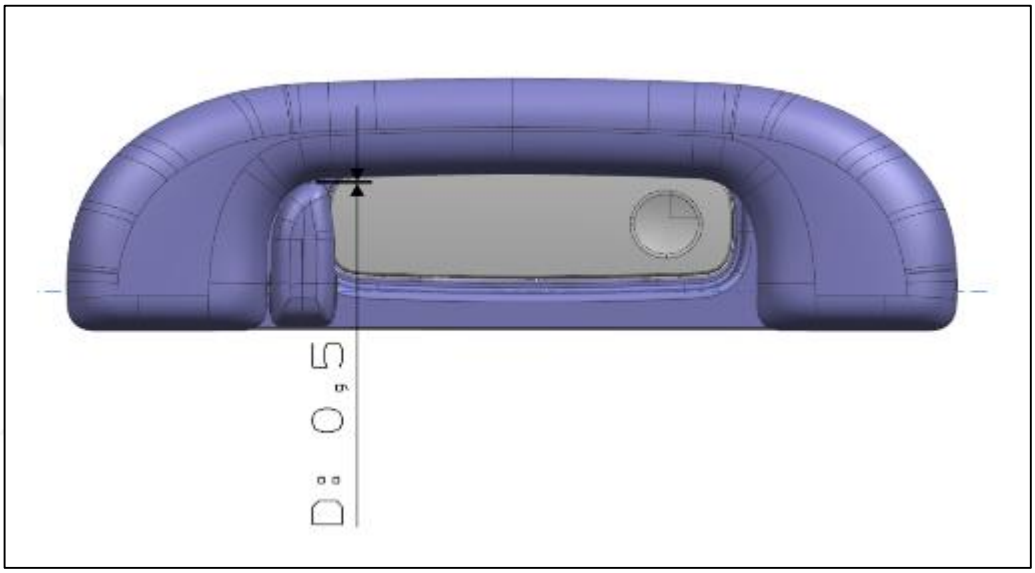
EK F: Fiziksel Boyutlar

GEREKSİNİMLER	
Boyut	**Açıklama**
F	Daha dar tutamak boyutu
G	Daha geniş tutamak boyutu
H	El kavraması açıklığı



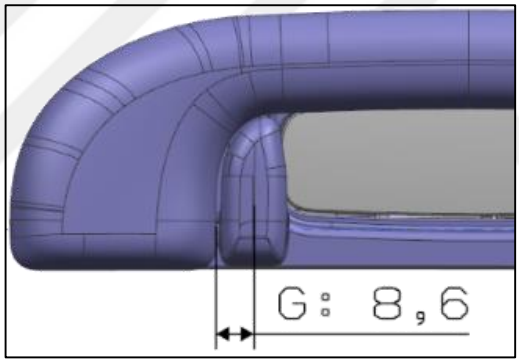
EK G: Açıklık / Erişim

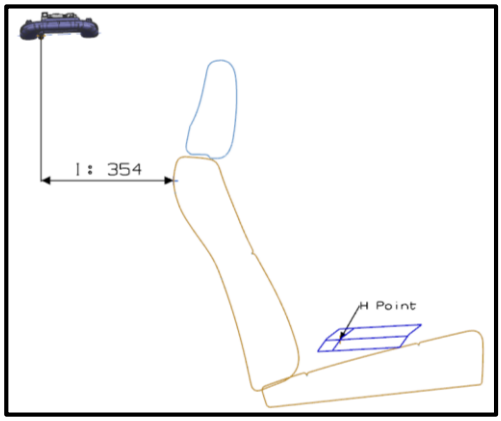
GEREKSİNİMLER	
Boyut	**Açıklama**
D	Parmak erişimi için boşluk (konuşlandırılabilir kanca)



EK H: Erişim / Konum

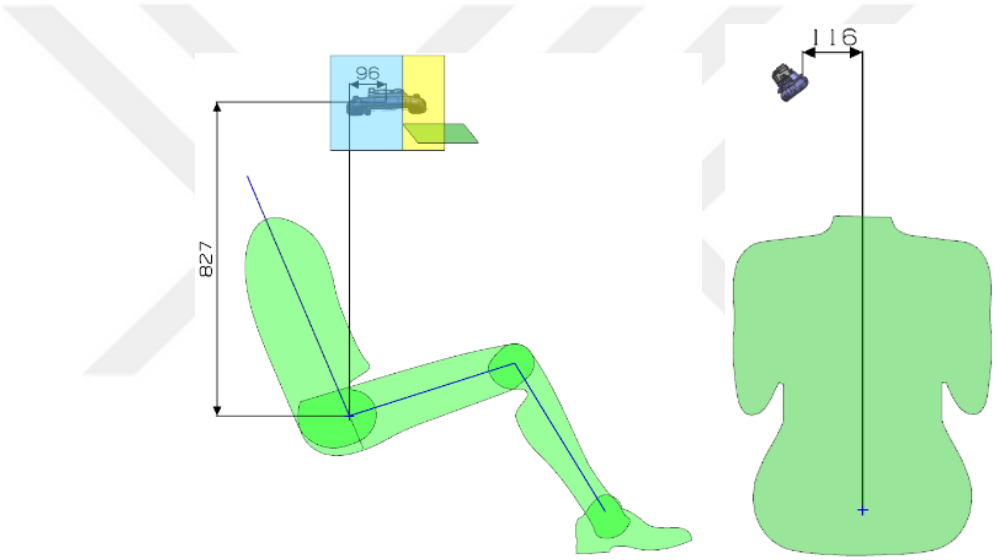
GEREKSİNİMLER	
Boyut	**Açıklama**
G	Sapın iç kenarı ile kancanın orta çizgisi arasındaki mesafe
H	Ceket kancası asma yüzeyinin genişliği
I	SgRP ile koltuk arkalığı ve kancanın orta çizgisi arasındaki mesafe (X = vehicle araç genişliği / entegrasyon departmanı tarafından belirlenen askı genişliği.)





EK I: Açıklık / Erişim

GEREKSİNİMLER	
Boyut	**Açıklama**
A	X-Z erişimi
B	Y noktasından Y mesafesi



A B

EK İ: Analiz Malzeme Verileri

Malzeme	**Polietilen**
Yoğunluk	9,5e-007 kg mm^-3
İzotropik Sekant Termal Genleşme Katsayısı	2,3e-004 C^-1
Özısı	2,3e+006 mJ kg^-1 C^-1
İzotropik Isı İletkenliği	2,8e-004 W mm^-1 C^-1

Young Modülü MPa	**Poisson Oranı**	**Toplu Modül MPa**	**Kesme Modülü MPa**
1100,	0,42	2291,7	387,32