

T.C.
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

DÜZ DİŞLİ POMPANIN PARAMETRİK TASARIMI VE YAPISAL ANALİZİNİN RAPORLANMASI

HAZIRLAYAN
2021508043 – Barış SAHİLLİ

Temmuz, 2025
İZMİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	3
1. GİRİŞ	4
2. PARAMETRİK MODELLEME (SOLIDWORKS)	4
3. GÖRSEL DETAYLAR VE MONTAJ	4
3.1. DIŞLI POMPA MONTAJINDA SOLIDWORKS İLİŞKİLERİ	6
3.2. MALZEME ATAMASI	8
3.3. ÇALIŞMA PRENSİBİ	8
3.4. PARAMETRİK MODELİN VERİ GİRİŞLERİ VE HESAPLAMALAR	9
4. YAPISAL ANALİZ (ANSYS WORKBENCH)	11
4.1 ANSYS ANALİZ AŞAMALARI	12
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	14
5.1 YER DEĞİŞTİRME MİKTARI	14
5.2 VON MİSES GERİLMESİ	16
6. OPTİMİZASYON	17
6.1 DENEY PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ	18
6.2 DENEY VERİLERİNİN RAPORLANMASI	19
7. KAYNAKLAR	20

ÖZET

Bu çalışmada, dişli pompanın parametrik modellemesi SolidWorks yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Oluşturulan model ANSYS Workbench ortamına aktarılmış ve çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Yapısal analiz kapsamında von Mises eşdeğer gerilmeler, asal gerilmeler, deformasyon ve güvenlik katsayıları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, dişli pompa sistemlerinin dijital ortamda modellenmesi ve simülasyonu ile önceden performans tahmini yapılmasının önemi ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: parametrik tasarım, düz dişli pompa, montaj ilişkileri, yapısal analiz.

1. GİRİŞ

Dişli pompalar, endüstride sıvı transferinde yaygın olarak kullanılan pozitif deplasmanlı pompalardır. Bu çalışmada, dişli pompa geometrisinin parametrik olarak modellenmesi ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Modelleme işlemi SolidWorks yazılımında gerçekleştirilmiş, ardından analizler ANSYS Workbench ortamında yapılmıştır. Bu sayede tasarımın hem geometrik hem de yapısal açıdan değerlendirilmesi sağlanmıştır.

2. PARAMETRİK MODELLEME (SOLIDWORKS)

SolidWorks yazılımında oluşturulan dişli pompa modeli tamamen parametrik bir yapıda tasarlanmıştır. Modelde kullanılan tüm ölçüler Global Variables sekmesi ile kontrol edilebilmektedir. Diş sayısı, modül, merkez mesafesi gibi değişkenler tanımlanarak, bu değerlere bağlı olarak hem dişli hem de gövde geometrisi otomatik olarak yeniden şekillenmektedir.

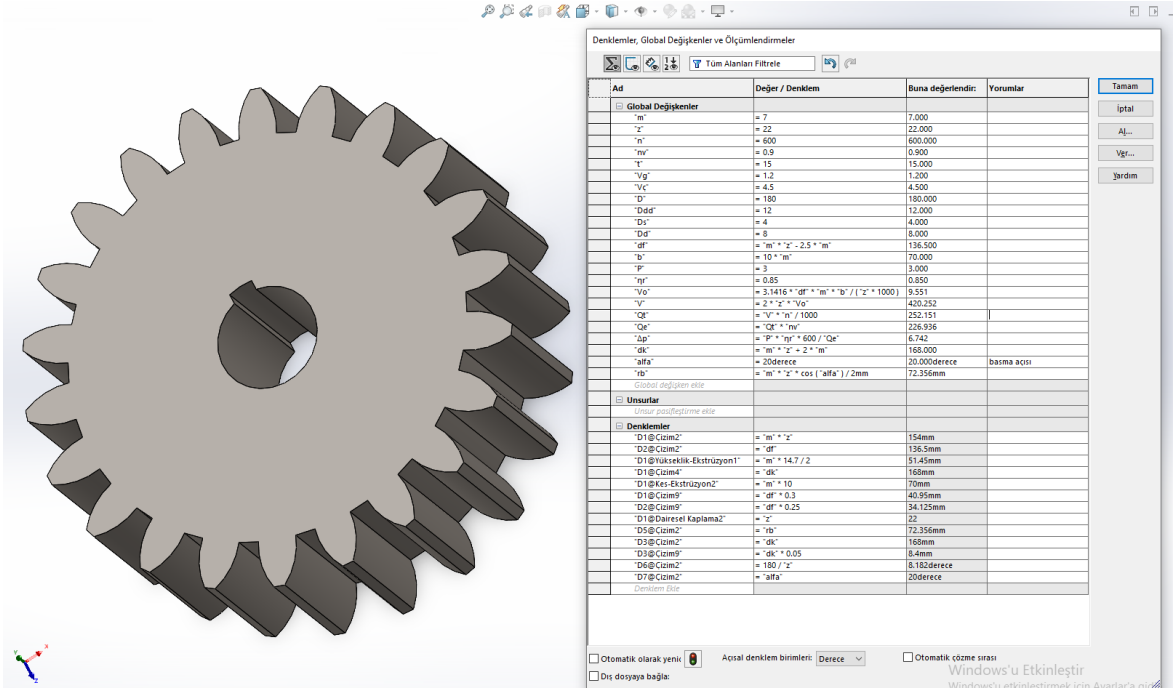
Kullanılan başlıca parametrik değişkenler şunlardır:

- Modül (m): Diş yüksekliği, diş profili ve dış çap bu parametreye bağlıdır.
- Diş Sayısı (z): Dişli çapını ve merkez mesafesini belirler. $\text{Çap} = m \times z$
- Merkez Mesafesi (a): $a = m \times z / 2$
- Diş Genişliği (b): Dişlinin kalınlığıdır, tork taşıma kapasitesine etki eder.
- Cidar Kalınlığı (t): Gövdeyi saran duvar kalınlığıdır.
- Basma Açısı (alfa): Evolvent diş profili bu açıyla tanımlanır.
- Diş Dibi Çapı (df): $df = m \times z - 2.5 \times m$
- Diş Tepesi Çapı (dk): $dk = m \times z + 2 \times m$

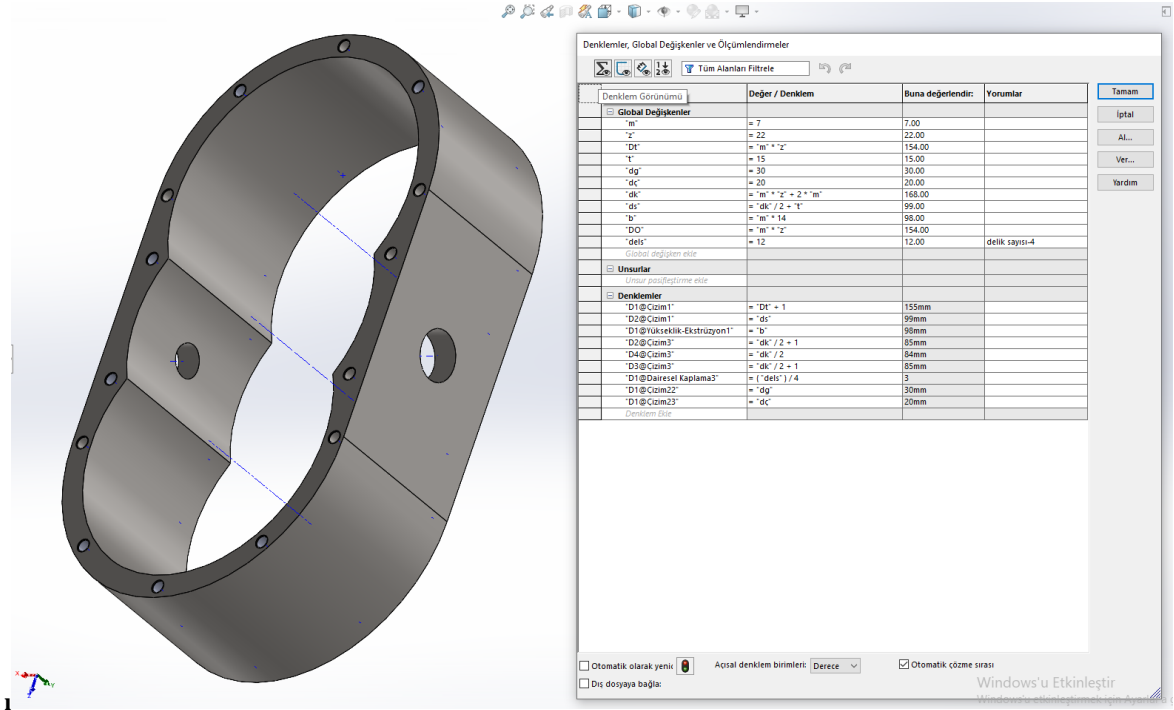
Montaj sırasında, dişliler aksel olarak hizalanmış ve uygun hareket kısıtlamaları tanımlanmıştır. Bu yapı sayesinde, modül ve diş sayısı gibi değişkenlerin değiştirilmesiyle tüm pompa modeli otomatik olarak güncellenebilmektedir.

3. GÖRSEL DETAYLAR VE MONTAJ

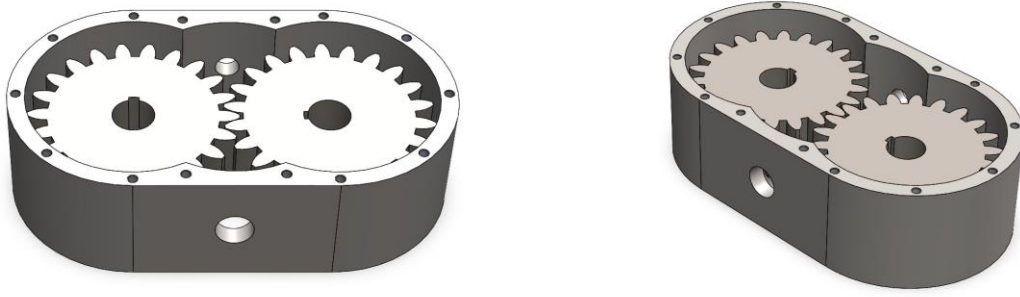
Şekil 3.1 – Dişli profiline ait parametrik modelleme detayları



Şekil 3.2 – Pompa gövdesine ait parametrik modelleme detayları



Şekil 3.3 – Dişli pompa montaj modelinin görünümü



Şekil 3.4 – Dişli Pompa Çalışma Videosu (QR kod ile izlenebilir)



Alternatif bağlantı: [Dişli pompanın çalışma videosunu buraya tıklayarak izleyebilirsiniz](#)

3.1. DIŞLI POMPA MONTAJINDA SOLIDWORKS İLİŞKİLERİ

Montaj işlemleri sırasında SolidWorks’ün mekanik ilişkiler (mates) sistemi kullanılarak dişli pompanın parçaları birbirine konumlandırılmış ve doğru hareket ilişkileri tanımlanmıştır.

Aşağıda kullanılan başlıca montaj ilişkileri ve işlevleri açıklanmıştır:

1. Coincident (Çakışık) İlişkisi: Bu ilişki, iki düzlemin veya kenarın aynı hizaya getirilmesini sağlar.

Kullanım: Pompa gövdesine dişlilerin yataklandığı yüzeylerin hizalanmasında kullanılabılır

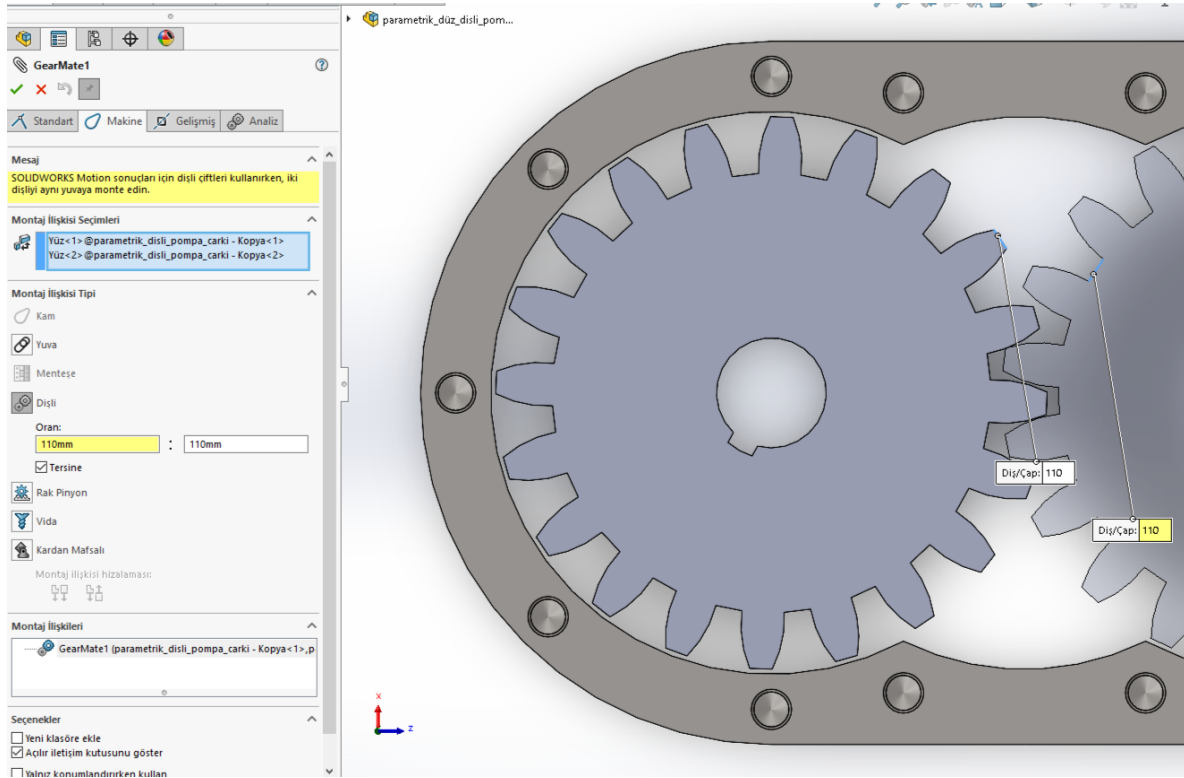
2. Concentric (Eşmerkezli) İlişkisi: İki silindirik yüzeyin ortak eksen etrafında hizalanmasını sağlar.

Kullanım: Dişli ile mil, mil ile rulman, rulman ile gövde gibi dönel parçaların aynı eksen üzerinde düzgün çalışması için uygulanmıştır.

3. Distance (Mesafe) İlişkisi: İki yüzey arasında sabit bir mesafe tanımlar.

Kullanım: Dişli çark ile pompa gövdesi arasındaki boşluk (boşta dönme payı) bu ilişki ile ayarlanılabilir, montajda aks mesafesi ile ayarlanmıştır.

4. Gear Mate (Dişli İlişkisi): İki dönel parçanın, belirli bir dişli oranına göre senkronize şekilde dönmesini sağlar, Dişli pompa sisteminde kullanılan ana tahrik dişlisi ile hareketi aktaran dişli arasında gear mate tanımlanmıştır



Şekil 3.5 – Gear Mate İlişkisi Tanımı (SolidWorks)

5. Fix (Sabit) İlişkisi Bir parçanın montajda sabit kalmasını sağlar; konumunun değişmesi engellenir.

Kullanım: Pompa gövdesi montajın referansı olarak sabitlenmiş ve diğer parçalar bu referansa göre hizalanmıştır.

3.2 MALZEME ATAMASI

Bu çalışmada pompa gövdesi ve dişli çarklar için farklı mekanik gereksinimlere uygun olarak farklı malzemeler seçilmiştir. Pompa gövdesi, genellikle yapısal taşıyıcılığı ön planda olan ve statik yükler altında çalışan bir bileşen olduğundan, AISI 1020 çelik malzemesi tercih edilmiştir. AISI 1020 düşük karbonlu bir çelik olup, iyi kaynaklanabilirlik, işlenebilirlik ve maliyet avantajı sunar. Ayrıca yüzey sertleştirme işlemleriyle dayanımı artırılabilir. Düşük karmaşıklıkta geometriler ve dar tolerans gerektirmeyen bölgeler için yeterli mekanik özelliklere sahiptir.

Dişli çarklar ise dönel hareketin ve yüksek temas gerilmelerinin oluştuğu elemanlar olduğundan, daha yüksek mukavemet, tokluk ve aşınma dayanımı gerektirir. Bu nedenle dişliler için AISI 4130 alaşımlı çelik tercih edilmiştir. AISI 4130, yüksek mukavemetli, ısıl işleme sertleştirilebilen bir çeliktir. Bu çalışmada, 870 °C’de tavlanmış hali esas alınarak kullanılmıştır. Bu ısıl işlem, çeliğin çekme ve akma dayanımını artırırken, malzemenin darbeye karşı dayanıklı kalmasını sağlar. Böylece dişlilerin sürekli çalışan bir pompa sisteminde güvenli ve uzun ömürlü performans göstermesi sağlanır.

Malzeme seçimi yapılırken, parçaların yük tipi, hareket durumu, işlenebilirlik, maliyet ve üretim kolaylığı gibi kriterler dikkate alınmıştır. Seçilen malzemeler, ANSYS ortamında yapılan yapısal analizlerde de dikkate alınarak modele atanmıştır.

3.3 ÇALIŞMA PRENSİBİ

Pozitif deplasmanlı düz dişli pompalar, iki adet birbirine kenetlenmiş düz dişli çarkın dönmesiyle çalışan hacimsel pompalardır. Pompa çalıştığında, tahrik miline bağlı olan bir dişli çark hareket eder ve bu hareket diğer çarkı da döndürür. Dişliler dönmeye başladığında, giriş tarafında dişler arasındaki boşluklar genişler ve bu bölgedeki hacim artışı sayesinde akışkan içeri çekilir. Akışkan, dişlilerin çevresel hareketi ile gövde iç yüzeyinden çıkış tarafına taşınır. Bu sırada dişlilerin temasta olduğu orta bölgede sızdırmazlık sağlandığı için sıvı tekrar girişe dönemez. Dişliler çıkış tarafında birbirine yaklaşırken, aralarındaki hacim azalır ve akışkan sistem dışına doğru basılır. Bu mekanizma sayesinde pompa, sabit hacimli akışkan transferi sağlar ve yüksek

basınç altında verimli çalışabilir. Yapısı gereği, bu tür pompalar düşük debili ama yüksek basınçlı sistemlerde tercih edilir

Dişli çarkların dönme yönü sayesinde sıvı, emişten çıkışa doğru düzgün bir şekilde yönlendirilir. Bu pompalarda debi; diş sayısı, modül, diş genişliği, devir sayısı gibi parametrelerle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle pompalar, istenilen akış şartlarına göre parametrik olarak boyutlandırılabilir. Bu çalışmada geliştirilen modelde de tasarım değişkenleri SolidWorks ortamında parametrik hale getirilmiş, böylece farklı senaryolara uygun pompa geometrileri kolayca elde edilebilir hale gelmiştir.,

Pozitif deplasmanlı pompalar, merkezkaç pompalara kıyasla sabit debi sağladıkları için hidrolik sistemlerde sıkça tercih edilmektedir

3.4 PARAMETRİK MODELİN VERİ GİRİŞLERİ VE HESAPLAMALAR

Bu çalışmada, dişli tip pozitif deplasmanlı bir pompa gövdesinin gerilme analizi ve tasarım optimizasyonu amacıyla parametrik modelleme yöntemi uygulanmıştır. SolidWorks ortamında oluşturulan model, Ansys Workbench ile entegre edilerek sonlu elemanlar analizine uygun hale getirilmiştir. Modellemede 12 adet fiziksel ve geometrik parametre tanımlanmıştır. Bu parametreler arasında cidar kalınlığı (t), modül (m), diş sayısı (z), devir sayısı (n), volümetrik verimlilik (η_v), efektif debi (Q_e), akışkanın giriş ve çıkış hızları (V_g , $V_ç$), gövde üzerindeki aç ve delik ölçüleri (D, Dd, Ddd, Ds) gibi tasarımı doğrudan etkileyen değerler yer almaktadır. Tanımlanan bu parametreler doğrultusunda toplam 7 temel formül kullanılarak çıkış debisi (QT), teorik debi, pompa çıkış gücü (P), basınç farkı (Δp), giriş/çıkış delik çapları (d_i , d_o) gibi çıktılar hesaplanmıştır. Böylece tasarıma girilen her bir parametre değişikliğinde tüm ilişkili boyutlar ve performans değerleri otomatik olarak güncellenmekte, hem modelin doğruluğu hem de analizdeki hassasiyet korunmaktadır. Bu yaklaşım, pompa gövdesinin fiziksel koşullar altında vereceği tepkilerin daha doğru analiz edilmesini sağladığı gibi, olası tasarım hatalarının önüne geçilmesinde de büyük avantaj sunmaktadır. Örnek modellemede kullanılan veri girişleri ve hesaplamalar **şekil 3.6** ve **şekil 3.7** üzerinde gösterilmiştir.

Şekil 3.6

Parametre	Sembol	Değer	Birim
Modül	m	5	-
Diş sayısı	z	16	-
Devir sayısı	n	600	dev/dk
Volümetrik verim	η_v	0,9	-
Efektif debi	Q _e	100	lt/dk
Giriş hızı	V _g	1,2	lt
Çıkış hızı	V _e	4,5	m/s
Ana delikler arası açı	D	180	Derece
Civata çapı	D _d	8	mm
Civata delik boyu	D _{dd}	12	mm
Civata delik sayısı	D _s	4	mm
Pompa gücü	P	1844	W
Diş genişliği	b	0,07368	m
Toplam verim	η_t	0,85	-
P _{max}		100	bar

Bu çalışmada, maksimum çıkış basıncı (P_{max}) 100 bar ve toplam verimlilik 0,85 olarak kabul edilmiştir. Diğer parametreler bu kabuller doğrultusunda düzenlenmiş ve hesaplamalarda referans alınmıştır.

Basınç farkı (Δp), akışkanın su olduğu varsayımı ile Bernoulli prensibine dayalı olarak, giriş ve çıkış hızları (V_g ve V_ç) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Diş genişliği “b” değeri, birim dönüşümleri göz önünde bulundurularak milimetre (mm) yerine metre (m) cinsinden girilmiş ve hesaplamalar buna göre uyarlanmıştır. Pompa çıkış gücü (P), Şekil 3.7’de verilen teorik

formüllerden türetilerek elde edilmiş, tüm değerler parametrik modellemede referans alınarak SolidWorks ortamına entegre edilmiştir.

Hesaplanan Değer	Formül	Sonuç	Birim	Sembol
Tek Diş Hacmi V_o	$\pi * dt * m * b / z$	5,78681367	mm ³	V_o
Toplam Hacim V	$2 * z * V_o$	185,178037	mm ³	V
Teorik Debi Q_t	$\pi * dr * 2 * m * b * n / 1000$	111,106822	mm ³ /dk	Q_t
Efektif Debi Q_e (kontrol)	$Q_t * \eta_v$	99,9961402	mm ³ /dk	Q_e
Çıkış Basıncı P_i	$P_{max} * (\beta / \pi)$	716,197244	bar	P_i
Optimum Giriş Çapı d	$4.607 * \sqrt{Q_e / V_g}$	42,0551521	mm	d_g
Optimum Çıkış Çapı d	$4.607 * \sqrt{Q_e / V_{\dot{c}}}$	21,7171871	mm	$d_{\dot{c}}$
Basınç farkı	$(P * \eta_t * n) / Q_e$	9404,76301	Pa	Δp
P_{max}	Basınç farkı ve p_i den	100	bar	P_m
Diş arası açı	$\beta = 360 / z$	22,5	Derece	β
Taksimat dairesi çapı	$dt = m * z$	80	mm	dt

Şekil 3.7

Şekil 3.7 de görülen hesaplamalar ile ansys static structural analizinde kullanılacak olan işletme basınç değerlerinin eldesi sağlanmıştır.

4. YAPISAL ANALİZ (ANSYS WORKBENCH)

Statik yapısal analiz kapsamında, modelin yük altındaki davranışını değerlendirebilmek için gerilme türleri detaylı şekilde incelenmiştir. Yapının maruz kaldığı çekme, basma, kayma ve eğilme gibi yüklemeler sonucunda malzeme içerisinde farklı gerilme türleri oluşur. Bu gerilmeler

genel olarak **normal gerilme (σ)** ve **kayma gerilmesi (τ)** olarak iki ana grupta toplanır. Yapının üç boyutlu durumunu değerlendirebilmek için, **eşdeğer gerilme (Equivalent Stress)** kullanılır. Bu bağlamda, plastik şekil değiştirme kriteri olan **Von Mises** gerilmesi, çok eksenli gerilme durumlarını tek bir değerle temsil eder ve yapının akma sınırına ulaşp ulaşmadığını belirlemek için kullanılır. ANSYS içerisinde yapılan analizlerde "Equivalent (Von-Mises) Stress" olarak gösterilen bu değer, malzemenin dayanımını aşan kritik bölgelerin tespitinde önemli rol oynar. Von Mises teorisi, malzemenin akma davranışını, enerji esaslı bir yaklaşımla değerlendirir. Bu çalışmada, dişli pompa bileşenlerine uygulanan tork ve basınç yükleri altında oluşan gerilmeler incelenmiş, özellikle gövdede oluşan maksimum Von Mises gerilme değerleri değerlendirilerek, yapının güvenli çalışma sınırları içinde kalıp kalmadığı yorumlanmıştır. Ayrıca oluşan gerilme dağılımı, geometrik tasarımın kritik bölgelerinin belirlenmesinde yol gösterici olmuştur.

4.1 ANSYS ANALİZ AŞAMALARI

- **Geometrinin Hazırlanması:**

Pompa modeli SolidWorks'te parametrik olarak çizilmiş, STEP (.step) formatında dışa aktarılmıştır.

Aktarılan model ANSYS Workbench içerisine **“Geometry” modülü üzerinden Import Geometry** seçeneği ile yüklenmiştir.

- **Analiz Türünün Seçilmesi:**

Workbench ana penceresinde “Static Structural” analiz türü seçilerek analiz ortamı oluşturulmuştur.

- **Malzeme Tanımlamaları:**

Gövde için AISI 1020 çelik, çark için AISI 430 gibi uygun malzemeler Engineering Data kısmında tanımlanmıştır.

Malzeme özellikleri (Young Modülü, Poisson Oranı, Akma Gerilmesi vb.) gerçek değerlere göre girilmiştir.

- **Mesh (Ağ Yapısı) Oluşturulması:**

Geometri “Model” modülünde açılarak ağ yapısı (mesh) oluşturulmuştur.

Kritik bölgelerde (çark kökü, giriş/çıkış bağlantıları vb.) hassasiyet artırılarak **refinement** işlemi yapılmıştır.

Mesh kalitesi görsel ve sayısal olarak kontrol edilmiştir (Element sayısı, Aspect Ratio)
Face sizing uygulanarak element size 0.003m seçilmiş, Sonuç olarak 102736 bağlantı noktası ve 59255 adet eleman oluşturulmuştur.

- **Sınır koşullarının tanımlanması:**
Parçanın sabitlenmesi gereken bölgeleri giriş ve çıkış portlarının bulunduğu gövde bölgesi olarak belirlenip, Fixed Support uygulanarak yer değiştirme serbestlikleri sınırlandırılmıştır.
- **Yük yüzeylerinin oluşturulması:**
Gövde parçasının içerisinde çalışan dişli çark geometrisine bağlı olarak diş boşlularının yüksek basınçta oluşturduğu kaviteasyon bölgeleri belirlenmiş ve ANSYS yazılımına entegre çalışan spaceclaim programı ile yüzlere ayrılmıştır.
- **Yüklerin tanımlanması:**
Gerçek çalışma koşulları göz önünde bulundurularak belirlenen yüzlerde oluşan basınçlar $P_i = P_{max} * (\beta / \pi)$ bağıntısıyla hesaplanan yükler uygulanmıştır. Burada P_i ilgili bölge basıncını P_{max} maximum basıncı β ise ilgili bölgenin normalle yaptığı açıyı temsil etmektedir.
- **Çözüm işleminin başlatılması:**
Sınır ve yükleme koşulları tanımlandıktan sonra Solve komutu ile sistem çözülmüş ve analiz sonuçları elde edilmiştir.
- **Toplam deformasyonun incelenmesi:**
Parçanın yükler altındaki şekil değişimi Total Deformation sonucu üzerinden değerlendirilmiştir.
- **Von Mises gerilme dağılımının analizi:**
Malzemenin akma sınırına göre karşılaştırma yapmak amacıyla Equivalent Stress (Von Mises) sonucu gözlemlenmiştir.

- **Güvenlik**

değerlendirmesi:

Elde edilen maksimum gerilme değeri, malzemenin akma dayanımı ve güvenlik katsayısı ele alınarak parçanın güvenli çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

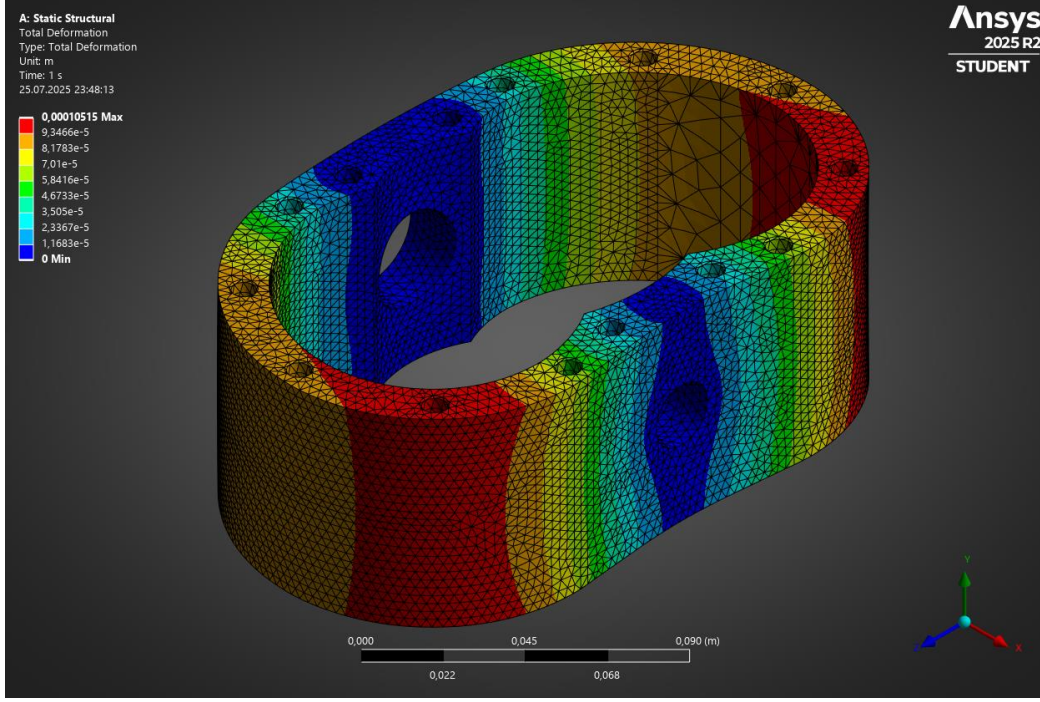
Bu çalışmada gerçekleştirilen modelleme ve analiz sonucunda, dişli pompanın yapısal davranışı önceden öngörülmüş ve kritik bölgeler belirlenmiştir. Parametrik tasarım sayesinde farklı senaryolar hızlı şekilde test edilerek, tasarım iyileştirmeleri yapılabilmektedir. Von Mises ve asal gerilme analizleri ile pompa tasarımının güvenilirliği değerlendirilmiş ve dijital ortamda yapılan simülasyonların tasarım sürecine katkısı gösterilmiştir.

5.1 YER DEĞİŞTİRME MİKTARI

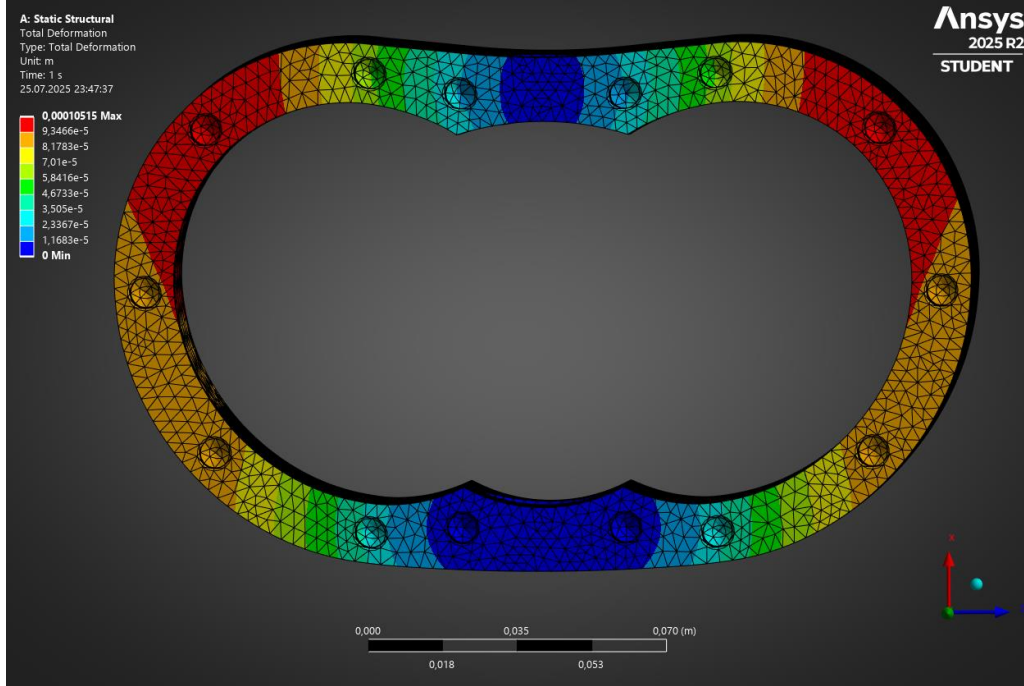
Yapılan statik yapısal analiz sonucunda, sistemde meydana gelen maksimum yer değiştirme değeri **0.00010515 metre** olarak elde edilmiştir. Bu değer, sistemin genel yapısını bozmayacak kadar düşük olup dişlilerin birbirine olan temasını ve çalışma prensibini etkilemeyecek düzeydedir. Bu nedenle, analiz edilen yapı mekanik bütünlüğünü ve işlevselliğini korumaktadır.

Yer değiştirme sonuçları, iki farklı yöntem yardımıyla ifade edilmiştir:

İlki, **x0.59 Auto** ile abartılı gösterimle elde edilmiştir. Bu, deformasyonun dağılımını daha net gözlemlemek için kullanılmıştır.

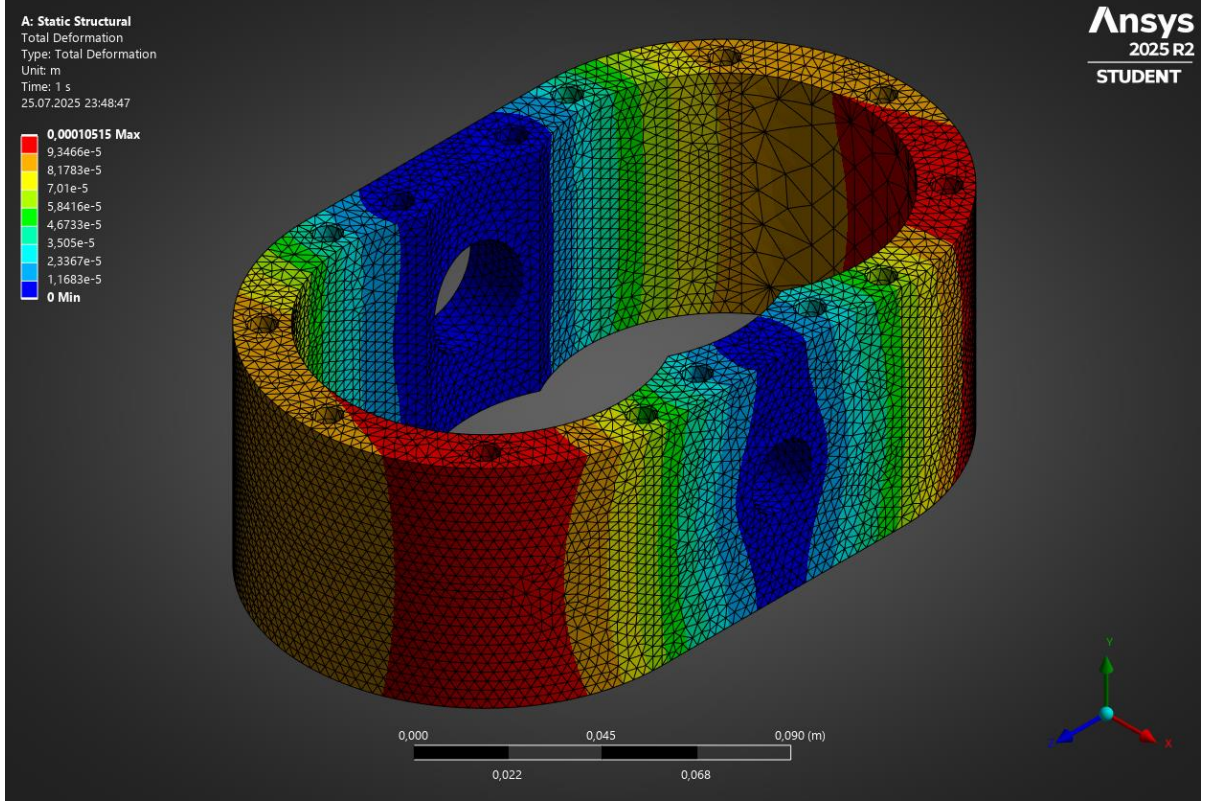


Şekil 5.1

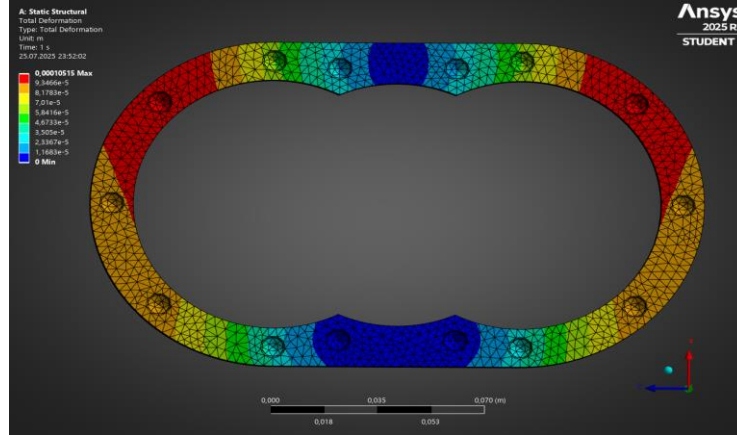


Şekil 5.2

İkinci yöntem ise **gerçek ölçekli deformasyonu** göstermektedir. Her iki yöntemde de yapının farklı açılarından görseller alınmış olup yorumlamaya olanak sağlanmıştır.



Şekil 5.3

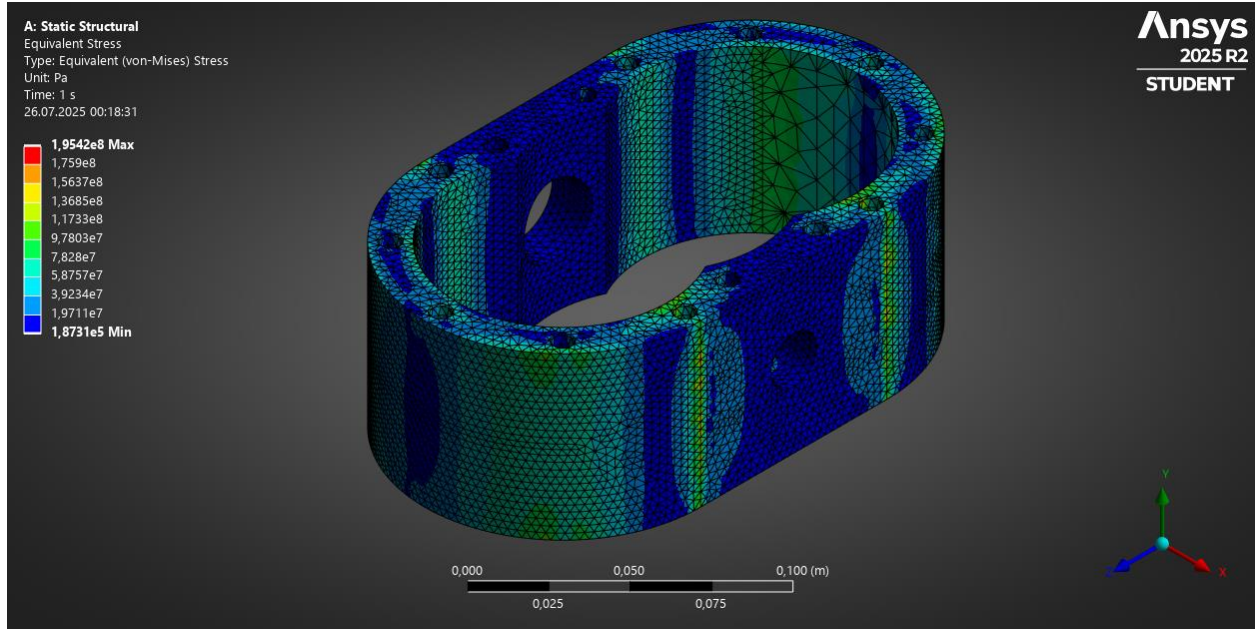


Şekil 5.4

5.2 VON MİSES GERİLMESİ

Gerilme analizi kapsamında yapılan Von Mises kriterine göre maksimum gerilme değeri **$1.9542 \times 10^8 \text{ Pa}$ (195.42 MPa)** olarak hesaplanmıştır. Sistemde kullanılan malzemenin akma dayanımı **350 MPa** olup, analizde **1.5 emniyet katsayısı** Kabulü ile sınır değer **233.33 MPa** olarak

alınmıştır. Elde edilen maksimum gerilme bu sınır değerin altında kaldığı için yapı güvenli sınırlar içerisinde çalışmaktadır.



Şekil 5.5

Bu sonuçlar doğrultusunda, dişli sisteminin hem dayanım hem de deformasyon açısından güvenilir olduğu ve tasarım kriterlerine uygunluk gösterdiği anlaşılmaktadır.

6. OPTİMİZASYON

Bu çalışmada, yüksek basınç altında çalışan dişli pompa gövdesinin yapısal dayanımını artırmak amacıyla parametrik analizler ve çok değişkenli optimizasyon süreci uygulanmıştır. ANSYS ortamında yürütülen bu analizlerde, gövde geometrisinde değişiklik yapılan 9 farklı varyant modellenmiştir. Her bir varyantta; gövde et kalınlığı, flanş yapısı, cıvata bağlantı noktalarının yerleşimi, dişli yataklama boşlukları gibi yapısal parametreler değiştirilmiş ve bu değişimlerin maksimum gerilme, yer değiştirme ve güvenlik katsayısı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bazı varyantlar yüksek dayanım sunarken malzeme verimliliğinde zayıf kalmış, bazıları ise üretilebilirlik açısından avantajlı olmasına rağmen yapısal bütünlük açısından yetersiz bulunmuştur. Optimizasyon sürecinde bu karşıtlıklar gözetilerek, hem mekanik performansı yüksek hem de üretim açısından uygulanabilir bir gövde tasarımına ulaşılmıştır. Bu metodoloji, dişli pompa tasarımlarında sistematik iyileştirme için güçlü bir temel sunmaktadır.

6.1 DENEY PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Optimizasyon sürecinin sağlıklı ilerleyebilmesi için, tasarımı etkileyen çok sayıda parametre arasından en kritik olanların seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, DOE (Design of Experiments) yönteminin etkinliğini artırmak amacıyla yalnızca tasarımın performansı üzerinde doğrudan etkili olan giriş (dizayn) değişkenleri ve bunlara karşılık gelen cevap parametreleri değerlendirmeye alınmıştır. Girdi değişkenleri olarak pompa gövdesinin **cidar kalınlığı** ve bağlantı elemanlarına ait **delik çapı** belirlenmiş; cevap değişkenleri olarak ise **maksimum eşdeğer gerilme**, **toplam yer değiştirme** ve **ağırlık** seçilmiştir. Bu parametreler, hem mekanik güvenilirlik hem de üretim maliyeti açısından sistemi doğrudan etkileyen unsurlar olduğundan optimizasyon sürecine dahil edilmiştir. Yapılan ön analizler, seçilen parametrelerin sistem davranışı üzerindeki etkisinin belirgin olduğunu göstermiştir. Böylece, gereksiz hesap yükü oluşturacak ikincil parametreler dışarıda bırakılarak DOE çalışmasının daha hızlı ve anlamlı sonuçlar üretmesi sağlanmıştır. Belirlenen girdi parametreleri için 9 Farklı deney varyasyonu oluşturulmuş olup cevap parametrelerine göre optimizasyon sağlanmıştır. Optimizasyon hedefleri arasına parça ağırlığı total deformasyon ve eşdeğer gerilmenin minimum tutulması gözetilmiştir.

6.2 DENEY VERİLERİNİN RAPORLANMASI

PARAMETRELER	DİZAYN NOKTASI - 1	DİZAYN NOKTASI - 2	DİZAYN NOKTASI - 3
Cidar Kalınlığı [mm]	14	12	16
Cıvata Delik çapı [mm]	9	9	9
Ağırlık [Kg]	3.794	3.290	4.493
Mak. Eşdeğer Gerilme [Mpa]	134,06	205.7	138,9
Mak. Yer değiştirme [mm]	3,50E-05	3,58E-05	2,83E-05
PARAMETRELER	DİZAYN NOKTASI - 4	DİZAYN NOKTASI - 5	DİZAYN NOKTASI - 6
Cidar Kalınlığı [mm]	14	14	12
Cıvata Delik Çapı [mm]	7	11	7
Ağırlık [kg]	3.922	3.836	3.328
Mak Eşdeğer Gerilme [Mpa]	232,18	173,95	212,32
Mak. Yer değiştirme [mm]	8,08E-05	4,09E-05	4,51E-05
PARAMETRELER	DİZAYN NOKTASI - 7	DİZAYN NOKTASI - 8	DİZAYN NOKTASI - 9
Cidar Kalınlığı [mm]	16	12	16
Cıvata Delik Çapı [mm]	7	11	11
Ağırlık [Kg]	4.530	3.242	4.445
Mak. Eşdeğer Gerilme [Mpa]	163,16	218,7	109,48
Mak. Yer değiştirme [mm]	3,41E-05	2,97E-05	2,11E-05

Şekil 6.1

Yapılan analizlerde elde edilen her varyasyon sonucu değerlendirilmiş; öncelikle malzeme dayanımına uygunluk ve yapısal stabilite kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu kriterleri sağlayan tasarımlar arasından, en düşük ağırlığa sahip olan model optimum olarak seçilmiştir. Nihai seçim için kullanılacak karar tablosu özetle şekil 6.2 de gösterilmiştir

Deney	Ağırlık (kg)	Gerilme (MPa)	Yer Değiştirme(mm)	Not
1	3.794	134.06	3,50E-05	Ağır
2	3.290	205.70	3,57E-05	Denge iyi
3	4.493	138.9	2,83E-05	Çok ağır
4	3.922	232.18	8,08E-05	Gerilme sınırdı
5	3.836	173.95	4,09E-05	Ağır

6	3.328	212.32	4,51E-05	Yer değiştirme yüksek
7	4.530	163.16	3,41E-05	Aşırı ağır
8	3.242	218.7	2,97E-05	GDO: En iyi denge
9	4.445	109.48	2,11E-05	Çok ağır ama sağlam

şekil 6.2

Yukarıda şekil 6.2 farklı cidar kalınlığı ve cıvata deliği çapı kombinasyonları için elde edilen analiz ıktıları özetlenmiştir. DesignXplorer modülünde yapılan amaç odaklı optimizasyon (Goal Driven Optimization - GDO) alışması kapsamında, minimum ağırlık, minimum eşdeğer gerilme ve minimum yer değiştirme hedeflenmiştir.

Aday tasarımlar arasında yapılan çok kriterli değerlendirme sonucunda, 8 numaralı dizayn, tüm hedef fonksiyonlar bakımından optimum dengeyi sağlamaktadır. Gerilme değeri **218,7 MPa** olup **350 MPa**'lık akma sınırına göre (1,5 emniyet katsayısı altında) uygundur. Yer değiştirme ve ağırlık da diğer tasarımlara göre daha düşük seviyededir buna ek olarak 2 numaralı dizayn da **205,7MPa** gerilme değeri ve ağırlık bakımından optimal dengeye yakın konumdadır

Ancak cidar kalınlığı ile delik çapının birbirine yakın olması üretim açısından ve yorulma ömründe sorun yaratabileceğinden dolayı, **2 numaralı dizayn**, teknik sınırlar içinde kalarak daha güvenli ve dengeli bir çözüm olarak nihai aday olarak seçilmiştir.

7. KAYNAKLAR

[1] SolidWorks Yardım Dokümantasyonu

[2] ANSYS Workbench Kullanım Kılavuzu

[3] Makine Mühendisleri Odası Yayınları