

# Mokap Otomobil İskeletinin 3D Yazıcıya Ve Uygun Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer (CFRP) Teknolojisine Uygun Kafes Yapıda Tasarımı Ve Analizi

Yılmaz Demir<sup>\*</sup>, Kemal Erşan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Otomotiv Mühendisliği / Fen Bilimleri Entitüsü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Otomotiv Mühendisliği / Fen Bilimleri Entitüsü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

<sup>\*</sup>([yilmazdemir310@gmail.com](mailto:yilmazdemir310@gmail.com))

(Geliş Tarihi: 18 Mayıs 2024, Kabul Tarihi: 26 Mayıs 2024)

(3rd International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences ICENSOS 2024, May 16-17, 2024)

**ATIF/REFERENCE:** Demir, Y. & Erşan, K. (2024). Mokap Otomobil İskeletinin 3D Yazıcıya ve Uygun Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer (CFRP) Teknolojisine Uygun Kafes Yapıda Tasarımı ve Analizi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(4), 444-453.

**Özet** –Bu çalışmada, Sapmaz [1] tarafından önceden hazırlanmış bir mokap aracın iskelet tasarımı, analizi ve üretimi için Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer Enjeksiyonu teknolojisi (CFIP) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İskeletin üç boyutlu tasarımı Solidworks programı ile yapılarak yapısal ve titreşim analizi Ansys(R23) programında yapılmıştır. Tasarlanan iskelet, ölçüleri Sapmaz [1] tarafından tez çalışmasından referans alınmıştır. İskelet tasarımı literature araştırmasında elde edilen yapısal çelik ile doğrulanmıştır. Geleneksel olarak, günümüzde otomobil iskeletleri genellikle kalıp ve çelik malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Ancak, CFIP yöntemi daha dayanıklı, maliyeti daha düşük ve hafif bir üretim yöntemidir. Tasarlanan ve analizi yapılan iskelet, CFIP üretim prosesine uygun olarak tasarlanmış ve 3D yazıcıda üretilecek şekilde ortası boş kanallı yapıda üretim planlanmıştır. Yapısal çelik ile doğrulaması yapılan yenilikçi iskelet tasarımı, CFRP malzemesi ile yapısal ve modal analiz edilerek sonuçları değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – CFIP, CFRP, İskelet Tasarımı ve Analizi, 3D Yazıcı ile Üretim

## I. GİRİŞ

Otomotiv sektörü, gelişen teknoloji ile birlikte yüksek performans, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörleri dikkate alarak araç üretiminde daha hafif ve sağlam yapılar arayışına girmektedir. Bu nedenle, araç üreticileri farklı malzemelere ve ileri teknolojilere yönelmektedir. Son dönemde, kompozit malzemeler özellikle karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP), alüminyum, magnezyum gibi hafif malzemeler, otomotiv sektöründe giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bu malzemeler, yüksek dayanıklılık ve düşük ağırlık kombinasyonu ile araçlara daha iyi performans, yakıt verimliliği ve sürüş dinamikleri sağlamaktadır. Verimlilik artarken çevresel sürdürülebilirlik ile doğa dostu bir teknoloji gelişmektedir.

Elektrikli araçlar son zamanlarda oldukça gelişen ve merak duyulan bir alan olmaya başlamıştır. Dolayısıyla elektrikli araçlar da bu trendi takip etmektedir. Bu faktörler göz önüne alındığında, otomobil iskeleti ve parçalarının daha verimli malzemelerle üretimi ve yapıların önemi artmaktadır. Otomotiv parça

üretiminde, yeni teknoloji olan 3D yazıcıların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu yöntem, farklı malzemeler ve üretim teknikleri ile yeni olanaklar sunmaktadır. Bu teknolojiler arasında oldukça yeni olan Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer Enjeksiyonu (CFIP) teknolojisi, 3D yazıcılar ve CFRP malzemesiyle yeterli dayanıklılık ve hızlı üretim sağlayarak iskelet tasarımında yeni bir çözüm sunabilir. Bu çalışmada, bu teknolojinin tasarıma, analize ve üretime uygulanması hedeflenmektedir.

#### A. İskelet Yapımında Kullanılan Malzemeler

İskelet yapımında kullanılan malzemeler Şekil 1. Görülmektedir [8]. Otomotiv tasarımında araçta kullanılan bölgenin özelliklerine göre farklı malzemeler seçilebilmektedir.



Şekil 1. İskelet Yapımında Kullanılan Malzemeler. [8]

Kullanılan kompozit malzemeler, genellikle bir bağlayıcı ve takviye liflerinden oluşan en az iki farklı bileşenin bir araya getirilerek oluşturulan malzemelerdir. Otomotiv endüstrisinde bu malzemeler, hafiflik, yüksek mukavemet, dayanıklılık, korozyon direnci, termal ve elektriksel yalıtım özellikleri, tasarım esnekliği ve enerji emilim kapasitesi gibi avantajlar sunar [9]. CFRP gibi malzemelerin mukavemeti, diğer metal esaslı malzemelere göre yaklaşık olarak 3.5 kat daha yüksektir (Tablo 1).

Tablo 1. Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan malzemelerin karşılaştırılması [15]

Malzeme	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Isıl Genleşme (/°C)	Ultimate Çekme Mukavemeti (Mpa)	Isıl İletkenlik (W/mK)
Al6xxx	2,7	23,6	310	167
Al7xxx	2,81	23,2	570	196
Titanyum bazlı	4,43	9,2	970	7,3
Nikel bazlı	8,1	15	1240	25
Polimer bazlı (CFRP)	1,9	0	3500	65

#### B. İskelet Üretim Teknikleri

Döküm tekniği, sıvı halde akıcı olan metal malzemenin, tasarımı yapılan kalıp içerisine dökülerek şekil verilmesiyle gerçekleşen üretim yöntemidir.

Presleme ve şekillendirme yöntemleri, dayanımı yüksek metal levhaların, hidrolik veya mekanik presler kullanılarak önceden tasarlanmış olan kalıplara yerleştirip basınç altında istenilen şeklin elde edilmesi yöntemidir.

Bu iki yöntemde de üretim maliyetli olup, üretim esnekliği kısıtlı olmaktadır.

3D baskı yöntemi; eritilen kompozit malzemenin katman katman ekleme yöntemi ile elde edilmesidir. Tasarımı yapılan parça üretim formatına dönüştürülerek baskı parametreleri belirlenir. Bu baskı dosyası ile 3D yazıcı da üretim gerçekleştirilir. Bu üretim tekniği ile daha esnek üretim sağlanırken, kalıp gerekmemektedir. Dolayısıyla digger üretim yöntemlerine göre maliyet çok düşmektedir. 3D baskı yöntemi ile otomotiv sektöründe parçaların farklı malzemelerin ve baskı yöntemlerinin kullanımıyla daha geniş bir uygulama alanı bulmaktadır [10].

Yapılan bu çalışmada, CFIP (Continuous Fiber Injection Process-Sürekli Elyaf Enjeksiyon Prosesi) teknolojisi, sürekli elyafların sıvı reçineyle eş zamanlı olarak parçadaki boru şeklindeki boşluklara enjekte edilmesine dayanmaktadır. CFIP, yüksek mekanik performans ve hafiflik gerektiren yeni uygulamalarda 3D baskı kullanımını teşvik etmeyi amaçlayan, kolaylaştırıcı bir teknolojidir [11].

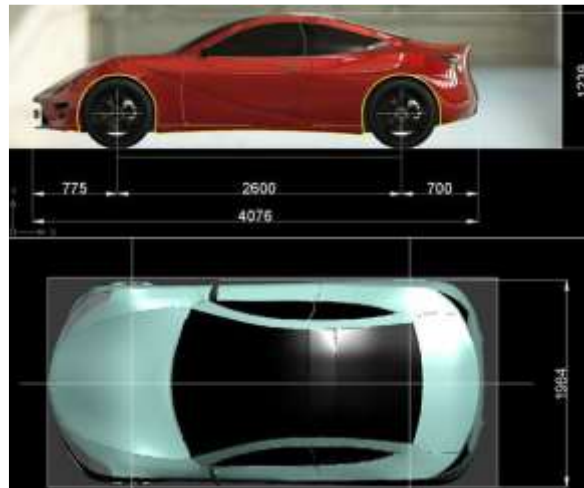
İskeletlerin tasarımında uygulanan analizler genellikle Modal analiz, viraj analizi, burulma analizi, yapısal deformasyon analizi ve Von Mises analizlerini içerir. Cinali, [16] tarafından yapılan şasi tasarımında sonlu elemanlar metoduyla analizler gerçekleştirilmiştir. Şasi üzerinde oluşabilecek gerilim ve deformasyon incelenmiş, bu incelemeler doğrultusunda gerekli güvenlik katsayıları ve doğal frekans değerleri hesaplanmıştır. Otomobil iskeleti tasarımında SolidWorks programının kullanılması ve analiz için ANSYS programıyla Modal, Von-Mises, yapısal, viraj ve burulma analizlerinin yapılması planlanmıştır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Literatür araştırmalar sonucunda çalışmanın yarı iskelet [5] yapı üzerinde yoğunlaşılması sonucuna varılmıştır. Mevcut tasarımın uzun karbon fiber polimer ile üretim şekli düşünülmüştür. Tasarım için SolidWorks, analiz için ANSYS programı kullanılmıştır. Ön tasarımı yapılan iskelet tasarımı yapısal, ve modal analiz yapılarak doğrulanmıştır. Doğrulaması yapılan iskelet, yenilikçi üretim yöntemi olan 3D ekleme imalat yöntemi ile içi boş kannallar şeklinde yeniden tasarlanmıştır. Yenilikçi iskelet tasarımı, önce yapısal çelikle, daha sonra CFRP malzemesi kullanılarak yapılan tasarım doğrulanmıştır. Doğrulaması yapılan kafes yapı içi boş olarak 3D yazıcıda üretilecek şekilde tasarım yapılmıştır. 3D yazıcı ile iskeletin dış boru malzemesi ABS ile üretilip, ortadaki kanaldan uzun karbon fiber polimer kompozit malzeme enjekte edilecek büyüklükte üretimi planlanmıştır.

Tasarım ve analiz için literature araştırmaları sonucunda bu çalışmanın başlangıcında referans olarak Lamborghini markasının Aventador V12 modelini iskelet tasarıma referans alınmıştır. Böylece çalışmanın doğrulanması için genel hatlarıyla iskelet tasarımı ortaya çıkmıştır.

Ön çalışmada elde edilen tasarımda Cinali [16] dan yararlanarak modal analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu iskelet tasarımı Sapmaz [1] ve Tekineş [17] tez çalışmasında tasarlanan mokap aracı ve iskelet ölçüleri alınarak düzenlenmiştir Şekil 2 ve 3.



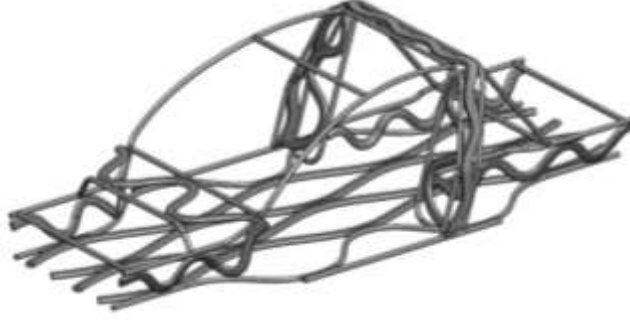
Şekil 2. Mokap Otomobilin Üstten ve Yandan Görünümü ve Ölçüleri [1]



Şekil 3. İskelet Ön Tasarımı Sol Üst Görünümü

Elde edilen model, literatür çalışmaları ve [17] analiz sonuçları göz önünde bulundurularak iskeletin içi dolu çelik tasarımına yapısal deformasyon analizi uygulanmıştır. Bu analizde, literatürden elde edilen referans değerleri [15] kullanılmış ve analiz sonuçları elde edilmiştir. Analizde Batarya yükü, sürücü ağırlığı, yolcu ağırlığı ve gövde ağırlığı dikkate alınarak kuvvet uygulanmıştır.

Analiz sonucuna göre Tasarım iyileştirmeleri tamamlanıp, yenilikçi üretime göre yeniden tasarlanıp çizilmiştir. Bu yeni tasarımda içi boş borunun ortasından CFRP sıvı malzemesi geçecek şekilde tasarlanmıştır. Oluşturulan dış boru profilin malzemesi ABS olarak seçilmiştir Şekil 4.



Şekil 4. Yeni Üretim Tekniğine Göre Yeniden Tasarlanmış İskeletin Son Hali

#### A. İskelet Ön Tasarım Yapısal Deformasyon Analizi

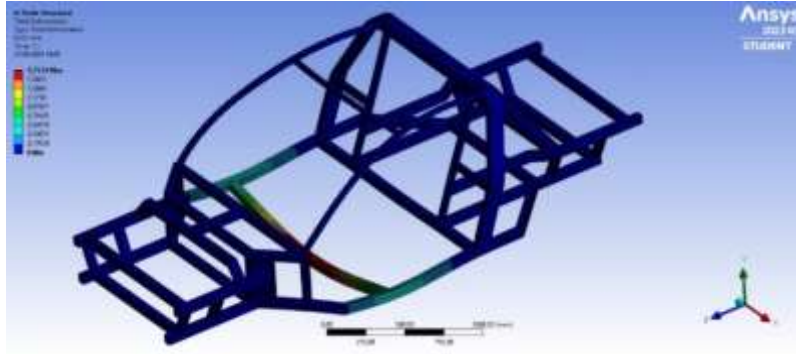
Mokap aracın kabuk modeline uygun ölçülerde yapılan iskelet ön tasarımı, literature araştırmaları sonucunda elde edilen değerler ile doğrulamak amacıyla önceki analiz sonuçlarına yaklaşıma kadar tasarımda iyileştirmeler yapılmıştır [16]. Doğrulama yapmak için malzeme olarak yapısal çelik (AISI 1118) seçilmiş toplam deformasyon analizi elde edilmiştir.

Analizde kullanılan malzemelerin bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir [19].

Tablo 2. Analizde Kullanılacak Malzemelerin Özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Elastikiyet Modülü (Mpa)	Poisson Oranı	Akma Mukavemeti (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)
Çelik	7850	200000	0,3	250	460
ABS	105	2408	0,4078	36,13	38,73
CFRP	1800	395000	0,2	2143	3500

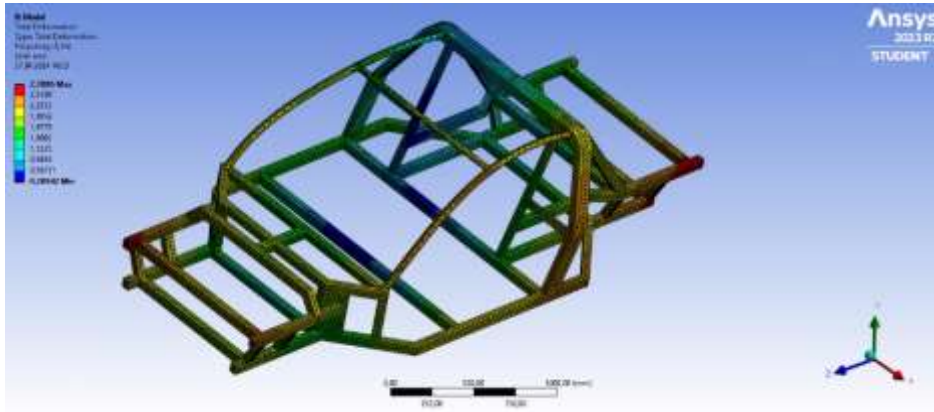
İskelete uygulanacak kuvveti belirlemek için; 6 adet batarya herbiri 2.4 kg olmak üzere akü ağırlığı toplam 1440N, yolcu ağırlığı 850N ve gövde ağırlığı 4000N olmak üzere toplam araç iskeletine 8000N kuvvet uygulanmıştır Şekil 5 .



Şekil 5. Ön Çalışma Tasarımı Yapılan İskeletin Toplam Deformasyon Analizi

### B. İskelet Ön Tasarım Modal Deformasyon Analizi

Literatür araştırmaları sonucunda analizlerde, Cinali [16] analiz değerleri referans olarak alınmıştır. Modal analizde, aracın tekerleklerinin şasi ile birleştiği noktalar üç boyut için dönme ve ötelenmeye karşı sabit tutulmuştur. Analiz frekansın ilk 10 modu çözülmüştür. Analiz sonuçları, sonuç ve değerlendirme bölümünde verilmiştir Şekil 6.



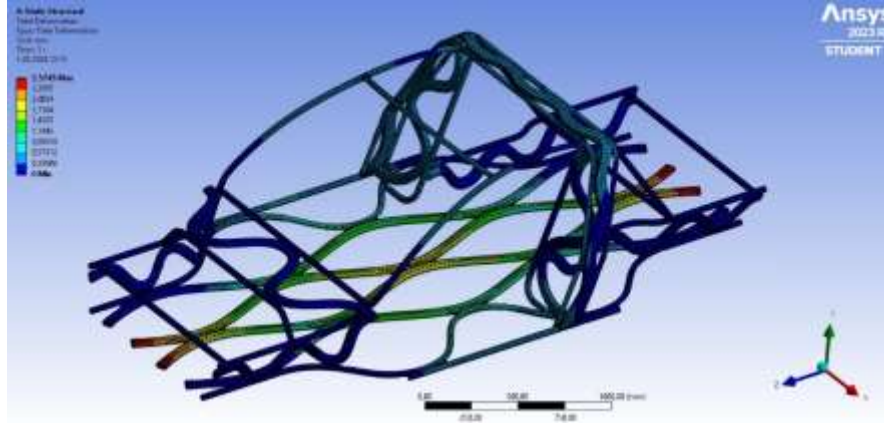
Şekil 6. Ön Çalışma Tasarımı Yapılan İskeletin 1. Modundaki Analiz Değerleri

### C. Yenilenmiş İskeletin Yapısal Çelik İle Yapısal Analizi

Yenilik üretim yöntemine göre yapılan iskelet tasarımı doğrulaması yapılması için analiz de yapısal çelik seçilerek analiz edilmiştir. Cinali [16] analiz değerleri referans olarak alınmıştır. Aracın tekerleklerinin şasi ile birleştiği noktalar üç boyut için dönme ve ötelenmeye karşı sabit tutulmuştur.

Önceki yapısal analizde uygulanan kuvvet bu analizde de tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları, sonuç ve değerlendirme bölümünde verilmiştir Şekil 7.

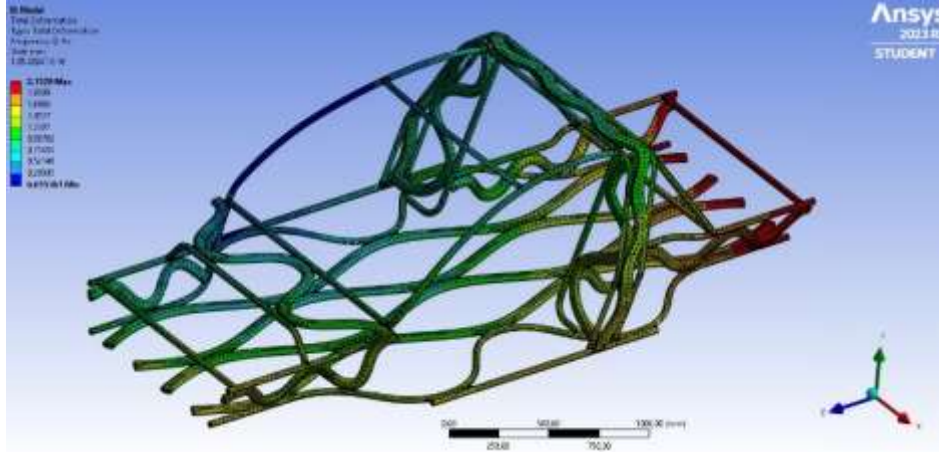




Şekil 7. Yenilenmiş İskelet Tasarımı Yapısal Analizi Toplam Deformasyonu

#### D. Yenilenmiş İskeletin Yapısal Çelik İle Modal Analizi

Modal analizde aracın tekerlerinin şasi ile birleştiği noktalar için dönme ve ötelemeye karşı sabit tutulmuştur. Analiz frekansın ilk 10 modu için yapılmıştır. Sonuçlar analiz sonuçları ve değerlendirme bölümünde verilmiştir Şekil 8.



Şekil 8. Titreşimin 1. Modundaki Analiz Değerleri

Yenilenmiş iskelet tasarımının analiz sonuçları, önceki yapılan analiz sonuçları ile doğruluğu sağlandıktan sonra Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer (CFRP) ve ABS malzemeleri üzerinden analizlere devam edilmiştir. ABS malzeme özellikleri, epoksi ve karbon fiber malzeme özellikleri literatürden alınarak kullanılmıştır.

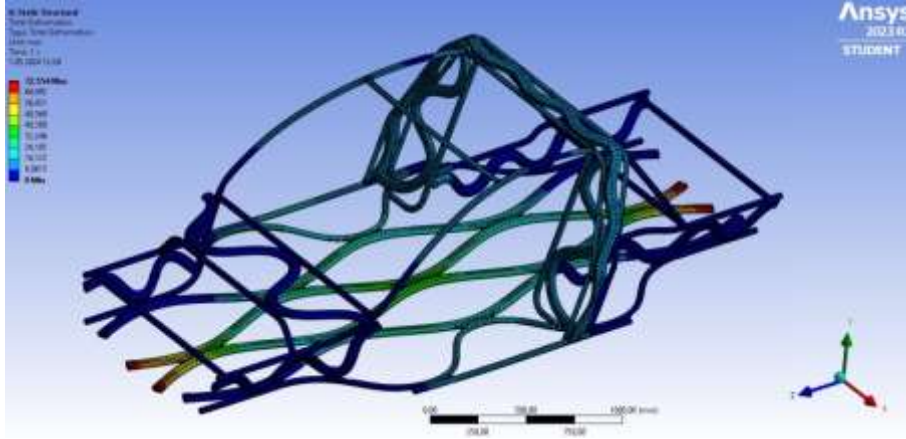
Yenilenmiş tasarıma ABS malzemesi atadıktan sonraki iskelet ağırlığı 73,796 kg olmuş ve yapısal deformasyon testi uygulanmıştır. Daha sonra yenilenmiş iskelet tasarımına Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer (CFRP) malzemesi uygulanmış ve analiz bu malzeme ile devam etmiştir. Bu malzeme ANSYS programı verilerinde olmadığından, kompozit yapı oluşturularak uygulanmıştır.

CFRP malzeme ile yenilenmiş olan iskelet tasarımına önceki şekilde uygulanan destek ve kuvvet noktaları verilerek analizler tekrarlanmıştır.

#### E. Yenilenmiş İskeletin CFRP İle Yapısal Analizi

Yapısal çelik seçilerek doğrulaması yapılan yenilenmiş iskelet tasarımı, bu analizde de aynı noktalardan sabitlenip aynı kuvvet uygulanarak CFRP malzemesi seçilip Ansys programı ile analiz edilmiştir.

Sonuçlar analiz sonuçları ve değerlendirme bölümünde verilmiştir Şekil 9.

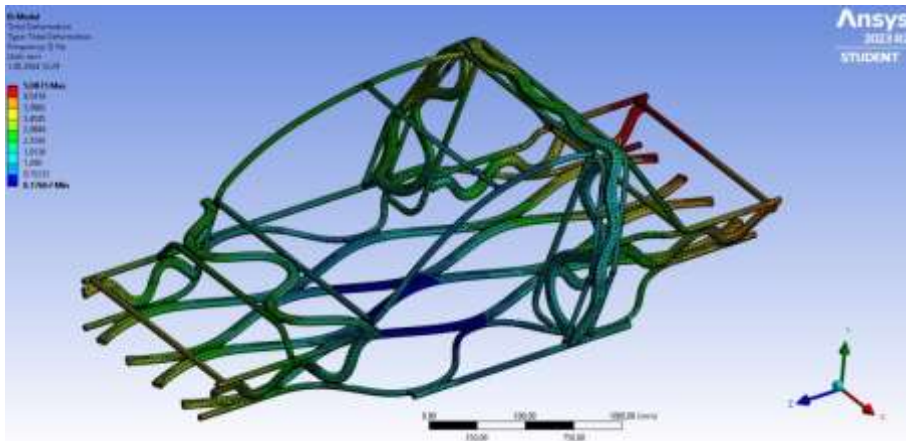


Şekil 9. Yenilenmiş İskelet Tasarımı Yapısal Analizi Toplam Deformasyonu

#### F. Yenilenmiş İskeletin CFRP İle Modal Analizi

Yapısal çelik seçilerek yapılan modal analizde uygulanan sabitleme noktaları bu analiz içinde aynı şekilde uygulanıp, analizin ilk 10 modu incelenmiştir.

Sonuçlar analiz sonuçları ve değerlendirme bölümünde verilmiştir Şekil 10.



Şekil 10. Titreşimin 1. Modundaki Analiz Değerleri

### III. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bulgular açık ve öz olmalıdır. Bulguların en önemli özellikleri ve eğilimleri açıklanmalı, ancak ayrıntılı olarak yorumlanmamalıdır.

#### G. Yapısal Analizi

Bu çalışmada ilk tasarlanan iskelet tasarımına yapısal çelik atanarak yapılan analiz değerleri ile, literatür araştırması sonucunda referans alınan [15] değerleri karşılaştırılmış ve doğrulaması yapılmıştır. Doğrulaması yapılan iskelet tasarımı, yenilikçi üretim yöntemi olan 3D yöntemine uygun şekilde yeniden tasarlanarak değiştirilmiştir.

Yenilenmiş olan iskelet yapısal çelik malzeme olarak seçilip tekrar analiz edilmiştir ve analiz sonuçları bir önceki tasarımla uyumlu olacak şekilde optimize edilmiştir. Daha sonra bu yenilenmiş iskelet tasarımına malzeme olarak ABS seçilip aynı analizler tekrarlanmıştır.

Literatür araştırması referans makale [15] değerleri ile, bu referans makale kullanılarak elde edilen asıl tasarımın analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca yenilikçi üretim yöntemi olan 3D yöntemine uygun şekilde tasarlanan yenilenmiş iskelet tasarımı son halini aldıktan sonra farklı malzemeler kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm bu farklı tasarım ve malzemelerle yapılan analiz sonuçları aşağıda tablo olarak verilmiştir (Tablo 3, 4, 5).

Tablo 3. Toplam Deformasyon Karşılaştırması

Statik Structural	Total Deformasyon (mm)
Literatür Değerleri (Yapısal Çelik) (15)	0,03
Asıl Tasarım (Yapısal Çelik)	1,76
Yenilenmiş Tasarım (Yapısal Çelik)	2,57
Yenilenmiş Tasarım (CFRP)	72,55

Tablo 4. Von-Mises Analiz Sonuçları Karşılaştırması

Statik Structural	Equivalent (von-mises) Stress (MPa)
Literatür Değerleri (Yapısal Çelik) (15)	12,2
Asıl Tasarım (Yapısal Çelik)	12,85
Yenilenmiş Tasarım (Yapısal Çelik)	63,92
Yenilenmiş Tasarım (CFRP)	248,56

Tablo 5. Eşdeğer Elastik Gerilme Karşılaştırması

Statik Structural	Equivalent Elastic Strain (mm/mm)
Literatür Değerleri (Yapısal Çelik) (15)	-
Asıl Tasarım (Yapısal Çelik)	0,00019
Yenilenmiş Tasarım (Yapısal Çelik)	0,00034
Yenilenmiş Tasarım (CFRP)	0,01131

Yapılan analizler sonucunda CFRP malzemenin yapısal çeliğe göre daha fazla deformasyona uğradığı görülmektedir. Ancak von mises stres analizi değerlerine bakıldığında 248,56 Mpa değerinin, CFRP malzemenin akma mukavemetinin 2143 MPa olduğu düşünülünce bu değer yapıya plastik deformasyona sebep olmayacağı, emniyet sınırları içinde kaldığı görülmektedir. Yenilikçi üretim şekli sayesinde Karbon Fiber Epoksi kompozit malzemesi 10 kat güvenlik kat sayısı ile dayanıklı ve yapısal çeliğe göre hafif olduğu sonucuna varılmıştır.

#### H. Modal Analizi

Tasarımı gerçekleştirilen farklı iskeletlere farklı malzemeler atanarak Ansys ortamında modal analiz yapılmıştır. Analizde, tekerleklerinin şasi ile birleştiği noktalar üç boyut için dönme ve ötelenmeye karşı sabit tutularak modal analiz gerçekleştirilmiştir. Modal analizin ilk 10 mod değerlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Mokap araca göre yapılan iskelet ön tasarıma yapısal çelik malzeme olarak atanarak modal analiz yapılmıştır.

Literatür araştırmasında doğrulaması yapılan iskelet ön tasarım, yenilikçi üretim yöntemine göre tasarımı değiştirilmiştir. Yenilenmiş iskelet tasarımına yapısal çelik malzeme olarak atanarak modal analiz yapılmıştır.

Yapısal çelik malzeme ile doğrulaması yapılan yenilenmiş iskelet tasarımı optimizasyon yapıldıktan sonra çalışmamızın konusu olan CFRP malzeme atanarak aynı analiz koşulları ile modal analize girmiştir. Analiz sonuçları aşağıda verilmiştir Tablo 6.



Tablo 6. İskelet Tasarımları Modal Analizi Frekans Değerleri

	Literatür (Yapısal Çelik) Değerleri	Ön Tasarım (Yapısal Çelik)	Yenilenmiş Tasarım (Yapısal Çelik)	Yenilenmiş Tasarım (CFRP)
Mod 1	42,334 Hz	0 Hz	0 Hz	0 Hz
Mod 2	49,113 Hz	0 Hz	0 Hz	0 Hz
Mod 3	80,706 Hz	0 Hz	0 Hz	0 Hz
Mod 4	92,234 Hz	3,5644e-004 Hz	8,2077e-005 Hz	2,3943e-004 Hz
Mod 5	106,03 Hz	6,7507e-004 Hz	5,6629e-004 Hz	1,1126e-004 Hz
Mod 6	110,98 Hz	8,6377e-004Hz	8,694e-004Hz	1,659e-004 Hz
Mod 7	-	22,983	14,488	6,7792
Mod 8	-	27,81	17,114	7,6267
Mod 9	-	33,027	19,063	7,7907
Mod 10	-	35,248	21,771	8,833

Yapılan modal analiz değerleri literatür değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yenilenmiş tasarımın yapısal çelik malzeme ile olan versiyonundaki analiz sonuçları literatür değerleri ile yakındır. CFRP malzemeden yapılan versiyonda frekans değerleri daha düşük çıkmıştır.

4 silindiri ve 4 zamanlı bir aracın motorunun sahip olduğu 27 Hz ve seyir halindeki doğal frekansı 175 Hz değerleri ile analiz sonucunda elde edilen değerlerin rezonans meydana gelmeyeceğini göstermektedir.

#### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada önceden kabuk modeli tasarlanmış olan mokap aracın uygun ölçülerde kutu profillerden kafes iskelet tasarımı yapıp analizlerle sonuçlar doğrulanmıştır. Doğrulaması yapılan iskelet, CFIP Üretim teknolojisine göre tekrar tasarlanıp, 3D yazıcı ile ABS malzeme kullanılarak üretimi yönelik tasarım optimizasyonu yapılmıştır. Çalışma esnasında farklı tip iskelet tasarımları yapıp, yapısal çelik ve CFRP malzemeler seçilerek yapısal vmodal analizler yapılarak karşılaştırma yapılmıştır.

Analiz sonuçlarında elde edilen bilgilere göre CFRP malzemenin dayanımı yapısal çelikten daha fazla olduğu görülmüştür.

Bu çalışma, otomotiv sektörü ve üretim alanı için önemli bir adım olmuştur. İskelet CFIP ile üretim teknolojisine uygun kanallı tasarımla 1/1 boyutunda tasarlanmıştır. Tasarım 1/10 küçültüldüğünden 3D yazıcıda ürün kanalları CFRP'nin ve polimerin geçebileceği büyüklükte üretilememiştir. Ancak çalışmada hedeflenen CFIP teknolojisi ile üretiminin son aşamasına getirilmiştir.

Bir sonraki araştırmada tasarım CFIP teknolojisi ile üretilecek tasarımın ve yeterli üretim boyutlarının doğru yapılması ile bu gerçekleştirilebilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışma, otomobil üretimi konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Gelecekte daha fazla geometrinin karşılaştırılması, üretim sürecinin iyileştirilmesi, elektrikli araçların daha hafif, dayanıklı ve sürdürülebilir iskelet yapılarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bana her türlü ve her daim yardımcı olan, çalışmalarında yol gösteren, hatalarımı en yapıcı şekilde gösteren ve düzelten ve son olarak tez çalışmamda bana ve çalışmamda birçok şey katan Prof. Dr. Kemal ERŞAN hocama teşekkürlerimi iletirim.

## KAYNAKLAR

- [1]. Sapmaz, S., “Otomobil Gövde Tasarımı ve Mopak İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü”, Ankara (2014).
- [2]. Hokanson, J. E. “Automotive Body Structure: Designing and Engineering Principles.” International Journal of Automotive Engineering, 4(2), 45-58 (2010).
- [3]. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/monocoque> G.S. Daehn Sustainable design and manufacture of lightweight vehicle structures.(2022) son erişim tarihi: 18.11.2023
- [4]. Croll, D. “Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body” (2009).
- [5]. <https://www.mantruckandbus.com/en/company/glossar/semi-integral-design-bus-bodywork.html> son erişim tarihi: 2.06.2023
- [6]. Smith, J. Advances in Automotive Structural Design: Hybrid Skeleton Approach. International Journal of Automotive Engineering, 20(2), 75-90 (2021).
- [7]. <https://docplayer.biz.tr/19537342-Surus-sistemleri-prof-dr-n-sefa-kuralay-1.html> son erişim tarihi: 2.06.2023
- [8]. <https://muhendisbilir.com/otomotiv-sektorunde-yuksekkukavemetli-celiklerin-kullanimi/> son erişim tarihi: 3.06.2023
- [9]. <https://kalkinmaguncesi.izka.org.tr/index.php/2021/06/17/otomotiv-sektorunde-kompozit-malzeme-kullanimi/> son erişim tarihi: 3.06.2023
- [10]. <http://www.konev.org.tr/makaleler/3d-yazici-nedir-nasil-calisir-ve-ne-ise-yarar> son erişim tarihi: 4.06.2023
- [11]. <https://eurecat.org/portfolio-items/cfip/> son erişim tarihi: 4.06.2023
- [12]Taşatar, C., “Viraj Denge Çubuğunun Yapısal Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya (2006).
- [13]. <https://silo.tips/download/burulma-torsion-lamalar> son erişim tarihi: 4.06.2023
- [14]. <https://marsisinovasyon.com/en/profesyonel-ansys-yapısal-analiz-firma/> son erişim tarihi: 4.06.2023
- [15]. Makhrojan, A., Budi, S. S., Jamari, J., Supriyadi, A., & Ismail, R. Strength analysis of monocoque frame construction in an electric city car using finite element method. In Proceedings of the Joint International Conference on Electric Vehicular Technology and Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering (ICEVT & IMECE) (pp. 275-279). IEEE (2015, November)
- [16]. Cinali, Y.B., “Hu-Go Hafif Aracının Şasisinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Mukavemet ve Modal Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012
- [17]. Tekineş, İ.A., “Mopak Otomobil İskeletinin Tasarımı, Analizi, 3D Yazıcı ve Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer (CFRP) Enjeksiyonu ile Üretimi”, Mezuniyet projesi , Otomotiv Müh. Gazi Üniversitesi, 2022
- [18]. Richard G. Budynas, Advanced Strength and Stress Analysis, 2nd Edition, McGraw-Hill International Editions Mechanics Series, S.509-512, 1999
- [19]. Ş.Kılınç, Mopak Otomobilin Kafes Yapılı Çamurluğunun Tasarımı Analizi, 3D Yazıcı ve Uzun Karbon Fiber Lifli Polimer Enjeksiyon Teknolojisi CFIP ile Üretimi, Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, 2023