

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**  
**OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**DERS:**  
**OTOMOTİV TASARIMI**

**KONU:**  
**TC ISI ANALİZİ**

**HAZIRLAYANLAR:**  
**JOHN EVANS DAKURAH (21181212068)**  
**TAHA ÖMER YILDIRIM (21181212007)**

**KONTROL:**  
**PROF. DR. MELİH OKUR**

**ANKARA**  
**HAZİRAN-2024**

## **İÇİNDEKİLER**

Kapak.....	01
İçindekiler.....	02
1. Giriş.....	03
1.1. Hava İle Soğutma Motorları.....	03
1.2. Sıvı İle Soğutma Motorları.....	03
2. Literatür Özeti.....	03
3. Analiz Hesaplamaları.....	05
4. Kurgu.....	07
5. Analiz.....	08
6. Sonuçlar ve Yorumlama.....	08
7. Kaynakça.....	08

## 1. Giriş

Yanma sırasında, içten yanmalı motorların yanma odasındaki sıcaklık 2000-2500 °C'ye kadar ulaşabilir. Bu aşırı sıcaklık anlık olsa da, bazı motor bileşenlerinin 800 °C'ye kadar ısınmasına neden olabilir. Yanma sonucu üretilen ısının bir kısmı egzoz gazları aracılığıyla motordan atılır. Motor bileşenlerinde kalan artık ısının yönetilmesi, motorun verimli çalışmasını sürdürmek için gereklidir ve ideal olarak 250 °C civarında olmalıdır. Soğutma sistemi, motorun normal termal rejiminde çalışmasını sağlamak için hayatı öneme sahiptir. Motorun optimal sıcaklık aralığının altında çalışması, motor için zararlı olabilir, verimliliği azaltabilir ve potansiyel olarak hasara yol açabilir. Bunun aksine, soğutma sistemi, soğuk bir motorun hızlı bir şekilde çalışma sıcaklığına ulaşmasına da yardımcı olur. Motor, belirlenen termal aralığın üzerinde çalışırsa, bu verimliliğin azalmasına ve motorun uzun vadede zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle, soğutma sisteminin etkinliği, içten yanmalı motorların performansı, verimliliği ve ömrü açısından çok önemlidir [1].

Genellikle, motor normal çalışma sıcaklığının üzerinde çalışıyorsa:

1. Çalışan motor parçalarının mekanik dayanımları azalır.
2. Piston, segman ve yataklar gibi hareketli parçalar arasında, zorunlu olarak bulunan boşlukların değişmesine neden olur.
3. Yağlama yağları, fazla ısınmadan dolayı çok incelir, yapışkanlık ve yüzey gerilimi özelliğini yitirir ve görevini yapamaz.
4. Silindir kapağı ve silindir bloğunun fazla ısısı nedeni ile şekil değiştirip çatlamasına neden olur.
5. Hareketli parçaların ve yatakların çok çabuk aşınmalarına ve bunun sonucu olarak arızalanmalarına neden olur.
6. Motor yağlarının sıcaklığı 250 °C'yi geçtiğinde, yağın özelliği bozulur, yanmaya başlayabilir.

Benzer şekilde, motor normal çalışma sıcaklığının altında çalışıyorsa:

1. Motorun termik verimi düşer
2. Motorda yakıt sarfiyatı artar
3. Motor yağı çabuk kirlenir ve sulanır. Bu ise,
4. Yağlamanın düzgün olmamasına
5. Korozyon oluşmasına yol açar.
6. Hareketli parçalardaki boşluklar değişir.

İçten yanmalı motorlarda soğutma iki şekilde yapılır: Hava ile soğutma ve su ile soğutma.

### 1.1. Hava ile Soğutma Motorları

Hava soğutmalı içten yanmalı motorlarda, soğutma işlemi, motor yüzeyine hareket eden havanın, çalışma sırasında üretilen ısıyı dağıtmasına dayanır. Hava soğutmalı bir sistemin ana unsurları, soğutma kanatçıkları, hava akış kanalları ve bazı durumlarda bir fandır.

Motor çalışlığında, silindirlerdeki yanma önemli miktarda ısı üretir. Bu ısıyı yönetmek için, motor bileşenleri, havaya maruz kalan yüzey alanını artıran metal uzantılar olan kanatçıklarla tasarlanmıştır. Bu kanatçıklar genellikle silindir kapaklarında ve motor bloğunda bulunur. Motor ısındıkça, ısı motor parçalarından kanatçıklara iletilir.

Soğutma etkisi, bu kanatçıklar üzerindeki hava akışı ile sağlanır. Doğal aspirasyonlu hava soğutmalı sistemlerde, aracın hareketi, ısıyı motordan uzaklaştırır hava akışı oluşturur. Doğal hava akışının yetersiz olduğu durumlarda, örneğin düşük hızlarda veya araç hareketsizken, bir fan kullanılarak hava kanatçıkların üzerine zorlanır. Bu fan tarafından yönlendirilen hava, kaplamalar ve kanallar aracılığıyla motorun kritik parçalarına doğru yönlendirilir, böylece soğutma etkisi artırılır.

Hava soğutmalı sistemlerin en büyük avantajlarından biri basitlikleridir. Radyatörler, su pompaları veya soğutma sıvısı gibi bileşenlere ihtiyaç duymazlar, bu da genel karmaşıklığı ve bakım gereksinimlerini azaltır. Ayrıca, hava soğutmalı motorlar, sıvı soğutma için gerekli ek donanımı içermeden genellikle daha hafiftir.

Basitliklerine rağmen, hava soğutmalı sistemlerin bazı sınırlamaları vardır. Soğutma kanatçıklarının eklenmesi motorun hacmini artırır, bu da motoru daha hacimli hale getirebilir. Özellikle fan tarafından zorlanan hava akışı, gürültü seviyelerini artırabilir. Ayrıca, hava soğutma, ortam hava sıcaklığının yüksek olduğu sıcak iklimlerde daha az etkili olabilir ve bu da yetersiz soğutmaya yol açabilir.

Bir diğer önemli nokta ise hava soğutmalı motorların genellikle soğuk iklimlerde tercih edilmesidir. Bu tercih, su soğutmalı sistemlerde olabileceği gibi soğutma sıvısının donma riski olmadığı için ortaya çıkar.

Ancak, hava soğutmalı sistemlerin bazı dezavantajları vardır. Soğutma verimliliği, iklim ve motor hızı değişiklikleriyle birlikte değişimdir, bu da bazen yetersiz soğutmaya neden olabilir. Bu sistemi kullanan motorlar, sıvı soğutma sıvısı olmadığı için ısıyı emip dağıtamadan uzun süre röllantide çalışmazlar, aksi takdirde aşırı ısınma riski taşırlar. Ayrıca, hava soğutma her zaman tutarlı bir soğutma sağlamayabileceğinden, motor içindeki yağlama etkilenebilir ve bu da genel motor performansını ve verimliliğini etkileyebilir.

Özetle, hava soğutmalı içten yanmalı motorlar, motor bileşenlerinden ısıyı uzaklaştırmak için hava akışına dayanır. Bu yöntem basitlik, hafiflik ve soğuk iklimlerde güvenilirlik sunarken, gürültü, hacimlilik ve değişken koşullarda soğutma verimliliği açısından zorluklar da getirir. Bu

sınırlamalara rağmen, basitlik ve azaltılmış bakım gereksinimlerinin öncelikli olduğu uygulamalarda hava soğutmalı motorlar geniş çapta kullanılır [1-3].

Şekil 1, hava soğutmalı tek silindirli bir motor örneğini göstermektedir.



Şekil 1. Hava Soğutmalı Tek Silindirli Motor

## 1.2. Sıvı İle Soğutma Motorları

Su soğutmalı içten yanmalı motorlarda, soğutma işlemi, motor çalışma sırasında üretilen ısıyı uzaklaştırmak için motor içinde dolaşan bir sıvıya (genellikle su ve antifriz karışımı) dayanır. Su soğutmalı bir sistemin ana bileşenleri, radyatör, su pompası, termostat ve soğutma kanallarıdır.

Motor çalışlığında, yanma odalarında önemli miktarda ısı üretilir. Bu ısı, motor bileşenleri tarafından emilir ve uygun şekilde yönetilmemezse aşırı ısınmaya neden olabilir. Su pompası, soğutucuya motor bloğunun iç kanallarından dolaştırır ve burada motor parçalarından ısıyı emer.

Termostat, motor sıcaklığını düzenlemeye önemli bir rol oynar. Motor soğukken, termostat kapalı kalır, soğutucunun radyatöre akmasını engeller ve motora hızlı bir şekilde ısınmasına izin verir. Motor optimal çalışma sıcaklığına ulaştığında, termostat açılır ve ısıtılmış soğutucunun radyatöre akmasına izin verir.

Radyatörde, sıcak soğutucu hava akışına maruz kalır, bu hava akışı fanlar tarafından desteklenebilir ve bu şekilde ısı atmosfere dağıtilır. Soğutucu daha sonra soğur ve su pompası tarafından motor içine geri dolaştırılır, döngüyü sürdürür.

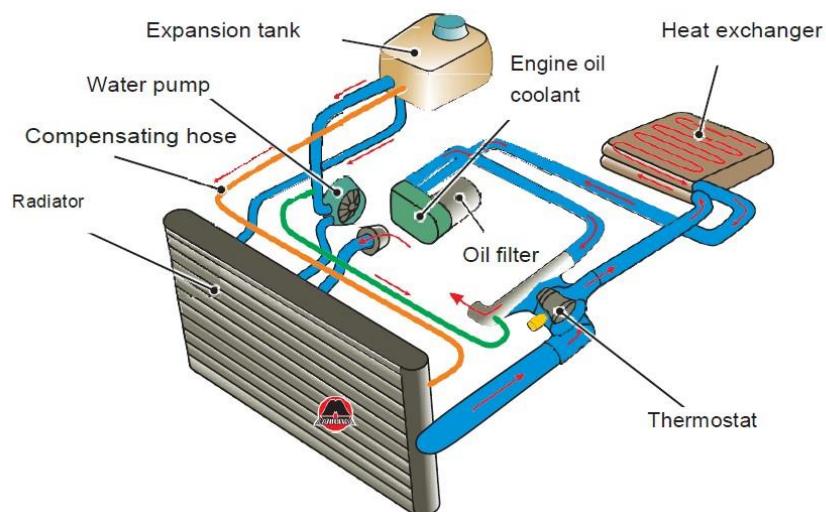
Bu sistemlerde silindir bloklarının dış kısımları genellikle daha iyi ısı iletkenliği için alüminyum alaşımından yapılmışken, silindirler ve valf koltukları gibi sürtünme yüzeyleri genellikle çelik alaşımındanır. Bu kombinasyon, ek soğutma sıvılarına ihtiyaç duymadan verimli ısı transferi ve dayanıklılık sağlar, motor yapısını basit ve hafif tutar.

Su soğutmalı sistemler, hava soğutmalı sistemlere göre daha etkili ısı dağılımı, termostatlar ve fanlar kullanımıyla motor sıcaklığının daha iyi kontrolü ve fanlar ve sıvı hareketi daha az gürültü ürettiği için daha sessiz çalışma gibi birçok avantaj sunar. Ayrıca, bu sistemler, soğutucu karışımındaki antifriz bileşeni tarafından donma riskinin minimize edildiği soğuk iklimlerde özellikle avantajlidir.

Ancak, bazı dezavantajlar vardır. Su soğutmalı sistemler, hava soğutmalı sistemlere göre daha karmaşıktır ve daha fazla bakım gerektir. Ayrıca, radyatör ve su pompası gibi ek bileşenlerden dolayı daha fazla ağırlık ekler ve daha fazla alan kaplar. Dahası, soğutucu sızıntı riski vardır, bu da motorun aşırı ısınmasına ve potansiyel hasara yol açabilir [1-3].

Genel olarak, su soğutmalı sistemler, motorun sıcaklığını optimal bir aralıkta tutar, performansı ve ömrü artırırken aşırı ısınmayı önler ve bu da aracın genel güvenilirliğine katkıda bulunur.

Şekil 2 aşağıda, bir su soğutmalı sistem örneğini göstermektedir.

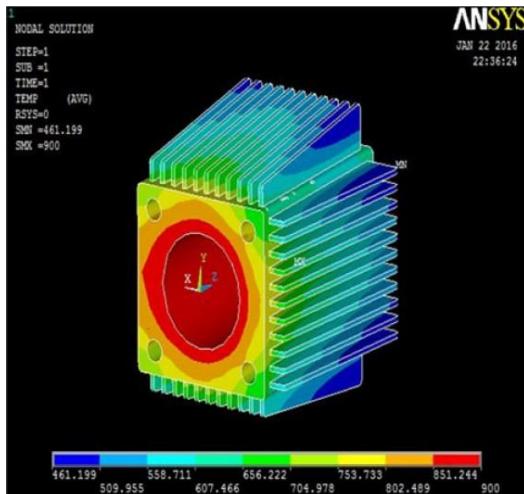


Şekil 2. Su Soğutmalı Motor

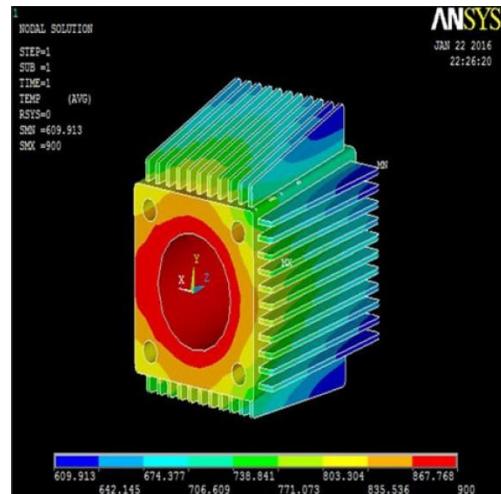
## 2. Literatür Özeti

A) Kummithaa ve Reddy (2017), "Thermal Analysis of Cylinder Block with Fins for Different Materials Using ANSYS," başlıklı çalışmalarında, silindir bloklarında en verimli ısı ileten malzemeleri bulmak için farklı malzemelerin ısı iletimini araştırmışlardır. Bunu yapmak için, önce GAMBIT yazılımı kullanarak silindir bloğunun bir modelini oluşturmuşlar ve ardından ANSYS kullanarak alüminyum, magnezyum ve dökme demir alaşımı gibi malzemelere odaklanarak termal analiz gerçekleştirmiştir. Dikkate alınan ana özellikler ısıl iletkenlik, yoğunluk ve özgül ısı idi. Analizde, silindirin iç yüzeyine sıcaklık yükleri uygulanmış ve kanatçıklara sahip dış yüzeyine ise konveksiyon ısı transferi koşulları uygulanmıştır. Her malzemenin termal davranışını aynı koşullar altında, aynı rüzgar hızı da dahil olmak üzere incelenmiştir. Çalışma, silindir blokları için en iyi malzemeyi seçerken ısıl iletkenlik ve malzeme

dayanımının önemini vurgulamıştır. Düğüm sıcaklık konturları ve grafiklerle gösterilen sonuçlar, gri dökme demirin yoğunluğu nedeniyle yüksek sıcaklık dağılımına sahip olduğunu ve bu nedenle silindir blokları için yaygın bir tercih olduğunu göstermiştir. Ancak, ağırlığı nedeniyle hafif araçlar için ideal değildir ve bu araçlar için daha hafif ve güçlü malzemeler olan alüminyum阿拉şımalar tercih edilmektedir. Ek analiz, seçilen malzemelerin nihai çekme dayanımlarını karşılaştırarak ısı dağıtım verimliliği ve ağırlık arasındaki dengeyi göstermiştir. Bulgular, A380 alüminyum阿拉şımı gibi malzemelerin, ısı transferi ve dayanım arasında iyi bir denge sundukları için hafif araçlar için daha uygun olduğunu önermektedir [4].

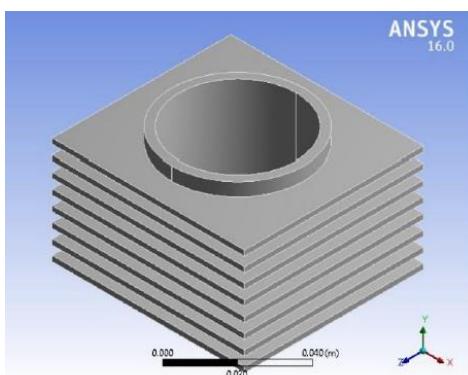


Şekil 3. Gri Dökme Demir - Düğüm Sıcaklığı

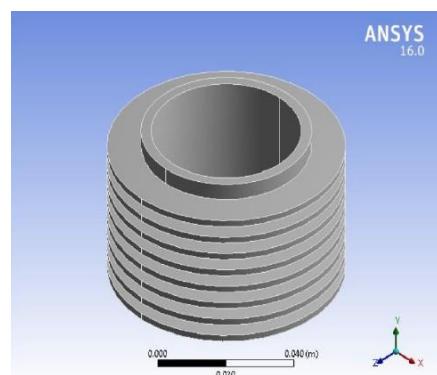


Şekil 4. A380-Düğüm Sıcaklığı

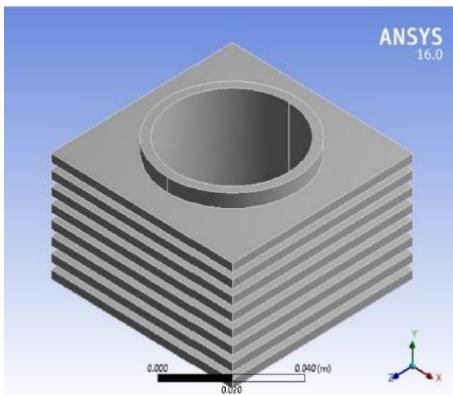
B) Sagar ve Suresh (2017), "Thermal Analysis of Engine Cylinder with Fins by using ANSYS Workbench," başlıklı çalışmalarında, silindir kanatçıklarının geometrisini (Dairesel, Dikdörtgen), malzemesini (Alüminyum Alaşımı, Magnezyum Alaşımı) ve kalınlığını (3mm, 2mm) değiştirerek Yönlü Isı Akışı, Toplam Isı Akışı ve Sıcaklık Dağılımı gibi çeşitli termal özelliklerin analizini gerçekleştirmiştir. Modelleme için SOLIDWORKS-2013'ü ve geçici termal analiz için ANSYS WORKBENCH-2016'yi kullanarak, kare bir silindir modeli üzerinde çalışılmışlardır. Soğutma simülasyonu, tanımlanmış sınır koşulları ile basitleştirilmiş bir hava soğutma sistemi kullanarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerinin sonuçları, özellikle alüminyum阿拉şımından yapılmış dairesel kanatçıkların, geleneksel dikdörtgen kanatçıklara kıyasla üstün ısı transfer yetenekleri ve azalan ağırlık gösterdiğini ortaya koymuştur [5].



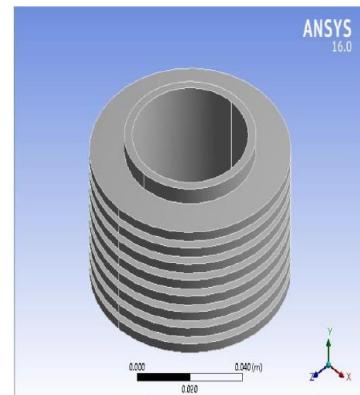
Şekil 5. 2mm Kalınlığında Dikdörtgen Kanatçıklar



Şekil 6. 2mm Kalınlığında Dairesel Kanatçıklar

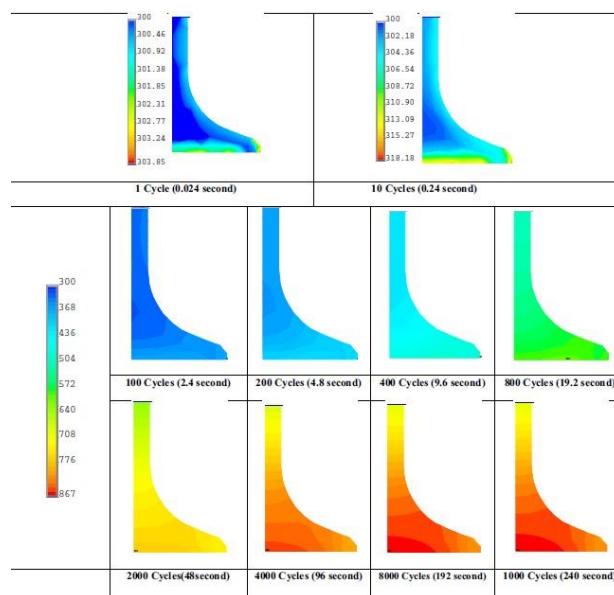


**Şekil 7. 3mm Kalınlığında Dikdörtgen Kanatçıklar**



**Şekil 8. 3mm Kalınlığında Dairesel Kanatçıklar**

C) Cerdoun, Carcasci ve Ghenaiet (2016), "An Approach for the Thermal Analysis of Internal Combustion Engines' Exhaust Valves," başlıklı çalışmalarında, gerçek motor koşulları altında emme ve egzoz valflerinin sıcaklık dağılımı haritalarını tahmin etmeye odaklanmışlardır. Bunu yapmak için, silindir kafasının her bir parçasının etkisini daha iyi anlamak amacıyla valfler alt böülümlere ayrılmıştır. Bir motorun dört zamanlı çevrimi boyunca her bir alt bölüm için anlık ısı transfer katsayıları ve adyabatik duvar sıcaklıkları değerlendirilmiştir. Bu parametrelerin ortalama değerleri hesaplanarak Ansys-CFX kullanılarak bir sonlu eleman modeli içinde sınır koşulları olarak dahil edilmiştir. Ayrıca, APDL (ANSYS Parametrik Tasarım Dili) kodu, simülasyon çalışmalarını kolaylaştırmak ve termal haritaları çıkarmak, aşırı sıcaklık ve ısı akışı bölgelerini belirleyerek hasarı önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, temel tasarımda valf ile ilgili ariza modlarını araştırmak için değerli bir araç olarak hizmet vermekte olup, gelecekteki doğrulama ve diğer analitik araçlarla karşılaştırma potansiyeli sunmaktadır [6].



**Şekil 9. Farklı motor çevrimleri sırasında egzoz valfinin başının yakınındaki sıcaklık haritaları**

D) Athimakula, Kanth, Chowdary ve Kakarwada (2020), "Modeling and Analysis of Cylinder Block for V8 Engine," başlıklı çalışmalarında, ısı kaybı ve bunun içten yanmalı motorların performansı üzerindeki etkisi gibi kritik bir sorunu ele almışlardır. Bunu yapmak için, V tipi çok silindirli bir montaj modeli oluşturulmuş ve ANSYS'e entegre edilerek sabit durum termal

ve yapısal analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz, iki farklı malzeme (FU 4270 ve FU 2451) ile geleneksel alüminyum malzemenin karşılaştırılmasıyla ısı gerilmesi, ısı transferi ve ısı akışını tahmin etmeyi amaçlamaktadır. İşı transferi, içten yanmalı motorlarda güç dönüşümü için çok önemlidir ve motor duvarlarındaki sorunlu alanların belirlenmesi, etkili soğutma sistemlerinin tasarımını için gereklidir. Çalışma, yanma odası ile silindir duvarı arasındaki geçici ısı akışları özellikle olmak üzere, düzensiz sıcaklıkların etkilerini anlamaya odaklanmıştır. Analiz sonuçları, V8 motorlarında yanma odası ile silindir duvarı arasındaki geçici ısı değişiminin büyük ölçüde silindir bloğunda kullanılan malzemelere bağlı olduğunu vurgulamaktadır. Üç farklı malzemenin karşılaştırılmış analizi, FU 4270 karbon malzemesinin alüminuma göre daha düşük termal gerilme, sıcaklık dağılımı ve ısı akışı gösterdiğini ve yanma odası ile silindir duvarı arasında hızlı geçici ısı değişimi için tercih edilen malzeme olduğunu ortaya koymaktadır [7].

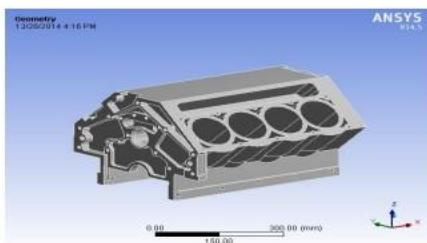


Fig 6.Geometry of the engine Cylinder

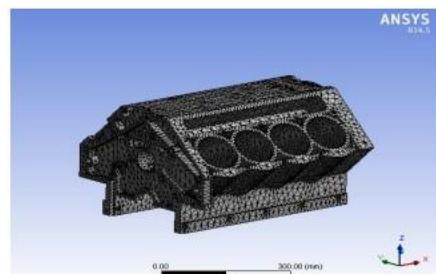


Fig.7. Discretization of the Cylinder Block

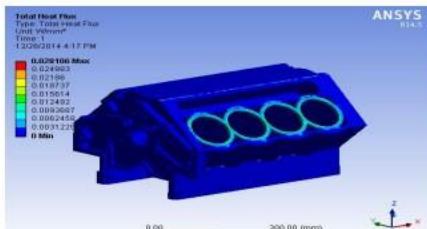


Fig.8. Steady state thermal investigation of engine Block

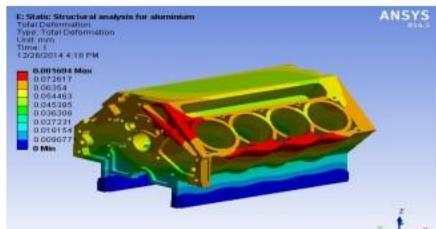


Fig.9. Entire Heat Flux of the cylinder block

**Şekil 10. V8 Motor için Silindir Bloğunun Modellemesi ve Analizi**

E) Richard ve Sharma (2016), "Thermal Analysis and Comparison of Cylinder Blocks of 4S, SI Two Wheeler Engine Using Ansys," başlıklı çalışmalarında, Honda, TVS ve Yamaha'nın 4S SI motorlarının silindir blokları üzerinde analiz gerçekleştirmiştir. Bu çalışma, yanma gazlarının farklı koşullar altında bu bloklar üzerindeki termal etkilerini anlamayı amaçlamaktadır. SolidWorks tasarım yazılımı kullanılarak bu blokların replikaları oluşturulmuş ve ardından Ansys yazılımı kullanılarak farklı motor hızları ve çevresel koşullar altında termal performansları değerlendirilmiştir. Analizler, Honda Activa'nın sürekli olarak TVS Wego ve Yamaha Ray Z'ye kıyasla daha yüksek miktarda ısı yaydığını, ancak kışın en az ısı yaydığını ortaya koymuştur. Bu durum, sıcaklığın ısı yayılımı üzerindeki önemli etkisini, bloklar arasındaki termal özellik farklılıklarına bakılmaksızın vurgulamaktadır. Sonuçlar ayrıca, sıcaklığın iç yüzeyden dış yüzeye ısı iletim hızını büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. Örneğin, TVS Wego yaz aylarında daha düşük sıcaklıklara sahip vücut yüzdesini daha yüksek gösterirken, Honda Activa kış aylarında öne çıkmaktadır. Farklılıklara rağmen, tüm bloklar ısı

yayılımında verimlilik göstermekte ve 70 saniye içinde yüksek sıcaklıklara ulaşmakta, termal verimlilik hızla birlikte artmaktadır. Ancak, analizler, Honda Activa'da bulunanlar gibi dökme demir silindir bloklarının, mekanik ve yapısal özellikleri ile daha yüksek termal genleşme katsayıları nedeniyle alüminyum alaşım bloklara kıyasla tercih edilebileceğini önermektedir [8].



Fig. 1: CAD Model for Honda Activa Block



Fig. 11: CAD Model for TVS Wego Block



Fig. 6: CAD Model for Yamaha Ray Z Block

**Şekil 11. CAD Model for Honda Activa Block**

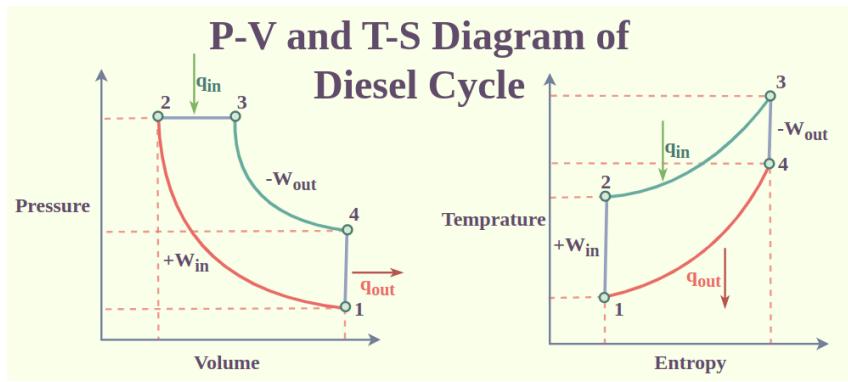
**Şekil 12. CAD Model for TVS Wego Block**

**Şekil 13. CAD Model for Yamaha Ray Z Block**

F) Nageswararao ve Mukesh (2016), "Thermo Structural Analysis of Two Stroke Si Engine Cylinder" başlıklı çalışmalarında, 2 zamanlı bir motorun yanma odasının (gömlek) termo yapısal analizini gerçekleştirmek için ANSYS Workbench 15.0 kullanarak sıcaklık dağılımını tahmin etmiş ve silindir duvarı deformasyonuna yol açabilecek potansiyel termal gerilmeleri belirlemiştir. Bu amaçla, 100cc Bajaj Motosiklet için ANSYS Workbench 15.0'da bir silindir kanat gövdesi tasarlayıp modellemiştirlerdir. Alüminyum alaşım 204, yumuşak çelik, gri dökme demir, magnezyum alaşımı ve diğer alüminyum alaşımları dahil olmak üzere değişen kanat kalınlıkları, boşluklar ve malzemelerle 27 farklı durumu dikkate almışlardır. Silindirin astarında, kanatlarda ve egzoz bölümünde taşınım gibi termal sınır koşulları, yapısal analiz için silindirik destek ve basınç uygulanmıştır. Her durum, toplam ısı transferi ve silindirdeki gerilmelerin sonuçlarını elde etmek için ANSYS Workbench 15.0'da analiz edilmiştir. Bulgular, dairesel kanatlar için 2.5mm kalınlığında alüminyum alaşım kullanmanın, daha yüksek ısı transfer hızı nedeniyle optimal olduğunu göstermektedir. Ancak, dairesel kanatlar kullanıldığından kanat gövdesinin ağırlığı artmaktadır. Verimliliği artırmak için, kanat kalınlığının 2.5mm'ye düşürülmesi ve dairesel kanatlar kullanılması önerilmektedir, çünkü bu değişiklikler mevcut dikdörtgen motor silindiri kanatlarına kıyasla ısı yayılmasını, verimliliği ve etkinliği artırmaktadır. Çalışma, alüminyum alaşımının kanat gövdesi için tercih edilen malzeme olduğunu, ısı transferi ve genel verimlilik açısından daha iyi performans sunduğunu sonucuna varmıştır [9].

### 3. Analiz Hesaplamaları

#### 3.1. Termodinamik Hesaplamalar



**Şekil 14. Bir Dizel Motorun P-V Ve T-S Diyagramları**

### 1. Durum

$$P_1 = 100 \text{ kPa}, T_1 = 300 \text{ K}, \text{Sıkıştırma Oranı} (\varepsilon) = 18$$

$$P_1 \cdot V_1 = R \cdot T_1 \rightarrow 100 \cdot V_1 = 0.287 \cdot 300$$

$$V_1 = 0.861 \text{ m}^3$$

### 1-2 İzentropik İşlemi

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^k = \varepsilon^k \rightarrow P_2 = 100 \cdot 18^{1.4} = 5719.81 \text{ kPa}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = \varepsilon^{k-1} \rightarrow T_2 = 300 \cdot 18^{1.4-1} = 953.30 \text{ K}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \varepsilon \rightarrow V_2 = \frac{0.861}{18} = 0.04783 \text{ m}^3$$

### 2-3 Sabit Basınç İşlemi

$$P_{\max} = P_3 = P_2 = 5719.81 \text{ kPa}$$

$$\text{Ön genişleme oranı} (\rho) = 1.6$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \rho \rightarrow V_3 = (0.04783) \cdot (1.6) = 0.07653 \text{ m}^3$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \rho \rightarrow T_3 = (953.30) \cdot (1.6) = 1525.28 \text{ K}$$

### 4-1 Sabit Hacim İşlemi

$$V_4 = V_1 = 0.861 \text{ m}^3$$

$$\frac{P_4}{P_1} = \rho^k \rightarrow P_4 = (100) \cdot (1.6)^{1.4} = 193.09 \text{ kPa}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \rho^k \rightarrow T_4 = (300) \cdot (1.6)^{1.4} = 579.28 \text{ K}$$

### Sisteme Verilen Ve Sistemden Atılan Isılar

$$q_{in} = c_p (T_3 - T_2) = 1.0035 \cdot (1525.28 - 953.30) = 573.9819 \text{ kJ / kg}$$

$$q_{out} = c_v (T_4 - T_1) = 0.7165 \cdot (579.28 - 300) = 200.1041 \text{ kJ / kg}$$

### Net iş

$$W_{net} = q_{in} - q_{out} = 573.9819 - 200.1041 = 373.8778 \text{ kJ / kg}$$

### İndike ortalama basıncı

$$P_{mi} = \frac{W_{net}}{V_1 - V_2} = \frac{373.8778}{0.861 - 0.04783} = 459.7782 \text{ kPa}$$

**Tablo 1. Termodinamik hesaplamaların sonuçları**

Durum	1	2	3	4
P (kPa)	100	5719.81	5719.81	193.09
V (m <sup>3</sup> /kg)	0.681	0.04783	0.07653	0.861
T (K)	300	953.30	1525.28	579.28

### **3.2. Silindir Kalınlığının Hesaplanması**

$$T_c = \frac{D \cdot P_{max}}{2 \cdot \sigma_{em}}$$

t<sub>c</sub>: silindir kalınlığı, (t<sub>c</sub> = t<sub>1</sub> + t<sub>2</sub>) mm,

t<sub>1</sub>: silindir gömleği kalınlığı, mm,

t<sub>2</sub>: bloktaki silindir kalınlığı, mm,

D: silindir çapı, mm,

P<sub>max</sub>: Maksimum yanma basıncı, N/mm<sup>2</sup>,

σ<sub>em</sub>: Güvenlik gerilmesi N/mm<sup>2</sup>,

σ<sub>em</sub> = 25 N/ mm<sup>2</sup> (Dökme Demir için) alındı.

$$T_c = \frac{107 \cdot 5.71981}{2 \cdot 25} = 12.24 \approx 13 \text{ mm}$$

### **3.3. Silindir Kapağının Boyutlandırılması**

$$t_{ch} = 0.434 \times D \times \sqrt{\frac{P_{max}}{\sigma_b}}$$

t<sub>ch</sub>: silindir kapağının kalınlığı, mm,

D: silindir çapı, mm,

$P_{\max}$ : maksimum yanma basıncı, N/mm<sup>2</sup>,

$\sigma_b$ : müsaade edilen eğilme gerilimi, N/mm<sup>2</sup>,

$\sigma_b$  Eğilme gerilmesi ders notundaki gibi 130 N/mm<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

$$t_{ch} = 0.434 \times D \times \sqrt{\frac{P_{\max}}{\sigma_b}} = 0.434 \times 107 \times \sqrt{\frac{5.7198}{130}} = 9.74 \approx 10 \text{ mm}$$

### 3.4. Silindir Kapak Civataları

$$F_b = \frac{F_{g\max}}{n_b}$$

$F_b$ : bir civataya gelen eksenel kuvvet, N,

$F_{g\max}$ : silindirdeki maksimum gaz kuvveti, N/mm<sup>2</sup>,

$n_b$ : bir silindire düşen civata sayısı,

$$F_b = 5.7198 \times \frac{\pi \times 107^2}{4 \times 4} = 12858.1 \text{ N}$$

Civata anma çapı

$$d_{civata} = 1.25 \times \sqrt{\frac{4 \cdot A_b}{\pi}} = 1.25 \sqrt{\frac{4 \cdot F_b}{\pi \cdot \sigma_{ab}}} = 1.25 \sqrt{\frac{4 \cdot 12858.1}{\pi \cdot 130}}$$

$$d_{civata} = 14.03 \approx 15 \text{ mm}$$

M15 ciavata kullanılacak

### 3.5. Toplam Silindir Boyu

$$L_s = H + L_p$$

H: Kurs boyu

L<sub>p</sub> = Piston boyu

Piston ölçülerinin ortalama değer tablosundan;

$$\text{Piston boyu } (L_p) = (1.0 - 1.7) \times D \rightarrow L_p = 1.5 \times 107 \approx 160 \text{ mm}$$

$$L_s = 128.4 + 160 = 288.4 \text{ mm}$$

## 4. Kurgu

Bu çalışmada aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi diğer tüm motor parametreleri sabit tutularak su ceketlerinin derinliği artırılarak motor bloğunun ısı transferi ve soğutulması incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu, su ceketlerinin derinliğinin motor bloğu soğutmasını nasıl etkilediğini incelemek için yapıldı.

**Tablo 2. Kurgular**

<b>Kurgular</b>	
1. Kurgu	Su çeketinin yüksekliği: 95 mm Değer parametreler sabit
2. Kurgu	Su çeketinin yüksekliği: 120 mm Değer parametreler sabit
3. Kurgu	Su çeketinin yüksekliği: 145 mm Değer parametreler sabit
4. Kurgu	Su çeketinin yüksekliği: 170 mm Değer parametreler sabit
5. Kurgu	Su çeketinin yüksekliği: 195 mm Değer parametreler sabit

## 5. Analiz

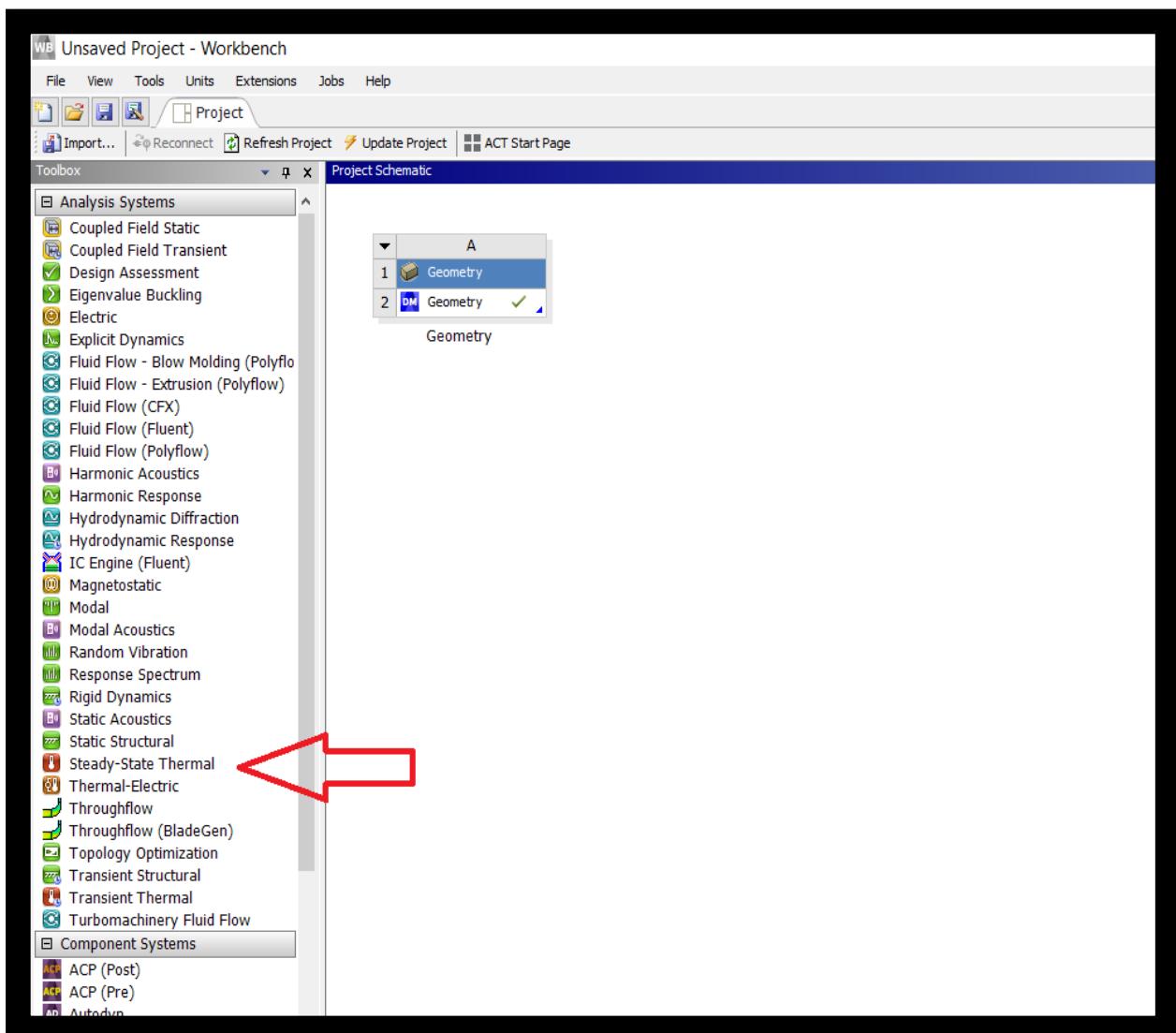
Yaptığımız bu çalışmada silindir bloğuna 3 boyutlu Tc Isı analizi yapmış bulunmaktayız. Silindir bloğunu SOLIDWORKS programı ile modelleyip ANSYS ile analiz yapılmıştır. Yapılan bu analizde Tc değerinin konumunun silindir üzerindeki soğutma etkisi incelenmiştir.

Öncelikli olarak masaüstünde bulunan **silindir blok** parçasına tıklanır.



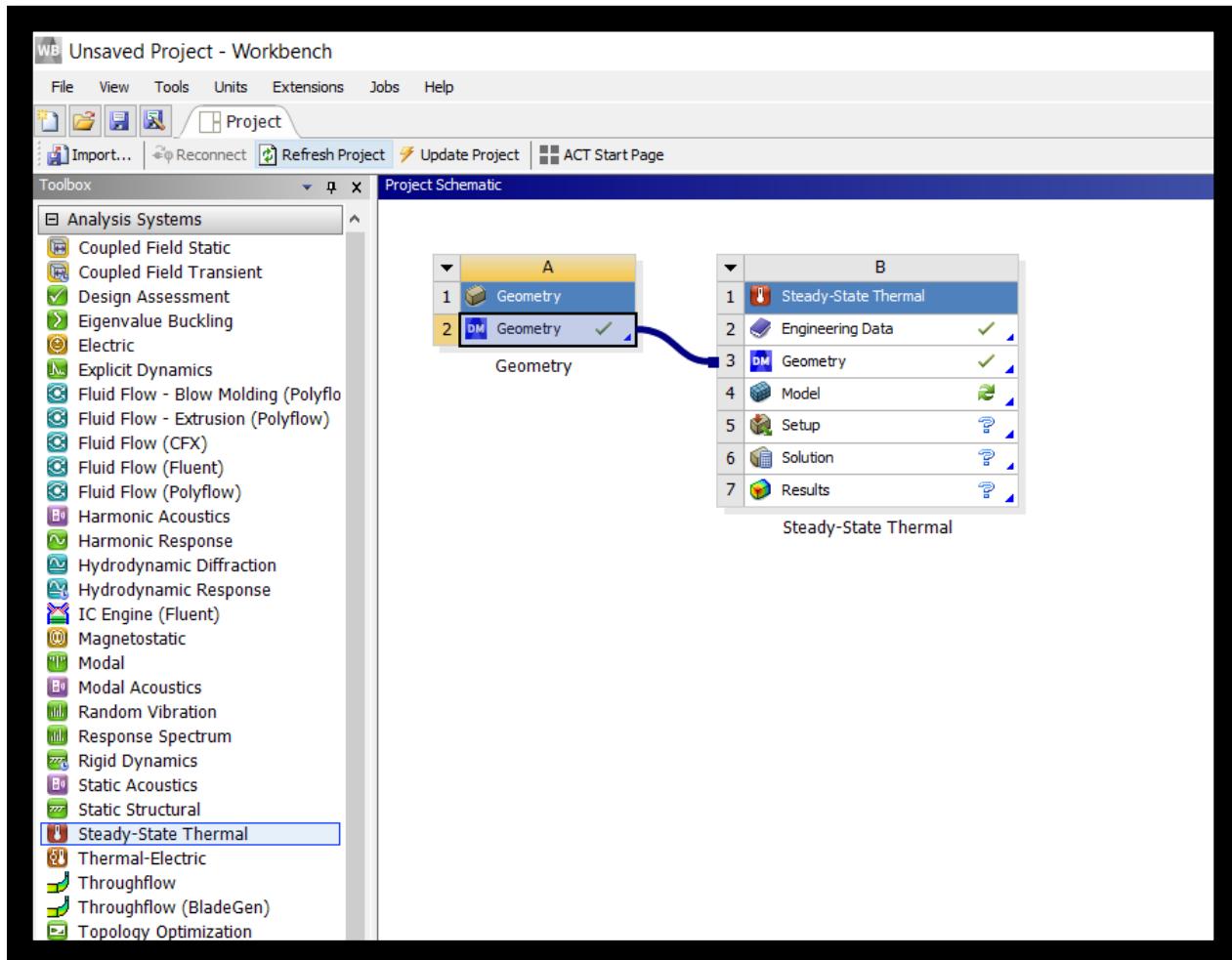
**Şekil 15. Ansys Workbench Açılım İşlemi**

Geometri açıldıktan sonra yapılması gerekn **steady-state thermal** analizi, sol tarafta bulunan **Analysis Systems** ekranından farenin sol tuşuna basılı tutup geometri kutucuğunun yanına sürüklendirir.



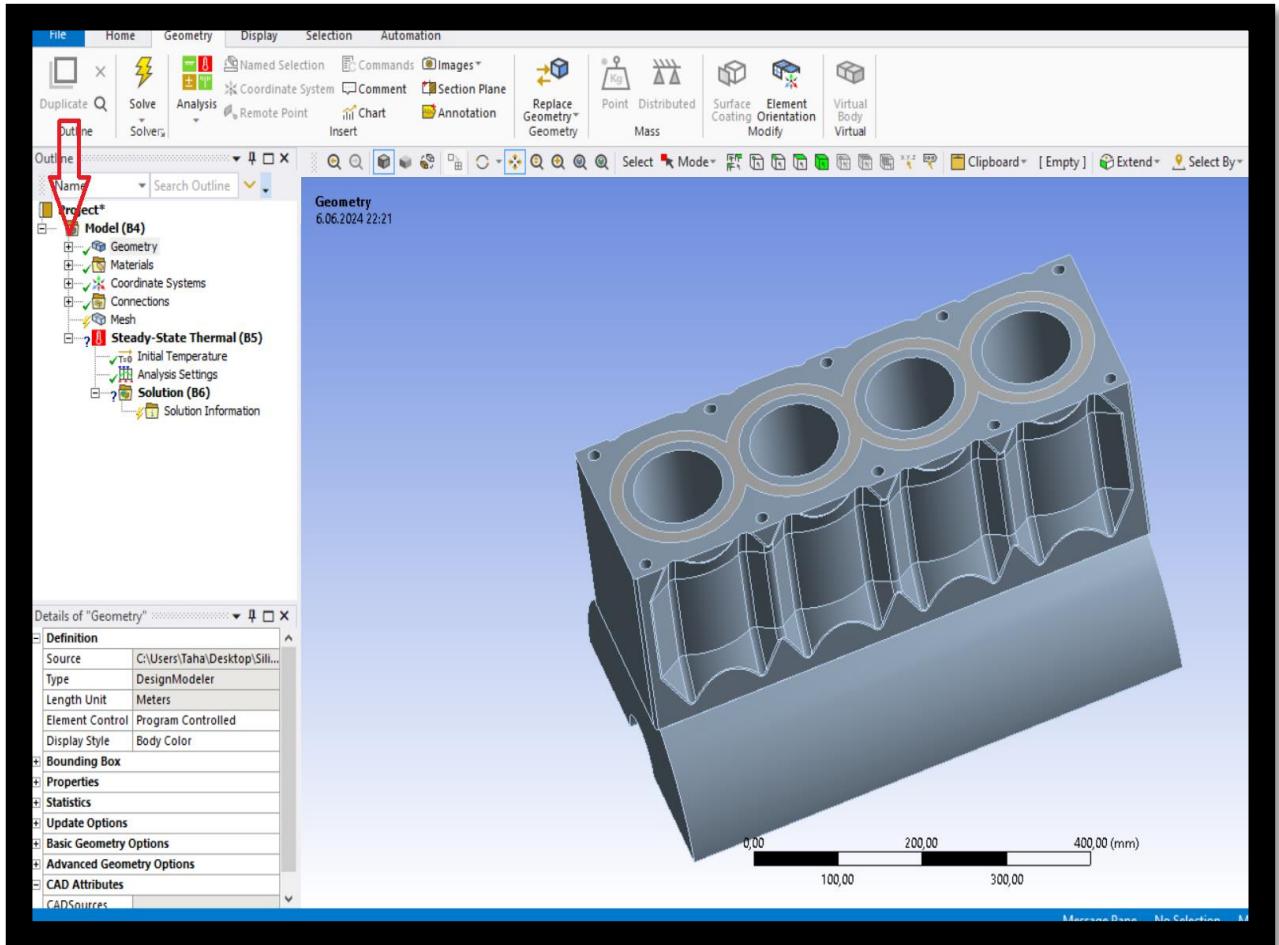
Şekil 16. Analiz Türünü Belirleme İşlemi

**A** kutucuğunda bulunan **geometry** yazısını farenin sol tıkına basılı tutarak **B** kutucuğunda bulunan **geometry** yazısının üstüne sürüklendir.



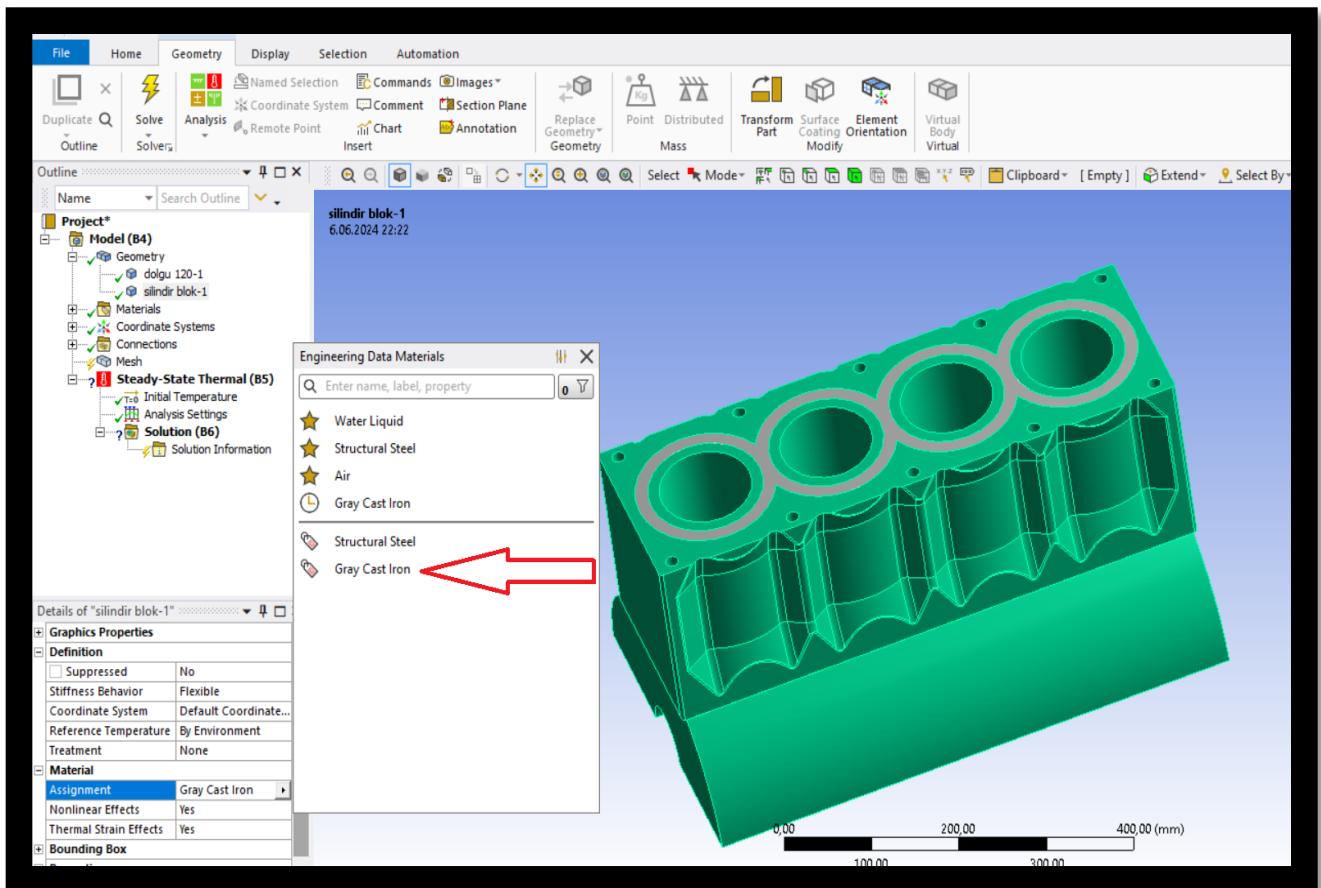
Şekil 17. Geometriyi Analize Bağlama İşlemi

Bu işlemi yaptıktan sonra **B** kutucuğunda bulunan Model yazısına tıklayınız. Silindir blok parçası geldikten sonra Project=> Model(B4) =>Geometry'e tıklanır.



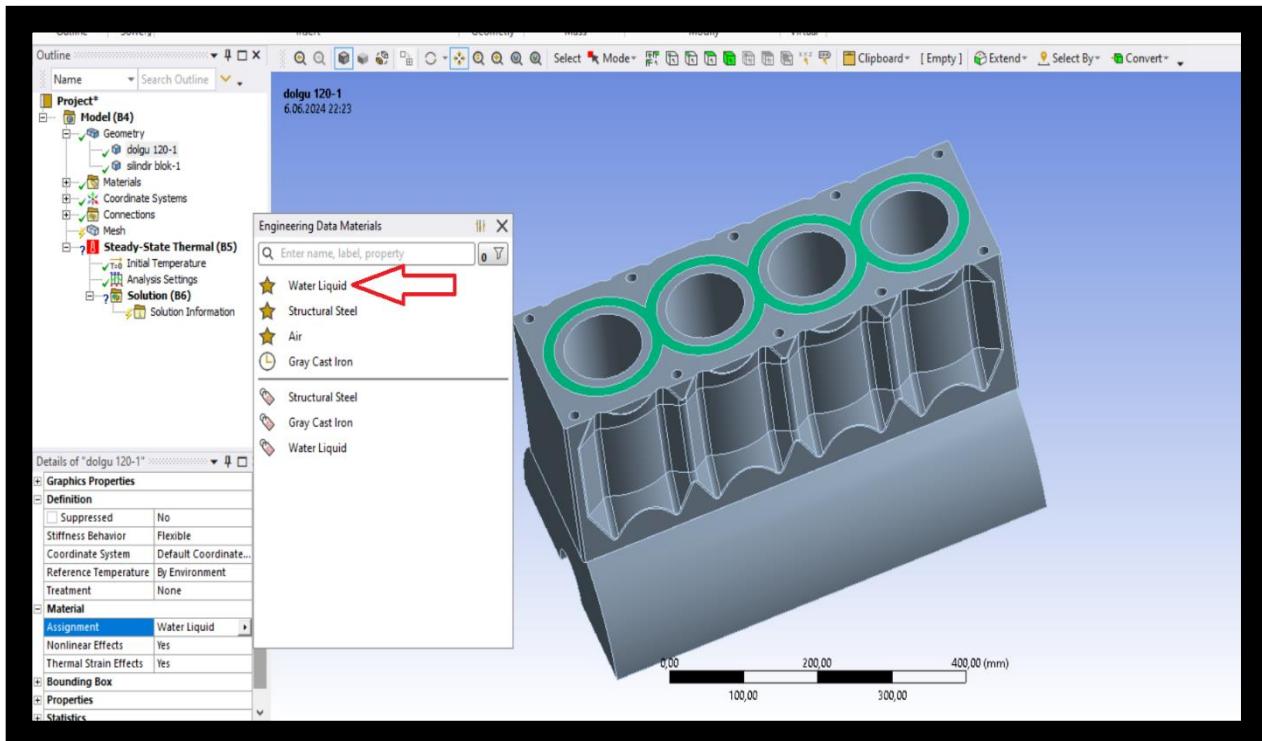
Şekil 18. Materyal Verme İşlemi

Açılan alt sekmelerden parçalara hangi materyalleri vereceğimizi atınlacak. Silindir blok atamasını yapmak için **geometry** kısmından **silindir blok-1**'e tıklanır. Sonra sol alt tarafta bulunan **details of 'silindir blok-1'** bölümünün alt tarafında bulunan **material**'e tıklanır. Ardından **assignment** kutucüğüne girip hangi materyali vermek istiyorsanız ismini yazıp seçilir.



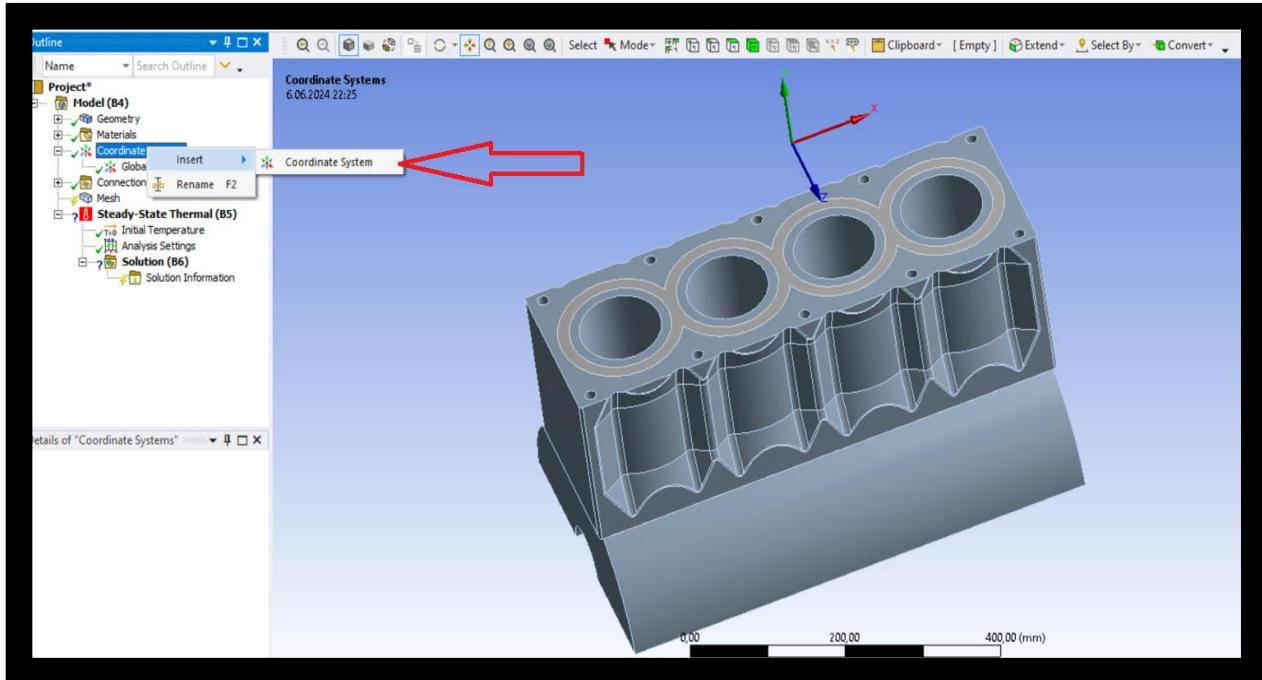
Şekil 19. Dökme Demir Tanımlama

Ardından Open Deck kanallarına su vermek için aynı işlem yapılır. Ancak Open Deck kanallarına suyu vermek istiyorsanız o kısımları doldurmayı unutulmamalıdır.



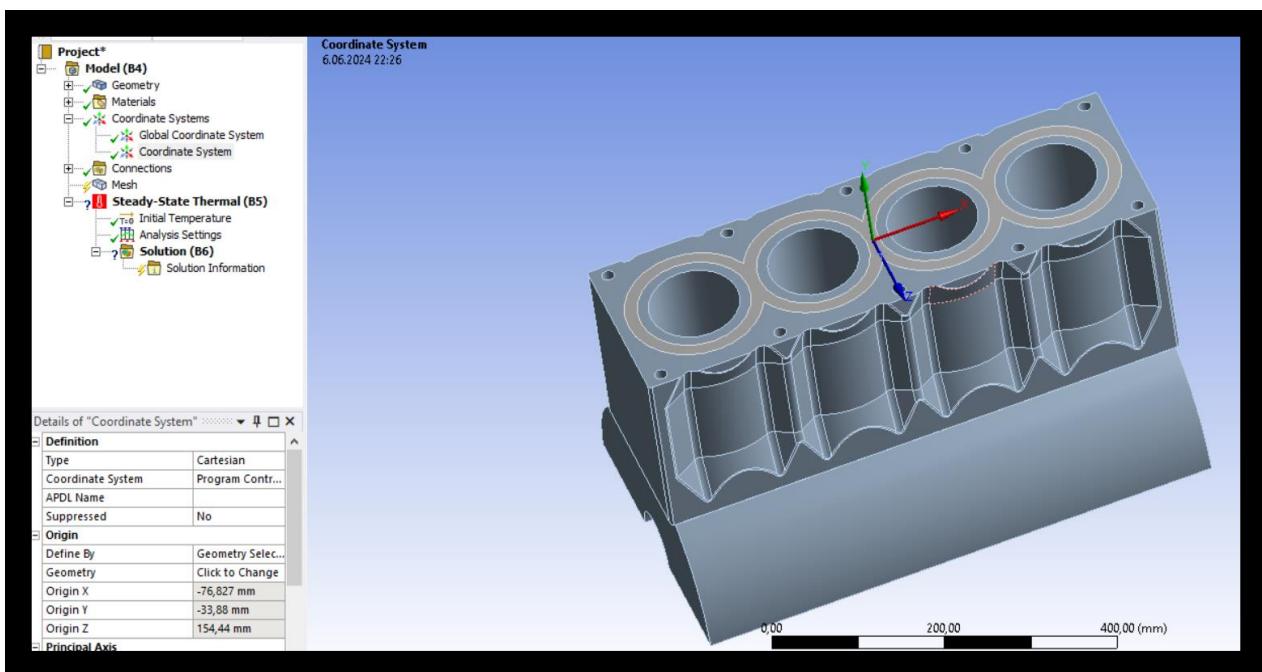
Şekil 20. Su Tanımlama

Ardından Project=> model(B4) => coordinate system'e sağ tıklayarak yeni koordinat sistemi atanılacak. Koordinat sistemi için istediğiniz yeri seçip ilerleyen safhalarda ona göre değerler verilecektir.



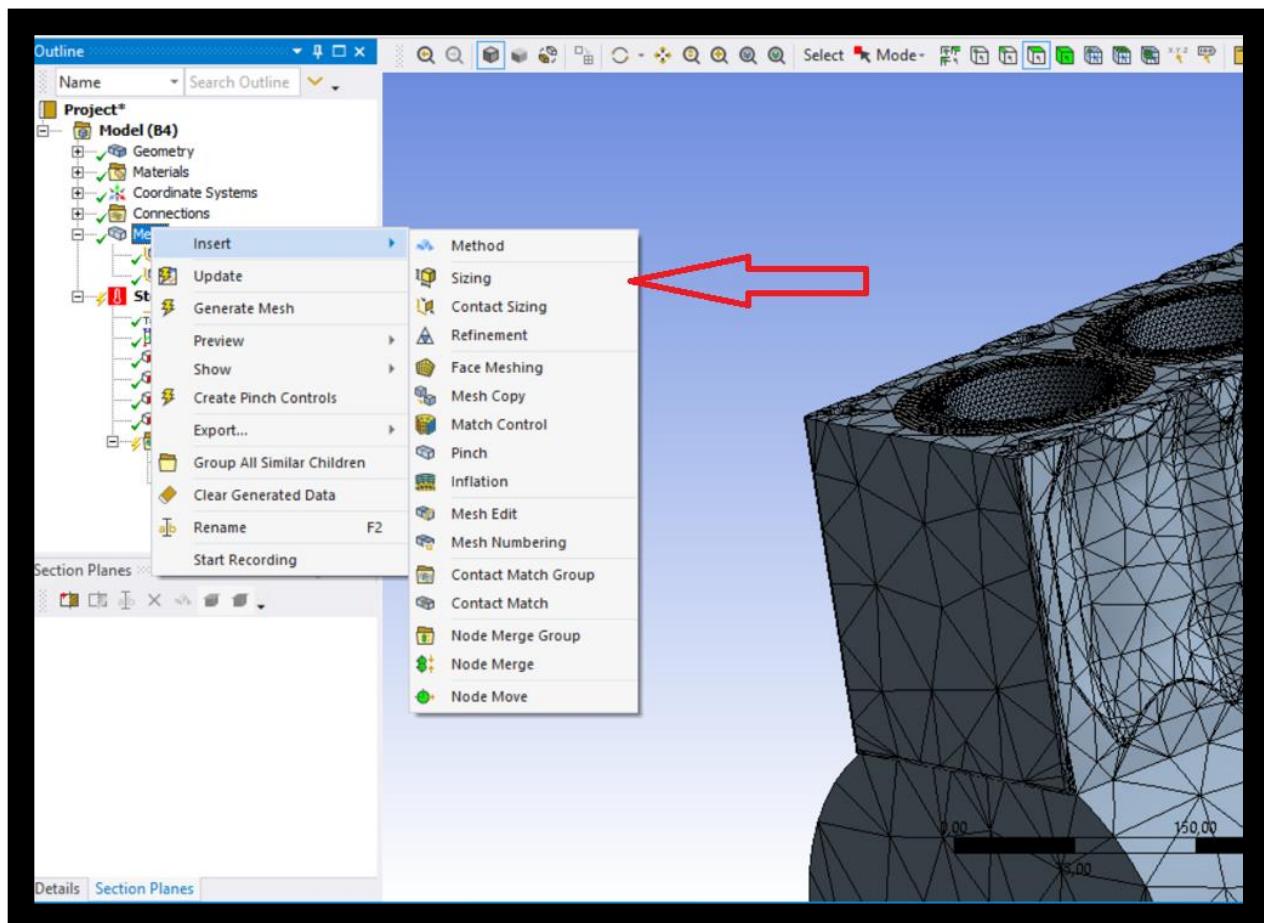
Şekil 21. Yeni Koordinat Sistemi Tanımlama

Silindir bloğunun üst kısmını seçilir.



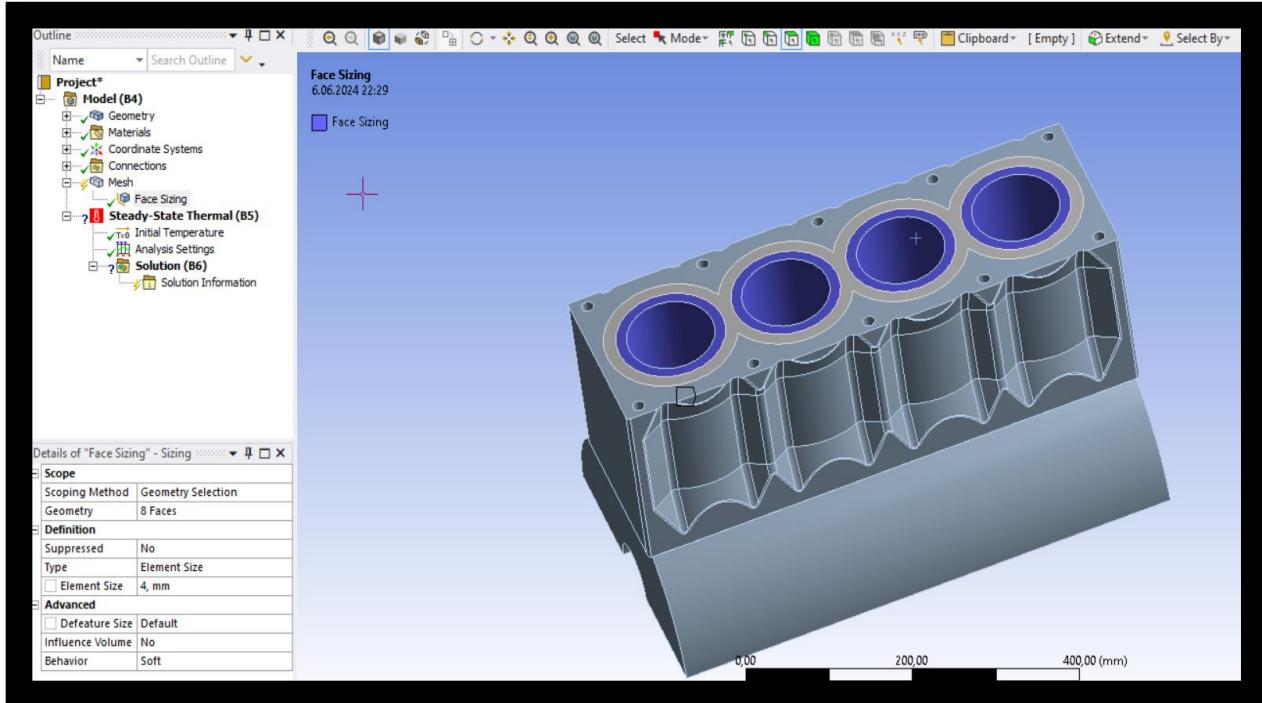
Şekil 22. Koordinat Sisteminin Tanımlanmak İstediği Konum

Bu işlemlerden sonra Project => Model(B4) => Mesh kısmına sağ tıklayıp sizing'e tıklanır.



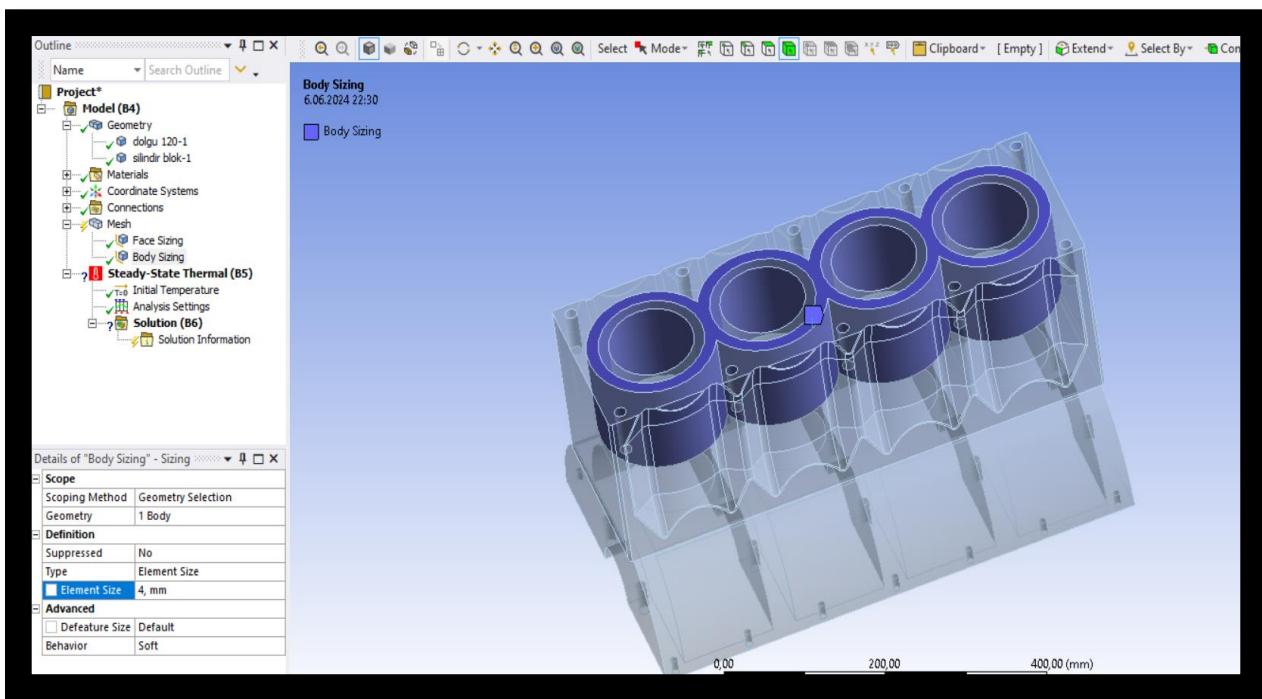
Şekil 23. Silindirlere Özel Mesh İşlemi

Ardından silindir parçalarına özel mesh atılacak. Sol alt tarafta **definition** kısmından **element size** kısmına **4 mm** yazılır.



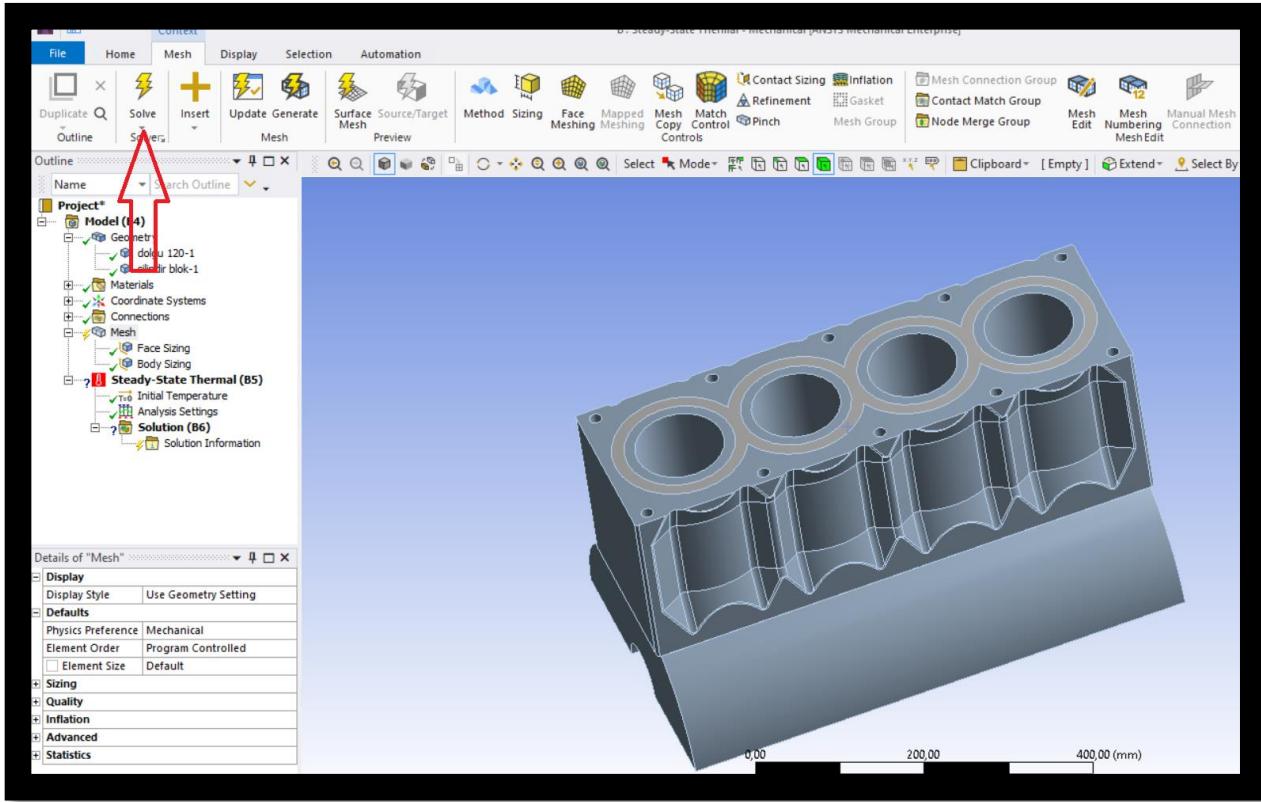
Şekil 24. Element Size Yazma İşlemi

Ardından Open Deck kanallarına'da aynı işlemi yapılır.



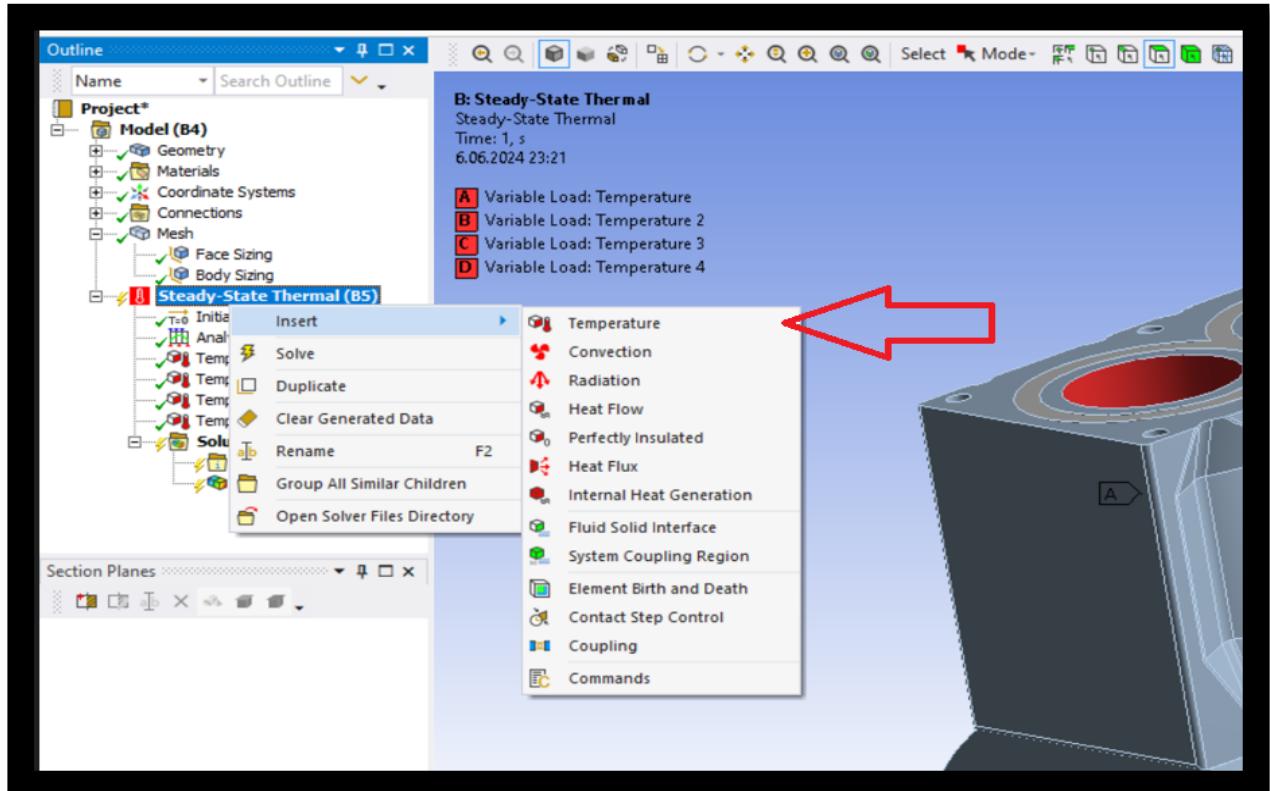
Şekil 25. Su Ceketlerine Özel Mesh İşlemi

Sonra kırmızı ok ile gösterilen **SOLVE** tuşuna basılır.



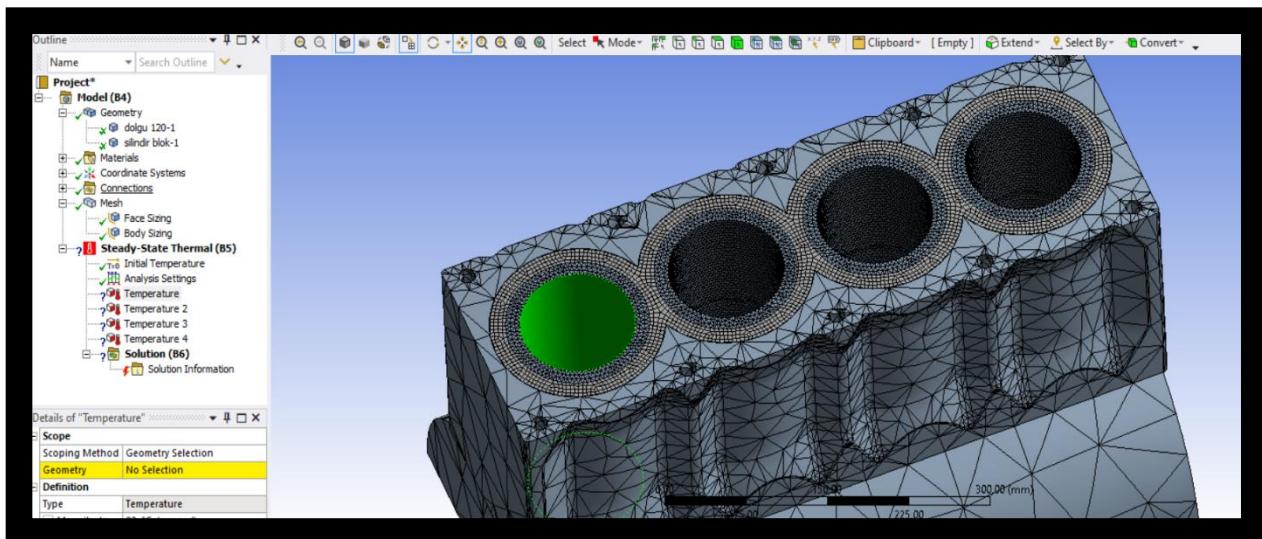
Şekil 26. Mesh Atma İşlemi

Mesh atıldıktan sonra Project => Model(b4) => Steady-State Thermal'e sağ tıklayıp temperature tıklanır.



Şekil 27. Silindire Sıcaklık Verme İşlemi

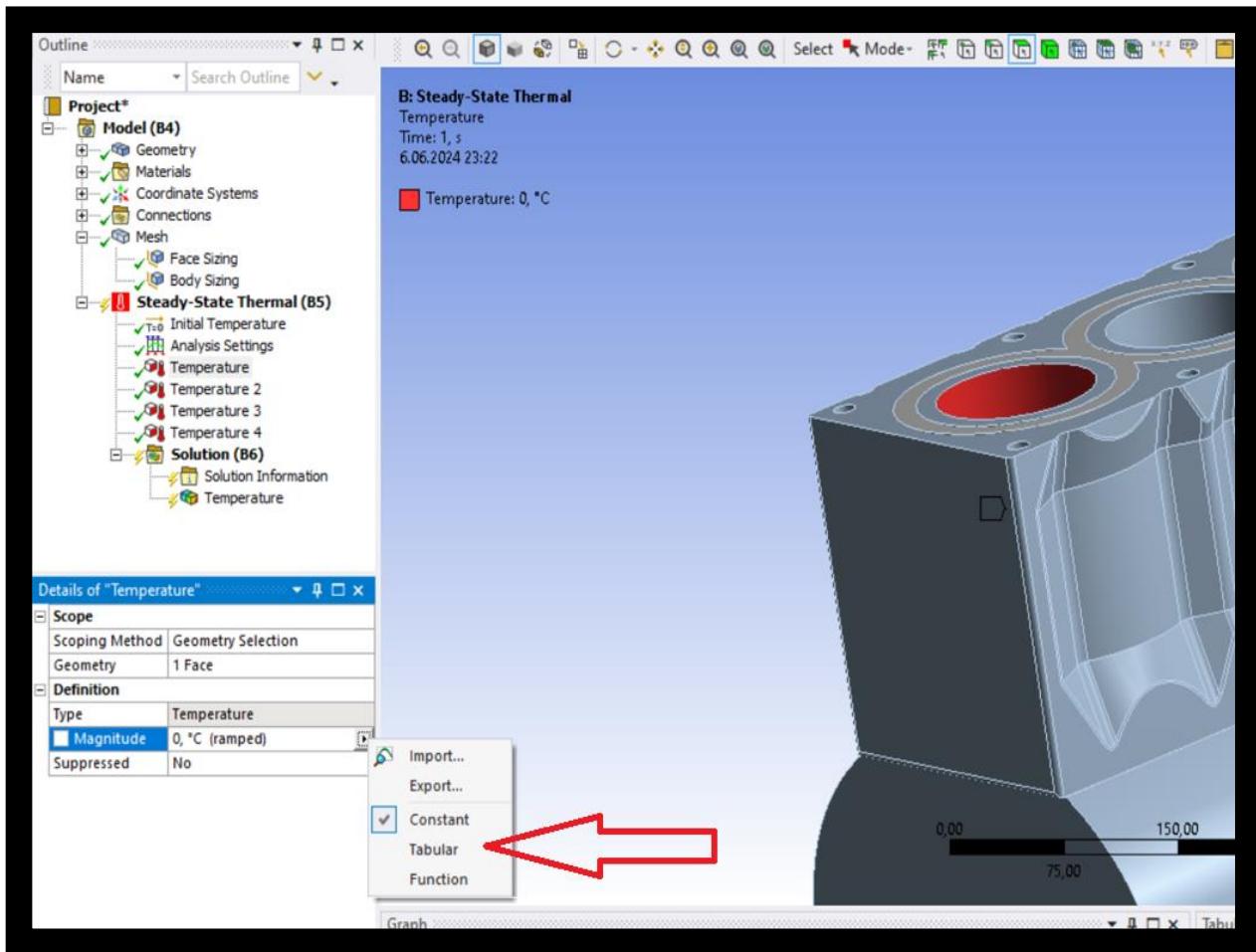
4 Silindir içinde ayrı ayrı bu işlemi yapılır.



Şekil 28. Her Silindire Özel Sıcaklık Verme İşlemi

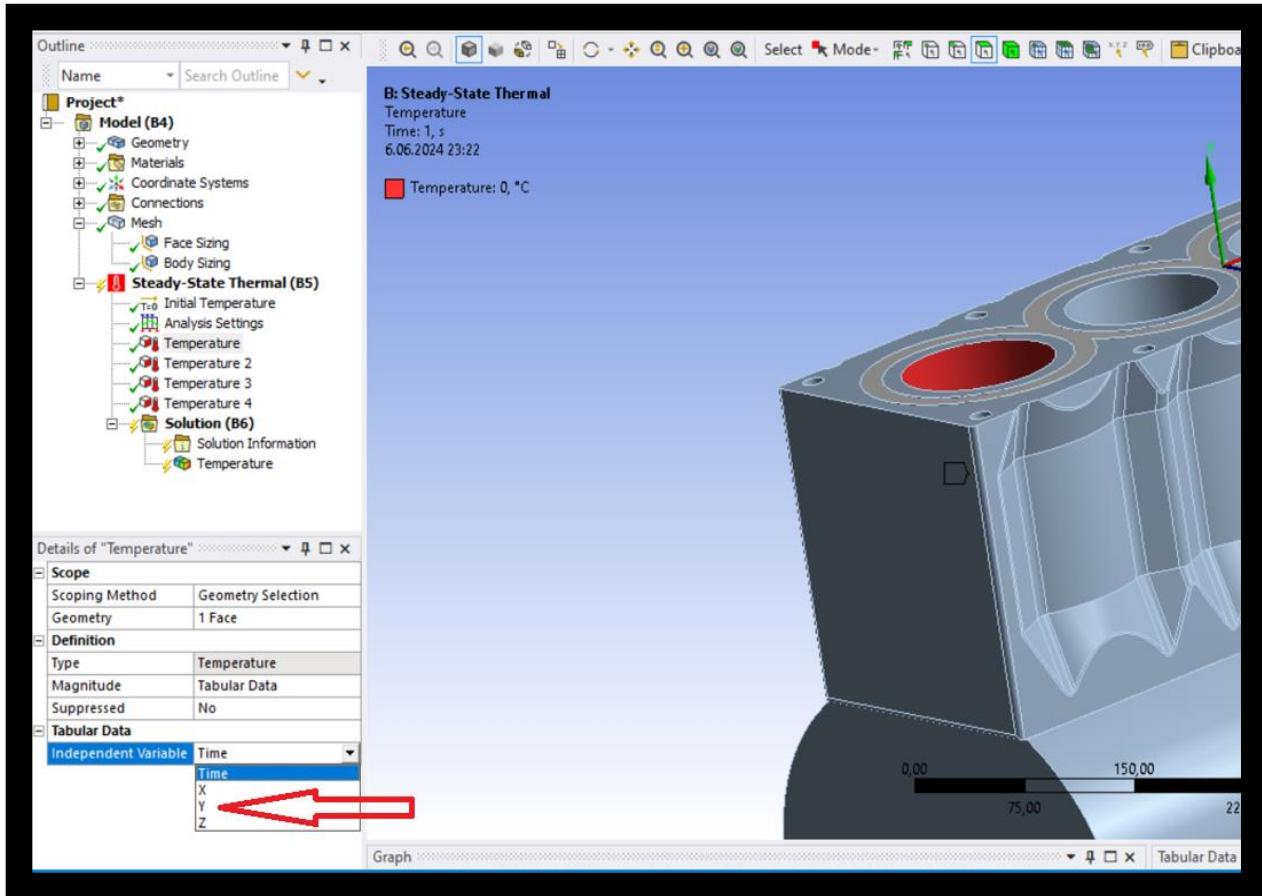
Sıcaklıklarını farklı noktalarda farklı değerler girmeniz gereklidir. Bunun için ise şu aşamaları takip etmeniz yeterlidir;

Öncelikle sol alta bulunan **details of 'Temperature'** kısmında **definition**'a tıklayınız. Bu kısımda bulunan **Magnitude**'ye tıklayınız. Açılan kısımda bulunan **Tabular** yazısına tıklanır.



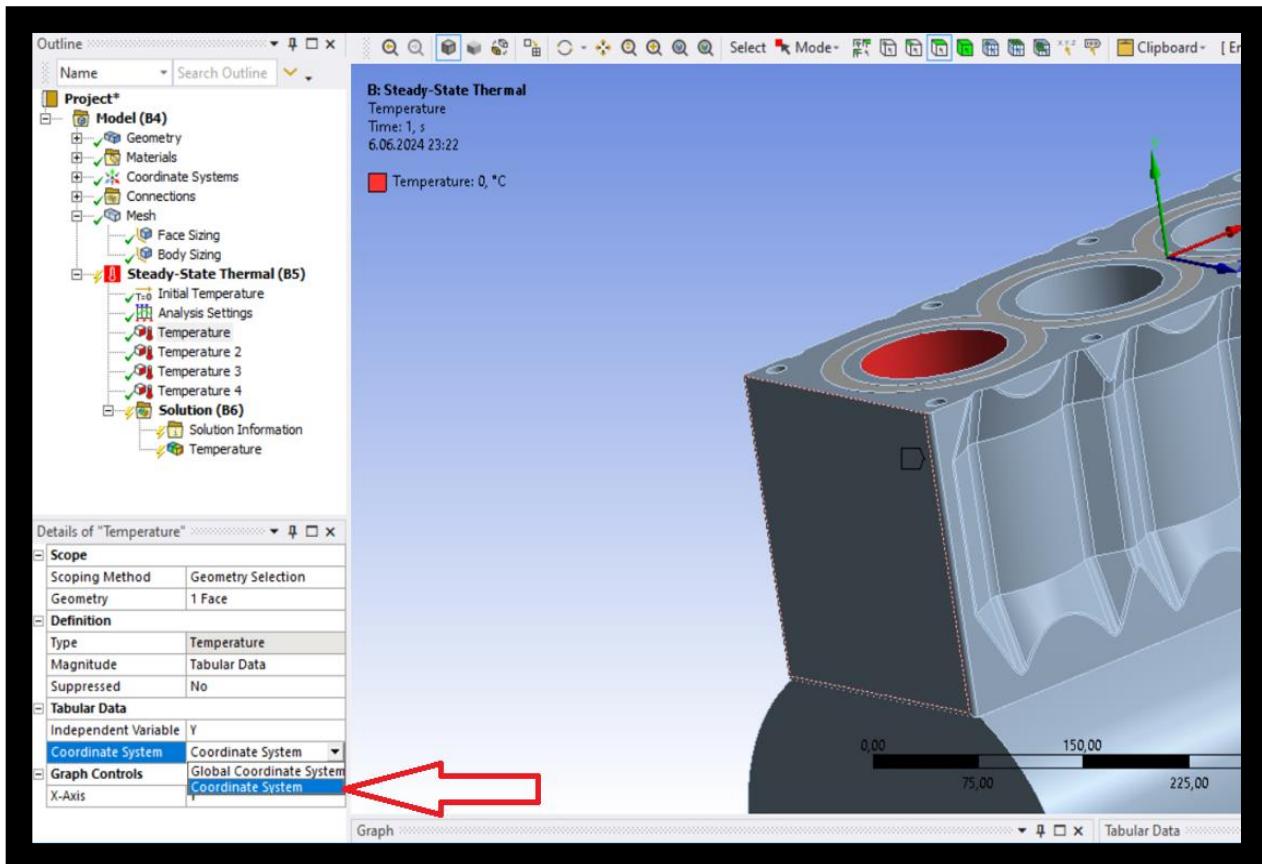
Şekil 29. Değişik Sıcaklık Verme İşlemi

Açılan Tabular Data kısmında **Independent variable** a tıklayıp Y harfine tıklayınız. Bu özellik Sıcaklığın Y ekseninde farklı değerler girilceğinden dolayı seçildi .



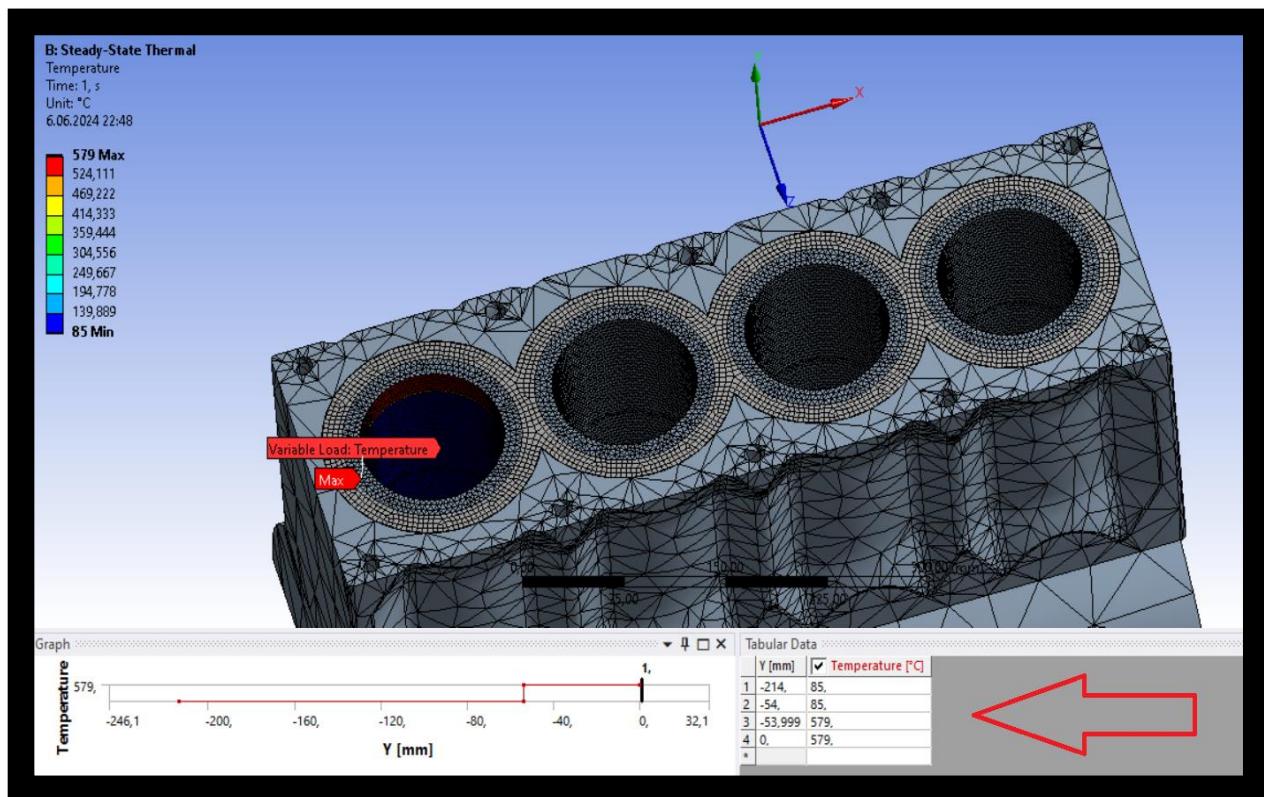
Şekil 30. Eksen Seçme İşlemi

Ardından aynı yerde bulunan **Coordinate system** kısmından başlangıçta seçtiğimiz koordinat sistemini burdan seçilir.



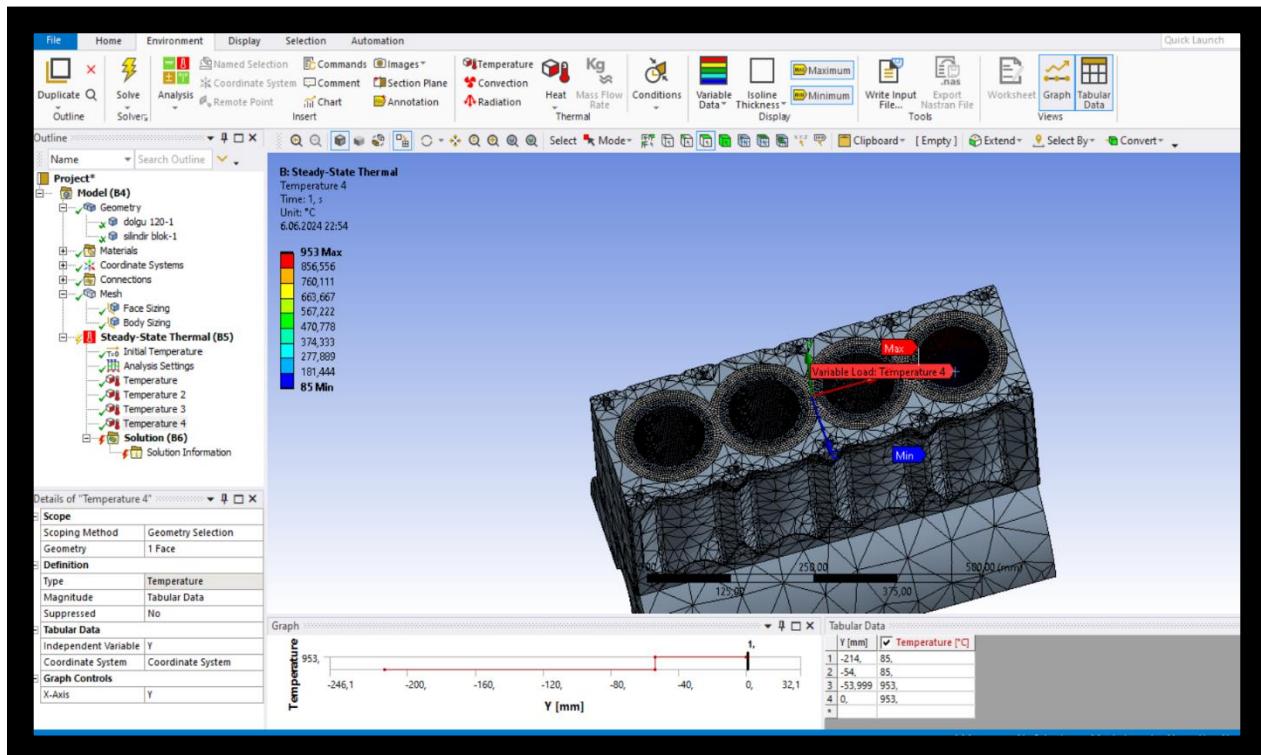
Şekil 31. Koordinat Sistemi Seçme İşlemi

Ardından sağ altta açılan **Tabular Data** kısmından değerleri girilir.



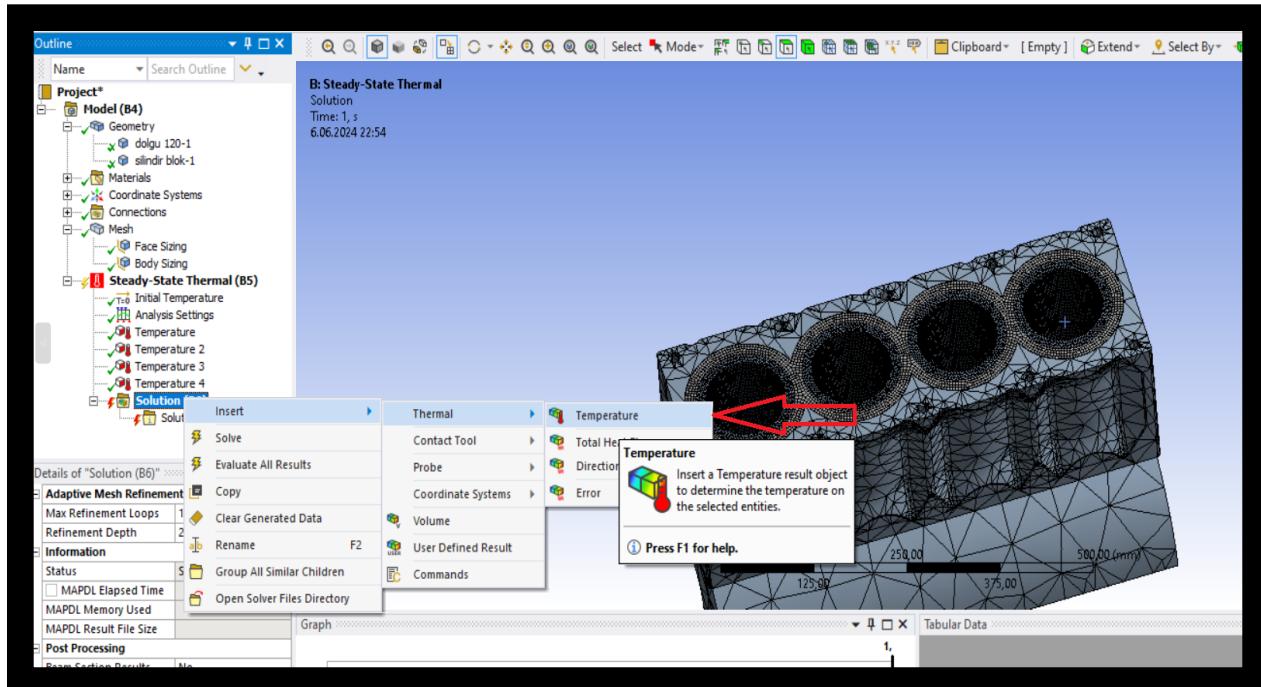
Şekil 32. Sıcaklıklarını Girme İşlemi

4 silindir içinde değerleri giriniz



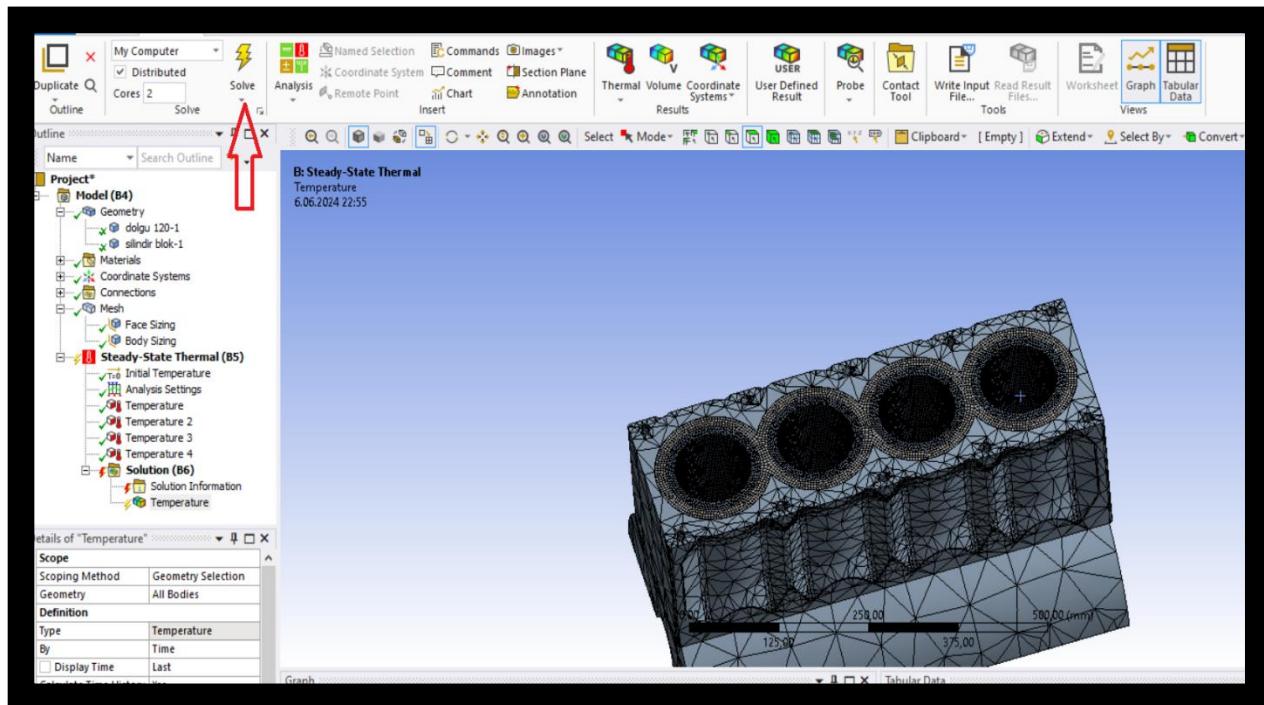
Şekil 33. Sıcaklıklarını Girme İşlemi

Ardından Project=> Solution(B6) kısmında sağ tıklayıp Insert => Thermal => Temperature'ye tıklayınız.



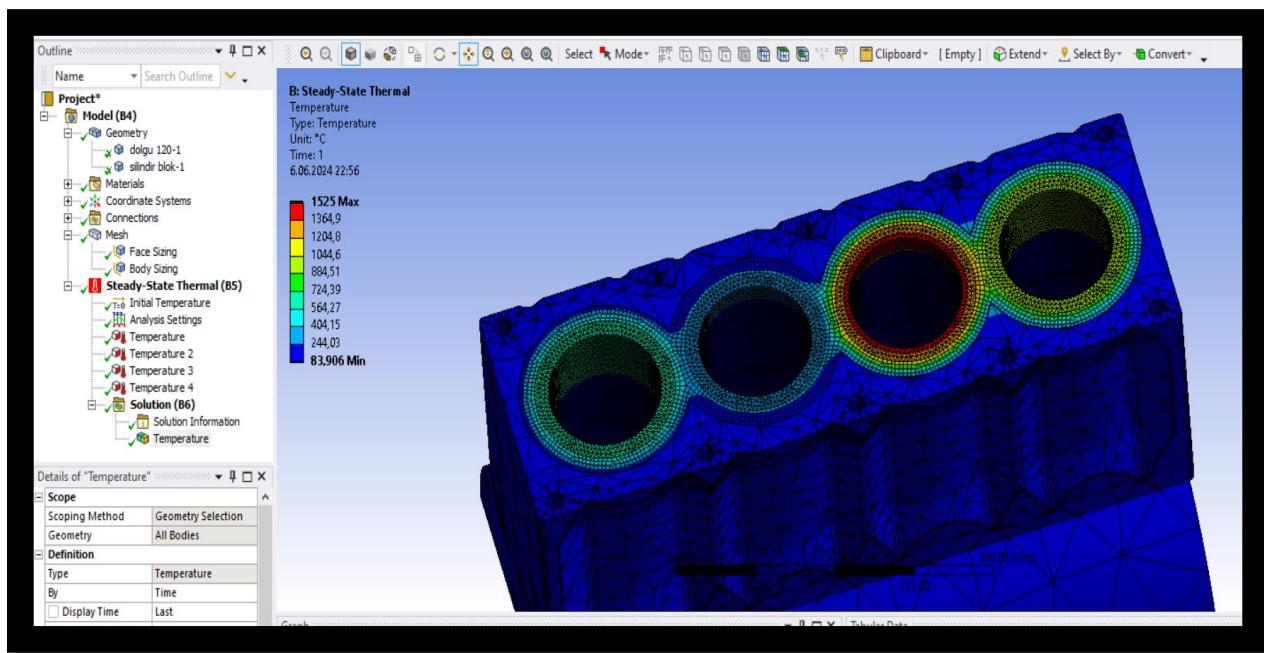
Şekil 34. Çözüm İşlemi

Sonra tekrardan tuşuna tıklayınız.

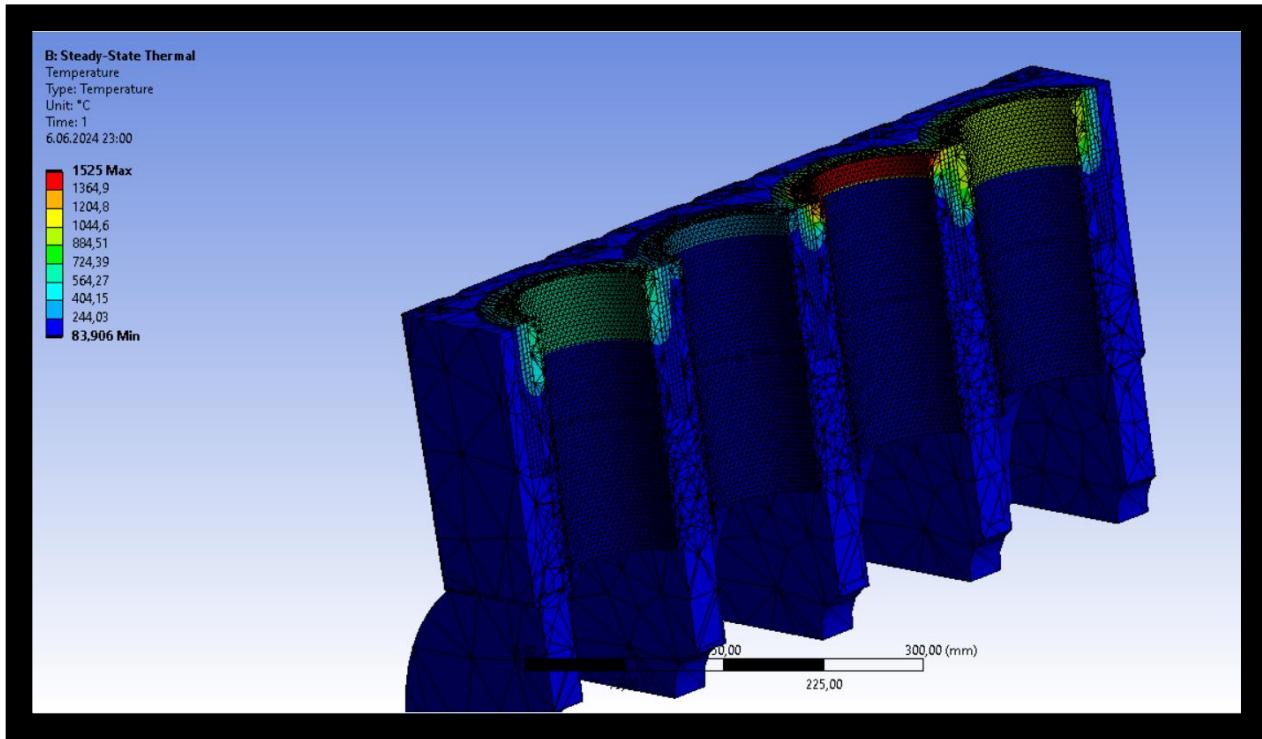


Şekil 35. Çözüm İşlemi

Steady-State Thermal analizi tamamlanmıştır.



Şekil 36. Sonuç



**Şekil 37. Sonuç**

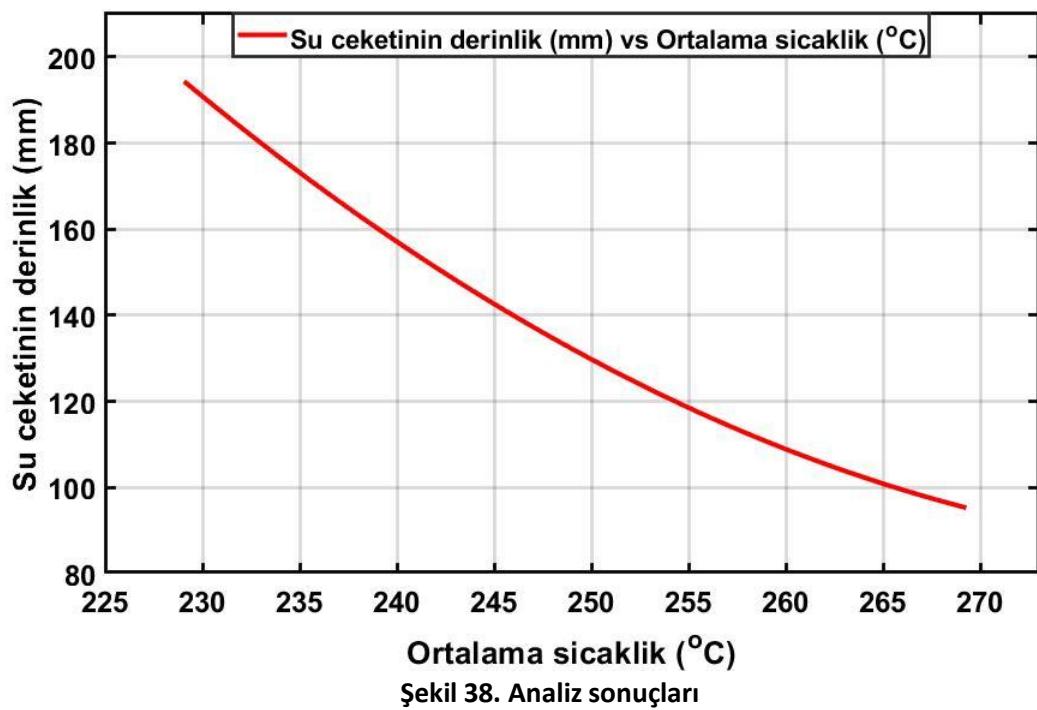
## 6. Sonuçlar ve Yorumlama

Motor bloğunun ısı transferi ve soğutma analizlerimizde, su ceketlerinin derinliğinin silindir bloğunun ortalama sıcaklığı üzerindeki etkisini inceledik. Su ceketlerinin derinliği beş kez aşamalı olarak azaltıldı ve her derinlik için silindir bloğunun ortalama sıcaklığını kaydettik. Sonuçlar aşağıdaki Tablo 3'te özetlenmiştir.

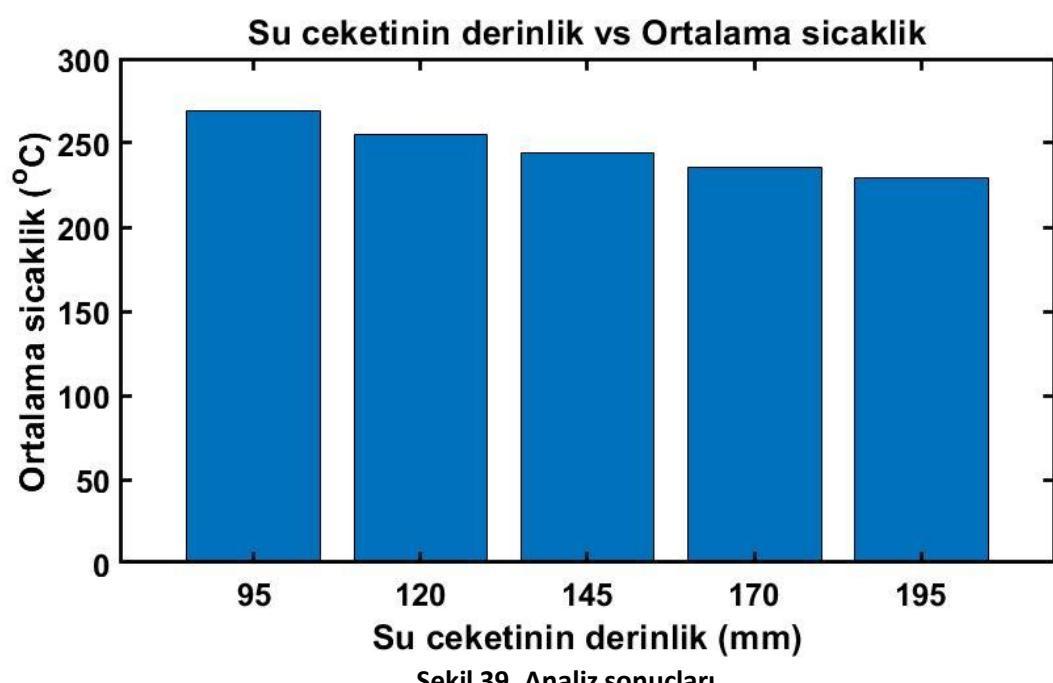
**Tablo 3. Analiz sonuçları**

Su ceketinin yüksekliği (mm)	Ortalama sıcaklığı (°C)
95	269.27
120	254.73
145	244.01
170	235.66
195	229.06

Tablo 3'te görüldüğü gibi, su ceketlerinin derinliği arttıkça silindir bloğunun ortalama sıcaklığının azaldığı açıkça görülmektedir. Bu ilişki, su ceketlerinin derinliği ile silindir bloğunun ortalama sıcaklığının grafiğinin sunulduğu Şekil 38 ve Şekil 39'da görselleştirilmiştir.



Şekil 38. Analiz sonuçları



Şekil 39. Analiz sonuçları

Su ceketlerinin derinliği arttıkça silindir bloğunun ortalama sıcaklığının azalması, ısı transferi verimliliği ile ilgili birkaç faktöre bağlanabilir:

- Gelişmiş Isı Dağılımı:** Daha derin su ceketleri, motor bloğu ile soğutucu arasındaki ısı değişimi için daha büyük bir yüzey alanı sağlar. Bu artan yüzey alanı, motor

bloğundan ısının daha verimli bir şekilde uzaklaştırılmasına olanak tanır ve bu da ortalama sıcaklığın düşmesine yol açar.

2. **İyileştirilmiş Soğutucu Akışı:** Daha büyük derinlik, su ceketlerinde dolaşan soğutucu hacmini artırır. Bu daha büyük soğutucu hacmi, motor bloğundan daha fazla ısıyı emebilir ve bu da sıcaklığın daha da düşmesine katkıda bulunur.
3. **Sıcak Noktaların Azaltılması:** Sığ su ceketleri, motor bloğunun belirli bölgelerini etkili bir şekilde soğutamayabilir ve bu da yerel sıcak noktaların oluşmasına neden olabilir. Su ceketlerinin derinliğinin artırılması, motor bloğu boyunca daha düzgün bir soğutma sağlar ve bu da genel ortalama sıcaklığın azalmasına katkıda bulunur.
4. **Isı İletkenliği:** Daha derin su ceketleri, motor bloğu ile soğutucu arasındaki ısıl gradyanı artırabilir. Bu artan ısıl gradyan, daha verimli ısı transferini tetikler ve motor bloğunda daha büyük bir sıcaklık düşüşünü teşvik eder.

Ancak aşağıdaki nedenlerden dolayı su ceketlerinin derinliğini artırmayanın olası mekanik dezavantajlarını da dikkate almalıyız:

1. **Yapısal Dayanıklılık:** Su ceketlerinin derinliğinin artırılması, motor bloğunun genel yapısal bütünlüğünü olumsuz etkileyebilir. Daha derin ceketler, motor bloğunun duvar kalınlığını azaltarak, özellikle yüksek basınç ve sıcaklık altında, çatlama veya deformasyon riskini artırabilir.
2. **Malzeme Yorgunluğu:** Motor bloğu malzemesinin daha ince olması, uzun vadede malzeme yorgunluğuna ve olası arızalara yol açabilir. Bu durum, motorun güvenilirliğini ve ömrünü olumsuz etkileyebilir.
3. **Tasarım ve Üretim Zorlukları:** Daha derin su ceketlerinin tasarımları ve üretimi, mühendislik ve üretim süreçlerinde ek zorluklar ve maliyetler yaratabilir. Özellikle karmaşık şekiller ve hassas toleranslar gerektiren derin ceketlerin üretimi, daha yüksek üretim maliyetlerine ve potansiyel kalite kontrol sorunlarına neden olabilir.

Sonuç olarak, su ceketlerinin derinliğini artırmayan silindir bloğunun soğutma verimliliğini artırdığı görülmekle birlikte, bu artışın motor bloğunun yapısal dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerini de dikkate almak önemlidir. Bu nedenle, motor soğutmaya yönelik en iyi seçenek ortaya çıkarmak için tasarım optimizasyonlarında bu faktörlerin dengelenmesi gereklidir.

## 7. Kaynakça

- [1] Yücesü, H. S., & Altın, M. (2021). Motor Teknolojisi Ders Notları.
- [2] Tawil, E. Engine Cooling and Lubrication Systems – M04-045. <https://www.cedengineering.com/userfiles/M04-045%20-%20Engine%20Cooling%20and%20Lubrication%20Systems%20-%20US.pdf>
- [3] M, S. What Is Air Cooling System And How It Works In Vehicle. The Engineers Post. <https://www.theengineerspost.com/air-cooling-system-in-engine/>
- [4] Kummitha, O. R., & Reddy, B. V. R. (2017). Thermal Analysis of cylinder block with fins for different materials using ANSYS. Materials Today: Proceedings, 4(8), 8142-8148. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.155>

- [5] Sagar, M. V., & Suresh, N. (2017). Thermal Analysis of Engine Cylinder with Fins by using ANSYS Workbench. International Journal of Engineering Research & Technology, 6(6), 502-514.
- [6] Cerdoun, M., Carcasci, C., & Ghenaiet, A. (2016). An approach for the thermal analysis of internal combustion engines' exhaust valves. Applied Thermal Engineering, 102, 1095-1108. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.03.105>
- [7] Athimakula, R., Kanth, L., Chowdary, S. B., & Kakarwada, I. (2020). Modeling and Analysis of Cylinder Block for V8 Engine. International Research Journal on Advanced Science Hub, 2(12), 30-40.
- [8] Richard, C. O., & Sharma, S. (2016). Thermal Analysis and Comparison of Cylinder Blocks of 4S, SI Two Wheeler Engine Using Ansys. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 3(5), 170-175.
- [9] Nageswararao, D., & Mukesh, G. (2016). Thermo Structural Analysis of Two Stroke SI Engine Cylinder. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 3(5), 72-80.