



Hidrolik Yüksek Basınç Hattı Filtre Gövdesinin Tasarımı, Optimizasyonu, Üretimi ve Test Edilmesi

Samet Tekelioğlu¹, Safa Eldek^{2*}, Hüseyin Gümüç³, Ayfer Sarıgül⁴, Şeyma Ayhan⁵,
Ali Kahraman⁶, Murat Dilmeç⁷

ÖZ

Bu çalışmada, hidrolik basınç hattı filtresinin gövdesinin tasarımı ve gövde optimizasyonu ve EN-GJS 400-15 malzemeden döküm yöntemiyle yerli olarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Hidrolik filtrenin iç kısmına işletme basıncı olan 45 MPa basınç statik ve dinamik olarak sonlu elemanlar analizinde uygulanmıştır. Gövde kalınlığının malzeme tasarrufu sağlamak amacıyla optimizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Kalınlık inceltmesi sonunda parçada oluşan maksimum gerilme 154 MPa civarında ve emniyet katsayısı yaklaşık 1,8 olmuştur. Optimize edilmiş gövdenin standarda uygun olarak patlatma, sızdırmazlık, yorulma testlerine tabii tutulmuştur. Sonuç olarak, sonlu elemanlar analizleriyle hidrolik basınç hattı filtre gövdesi optimize edilmiştir ve mevcut muadillerine göre %17 oranında hafif ve daha mukavemetli olarak üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik basınç hattı filtresi gövdesi, döküm yöntemi, sonlu elemanlar analizi, optimizasyon

Design, Optimization and Fabrication of Body of Hydraulic High-Pressure Filter and Experimental Validation

ABSTRACT

In this study, the design and body optimization of the body of the hydraulic pressure line filter and the production of EN-GJS 400-15 material were produced locally. In finite element analysis, the operating pressure of 45 MPa pressure was applied statically and dynamically to the interior of the hydraulic filter. Thick parts of the body were made thinner in order to save material and re-analyses were carried out. As a result of the thinning thickness, the maximum stress on the part is to around 154 MPa and safety factor is 1.8. The high-pressure filter body, which has been designed and produced by casting from EN-GJS 400-15 material, has been subjected to sealing, fatigue and blasting tests in accordance with the standards. Consequently, the newly designed filter body produced locally by casting method is produced both lighter and more durable than the existing counterparts.

Keywords: Hydraulic pressure line filter body, casting method, finite element analysis, optimization

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 18.06.2020

Kabul/Accepted : 11.09.2020

¹ Mesa Makina Döküm Gıda San. T.İ.C. A.Ş., Konya, samet.tekelioğlu@mesamakina.com.tr
ORCID: 0000-0002-1432-5557

² Mesa Makina Döküm Gıda San. T.İ.C. A.Ş., Konya, safa.eldek@mesamakina.com.tr, ORCID: 0000-0002-9472-0409

³ Mesa Makina Döküm Gıda San. T.İ.C. A.Ş., Konya, huseyin.gumus@mesamakina.com.tr,
ORCID: 0000-0002-1752-0358

⁴ Mesa Makina Döküm Gıda San. T.İ.C. A.Ş., Konya, ayfer@mesamakina.com.tr, ORCID: 0000-0002-9666-1924

⁵ Mesa Makina Döküm Gıda San. T.İ.C. A.Ş., Konya, seyma@mesamakina.com.tr, ORCID: 0000-0001-6853-5405

⁶ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, akahraman@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5598-5017

⁷ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, muratdilmeç@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5345-9822



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

High pressure filters are structures that protect hydraulic circuit elements from dirty particles. These filters are usually used after the hydraulic pump because the pressurised oil sent from the pump to the system must be filtered and transmitted to the elements of the hydraulic circuit. Hydraulic filters have many different working conditions, such as working pressure, burst pressure, fatigue strength, differential pressure and sealing. Verification of these working conditions under international standardized tests provides technical superiority and ease of marketing to the product. For this reason, numerical analyses and experimental tests were carried out to verify the operating conditions of the pressure filters.

Objectives

In this study, analysis and test studies were conducted to verify the working conditions of hydraulic pressure line filters and determine their performance. First, studies on burst pressure were carried out. Burst pressure is an important criterion in hydraulic filter design. The explosion pressure value of the filter head and housing should be designed to be at least three times the working pressure. This guarantees safe operation against possible pressure jams and sudden pressure rises. As part of this study, the burst pressure of pressure line filters was determined by both numerical analysis and experimental tests. Second, the differential pressure tests of the filters specified in the ISO 3968 standard were performed, thus determining the flow characteristics of the product. According to the laws of fluid mechanics, increasing the flow rate of the fluid in the channel increases the resistance applied to the channel walls, as a result, the differential pressure in the system increases.

Methods

Boundary conditions are defined according to working conditions in analysis. The teeth in which the filter housing is connected to the filter head are considered the fixing zone. According to the theory of pressure vessels, pressure was applied to all areas in the enclosure. Analyses were made with the defined boundary conditions. First, blasting tests were carried out in the hydraulic filter test machine. A prototype filter with optimum wall thickness is installed in the blast cabinet with high protection. Tests were carried out with the help of a hydraulic pressure booster by connecting the test apparatus. The pressure raising rate used in the blasting test is 19.6. The Test was initiated by a computer program connected to PLC system control. The Test machine recorded the data with PLC control system and the blasting values were obtained. Another sample was tested under the ISO 3968 standard. The input and output ports of the hydraulic filter are connected to the system. The differential pressure test system mainly uses a hydraulic pump with a flow rate up to 1000 l/min, a flow meter with a flow rate up to 800 l/min, and a differential pressure sensor with a measurement up to 1 MPa. The maximum flow rate and increase rate are defined by the user. After achieving the desired flow rate, the test was completed and the results were recorded. Fatigue strength testing was performed on a test machine designed in accordance with the ISO 10771-1 standard. Test samples have been installed in the high vibration resistant test section. A pulse generator was used to produce pressure at the desired frequency. The pressure amplitude and pulse frequency are decoded by the system interface. Fatigue strength tests were stopped when the number of cycles was one million. The Test sample was examined for deformation or leakage.

Results

45 MPa pressure, which is the operating pressure, was applied statically and dynamically to the inside of the hydraulic filter. According to the analysis results, a maximum stress of about 152 MPa was observed in the hydraulic pressure line filter body. For the geometry designed according to this result, the body was found to be about 1.8 times safe. The thick parts of the body were made thinner and re-analyzed to save material. At the end of thickness thinning, the maximum stress on the part increased to around 154 MPa, and the part was 1.8 times safe. The burst pressure of the filter body was also obtained as 141 MPa by analysis. An explosion test of the optimized body was performed in accordance with the standard, and the filter body exploded at a pressure of 158 MPa and from the part specified in the analyses. As a result, the hydraulic pressure line filter body was optimized by finite element analysis and a lightweight design was made up of 17% compared to its existing counterparts. The high-pressure filter body produced by casting from EN-GJS 400-15 material was subjected to fatigue, differential pressure and blasting tests in accordance with the standards. In the fatigue test, the test was performed according to the desired period times in accordance with ISO 10771-1 standards. In tests conducted under ISO 3968, a difference pressure of 0.16 MPa with a flow rate of 63 l/min was determined.

Discussion

The filter element used in the filters ensures optimum oil cleaning of the system. Because glass fiber materials consisting of small pores on the filter element perform the main filtering task. The ability of the filter element to actively filter depends on the good design of the filter housing and filter head. Because the external design of the system that can withstand the operating and bursting pressure, the internal structure that will determine the differential pressure and form the flow characteristic, and the selection of materials that will prevent deformation with time by providing fatigue resistance are the most important parameters that affect filtering. At the end of the tests, it was observed that the high-pressure filter body which was designed and produced with domestic facilities by casting method was produced in accordance with international standards. As a result, the filter body is built with lighter, performance and strength than its existing counterparts. New material and geometry studies and the design of lighter filters that create little differential pressure at high flow values that are resistant to operating pressure will take these studies to further points.



1. GİRİŞ

Yüksek basınç filtreleri hidrolik devre elemanlarını kirli partiküllerden koruyan yapılar. Kirli yağ filtrelenmezse, büyük partiküllerin hidrolik devre elemanlarına zarar vermesi kaçınılmazdır. Makinaların güvenli bir şekilde çalışabilmesi için hidrolik filtre elemanlarına giden yağın temiz olması gerekir. Bundan dolayı hidrolik devrelerde farklı çeşitte filtreler kullanılmaktadır. Bunlara, geri dönüş filtresi, orta basınç filtresi, düşük basınç filtresi, tank filtresi ve yüksek basınç filtresi örnek verilebilir. Yüksek basınç filtreleri, sistemde pompadan sonra gelerek, pompadan çıkan yağın sisteme dağıtılmadan filtrelenmesi için kullanılır. Pompadan yüksek basınçla çıkan yağın filtrelenerek hidrolik devre elemanlarına iletimini sağlar [1].

Bir hidrolik sistemde yağ ne kadar temiz ise ve çevresel koşullardan (katı, sıvı, gaz ve bunların karışımından kaynaklanan kirlenme) ne kadar iyi korunursa, sistem o kadar verimli, etkili ve performanslı çalıştırılabilir. Hidrolik sistemlerdeki yağ, hidrolik basınç filtresi ile temizlenmektedir. Bu ürünlerin ithalatı yüksektir ve endüstriyel hidrolik, mobil hidrolik, gemi yapımı hidroliği, açık deniz hidroliği, uçak hidroliği, çelik su yapıları ve özel uygulamalar gibi birçok sektörde kullanılmaktadır [2]. Hidrolik basınç hattı filtreleri ülkemizde henüz üretimi yoktur ve filtre gövdeleri sıvama ve direk ekstrüzyon yöntemiyle üretilmektedir.

Filtre giriş portundan giren yüksek basınçlı hidrolik yağ gövde içine doğru ilerler ve yağ filtre elemanından geçerek içerisindeki büyük partiküllerin filtrelenmesi sağlar. Filtre elemanları ağ yapılı tel elemanlar olabildiği gibi fiberglas malzemeden üretilen kâğıt elemanlar da olabilmektedir. Filtre elemanlarının gözenek boyutları küçük olduğu zaman yüksek oranda ve büyük olduğu zaman ise düşük oranda bir filtreleme sağlar. Gözenek boyutları 3 ila 25 mikron arasında değişebilmektedir [3].

Yüksek basınçlı filtrelerde filtreleme dıştan içe doğru yapılmaktadır. Yüksek basınca maruz kalan bu yapıların yüksek dayanımda olması gerekmektedir. Bu nedenle yüksek basınç filtrelerinde güvenlik çok önemlidir. Filtrelerin üretim yöntemi ve üretildiği malzemenin cinsi bu filtrelerdeki basınç dayanımını değiştirmektedir. Derin çekme, soğuk haddeleme, döküm gibi üretim yöntemleri ve gri dökme demir, paslanmaz çelik, yumuşak dökme demir gibi malzeme kriterler filtreleme performansını da etkilemektedir.

Yüksek basınca maruz kalan filtre gövdesinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak mekanik olarak analizlerinin yapılması tasarımın güçlendirilmesi açısından önem taşımaktadır [1].

Momin ve arkadaşları [4], denizcilik uygulamalarında yüksek basınç filtrelerinin tasarımı ve analizini yapmışlardır. Denizcilik uygulamalarında tuzlu ortamlarda sürekli çalışmak için yüksek güvenilirlikle filtre gereklidir. Filtre yüksek tuzluluk, yüksek ve düşük çevrim sıcaklığı, titreşim, ivmelenme ve şok gibi sert çevre koşullarına karşı



güvenilirliği sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Denizcilik uygulamalarında kullanılan modern filtrelerin birçoğunda yüksek dayanımlı fiberglastan yapılan tek kullanımlık filtre elemanları kullanılmaktadır. Fiberglas filtrelerin filtreleme hassasiyetleri 5-25 mikron arasında değişmektedir. Filtre elemanı merkez tñpünün ve filtre gövdesinin FEM analizleri için ABAQUS programını kullanmışlardır. Filtre elemanı merkez tñpü malzemesi paslanmaz AISI: 316L çeliğidir. Yođunluđu 7900 kg/m³, elastisite modñlü 200000 N/mm², poisson oranı 0.3 ve (0.2%) akma dayanımı 540 N/mm²'dir. Filtre başlığı ve filtre gövdesi gerekli basınç değerlerini karşılamak için tasarlanmıştır. Bu basınç değerleri; çalışma basıncı: 20.5 MPa, basınç dayanımı 30.7 MPa, patlama basıncı 41 MPa'dır. Filtre gri dökme demirden yapılmıştır ve denizde oluşabilecek korozyonu önlemek amacıyla özel kaplayıcıyla kaplanmıştır. Analiz sınır şartları oluşturulmuştur, sabit nokta olarak filtre başlığına monte edildiği yer olarak belirlenmiştir. Analizler sonucunda, filtre gövdesinin maksimum gerilme dağılımı 239.3 N/mm² olarak elde edilmiştir.

Bypass valfinin tasarımı giriş ve çıkış portu arasındaki basınç farkının 0.4 MPa'dan fazla olmamasını gerektirir. Bu set basıncı valfin açılma basıncı olarak bilinir. Eğer giriş ve çıkış portu arasındaki fark basıncı 0.4 MPa'ı geçerse, yayın sıkışmasını sağlayan yeterli kuvvet oluşarak supap geriye doğru itilir ve akışın geçişine izin verir.

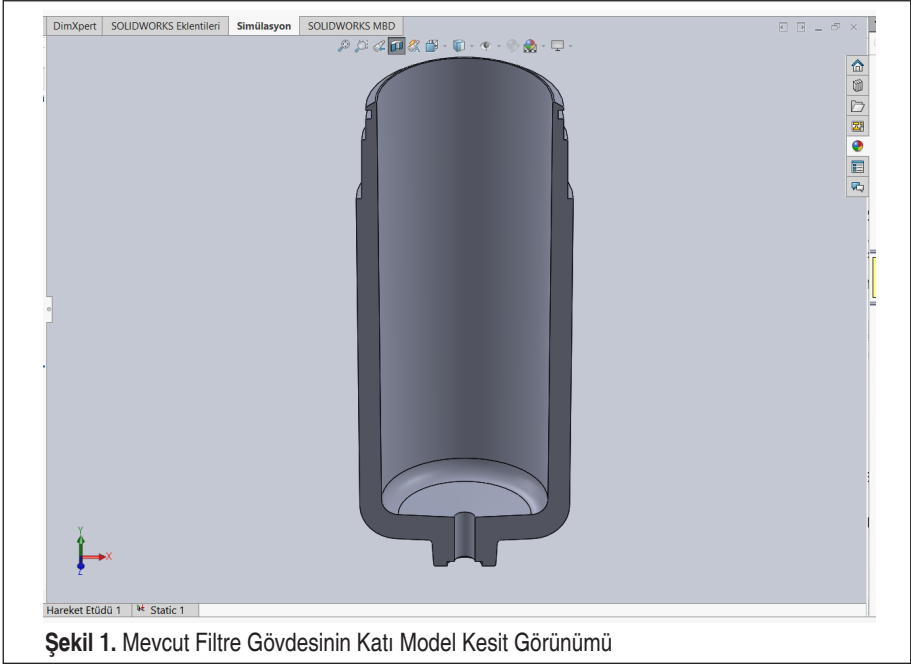
Deniz hidrolik sistemi için yüksek basınçlı fiberglas medya temizlenebilir filtre gereklidir. Hidrolik sistem, basınç dñřüřüne, kritik radyal basınca ve basınç yükü faktörlerine göre tasarlanmıştır. FEM analizleri patlama basıncı altında gerilmenin derecesini belirlemek için uygulanmıştır. Tahmin edilen kritik radyal basıncın, filtrenin çökme basıncı derecesinde iyi durumda olduğu bulunmuştur. Maksimum çalışma basıncı nedeniyle gözlenen gerilmeler filtre elemanının akma dayanımı dahilinde bulunmuştur [4].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

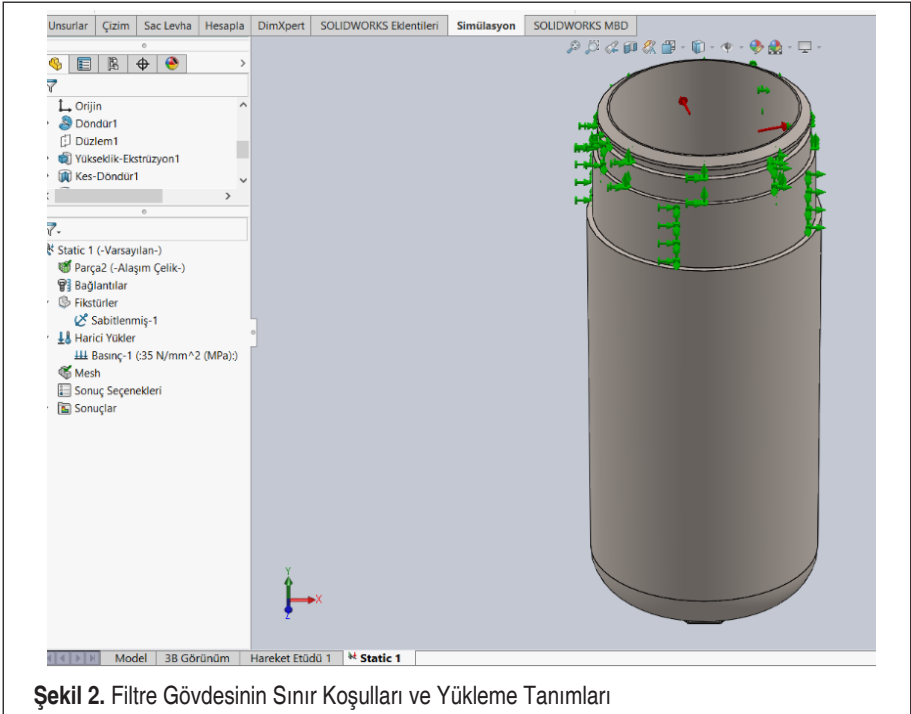
2.1. Gövdenin Statik ve Dinamik Analizi

Hidrolik basınç hattı filtresinin gövdesinin statik ve dinamik sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, filtre gövdesi Solidworks katı model programı kullanılarak mevcut filtre gövdelerine uygun olarak tasarlanmıştır (şekil 1). Tasarlanan filtre gövdesinin statik ve dinamik olarak sonlu elemanlar analizleri yapılmıştır.

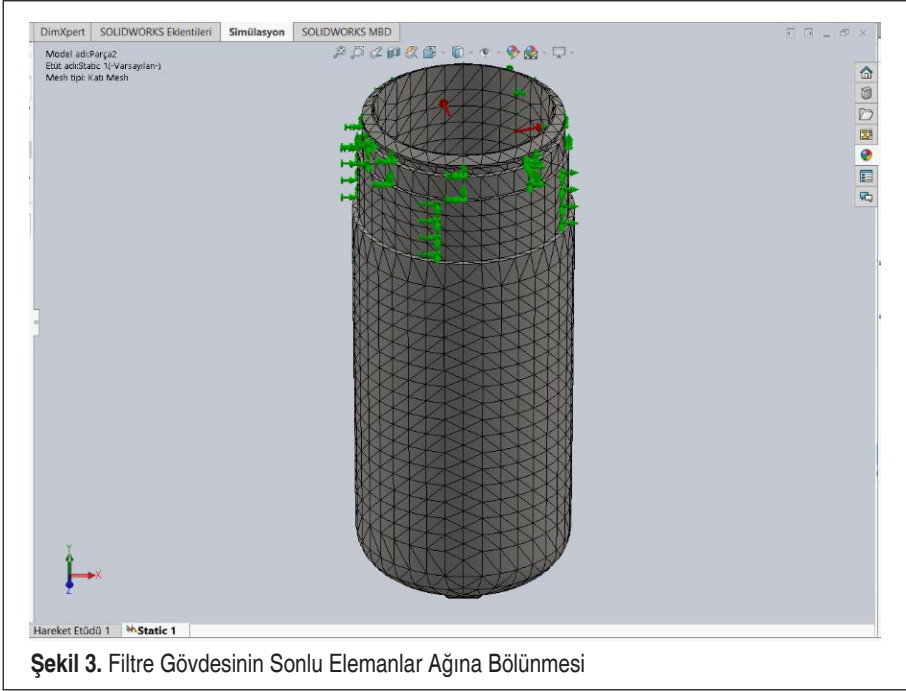
İlk olarak filtre gövdesinin malzemesi EN-GJS 400-15 olarak seçilmiştir. Sonra filtre gövdesinin sınır koşulları tanımlanmıştır. Filtre başlığına montaj yapıldığı kısım sabit olarak tanımlanmıştır. Filtre gövdesi içerisine yüksek basınç hattı filtrelerinin işletme basıncı olan yaklaşık 45 MPa statik basınç gövdenin tamamına uygulanmıştır (şekil 2). Sonra filtre gövdesi sonlu elemanlar ağına bölünmüştür (şekil 3).



Şekil 1. Mevcut Filtre Gövdesinin Katı Model Kesit Görünümü



Şekil 2. Filtre Gövdesinin Sınır Koşulları ve Yükleme Tanımları



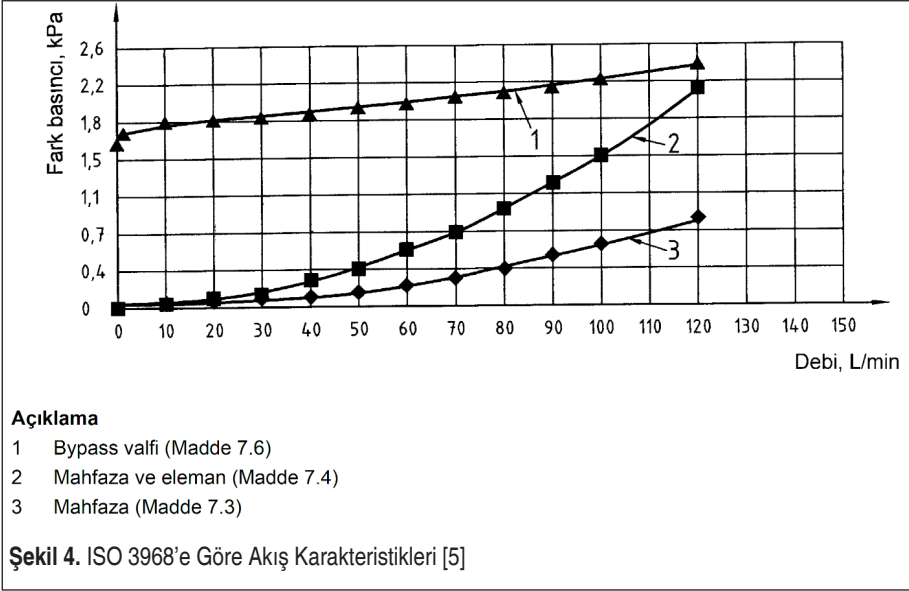
Şekil 3. Filtre Gövdesinin Sonlu Elemanlar Ağına Bölünmesi

2.2. Filtre Gövdesine Uygulanan Testler

Kavramsal araştırmalar sonucunda çalışma koşulları ve kapasiteleri sektörlere göre farklılık gösteren hidrolik sistemlerde kullanılan basınç hattı filtreleri, endüstride talep edilen kapasiteleri kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Patlama basıncı, yorulma basıncı, akış karakteristikleri, sızıntı testi ve bypass valfi açma/kapama basıncı testlerinden oluşan çalışma koşullarının uluslararası standartlara göre test edilmesi, filtrelerin performansının tespit edilmesi amacı ile önem taşımaktadır.

Hidrolik sistemlerin basınç hatlarında yüksek basınç düşümü istenmeyen bir durumdur ve minimum basınç düşümü göz önüne alınarak sistemler tasarlanmaktadır. Bu nedenle basınç hattında oluşan basınç kayıplarının da minimum düzeyde olması istenmektedir. Basınç hatlarında genel olarak basınç kaybı oluşturan iki hidrolik ekipman tipi bulunmaktadır. Bunlar hidrolik valfler ve hidrolik filtrelerdir. Hidrolik filtreler boyutsal ve işlevsel olarak basınç hattındaki basıncın kaybolmasına neden olurlar. Bu nedenle filtrelerin akış karakteristiklerinin uluslararası standart testlere göre belirlenmesi gerekmektedir. Testler ISO 3968 kapsamında yapılmakta ve debiye karşı oluşan fark basıncı değerlendirilmektedir [5]. Test sonuçları standart rapor şablonuna göre hazırlanmakta ve Şekil 4'deki gibi grafiksel olarak incelenmektedir.

ISO 3968 standardı [5] kapsamında hidrolik basınç hattı filtrelerinde kullanılan bypass

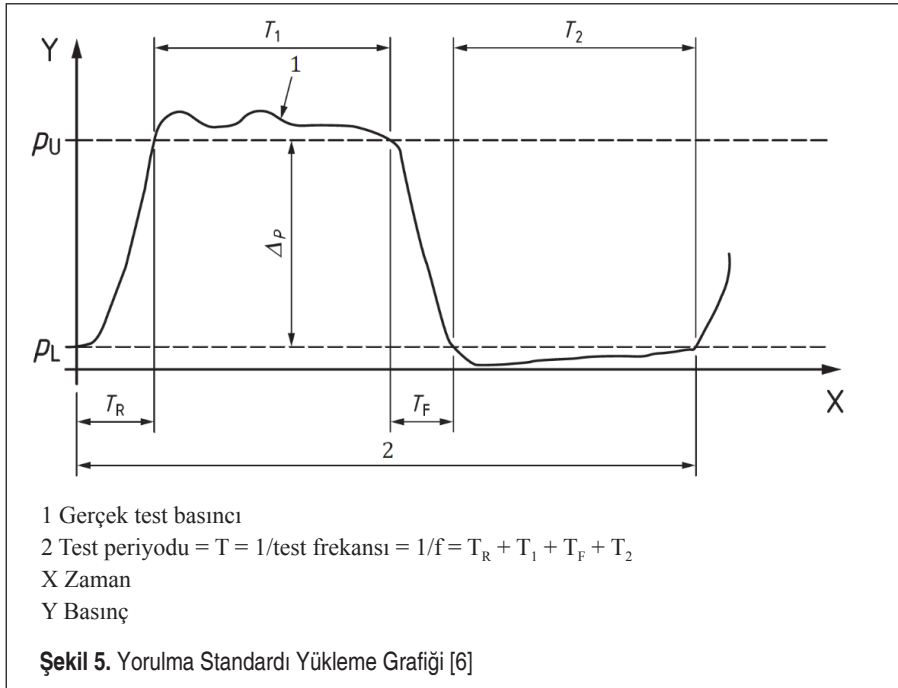


valflerinin açma ve kapama basınçları tayin edilmektedir. Bypass valfinin açma ve kapama basıncı standartta belirtilen ve test sırasında tanımlanan filtre beyan debisine göre ayarlanmakta ve kirli filtre elemanı ile test edilerek bypass valfinin akış karakteristiği belirlenmektedir. Açma basıncına ulaşan bypass valfinin açıldıktan sonra fark basıncını belirli bir oranda tutması beklenmektedir.

Sızıntı testleri hidrolik filtre üzerinde kullanılan sızdırmazlık elemanlarının filtre ile beraber çalışma performansını belirlemek için yapılmaktadır. Hatalı üretim ya da hatalı montaj sebebiyle oluşabilecek sızıntı problemlerinin tespit edilebilmesini sağlamaktadır. Filtrenin giriş kısmından bağlantı verilir ve diğer bütün çıkışları kapatılarak filtre içerisine yağ gönderilir. Test sırasında sızıntı debimetresinden alınan veriler kaydedilir ve raporlanır.

Hidrolik sistemlerde çalışma koşullarından kaynaklı anlık basınç yükselmeleri yaşanabilmektedir. Anlık basınç yükselmeleri sistem ve sistem ekipmanlarına zarar verebileceği gibi hidrolik filtreye de zarar verebilir ve yıkıcı etkiler yaratabilir. Çalışma koşullarına bağlı olarak ani basınç yükselmesinin değeri sistem içerisinde tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle hidrolik filtrelerin patlama basınç değerleri sistem sağlığı için önem arz etmektedir. Patlama basıncı, filtrenin çalışma basıncının en az 3 katı olmak koşulu ile tanımlanabilir ve bu sayede ani basınç yükselmelerinden dolayı kaynaklanacak zararların önüne geçilmiş olur. Belirlenen bu emniyet katsayısı çalışma koşullarına göre hidrolik sistemlerde oluşan maksimum ani basınç yükselme katsayısı olarak değerlendirilebilir.

Basınç altında çalışan hidrolik filtrelerin ömür performansları hidrolik sistemlerin çalışma koşullarına göre tasarlanan basınç yükleme durumlarına bağlıdır. Basınç yükleme koşulları hidrolik sistemin entegre edildiği makinenin kullanım amacına hizmet edecek şekilde değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin; bir abkant presin kapasitesi 2000 parça/gün ise hidrolik filtre günlük 2000 basınç tekrarı altında kalacaktır ya da bir enjeksiyon makinesinin günlük üretim kapasitesi 50000 parça ise hidrolik filtre 50000 basınç tekrarı altında çalışacaktır. Hidrolik filtrelerin değişken olan yükleme koşullarına uygunluğunun belirlenebilmesi için ISO 10771-1 standardına [6] göre testler yapılmaktadır. Standart kapsamında yorulma testleri 10^5 - 10^7 çevrim arasında değişkenlik göstermekte ve uygulanan test basıncının 1 çevrimi (0'dan işletme basıncına çıktığı ve tekrar 0'a indiği zaman aralığı) için gereken periyod süresi verilmiştir. Test tamamlandığında ve belirlenen çevrim sayısına ulaşıldığında hidrolik filtrenin basınç gören yüzeyleri görsel olarak ya da gerektiğinde mikroskopik ortamda incelenmekte ve deformasyon kontrolleri yapılmaktadır. Standartta istenilen test grafiği Şekil 5'te verilmiştir.



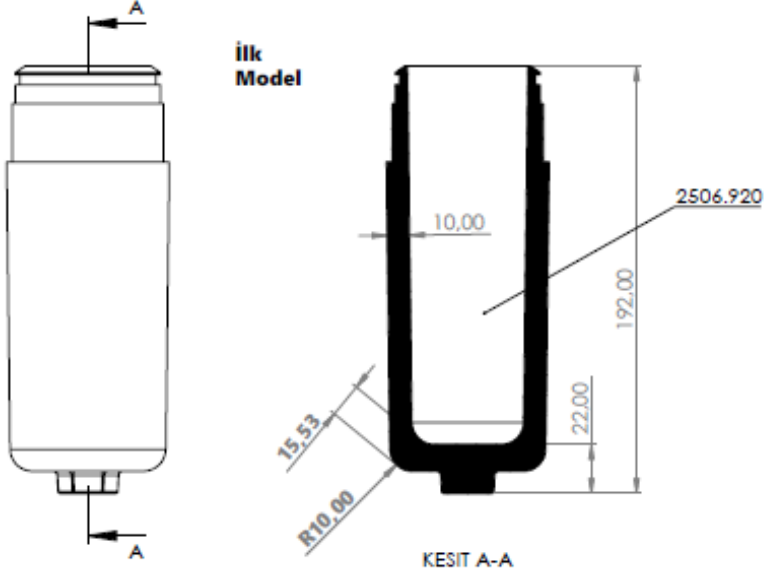
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Filtre Gövdesi Statik ve Dinamik Analiz Sonuçları

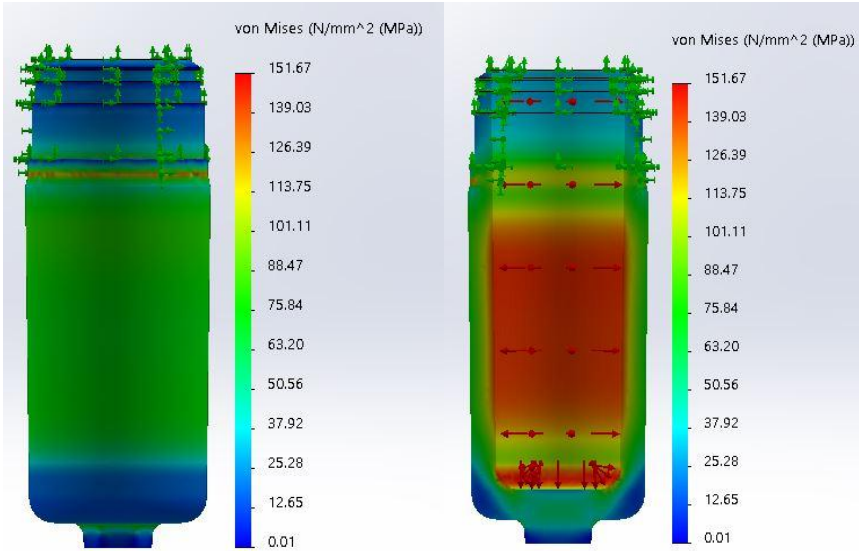
Filtre gövdesinin tasarımı ilk olarak Şekil 6'daki gibi yapılmıştır. Aşağıdaki şekiller-



de görüldüğü gibi bir filtre gövdesi tasarımı yapılmıştır. Bu modelin 45 MPa altında statik analizi yapılarak yan cidarlarda maksimum gerilmenin meydana geldiği ve bu gerilme değerinin 151 MPa olduğu Şekil 7’de görülmektedir.



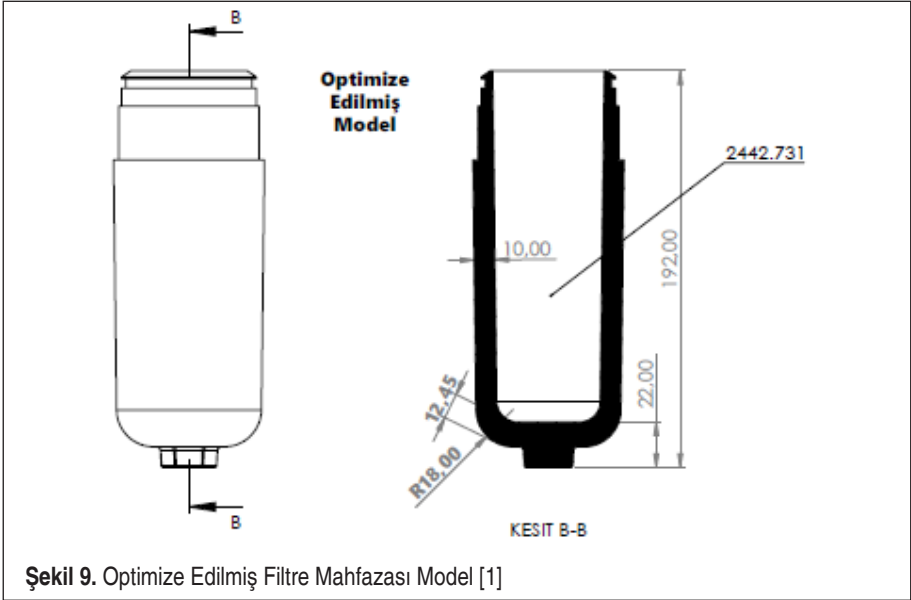
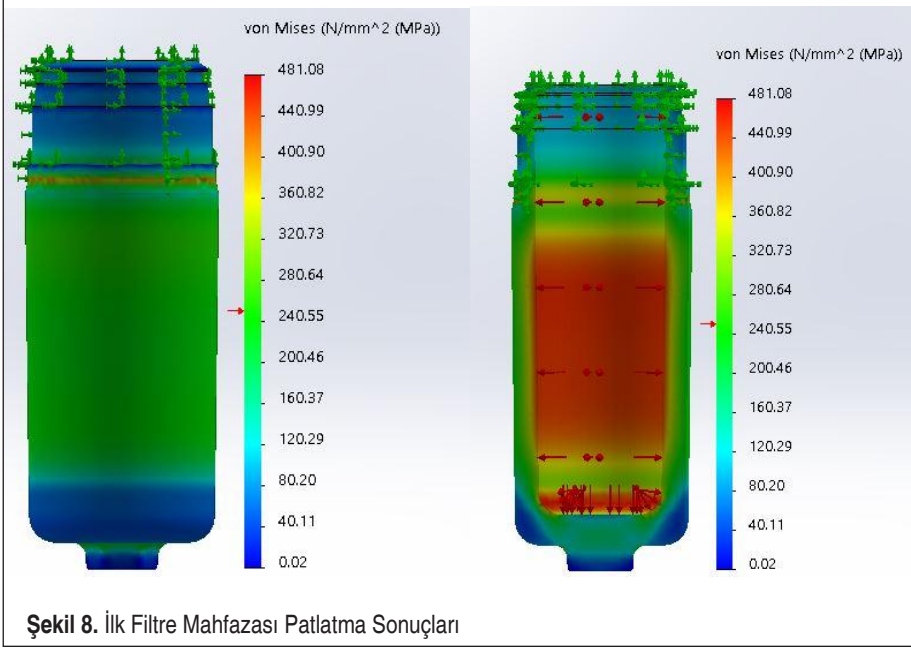
Şekil 6. İlk Filtre Mahfazası Modeli



Şekil 7. LK Filtre Mahfazası Gerilme Sonuçları

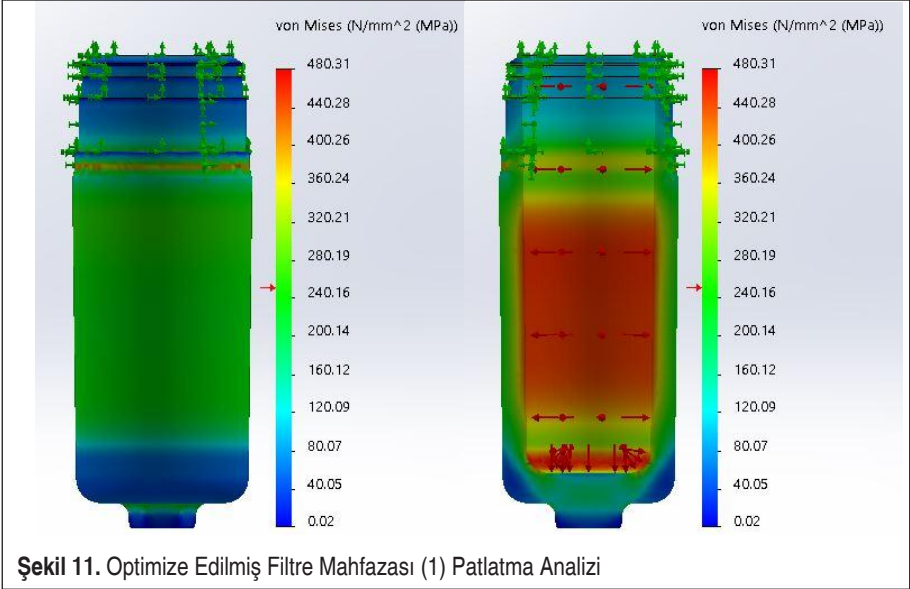
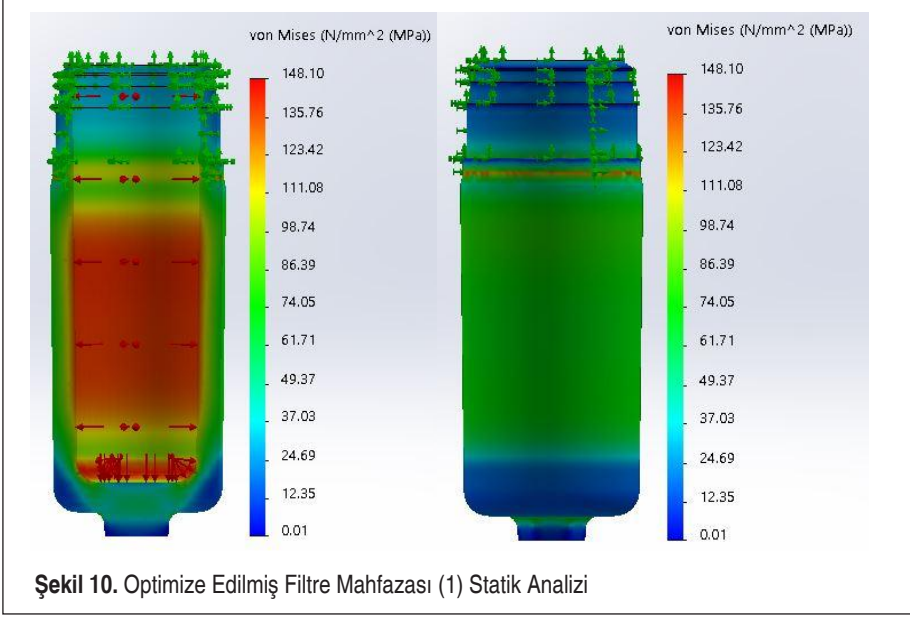


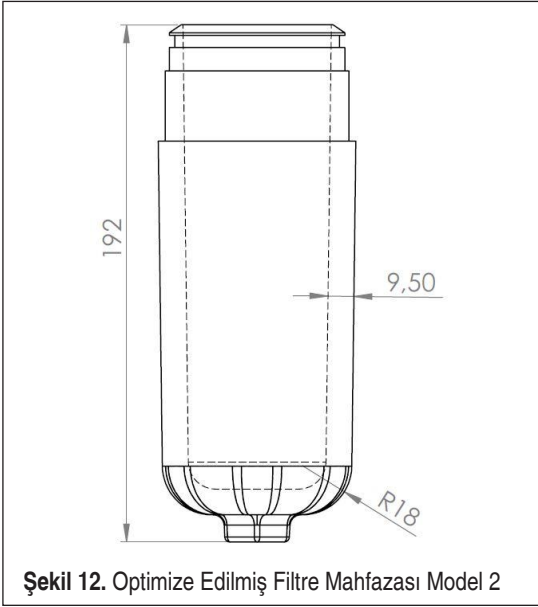
Aynı zamanda Şekil 6'daki modelin Şekil 8'de patlatma analiz sonucu verilmiştir. 142,5 MPa basınç altında bu modelin patlaması ön görülmektedir.





Mahfazanın dış kısmındaki alt radyusu 10mm'den 18mm'ye Şekil-9'daki gibi büyütülerek analiz çalışması tekrarlanmıştır. 45 MPa basınç değerinde statik analiz tekrarlanmış ve gerilme değerinin 148 MPa olduğu Şekil 10'da verilmiştir. Bu maksimum gerilmelerin yan cidarın alt kısımlarında olduğu gözlemlenmiştir.





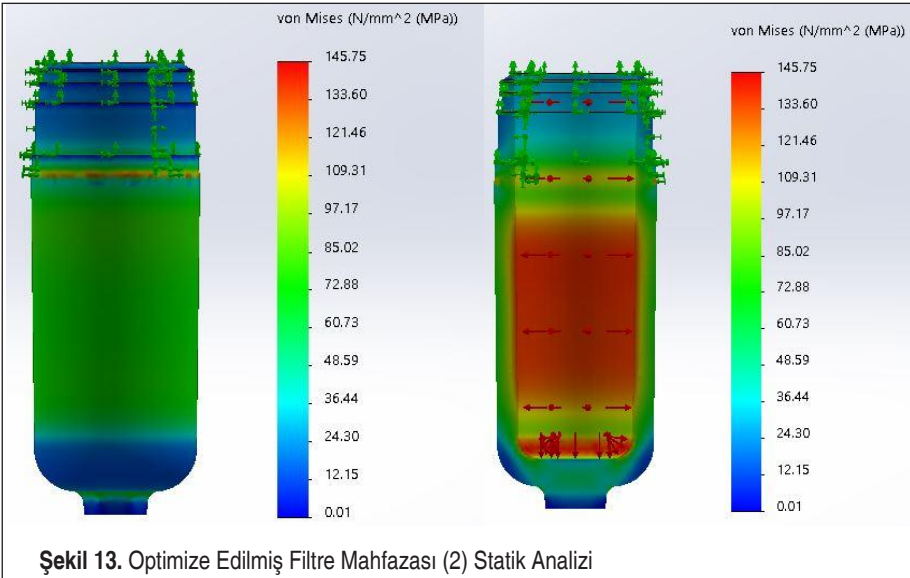
Şekil 12. Optimize Edilmiş Filtre Mahfazası Model 2

Optimizasyondan önceki patlatma basıncı 142,5 MPa iken optimizasyon sonrası patlatma basıncı Şekil 11’deki gibi 146 MPa değerine yükselmiştir.

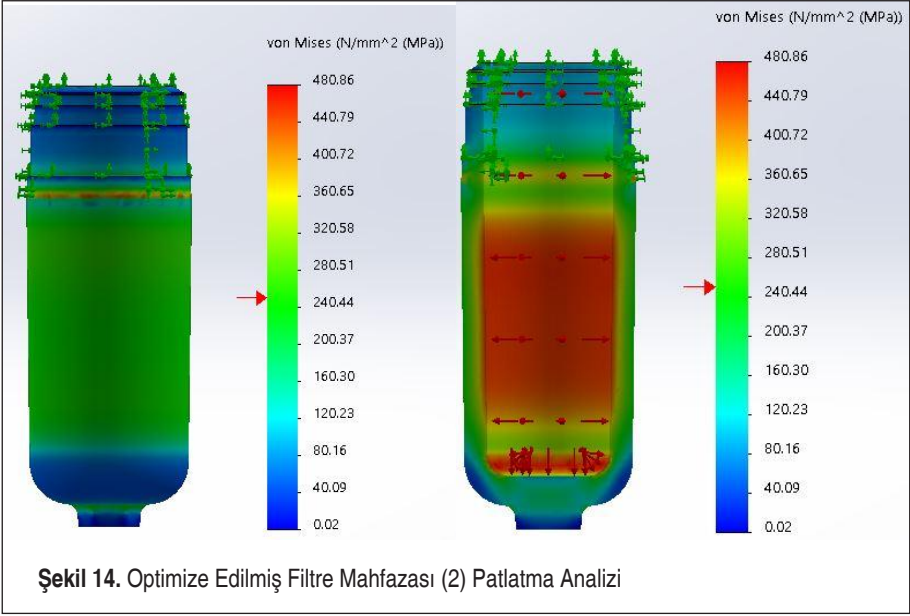
Bir diğer optimizasyon çalışması ise Şekil 12’de görüleceği üzere bir önceki radyus değişikliğinin sabit kalması sağlanarak cidar et kalınlığının 0.5 mm azaltılması ile gerçekteştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda mahfaza üzerinde oluşan maksimum gerilmenin mahfaza yüzeyine dağıldığı tespit edilmiştir. Şekil 13 incelendiğinde 45 MPa statik test basıncı yan cidarlarda 146 MPa gerilme oluşturmuştur.

Gerilmelerin cidara yayılması sonucu tahmin edilen patlatma basıncı Şekil-14’teki gibi 147 MPa değerine yükselmiştir.

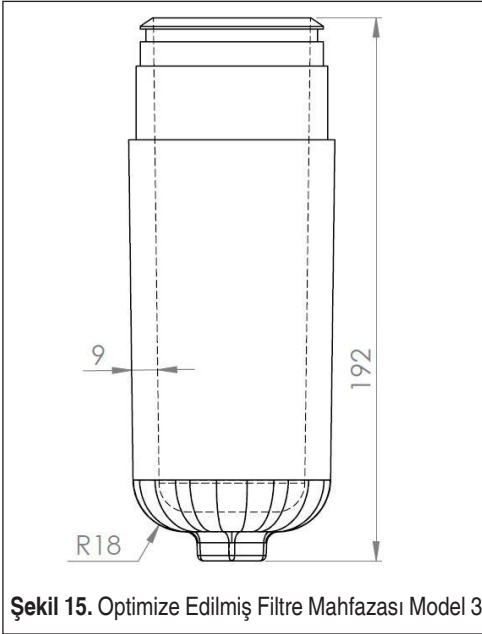
Şekil 15’teki model cidar et kalınlığının 1 mm azaltılması ile oluşturulmuştur. Bu



Şekil 13. Optimize Edilmiş Filtre Mahfazası (2) Statik Analizi

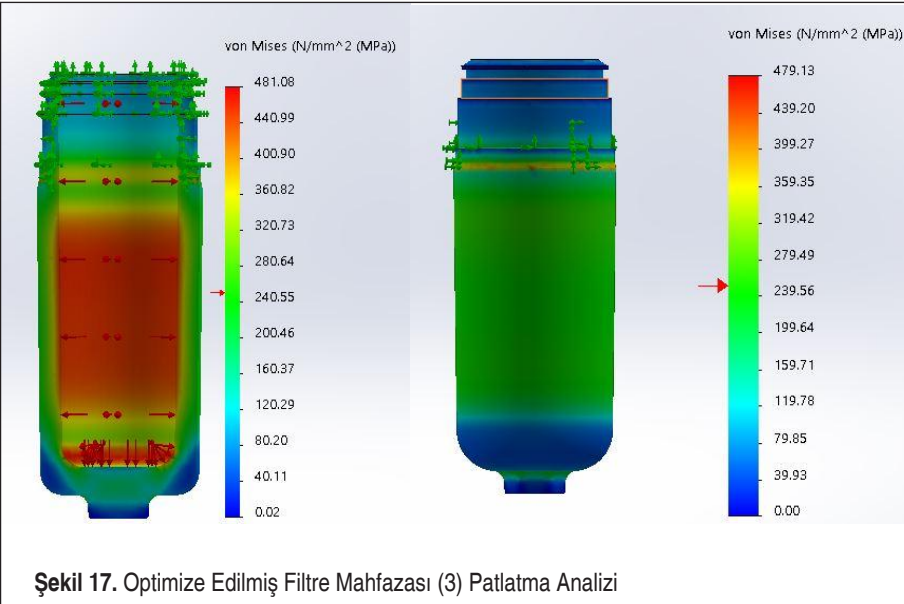
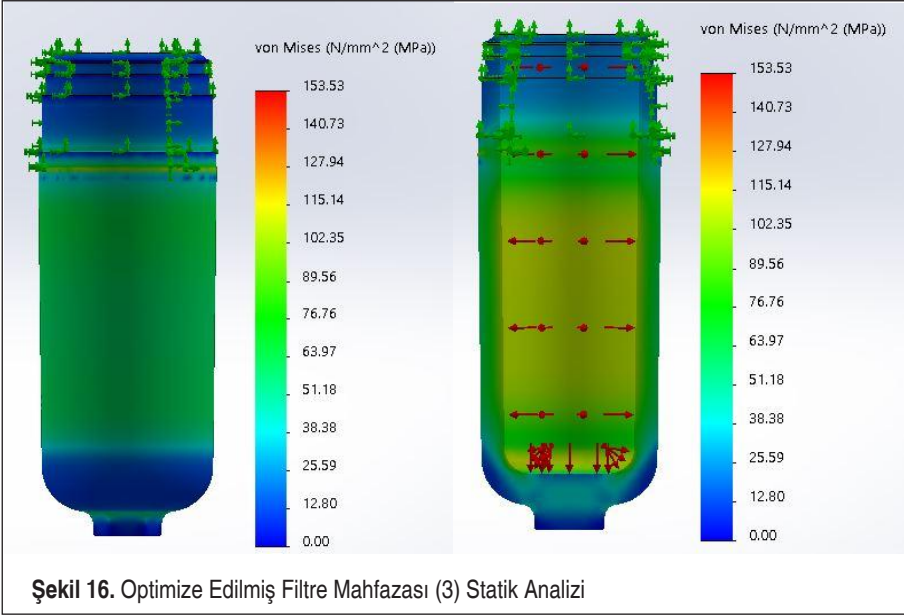


çalışma sonucunda ise mahfazanın 45 MPa altındaki statik basınç altındaki gerilmesi Şekil 16’da 153,5 MPa olarak tespit edilmiştir.

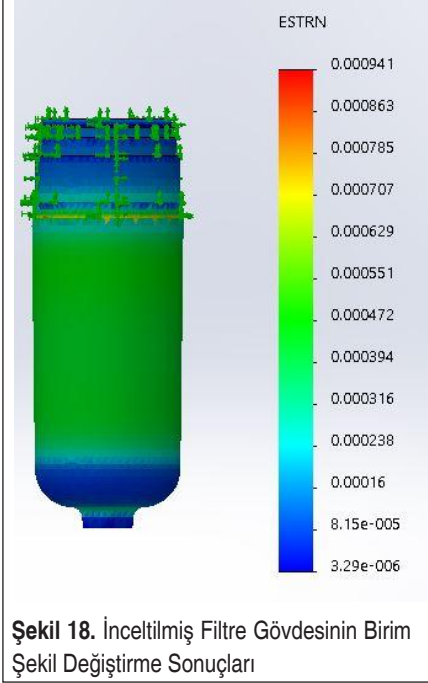


Analizler ile hesaplanan patlama basıncı Şekil 17’deki gibi 141 MPa değerine gerilemiştir. Patlama basıncı literatürde ve muadil ürünlerde görüldüğü üzere çalışma basıncının 3 katı (135 MPa) sınır kabul edilmiştir. Analizler sonucu ideal optimizasyon çalışması Şekil 15’te verilen cidarda kalınlığı 1,00 mm azaltılan ve mahfaza alt radyusu 10mm’den 18mm’e çıkarılan model olduğu tespit edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 151,5 MPa maksimum gerilme oluşmuştur. Filtre gövdesinde inceltmeler yapılarak, gövde malzemesini azaltmaya yönelik yeni bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Optimizasyon çalışması sonucunda ise maksimum gerilmenin

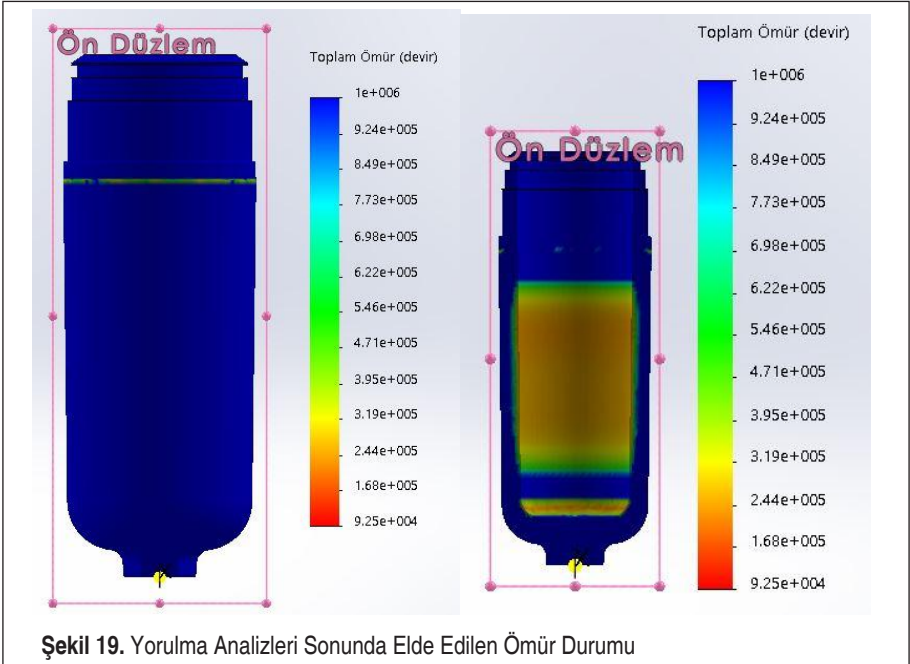


153,5 MPa olduğu gözlenmiştir. Patlama analizi yardımıyla filtre gövdesinin maksimum patlama basıncı değeri elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre gövdenin patlama basıncı 141 MPa bulunmuştur. Ömür analizi yapılan gövdenin ömrü hesaplanmıştır ve analiz sonuçlarından sonsuz ömür elde edilmiştir. Patlama testinin gerçekte



standartlara uygun olarak yapılan test sonuçlarına göre gövde 150 MPa basınçta patlamıştır ve gövdenin patlama yerinin yapılan analiz sonuçlarıyla örtüştüğü gözlemlenmiştir. EN-GJS 400-15 malzemeden döküm olarak üretilen filtrenin uluslararası standartlara uygun olarak testleri gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen analizlere göre filtre gövdesinde maksimum 150 MPa civarında gerilme oluşmaktadır. EN-GJS 400-15 malzemenin akma mukavemeti 270 MPa olduğundan, gövdenin emniyet katsayısı 1,8 kadardır. Yapılan gövde geometrik iyileştirmesinde, özellikle gerilmenin düşük olduğu alt köşe radyusleri inceltirilmiştir. Yapılan revizyona göre sonlu elemanlar analizleri tekrar gerçekleştirilmiştir. Gövdesi inceltirilmiş yeni analiz sonuçları Şekil 18’de verilmiştir.





Tablo 1. 63 lt/dk Kapasiteli Filtre Muhafazası Optimizasyonu

Özellik	İlk Model	Optimize Edilmiş Model	Optimize edilmiş ve et kalınlığı 0.5 mm azalmış	Optimize edilmiş ve et kalınlığı 1 mm azalmış
Taban radyusu (mm)	R10	R18	R18	R18
İki radyus arasındaki ölçü (mm)	15,53	12,45	12,45	12,45
Ağırlık (gr)	2507	2443	2227	2018
Statik Analiz-Maksimum Gerilme (45 MPa basınç altında) (MPa)	152	148	146	154
Patlatma Akışkan Basıncı (MPa)	143	146	147	141

Bu durumda gövdede maksimum 153,5 MPa civarında gerilme oluşmuştur ve emniyet katsayısı 1,75 kadar olmuştur. Bu elde edilen emniyet katsayısı değeri de kabul edilebilir seviyededir.

Filtre gövdesinin aynı zamanda dinamik yükleme analizleri de gerçekleştirilmiştir. Dinamik yüklemde 0 ila 45 MPa basınç değişken olarak filtre gövdesi içerisine standartta belirttiğiği şekilde uygulanmıştır. Elbette 45 MPa basınç değerinde parçada oluşan gerilme dağılımı değerleri statik durumdaki gerilme ile aynı olacaktır. Elde edilen sonuçlara göre filtre gövdesinin tamamının sonsuz ömürde olduğu görülmüştür (Şekil 19).

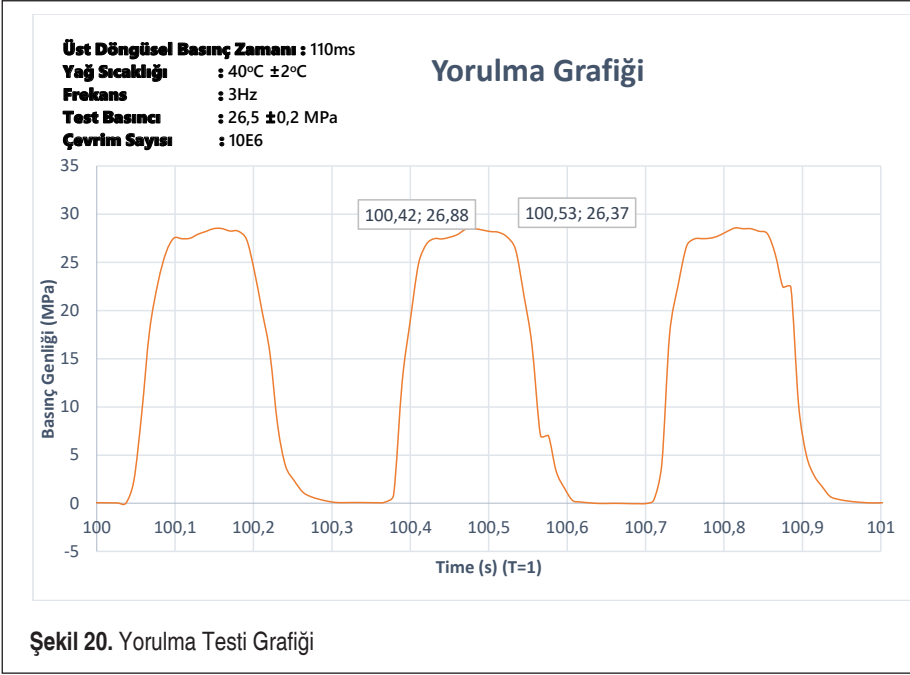
Yapılan sonlu elemanlar analizi ve testler sonucunda 63 lt/dk kapasiteli filtre muhafazası için gerçekleştirilen optimizasyon sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, optimize edilmiş filtre gövdesindeki maksimum gerilme değeri hemen hemen değişmemesine rağmen, filtre gövdesinin ilk modele göre ağırlığının %24 oranında daha hafif olduğu görülmektedir.

3.2 Filtre Gövdesi Standart Test Sonuçları

3.2.1 Yorulma Testi

Mesa Makina’nın tasarlayıp üretmiş olduğu hidrolik filtre test makinasında yorulma testi yapılmıştır. Yorulma testinde ISO 10771-1 standardında belirtilen koşullarda çevrim uygulanmıştır. Makineden alınan yorulma grafiği Şekil 20’de verilmiştir.

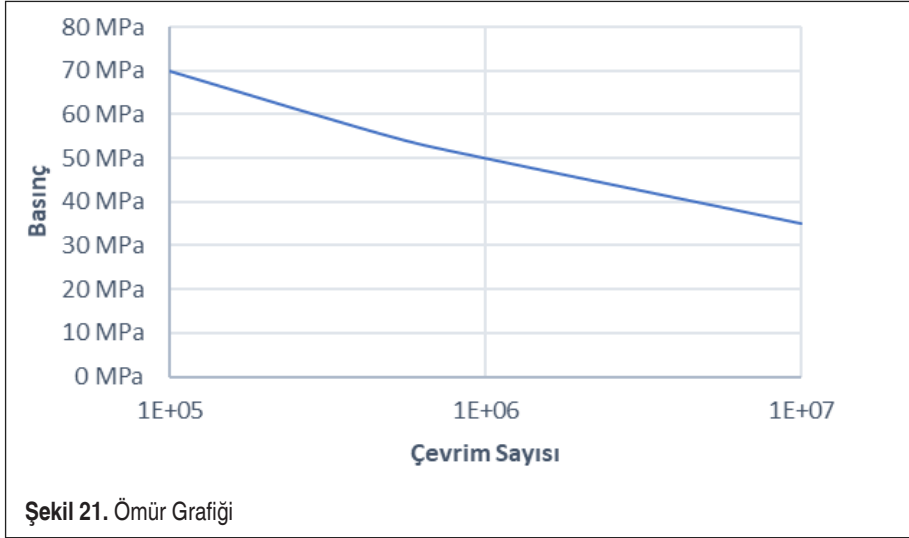
ISO 10771-1 standardında verilen frekans, üst döngüsel basınç zamanı, çevrim sa-



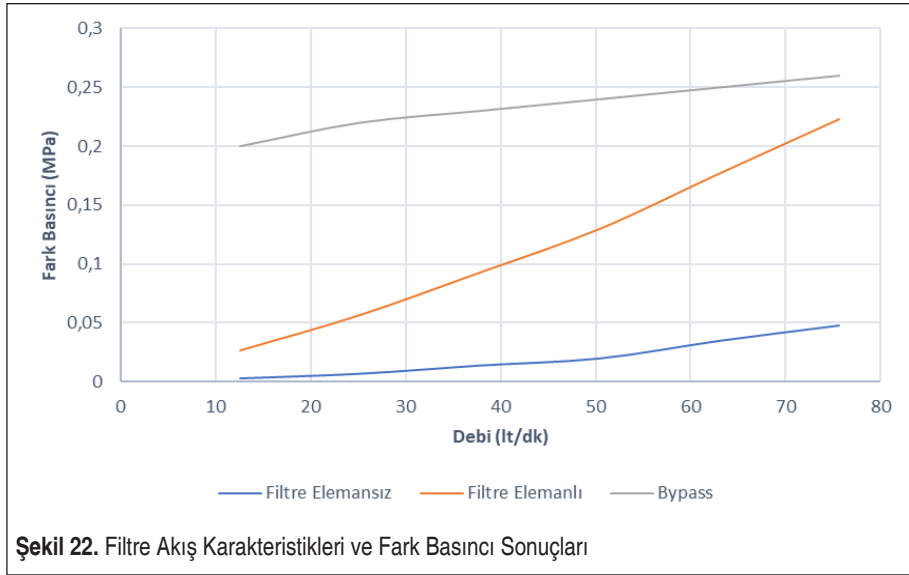
yıları vb. özellikler göz önüne alınarak yapılan testlerde, standart istemlerine uygun bir çevrim elde edilebilmiştir. ISO 10771-1 standardında belirtilen 10^5 çevrim ile 10^7 çevrim arasında yorulma çevrimi tanımlanmalıdır. Mesa Makina bu testleri 10^6 çevrimde gerçekleştirmiştir ve herhangi bir deforme gözlemlenmemiştir. Yapılan teorik hesaplamalar ve analiz sonuçları örtüşmüştür. Yapılan hesaplamalar ve analizlerden çıkan ömür grafiği Şekil 21’de verilmiştir.

3.2.2 Geçirgenlik Testi

Mesa Makina’nın tasarlayıp üretmiş olduğu hidrolik filtre test makinasında geçirgenlik testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler ISO 3968 standardının belirtmiş olduğu koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında öncelikle sistemin fark basıncı testi yapılmıştır. Sistemin fark basıncı testlerde düzeltme faktörü olarak uygulanmıştır. Sistemin fark basıncı testinde sonra bypass valfi körlenerek ve filtre mahfazasının geçirgenlik testi yapılarak mahfazanın karakteristiği bulunmuştur. Daha sonra filtre elemanı ve mahfaza montajı gerçekleştirildikten sonra geçirgenlik testi yaparak filtre elemanlı filtre karakteristiği bulunmuştur. En son işlemde iste bypass valfi ISO 3968’de belirttiği gibi 0,7 MPa altında filtre muhafazamızın %1’i sızıntı verecek şekilde ayarlanmıştır ve tıkalı filtre takılarak bypass karakteristiği belirlenmiştir. Geçirgenlik testleri yapılan filtre mahfazası, filtre elemanlı filtre, bypass testlerinin karakteristikleri Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 21. Ömür Grafiği



Şekil 22. Filtre Akış Karakteristikleri ve Fark Basıncı Sonuçları

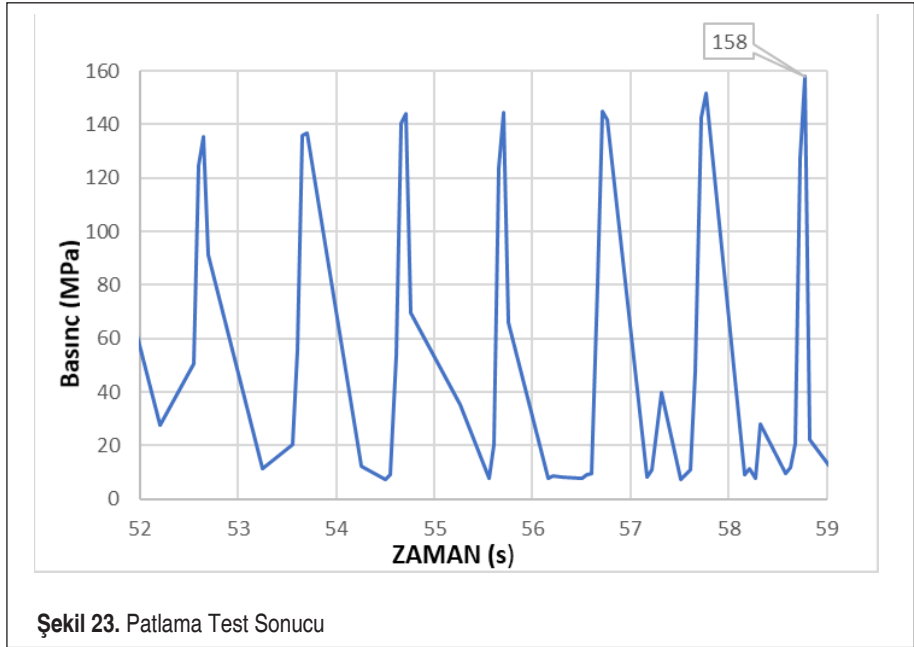
Mesa Makina'nın tasarlayıp üretmiş olduğu hidrolik filtre test makinasında geçirgenlik testleri gerçekleştirilmiş ve Şekil 22'deki karakteristik eğrileri elde edilmiştir. Eğrilerin incelenmesi sonucunda filtremizdeki akışın muadil ürünlere göre %14,6 performanslı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bypass valfimizin fark basıncını düşük seviye tutması ise bypass valfinden başarı elde edildiğinin göstergesidir.



3.2.3 Patlatma Testi

Mesa Makina hidrolik filtre test cihazında 250 MPa basınç değerine kadar patlatma testi yapabilmektedir. Filtrelerin çalışma basınçları 45 MPa'dır ve yapılan literatür araştırmalarında patlatma basınçları çalışma basınçlarının 3 katı olarak görülmüştür. Buna istinaden 135 MPa basınç altında patlamaya göre yapılan analiz çalışmaları ile optimize edilerek üretilmiş filtre muhafazalarının analiz sonuçlarında patlamaları 141 MPa basınç değerinde olduğu görülmüştür. Test makinesinde yapılan testlerde patlama basıncı 158 MPa olarak bulunmuştur. Yapılan testin grafiği Şekil 23 ve patlama sonrası görüntüsü Şekil 24'te verilmiştir.

Muadil filtreleri incelediğimizde patlama basınçları çalışma basınçlarının 3 katı olarak belirtildiği görülmüştür [7]. Buna istinaden Mesa Makina'nın filtresinin patlama basıncı 135 MPa olması gerekmektedir. Yapılan analizler sonucu ön görülen patlama basıncı 141 MPa'dır. Fakat Mesa Makinanın filtresi deneysel incelemelerde 158 MPa basınç altında patlamıştır. Bu sonuçlarda Mesa Makina'nın tasarlayıp ürettiği hidrolik filtre patlatma testinde yapılan analizlerden daha mukavemetli üretim gerçekleştirildiği görülmüştür.



Şekil 23. Patlama Test Sonucu



Şekil 24. Patlatılmış Filtre Görüntüsü

4. SONUÇLAR

TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Projesi kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Yüksek basınç hattı hidrolik filtresinin gövdesinin tasarımı ve gövde optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.
- Mesa Makina tarafından, EN-GJS 400-15 malzemeden döküm yöntemiyle yüksek basınç hattı filtre gövdeleri döküm yöntemiyle yerli olarak üretimi gerçekleştirilmiştir ve standart tüm testler filtrelere uygulanmıştır.
- Hidrolik filtrenin iç kısmına işletme basıncı olan 45 MPa basınç statik ve dinamik olarak uygulanması sonucu gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, hidrolik basınç hattı filtresi gövdesinde yaklaşık 152 maksimum gerilme oluştuğu ve ilk tasarlanan geometri için gövdenin yaklaşık 1,8 kat emniyetli olduğu görülmüştür.



- Gövdenin kalın kısımları malzeme tasarrufu sağlamak amacıyla daha ince yapılarak gerçekleştirilen analizler sonunda, parçada oluşan maksimum gerilme 154 MPa civarına yükselmiştir ve parça 1,75 kat emniyetli olmuştur. Yapılan optimizasyon çalışması sonucunda ilk modele göre %24 oranında ağırlık tasarrufu sağlanmıştır. Optimize edilen hidrolik basınç hattı filtre gövdesinin ise mevcut muadillerine göre %17 oranında daha hafif olduğu bir ürün tasarlanıp üretilmiştir.
- Gerçekleştirilen analizler sonunda filtre gövdesinin patlama basıncı analizlerle 141 MPa olarak elde edilmiştir. Deneysel olarak gerçekleştirilen patlatma testlerinde ise filtre gövdesi 158 MPa basınç değerinde patlamıştır. Buradan, gerçekleştirilen analizlerin gerçeğe yakın sonuçlar verdiğini ve optimize edilmiş filtre gövdelerinin de emniyetli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Sonlu elemanlar analizleriyle gerçekleştirilen yorulma analizleri sonunda ise parçanın sonsuz ömürde olduğu belirlenmiştir.
- Döküm yoluyla üretilen yüksek basınç filtre gövdesinin, uluslararası standartlara uygun olarak sızdırmazlık, yorulma, fark basıncı ve patlatma testlerini başarıyla sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak, yeni tasarlanan ve yerli olarak döküm yöntemiyle üretilen filtre gövdesi, mevcut muadillere göre hem daha hafif hem de daha mukavemetli olarak üretilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Mesa Makina tarafından yürütülen 1180163 nolu ve “Hidrolik Basınç Hattı Filtrelerinin Tasarımı, Üretilmesi ve Test Edilmesi” isimli TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Alınan destek için TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **Güleç M.** 2012. Hidrolik- Temel Bilgiler ve Devre Elemanları, HYDAC Service GmbH, 3738369
2. **Emanet S.** 2001. “Hidrolik Sistemlerde Filtrasyon ve Filtre Elemanının Özellikleri,” II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi
3. **Aruljothi B., Junaid Basha A. M.** 2014. Multipass Performance of Different Medias in Aircraft Hydraulic Filters. Indian Journal of Science and Technology, vol. 7 (4), 447-451.
4. **Momin T., Balasubramanian S.** 2017. “Design and Analysis of High Pressure Hydraulic Filter for Marine Application” Materials Science and Engineering, vol. 197, Issue 1.
5. TS ISO 3968, Hidrolik Akışkan Gücü- Filtreler- Akış Karakteristiklerine Karşı Fark Basıncının Değerlendirilmesi, Şubat 2005.
6. TS ISO 10771-1, Hidrolik Akışkan Gücü- Basınç Altında Çalışan Metal Mahfazaların Yorulma Basınç Deneyleri, Mart 2017.
7. FILTREC Hydraulic Filtration CT08-rev.01-10/17 F420-D1 Technical Datasheet.