



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**AĞIR VASİTA HAVA KURUTUCU TEST
DÜZENEĞİ TASARIMI VE KURUTUCU
ÇALIŞMA PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ**

Fatih Mehmet Mesut ELMAS

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Mayıs-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****AĞIR VASİTA HAVA KURUTUCU TEST DÜZENEGİ
TASARIMI VE KURUTUCU ÇALIŞMA PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ****Fatih Mehmet Mesut ELMAS****Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Doç.Dr. Ahmet CAN****2021, 102 Sayfa****Jüri****Doç. Dr. Ahmet CAN****Doç. Dr. Murat DİLMEÇ****Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ**

Hızla gelişen otomotiv sektöründe ağır vasıta bileşenlerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu bileşenlerin en önemlilerinden biri de hava kurutuculardır. Kompresörden gelen havada kullanıma ve sistemin çalışmasına bağlı olarak nem ve yağ bulunmaktadır. Nem ve yağ sızdırmazlık elemanlarının zarar görmesine, borulardaki tıkanmalara ve valf arızalarına neden olmaktadır. Bu belirtilen arızalar gerçekten ciddi sonuçlara neden olabilir. Bu sonuçlara engel olmak ve basınçlı havayı kurutmak için hava kurutucular kullanılmaktadır. Hava kurutucular; kompresörden gelen yağlı ve nemli havayı temizleyerek aracın; fren, debriyaj, süspansiyon vb. sistemlerine dağıtmaktadır. Yağlı ve nemli havayı ise dışarıya tahliye etmektedir.

Üretilen her hava kurutucunun araçtaki çalışma sistemine benzer bir şekilde test edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, test cihazı tasarımı yapılırken, hava kurutucunun araçtaki çalışma mantığıyla birebir aynı olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca çalışma mantığının iyi anlaşılabilmesi için hava kurutucunun akış analizi yapıp simülasyon halinde gösterilmiştir.

Hava kurutucu mekanik olarak çalışan bir ürün olduğu için; içindeki yaylar azami düzeyde önem arz etmektedir. Bu yaylar sistemin çalışma performansına direkt etki etmektedir. Bu çalışmada, hava kurutucudaki yaylar incelenmiş olup, yay test raporları ve yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları karşılaştırılıp performansı ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: ağır vasıta, akış analizi, basınçlı hava, hava kurutucu, kompresör, sonlu elemanlar analizi, test cihazı, yay

ABSTRACT**MS THESIS****HEAVY VEHICLE AIR DRYER TEST BENCH DESIGN AND MESUREMENT
OF DRYER PERFORMANCE****Fatih Mehmet Mesut ELMAS****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING****Advisor: Assoc.Prof.Dr. Ahmet CAN****2021, 102 Pages****Jury****Assoc.Prof.Dr. Ahmet CAN
Assoc.Prof.Dr. Murat DİLMEÇ
Assoc.Prof.Dr. Süleyman NEŞELİ**

The importance of heavy vehicle components is increasing day by day in the rapidly developing automotive industry. One of the most important of these components is air dryers. There is moisture and oil in the air coming from the compressor depending on the usage and the operation of the system. It causes damage to moisture and oil seals, blockages in pipes and valve failures. These specified malfunctions can have serious consequences. Air dryers are used to prevent these results and to dry compressed air. Air dryers; by cleaning the oily and moist air coming from the compressor; brake, clutch, suspension etc. distributes to its systems. It discharges oily and moist air.

Every air dryer produced must be tested in a similar way to the operating system in the vehicle. In this study, while designing the test device, it was paid attention that the air dryer is exactly the same with the operating logic in the vehicle. Also, in order to understand the working logic well, flow analysis of the air dryer is done and shown in simulation.

Since the air dryer is a mechanically operated product; the springs inside are of maximum importance. These springs have a direct effect on the operating performance of the system. In this study, the springs in the air dryer were examined, the results of the spring test reports and the finite element analysis were compared and their performance was measured.

Keywords: air dryer, compressor, compressed air, finite element analysis, flow analysis, heavy vehicle, spring, test bench

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda, planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın Doç.Dr. Ahmet Can ve Doç.Dr. Murat Dilmeç'e teşekkürlerimi sunarım ve tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca bu çalışmalarını yapma fırsatı veren ve bana her konuda destek olan Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları San. A.Ş. 'ye teşekkür ederim.

Fatih Mehmet Mesut ELMAS
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	2
ABSTRACT.....	3
ÖNSÖZ	4
İÇİNDEKİLER	5
1. GİRİŞ	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. Literatür Araştırması.....	8
2.2. Hava Kurutucu	45
2.2.1. Hava Kurutucu Yapısı	48
2.2.2. Hava Kurutucu Çalışma Prensibi.....	55
2.2.3. Hava Kurutucu Akış Analizi.....	58
2.3. Hava Kurutucu Çalışma Performansı	62
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	64
3.1. Hava Kurutucu Test Cihazı.....	64
3.1.1. Test Cihazı Tasarımı	65
3.1.2. Hava Kurutucu Test Cihazı Devre Şeması ve Test Senaryosu	67
3.2. Test Cihazında Kullanılan Bileşenler ve Özellikleri	71
3.3. Hava Kurutucudaki Yayılar	75
3.4. Test Prosedürlerinin Belirlenmesi	76
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	77
4.1. Yapılan Yay Analizlerinin ve Test Raporlarının Kıyaslanması	77
4.2. Yay Karakteristiklerinin Belirlenmesi	87
4.3. Test Cihazında Yapılan Testler.....	90
4.4. Hava Kurutucu Çalışma Performansının Ölçülmesi.....	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	97
6. KAYNAKLAR	99

1. GİRİŞ

Basınçlı hava, tüm pnömatik fren sistemleri, hava süspansiyonları ve ticari araçlardaki kavramalar için ana enerji kaynağıdır. Hava tedarikinde ana bileşen kompresörün kendisidir. Motorlu taşıtlarda, kompresörler aracın kendi içten yanmalı motoruyla tahrik edilir. Gerektiğinde, kompresör için içten yanmalı motordan bağımsız ikincil bir tahrik sağlanabilir.

Bir taşıt hava besleme sisteminin kompresörü genellikle; bir hava kanal sistemi ve bir silindir piston ünitesine sahip bir kompresör bloğu (silindir bloğu) içerir. Hava kanalı sistemi bir giriş havası geçişi, bir boşaltma havası geçişi, en az bir soğutucu kanalı ve tercihen bir silindir deliği sağlar.

Hava, bir girişten, örneğin bir giriş flanşından içinde havanın sıkıştırıldığı silindir piston ünitesinin silindir girişine emilir. Sıkıştırılmış hava daha sonra bir silindir çıkışından tahliye havası geçidi boyunca bir çıkışa, örneğin bir çıkış flanşına iletilir. Sıkıştırılmış hava daha sonra filtreleme ve kurutma için bir kurutma ünitesine iletilebilir.

Araçlarda kullanılan kompresörler, sıkıştırma işlemi sırasında havanın sıcaklığı arttığından, basınçlı havanın soğutulması için su gibi bir soğutma sıvısı ile beslenebilen soğutucu kanallarına sahip aktif soğutma sistemleri içerir. Bu sıcaklık artışı, tüm kompresör bileşenlerinin toplam sıcaklığının artmasına neden olur ve kompresör ömrünü azaltabilir. Sıcaklığı kontrol altına alabilmek için mevcut tasarımlarda, gereken uygulamalar yapılmaktadır.

Ağır vasıta havalı fren sistemlerinde; araç kompresöründen gelen basınçlı hava, araç frenlerine ve basınçlı hava ile çalışan diğer bileşenlere teslim edilmeden önce kurutulur. Sıkıştırılmış hava, araç frenlerinin etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak ve ayrıca frenlere ve diğer bileşenlerine zarar gelmesini önlemek için kurutulur. Hava kurutucu, basınçlı havadaki nemi ve yağı uzaklaştırır. Böylece yalnızca kurutulmuş basınçlı havanın frenlere ve diğer bileşenlere doğru akışa devam etmesine izin verir.

Araçlarda kullanılan hava kompresörleri; içten yanmalı motorlardan aldığı tahrikle, atmosferden aldığı havayı sıkıştırarak fren, körük gibi pnömatik bileşenleri desteklemek için basınçlı hava üreten ana bir ekipmandır. Kompresör tarafından kullanım için üretilen basınçlı havanın, sayıları yedi adete kadar olan farklı fren ve çeşitli bileşenlere dağıtılmadan önce kurutulması ve temizlenmesi gerekir. Hava kurutma işlemi, bütün basınçlı hava sistemini donmaya, içten korozyona karşı korumak ve bu şekilde sistemin işletim güvenliğini sürekli olarak sağlamak ve kullanım ömrünü uzatmak için

gereklidir. Ayrıca fren sisteminin ve diğer bileşenlerin kullanım ömrünü uzatmak için damlacık şeklinde ve gaz halindeki yağın basınçlı havadan ayrılması gerçekleştirilmelidir. Bu sayede çeşitli sızdırmazlık elemanları ve valfler korunur, böylece kullanım ömürlerinin uzaması sağlanır.

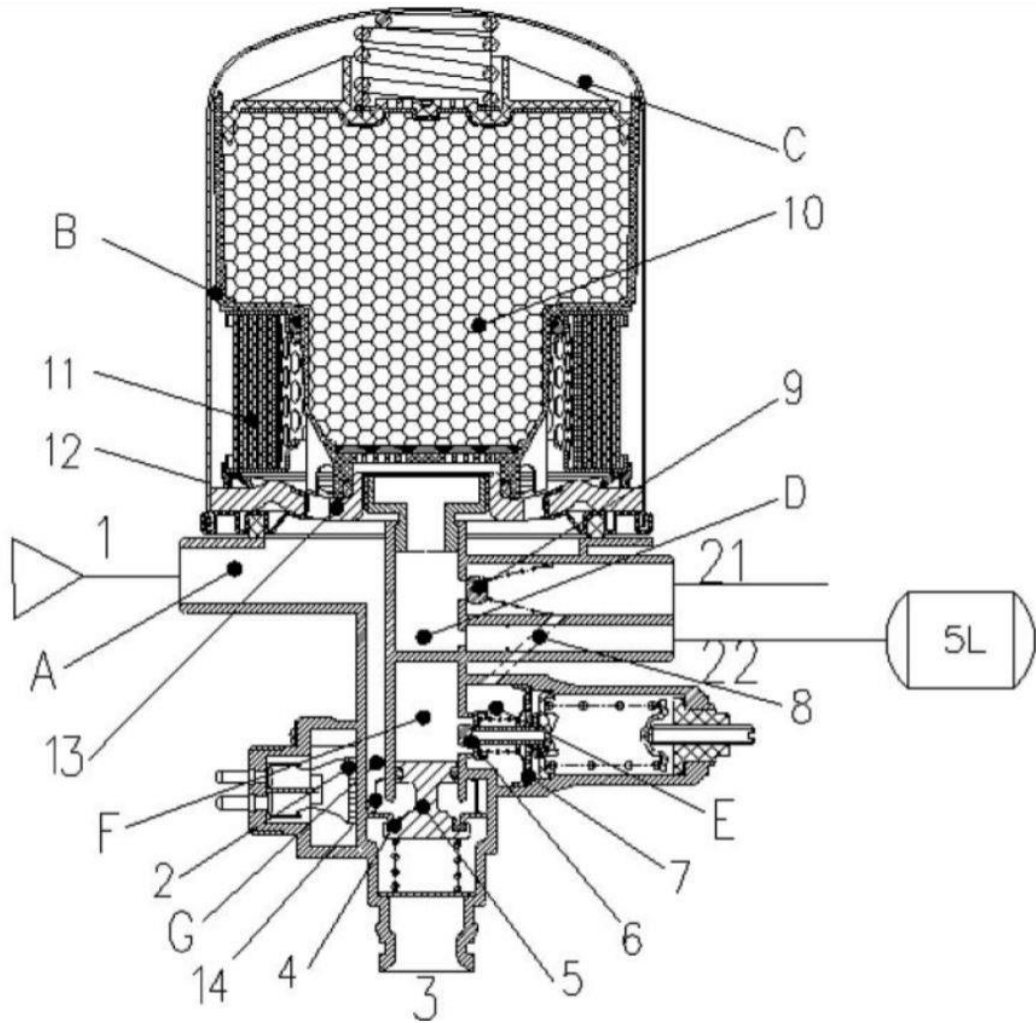
Önemi bu kadar fazla olan bir ürünün her birinin ayrı ayrı test edilmesi gerekmektedir. Bunun için ciddi bir arge çalışması yapıp test cihazı tasarlanmalıdır. Test cihazı tasarlanmadan önce ürünün çalışma mantığı iyi kavranmalıdır. Bunun için ürünün araç üzerinde çalışma şartları belirlenmelidir. Ancak bu belirlenen çalışma şartları doğrultusunda optimum bir test cihazı tasarlanıp, sağlıklı testler yapılabilir. Yapılan mühendislik ve arge çalışmalarının ana amacı tasarlanacak yada tasarlanmış ürün yada sistemin en iyi performansta ve optimum bir hızda çalışmasını sağlamaktır. Hava kurutucu seri üretimi olan bir üründür. Bu amaçla, test cihazında da öncelikli olarak performansa ve hıza yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Hava kurutucu mekanik olarak çalışan bir ürün olduğu için, içindeki bileşenler fazlaca önemlidir. Özellikle de yaylar. Yaylar, hava kurutucunun performansını doğrudan belirleyen bir bileşen olduğu için; karakteristiklerini ve davranışlarını bilmek, hava kurutucunun performansının ölçülmesine olanak sağlar. Bu bağlamda yayların hesabı yapılarak karakteristik özellikleri öğrenilir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Literatür Araştırması

Liu ve arkadaşların (2018) yaptıkları çalışmada; mevcut hava kurutucuların düşük kurutma verimliliği, yüksek maliyeti, karmaşık yapısı ve zor montajı gibi birçok dezavantajı yeni tasarladıkları hava kurutucularda minimuma indirmeyi hedeflemişlerdir.



1-Hava Giriş Portu, 2-Isıtıcı, 3-Egzoz Portu, 4-Egzoz Valfi, 5-Egzoz Pistonu, 6-Ejektör Pimi, 7-Segman, 8-Geri Akış Deliği, 9-Çek Valf, 10-Moleküler Elek, 11-Yağ Filtresi, 12-Kartuş, 13-Bez, 14-Filtre Eleği, 21-Çıkış Portu 1, 22-Çıkış Portu 2

Şekil 2.1. Çok fonksiyonlu hava kurutucu bileşenleri

Çok fonksiyonlu hava kurutucuya sahip araç çalışmaya başlarken; motor, hava deposuna hava sağlamak için hava kompresörünü çalıştırmaktadır. İlk olarak, kompresör tarafından üretilen basınçlı hava, kurutucuya besleme portu 1 tarafından girerken, bu arada, sıkıştırılmış havanın yoğuşma suyu, egzoz pistonu 5 üzerine düşmektedir. Dokunmamış kumaştan imal edilen yağ filtresine (11) geçen hava, kartuş B'nin (12) odasına (C) girmektedir. Daha sonra havanın içinde bulunan nemi moleküler elek (10) absorbe etmektedir. Hava, çek valfi açarak 21 ve 22 numaralı çıkış portundan çıkmaktadır.

Üst kapağı, astar ağını ve alt kapağı değiştirmek için sabit taban kullanılmıştır, böylece parçaların ve bileşenlerin kurulum maliyetini ve organizasyon maliyeti düşürülmüştür. Montaj verimliliğini arttırmak için sabit taban plastikten yapılmıştır. Yağ emilimi için kullanılan dokuma olmayan kumaş, doğrudan sabit taban üzerine sarılmaktadır, buda montaj maliyetini düşürmektedir ve servis ömrünü arttırmaktadır.

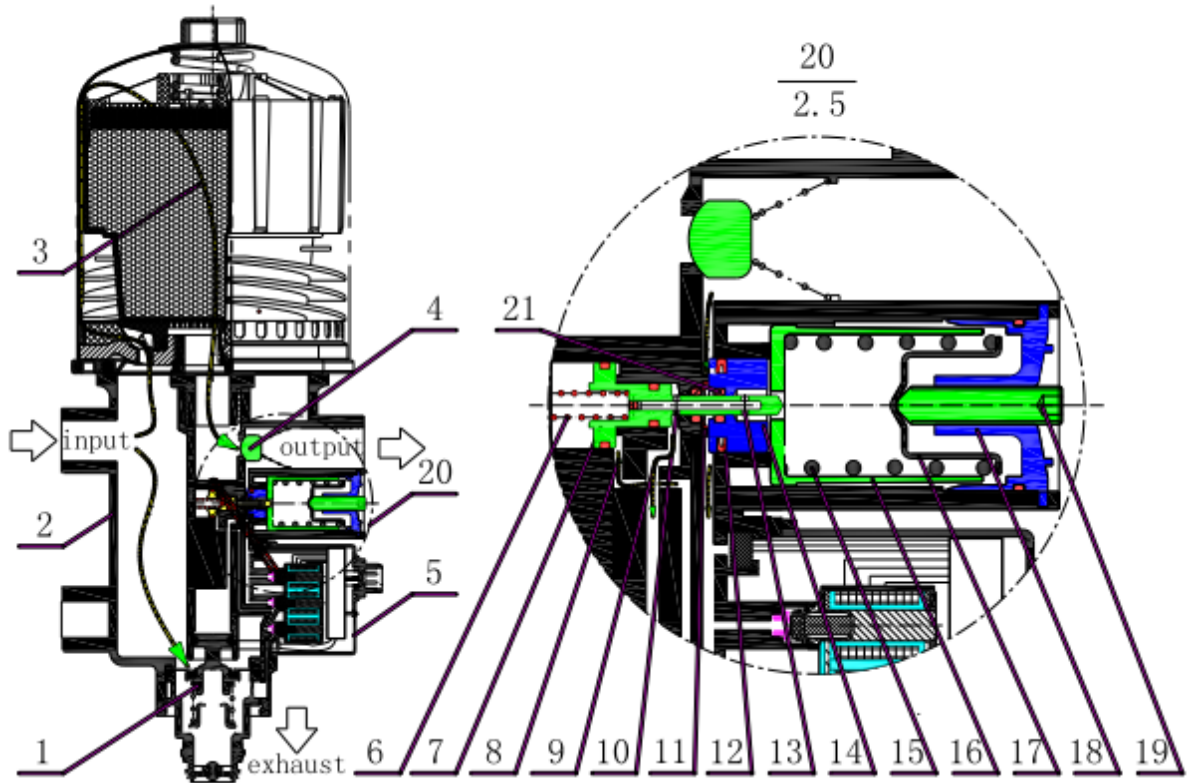
Tüm kartuşun altı kauçuk malzemeden yapılmış bir çekvalf ile kapatılmıştır ve çekvalf arızasını önlemek için sabit taban kullanabilir. Sabit tabanın malzemesi plastiktir, sadece üretim verimliliğini arttırmaz aynı zamanda montaj maliyetini de düşürür. Çok fonksiyonlu hava kurutucuya, boru hattını basitleştiren, sistemin güvenilirliğini artıran ve ürünün hizmet ömrünü artıran antifriz valfi, yağ-su ayırıcı, yüksek basınç kontrolörü, nem depolama silindiri ve otomatik su tahliye valfi kurulmasına gerek yoktur. Kurutucu girişi tek bir giriş bağlantı ile donatılmıştır. Kurutucu boşaldığında, emme bağlantısı tek yönlü bir valf işlevi görür ve bu da hava kompresörünün yükünü azaltabilir.

Çok fonksiyonlu hava kurutucu, rakor bağlantısı ile iki kısma ayrılabilir. Üst kısım esas olarak bir kurutucu kabuğu, bir kurutma silindiri ve bir kurutucu valf gövdesi içerir. Alt kısım temel olarak basınç düzenleyici yapıyı ve egzoz pistonu bölümünü içerir. Bu yapı sadece ürünün sökülmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda valf gövdesinin alanını korur, valf gövdesinin işlem prosedürünü azaltır ve valf gövdesinin arıza oranını büyük ölçüde azaltabilir. Büyük ölçekli yabancı maddeleri filtrelemek için egzoz deliğine bir filtre eklenir ve egzoz pistonundaki lastik parçaların yabancı maddelerden zarar görmesi önlenir.

Çok fonksiyonlu hava kurutucu; yağ filtresi tertibatını, yağ filtresi tertibatı ile basınçlı hava arasındaki temas alanını daha fazla büyütebilen ve basınçlı havada bulunan yağı daha iyi filtreleyebilen dairesel silindirin şekline getirmektedir. Dokuma olmayan kumaştan üretilen yağ filtresi, moleküler boyuttaki elek ve çıkış tarafındaki filtreyle

beraber basınçlı hava üç filtreden geçecek ve daha saf olacaktır. Bu, araç boru hattındaki diğer parçalar için bir koruma sağlamaktadır. Çok fonksiyonlu hava kurutucu, araçtaki fren sistemine yayılan boru hattı suyunu önleyebilmektedir, sistemdeki önemli bileşenleri koruyabilmektedir ve fren sisteminin ömrünü uzatabilmektedir. Bu ürünün geliştirilmesinden sonra araç, yağ ve kirlilik nedeniyle oluşan erken servis sürelerinden kaçınılabilmektedir.

Mevcut hava kurutucular basıncın yanlış kontrolü, moleküler eleklerin rejenerasyon kontrolü için belirlenmiş bekleme sürelerinin aşılması gibi sadece mekanik kontrol olmasından kaynaklanan sorunlardan dolayı arızalanmaktadırlar. Zhang ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışmada bu sorunların önüne geçebilmek için hem elektrik hem de mekanik kontrollü yeni bir hava kurutucu tasarlamışlardır.



1-Egzoz Pistonu, 2-Çok Fonksiyonlu Yuva, 3-Entegre Kurutma Kartuşu, 4-Çek Valf, 5-Elektrik Kontrol Ünitesi, 6-Geri Dönüş Yayı, 7-Şalter, 8-Kontrol Kanalı, 9-Kanal, 10-Küçük Delik, 11-O-ring Kanalı, 12-Vring, 13-Küçük Delik, 14-Ayar Pistonu, 15-Ayar Yayı, 16-Yay Yuvası Sol, 17-Yay Yuvası Sağ, 18-Kapak, 19-Ayar Vidası, 20-Mekanik Ayarlayıcı

Şekil 2.2. Elektrik ve mekanik kontrolcülü hava kurutucu bileşenleri

Araç çalışmaya başlayınca, kompresör motordan tahrik alarak dönmeye başlar ve basınçlı hava üretmeye başlar. Ardından basınçlı hava mekanik ve elektrik kontrolcülü hava kurutucuya gider. Kirler ve yağ yerçekimi etkisiyle okların yönünde toplanma kanalına gider ve nihayetinde egzoz pistonunda birleşir. Diğer basınçlı hava yukarı doğru gider ve temiz basınçlı hava kartuşun içindeki kurutucudan çıktıktan sonra kullanılmak üzere dışarı çıkar. Boşaltmanın otomatik kontrolü, geri akış süresi, mekanik ayarlayıcı ve hava kontrol ünitesi sayesinde hava kurutucunun zaman aralığı kompresörün 0 yükte başlamasına yardımcı olur. Bu fonksiyon kompresör tahrik sistemini koruyabilir, araç hava fren sisteminin ve diğer bileşenlerinin güvenilirliğini artırabilir.

Elektrikli kumanda ile egzoz açma / kapama: Temiz ve kuru hava diğer kanaldan gelir ve mekanik ayarlayıcıya gider. Daha sonra hava, sensörlere, geri akış elektromanyetiğine ve ayar pistonunun sol tarafındaki egzoz solenoid valfinin girişine gider ve elektrik kontrol ünitesinin egzoz solenoid valfini doğru şekilde kontrol etmesine yol açar. Çıkış basıncı, fren sisteminin nominal çalışma basıncını aştığında, kanal tarafından egzoz solenoid valfinden kontrol odasına hava çıkışı olur. Böylece mekanik ayarlayıcı pistonu sola iter, sonuç olarak küçük delik piston ile birlikte hareket eder. Hava; ayar pistonunun sol tarafında bekler, egzoz pistonunun üst kısmına küçük delik üzerinden gider. Ardından kanal, küçük halka, O-ring üzerinden atlarken, egzoz pistonu yukarı doğru hareket eder, hava kurutucu havayı dışarı atar, moleküler elek yenilenme işlemini gerçekleştirir. Bu arada egzoz pistonu etrafında biriken yağ, nem, toz dışarı atılır. Elektrik kontrol ünitesi, çıkış basıncı fren sisteminin nominal çalışma basıncından düşük olduğunda egzoz solenoid valfini kapatır. Piston, geri dönüş yayının küçük delik ile aynı olması nedeniyle orijinal konumuna geri döner. Egzoz pistonunun üstündeki hava, küçük delik içinden atmosfere atılır, hava kurutucu egzozu durdurur.

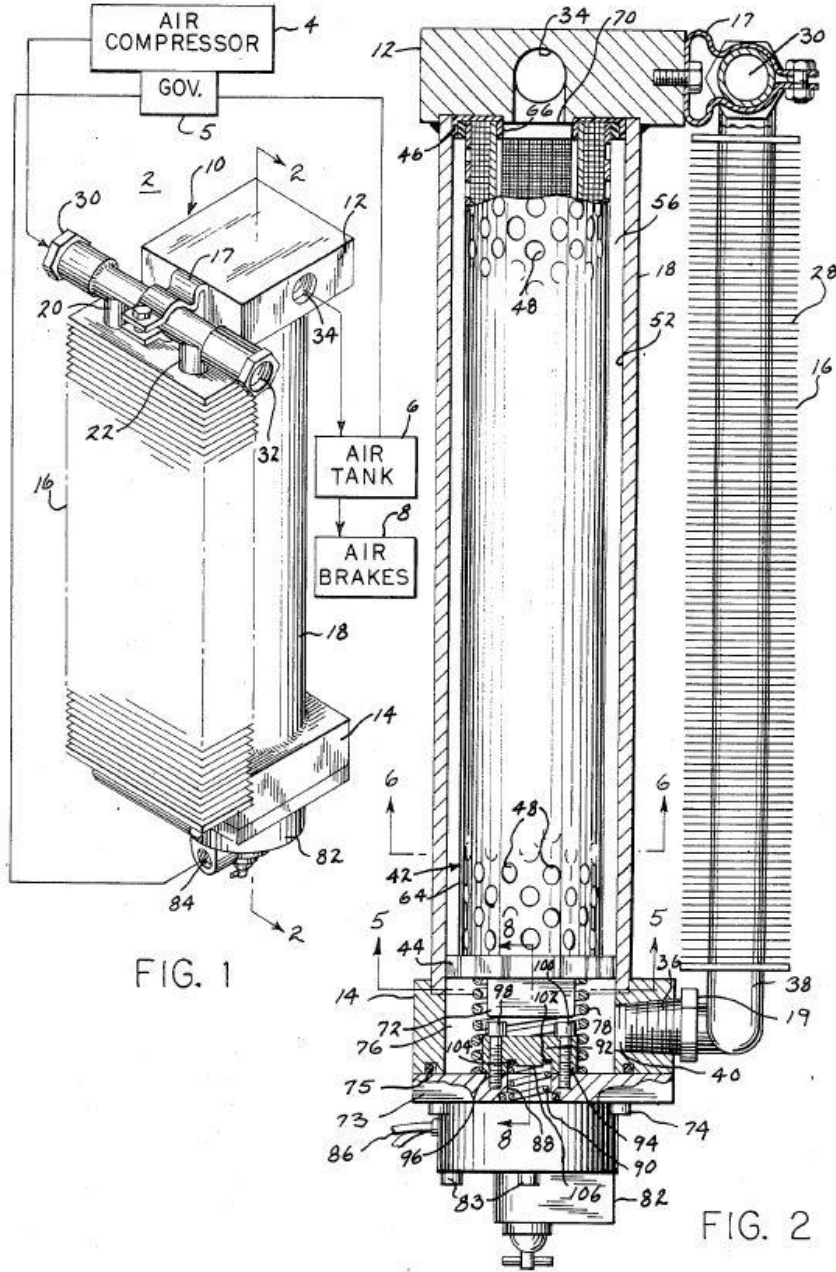
Mekanik egzoz ile egzoz açma/kapama: Elektrik kontrol sisteminin güç beslemesi mevcut değilse egzoz işlevini elde etmek için mekanik kontrolcü devreye girer. Ayarlama pistonunun sol tarafındaki hava, yayı yener ve ayarlama pistonunu tahrik eder. Hava; ayarlama pistonunun sol tarafında bekler, egzoz pistonunun üst kısmına küçük delikten geçer ve egzoz pistonu yukarı doğru hareket eder, hava kurutucu havayı dışarı atar, moleküler elek rejenerasyona ulaşır. Bu arada, egzoz pistonu etrafında biriken yağ, nem, toz atmosfere atılır. Ayar yayı; çıkış basıncı, fren sisteminin nominal çalışma basıncından düşük olduğunda ayar pistonunu orijinal konumuna iter. Ayarlama pistonu orijinal pozisyonuna geri döner. Egzoz pistonunun üstündeki hava küçük delik içinden atmosfere atılır, hava kurutucu egzozu durdurur.

Bu çalışmadaki asıl amaç; sadece elektrik kontrollü veya sadece mekanik kontrollü hava kurutucu tasarlamak yerine, ikisini de tek seferde tasarlamaktır. Çünkü; elektrik kontrolünün yapısı da arızalanabilir, elektriksel güç kaynağı olmadığına basınç kontrol fonksiyonu ve moleküler elek fonksiyonunun yenilenmemesine neden olur. Sonunda, aracın boru hattının çatlamasına, fren sisteminde ve diğer bileşenlerinin arızalanmasına yol açabilir. Mekanik hava kurutucu ile elektrikli hava kurutucu birleştirilmektedir. Elektrikli kontrol sistemi, mekanik kontrolünün yanlış olduğu durumlarda basıncın kontrolünü ve moleküler elek rejenerasyonunu gerçekleştirmeye çalışacaktır. Mekanik kontrol sistemi, elektrikli kontrol sistemi olmadığına sistemi koruyabilir ve araç hava fren sisteminin güvenilirliğini artırabilir.

Khosropour' un (1987) yaptığı patent çalışması; kamyonlarda vb. ağır vasıtalarda kullanılan hava freni sistemleri için hava kurutucularda önemli ölçüde arttırılmış bir ömür oranı, büyüklük ve ağırlıkta önemli bir azalma sağlayan gelişmelere ilişkindir.

Kamyonlar için hava fren sistemlerinde, hava genellikle kamyon motorunun giriş tarafındaki bir hava kompresöründen sağlanır. Hava, bir hava kurutucuya, daha sonra bir hava tankına ve daha sonra hava frenlerine verilir. Hava kurutucusunun, suyu hava fren hatlarından alması ve bu nedenle kışın fren hattının donması ve ayrıca hatlardaki suyun neden olduğu diğer zararları önlemesi gerekir.

Ağır vasıtalarda hatlardaki suyu emmek için kurutucu kullanılır. Kurutucu başlangıçta iyi çalışırken, zamanla emme kabiliyetini kaybeder ve daha az etkili hale gelir. Ayrıca, kompresörden gelen havada bir miktar yağ vardır; bu nedenle kurutucu, yağ ile kaplanır ve ayrıca emme kabiliyetini kaybeder.



Şekil 2.3. Khosropour ve arkadaşlarının tasarladığı hava kurutucu

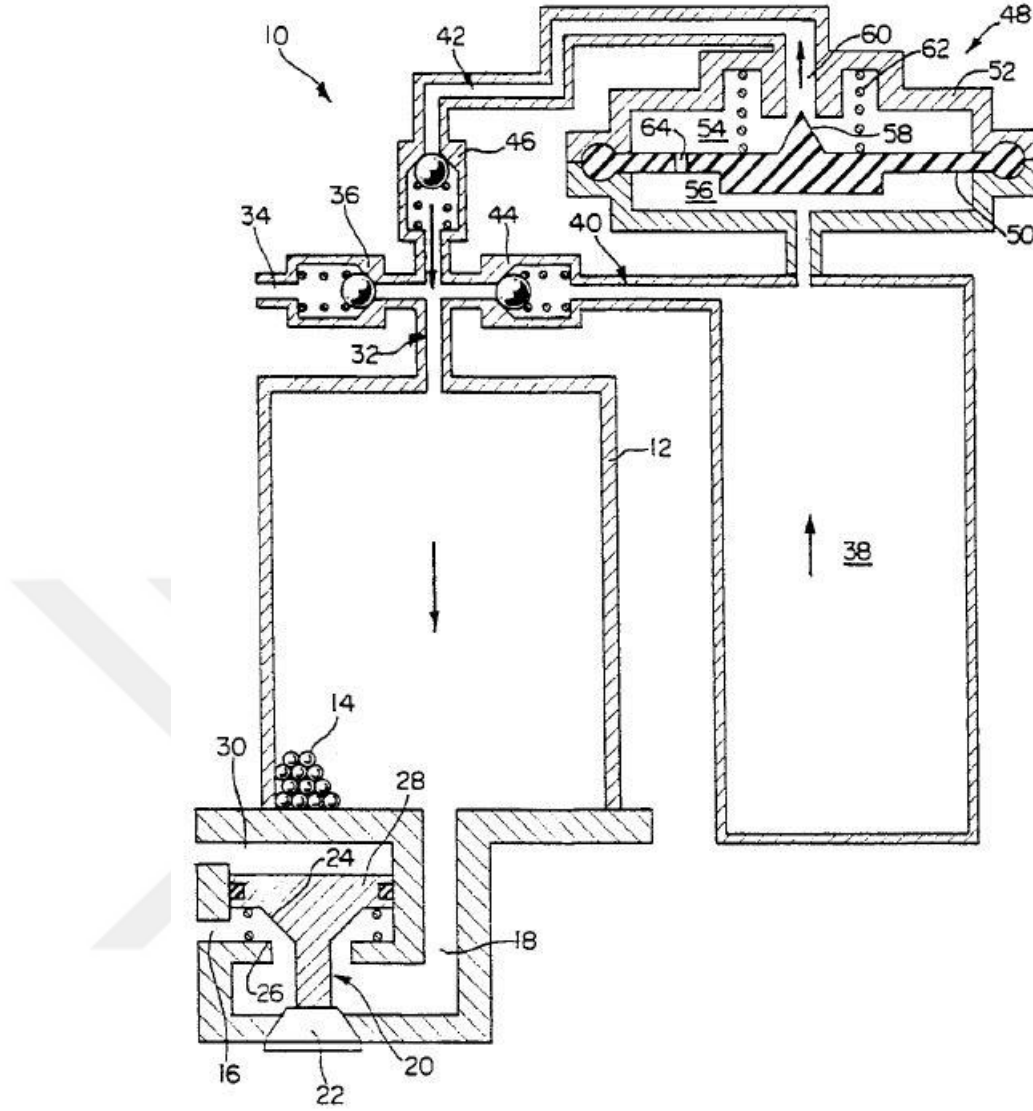
Kurutucu için mahfaza, büyük ve ağırdır çünkü boyut ne kadar büyük olursa, kurutulan hava hacmi o kadar büyük olabilir. Bu büyük boyutun bir dezavantajı; hava kompresörünün hava tankını doldurmadan önce, hava kurutucu gövdesini doldurması gerektiği ve dolayısıyla hava kurutucusu mahfazasının büyüklüğünden dolayı hava tankını doldurması daha uzun sürmesidir. Büyük boyutun bir başka dezavantajı, hava kurutucusunun monte edilebileceği yerin boyutlarını sınırlamasıdır. Belirli bir araçta montaj için yeterli yer olabilirken, başka bir araçta yeterli yer olmayabilir. Bu nedenle

farklı araçlar için farklı montaj yerleri, donanım aralıkları olması gerekmektedir. Bu bireysel özel montaj maliyeti açısından uygun değildir. Ayrıca, büyük ebat kayda değer bir ağırlık ekler, tipik bir ağırlık yaklaşık 34-39 kg'dır.

Mevcut buluş, yaklaşık 7 kg ağırlığında ve tercih edilen düzenleme, boyut, ağırlık azaltmada önemli iyileşmeler sağlar. Boyut küçültme, hava kurutucunun ve dolayısıyla hava tankının hızlı bir şekilde dolmasını sağlar. Ayrıca, boyut küçültme, montaj süresini ve masrafını azaltarak, çok sayıda araç için evrensel bir montaj yeri ve düzenlemesi sağlar.

Buluş ayrıca, buz çözme ihtiyacını ortadan kaldırır ve büyük ölçüde sistem ömrünü uzatır. Ayrı bir ısı değişim bölümü ve filtre bölümü sağlanmıştır; tercih edilen düzenlemede, bir bütünleşik yuva içinde bu bölümler birbirine bağlanmıştır. Isı eşanjörü havayı kompresörden 300-400 ° F'dan birkaç derece ortam sıcaklığına kadar soğutur, suyu havadan yoğunlaştırır ve ayırır. Daha sonra hava, içinden hava akışına izin veren ancak daha önce düşmemiş su damlalarını, yağı ve diğer katıları havadan ayırmak için suyu bloke eden bir akış ile aşağı su itici filtreye gider. Basınca duyarlı bir valf, ısı eşanjörünün çıkışıyla ve filtrenin girişiyle iletişim kurar ve ısı eşanjöründen yoğunlaşan suyu tahliye eder. Hava kurutucu, filtre değişimleri arasında yüzlerce saat boyunca çalışır.

Vandermolen ve Lafayette' nin (1995) yaptıkları patent çalışmasında; basınçlı hava fren sistemi gibi basınçlı hava sistemi için bir hava kurutucu mekanizmasında; temizleme havasının akış hızı, temizleme döngüsünün önemli bir kısmı boyunca kurutucu vasıtasıyla sabit bir akış hızını sağlamak üzere düzenlenir. Böylelikle; tahliye hızı ve kurutulan havanın hızı da sabit bir akış hızını sağlamak üzere düzenlenir.

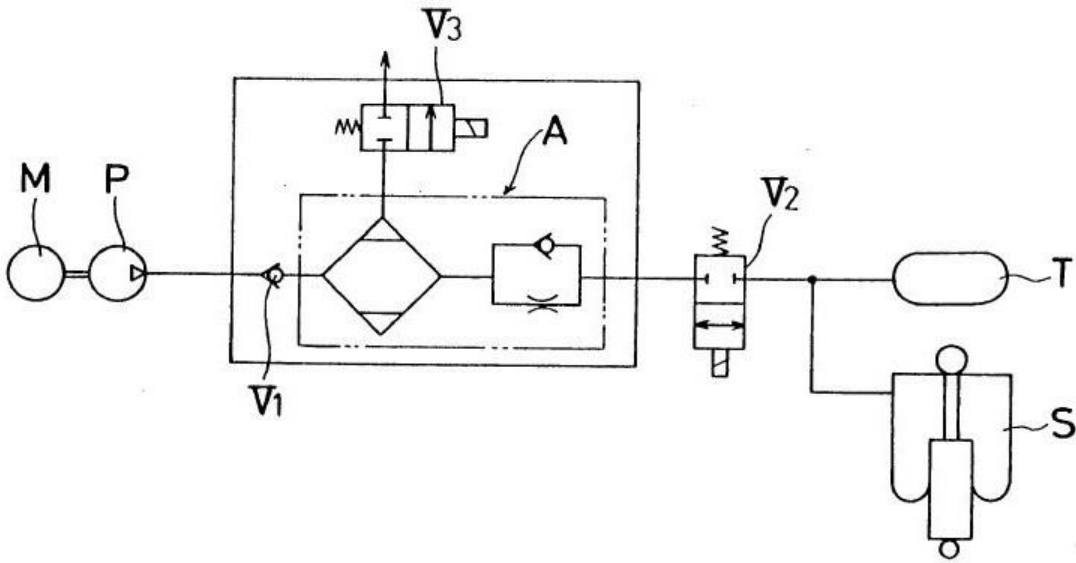


Şekil 2.4. Debi ayarlı temizleme basıncına sahip hava kurutucu mekanizması

Basıncılı hava sistemleri, ağır hizmet tipi araçlarda araç fren sistemini çalıştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerde, sıkıştırılmış havada tutulan nemi gideren bir hava kurutucusunun kullanılması alışılmış hale gelmiştir. Bu tür sistemlerde kullanılan kurutucu, kurutucu tarafından kurutulan yatağın içinden sıkıştırılmış havanın bir kısmının geri akmasıyla periyodik olarak temizlenmelidir. Tahliye havası genellikle ayrı bir tahliye hacminde ayrı tutulur. Arındırma havasının kurutucudan akışını düzenlemek için boşaltma hacmi ve kurutucu arasında bir akış sınırlayıcı açıklık sağlanır. Bununla birlikte, akışı kontrol etmek için basit bir orifis, temizleme sırasında kurutucu yatağından bir akışla sonuçlanır ve bu da kurutucunun verimliliğini azaltır.

Nemli hava, kompresörden aktüatöre hava basıncı ile beslenirken, birincil porttan ikincil porta kurutucu boyunca akar. Bu süre zarfında nemli hava, kurutucu eleman tarafından kurutulur.

Kurutulmuş hava ikincil porttan kurutucu eleman boyunca egzoz portuna akarken, tahliye edilen hava atmosfere verilir. Bu nedenle, tahliye süresi boyunca kurutucu eleman, dışarı çıkan havayı tekrar kurutur.



Resim 2.6. Araçtaki hava süspansiyonu devre şeması

Yukarıda tarif edilen geleneksel hava kurutucuda, birinci oda sadece boş bir odadır. Bu nedenle, nemli hava birinci odaya toplandığında, nemli havanın bir kısmı kurutucu maddeye su damlacıkları ile ulaşacaktır. Böylece su, kurutucu malzemeyi ıslatır. Bundan sonra, nemli hava ıslak kurutucu parçadan geçtiğinde, nemli hava yeterince kurutulmamaktadır. Ayrıca tahliye süresi boyunca, kurutucu parçayı ıslatan su, tek yönlü bir valf içinden akabilir ve tek yönlü valf, egzoz suyundan dolayı paslanabilir.

Buna göre; bu buluşun amaçlarından biri, birinci odadan atmosfere su tahliye etmektir. Bu buluşun bir başka amacı, kurutucu parçanın kurutma kapasitesinin artırılmasıdır.

Yukarıdaki amaçlara ulaşmak için; bu buluşun hava kurutucusunda, birinci odada bir kurutma elemanı bulunmaktadır. Bu buluşun hava kurutucusuna göre; giriş havasından gelen su, kurutma elemanı tarafından emilir ve kurutucu parçaya zorlukla ulaşır. Bu nedenle, kurutucu parça hiçbir zaman su ile ıslatılmaz. Böylece, kurutucu parça nemli havayı basınç sağlama süresi boyunca yeterince kurutabilir.

Cramer ve Krieder' in (1994) yaptıkları bir patent çalışması; basınçlı bir hava sisteminin, sistem depolama rezervuarındaki hava kurutucudan aldığı bilgiye göre basınç seviyesi değişikliklerine cevap olarak kompresörün etkinleştirilmesini ve devre dışı bırakılmasını kontrol eden bir elektronik kontrolünü içerir.

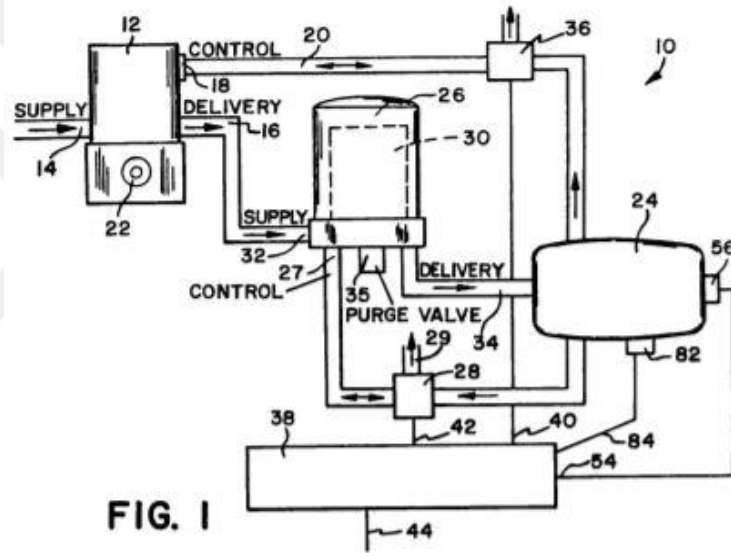


FIG. 1

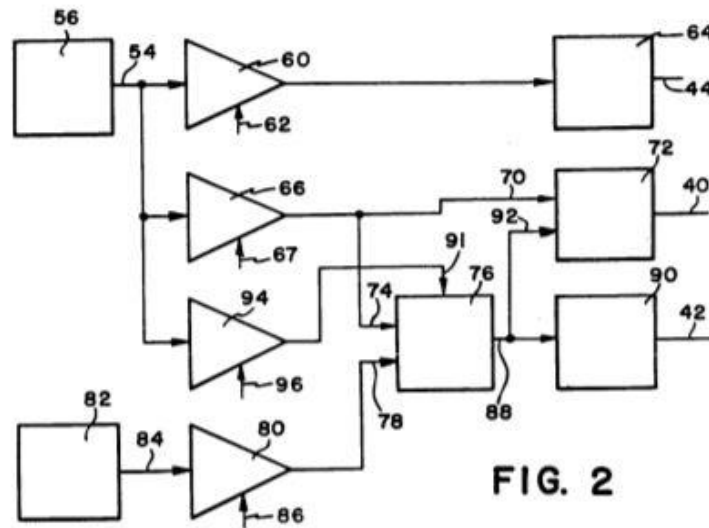


FIG. 2

Şekil 2.7. Nem kontrollü hava kurutucu için şarj / tahliye kontrol sistemi

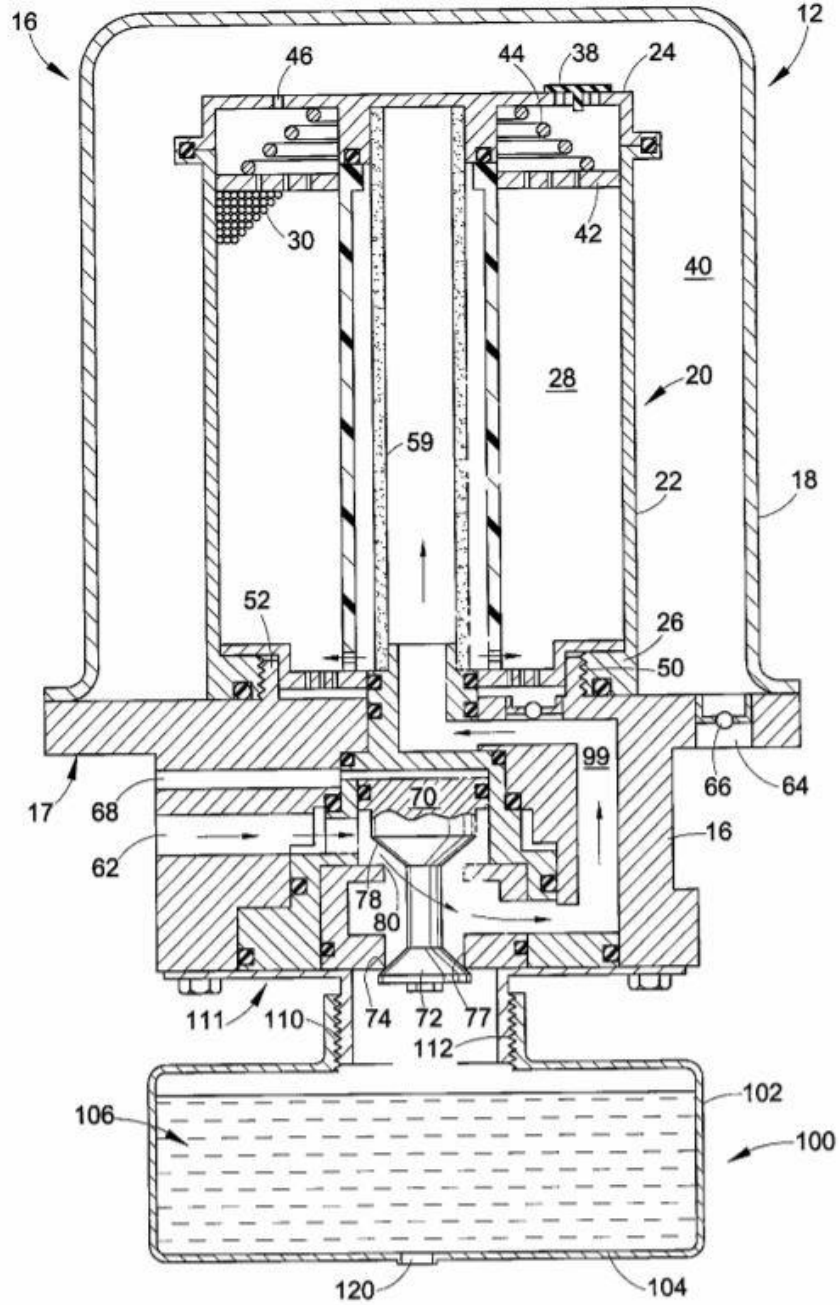
Basıncılı hava sistemleri birçok mekanik cihazı çalıştırmak için kullanılır; özellikle ağır vasıta araçların fren sistemlerinin ve diğer bileşenlerinin çalıştırılmasında yararlıdır. Bu sistemler, ortam havasını sıkıştıran ve depolama rezervuarına yükleyen bir hava kompresörü içerir. Sıkıştırılmış bir hava fren sisteminde, hava kompresörü aracın motoru tarafından tahrik alarak çalıştırılır. Bir regülatör, rezervuardaki basınç seviyesi önceden belirlenmiş bir basınç seviyesine ulaştığında kompresörü boşaltmak veya devre dışı bırakmak için depodaki basınca karşı duyarlıdır; tanktaki basınç önceden belirlenmiş bir referans seviyesine düştüğünde regülatör kompresörü etkinleştirir.

Sıkıştırılmış hava sistemlerinin, hava deposuna iletilmeden önce hava kompresörü tarafından oluşturulan basınçlı havayı kurutan bir hava kurutucu ile donatılması yaygınlaşmıştır. Bu hava kurutucular, genellikle havanın temizlendiği bir kurutma sağlar. Küçük bir miktar hava ayrıştırılır ve kompresör devre dışı bırakıldığında tanktaki havayı yeniden üretmek veya temizlemek için kullanılır. Bununla birlikte, basınçlı hava sistemleri, farklı kompresör çevrimlerine sahip çeşitli uygulamalarda kullanılır. Örneğin bu tür çok sayıda basınçlı hava sistemi, ağır vasıta kamyonların fren sistemlerini ve diğer bileşenlerini çalıştırmak için kullanılır. Sürekli olarak saatlerce çalıştırılan ve bu tür taşıtlarda kullanılan kompresör, aracın çalıştırıldığı zamanın yüzde doksanı ya da daha fazlası için boşaltılabilir ya da devre dışı bırakılabilir. Bu, tahliye vanasının neredeyse sürekli olarak açıldığı; böylece sadece kurutucuyu atmosferle havalandırmanın yanı sıra, hava kurutucusunun girişi ile kompresörün çıkışı arasındaki hattın havalandırılması anlamına gelir.

Bu tür basınçlı hava sistemleri aynı zamanda transit otobüslerin frenlerini, kapılarını vb. çalıştırmak için de kullanılır. Bu araçlar için çok miktarda basınçlı hava gerekir ve hava kompresörleri nadiren boşaltılır. Hava kurutucu, yalnızca kompresör boşaldığında veya devre dışı bırakıldığında temizlenebildiğinden, uzun şarj döngüsü olan sistemlerde hava kalitesi, hava ile çalışan cihazlarda zararlı etkilerle birlikte azalır.

Hava kurutucularının temizliğini kontrol etmek için elektronik olarak kontrol edilen sistemler bilinmektedir. Bununla birlikte, bu sistemler basınçlı havanın nem seviyesine cevap verememiştir; bu nedenle gerektiğinde temizleme devirlerini başlatıp sonlandıramamıştır. Mevcut buluş, önceki teknikteki hava kurutucu kontrol sistemlerinde ortaya çıkan sorunları, rezervuarda depolanan basınçlı havanın nemini sürekli olarak izleyen bir nem kontrolü sağlayarak hava kurutucusunun şarj ve temizleme çevrimlerini kontrol eden bir elektronik kontrol sağlayarak çözmektedir.

Nichols ve Malarik' in (2004) yaptıkları patent çalışması; ticari taşıtların basınçlı hava sistemleri için hava kurutucu tertibatı, temizleme kartuşu ve tahliye havası temizleme kartuşuna sahip hava kurutucu ile ilgilidir.



Şekil 2.8. Ağır vasıta hava kurutucusunun tahliye havası temizlenmesi

Kamyonlar, otobüsler ve büyük ticari araçlar gibi ticari araçlar tipik olarak, aracın frenlerinin basınçlı hava ile çalıştırıldığı basınçlı hava fren sistemi ile donatılmıştır. Bir

hava kompresörü araç motoru tarafından çalıştırılır ve depolama rezervuarları, frenler ve diğer basınçlı hava kullanımları için bir miktar basınçlı hava sağlar. Nem ve yağ, basınçlı hava sistemlerine bağlı iki önemli problemdir ve özellikle fren sisteminin çalışmasını olumsuz yönde etkileyebilecek problemlerdir.

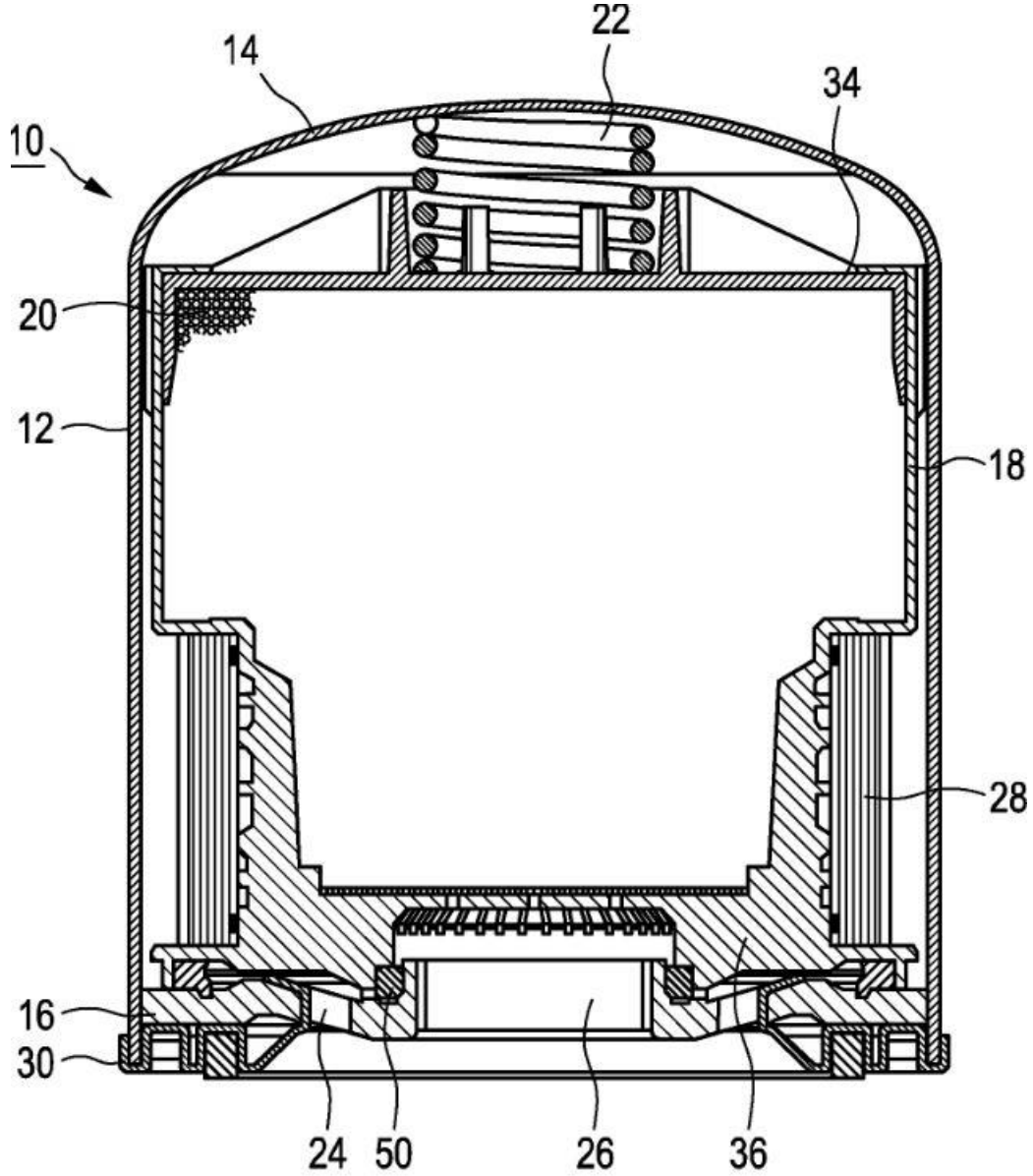
Bu sorunların çözümü olarak basınçlı hava sistemine bir hava kurutucusu ve benzer şekilde bir yağ filtresi eklenir. Hava filtresi, nemi ve yağ buharını gidermede etkiliyken; yağ filtresi, birleşik yağı temizleyebilir. Basınçlı hava, basınçlı havadaki nemi emen ya da gideren kurutucu bir malzemenin geçmeden önce yağı toplamak ya da birleştirmek için gözenekli bir malzemenin geçer. Basınçlı hava, nem içerdiğinden periyodik olarak ayrıştırılmış bir temizleme hacminden kurutucu madde boyunca akışıyla temizlenir. Hava kurutucularının normal çalışması sırasında, her bir boşaltma döngüsünde boşaltma havasıyla az miktarda su ve yağ dışarı atılır. Hava hattında yoğunlaşan, kurutucu madde tarafından yakalanan ve hava kompresörü silindirlerindeki baypas yağlamasından elde edilen yağ, atmosfere ve karayolu yüzeyine atılır. Yol yüzeyindeki yağ, yağışlı havalarda kayma tehlikesi oluşturur ve çevresel olarak uygun değildir. Aynı şekilde, motor yağı kompresör yağlaması için kullanıldığından, hava kurutucusu tahliyesi, ağır metallerle kirlenmiş motor yağı için çevresel bir bırakma noktasıdır.

Bilinen hava kurutucu sistemlerinde, kurutucu periyodik olarak değiştirilir. Döndürülebilir tip teneke kutu veya kartuşlar, bakım ve değiştirmeyi kolaylaştırdıkları için özellikle istenir. Bu şekilde, kurutucu bir teneke kutu kolayca çıkarılabilir ve yeni bir teneke kutu ile değiştirilir.

Bu çalışmada, yağın çevreye tahliye edilmesini ele alan ve bakım kolaylığını koruyan ve hava kurutucu tertibatının çalışması üzerinde olumsuz etkisi olmayan bir tasarım yapılmıştır. Bir temizleme rezervuarı, kurutucu malzemenin atmosfere verilmeden önce tahliye edilmesini sağlayan bir hava akımı almak üzere kurutucu madde boşluğu ile iletişim kurar. Düzenekte bir yağ emici kartuş, hava kurutucusunun tahliye vanası çıkışı ile iletişim halindedir ve kurutucu malzemeyi tahliye eden havadaki yağı çıkarmak için bir emici malzeme içerir.

Mevcut buluşun bir başka yönü, bir hava kurutucusunun kurutucu malzemesini temizleyen bir hava akışından yağ toplama yöntemidir. Düzenek, bir hava kurutucusunun bir temizleme havası akışıyla boşaltılmasını ve temizleme havası akışının atmosfere boşaltılmasından önce yağı, temizleme havası akışından ayırmayı içerir.

Schnittger' in (2015) yaptığı patent çalışması; özellikle ticari taşıtların sıkıştırılmış hava işleme sistemi için kullanılan hava kurutucu kartuşu ile ilgilidir. Amaç, basitleştirilmiş bir yapıya sahip geliştirilmiş bir hava kurutucu kartuş sağlamaktır.



Şekil 2.9. Schnittger' in tasarladığı hava kurutucu kartuşun kesit görünümü

Bu tür basınçlı hava işleme sistemleri, hava kurutucu kartuşları kamyon ve traktör gibi ticari araçlarda kullanılır. Bunlar genellikle, fren sistemleri veya basınçlı hava ile beslenmesi gereken hava süspansiyonları gibi yerlerde kullanılırlar. Sıkıştırılmış hava tipik olarak bir kompresör tarafından sağlanır. Basınçlı hava tüketicilerinin sorunsuz çalışmasını sağlamak için, kompresör tarafından sağlanan basınçlı hava genellikle daha

fazla işlenmelidir. Bu amaç için sağlanan basınçlı hava işleme sisteminde; basınçlı hava, daha önce emme havasında bulunan kir parçacıklarının yanı sıra, sıkıştırma işlemi sırasında kompresör tarafından basınçlı havanın içine giren yağ ve kurum parçacıklarını temizler ve nem basınçlı havada biriktirilir. Bu amaçla, ticari taşıtların basınçlı hava işleme sistemleri genellikle basınçlı havayı nemden arındıran, aynı zamanda yağ ve kir parçacıklarını emebilen hava kurutucu kartuşlarına sahiptir.

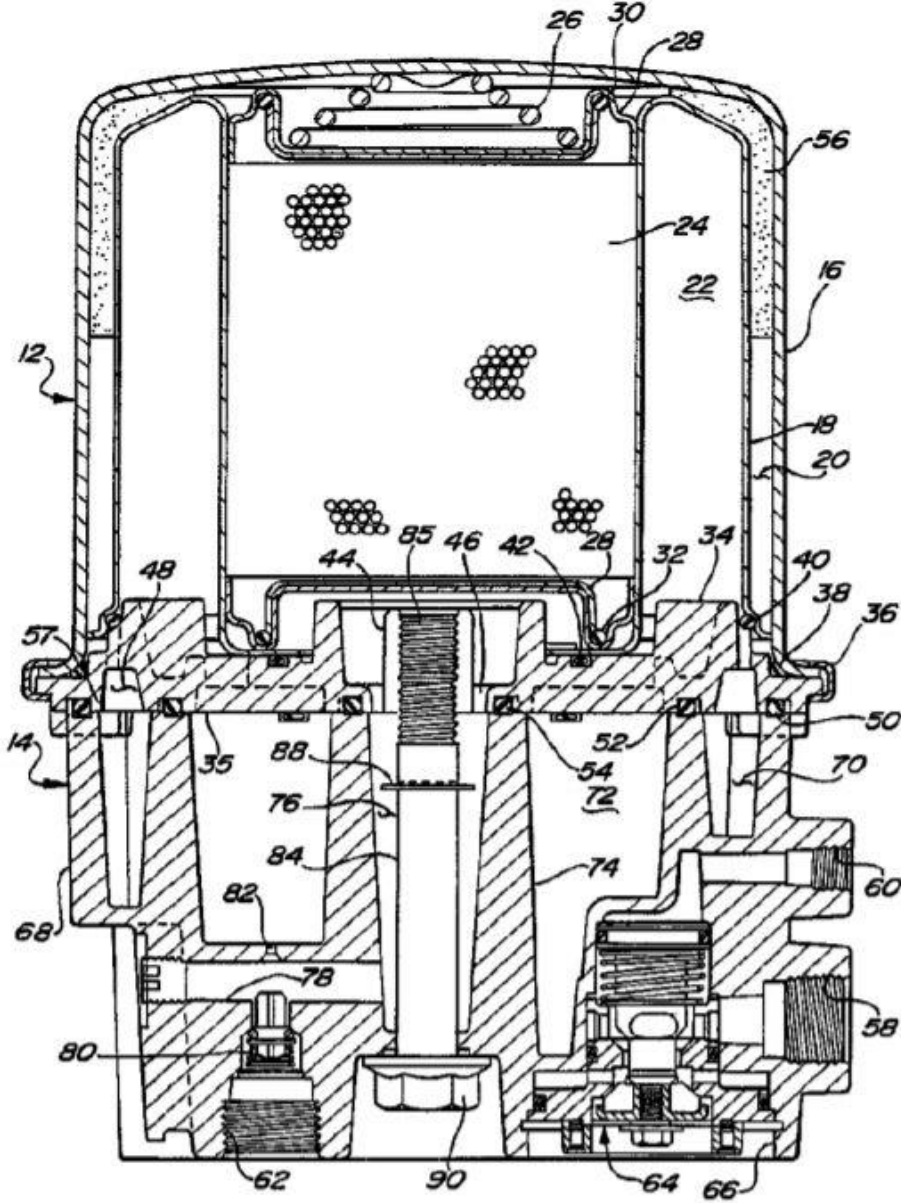
Ticari bir taşıtın basınçlı hava işleme sistemi için bir hava kurutucu kartuş, hava girişine, hava çıkışına ve bir mahfaza kapağına sahip bir kartuş yuvasına sahiptir. Bir kurutucunun yerleştirildiği kartuş yuvası, uç bölgesinde hava kurutucu mahfazası üzerindeki bir birleşme geçme kısmı ile birbirine geçen en az bir bağlantı parçasına sahiptir. Mahfaza kapağından, hava kurutucu kartuşuna basınç kuvvetleri uygulanacak şekilde, örneğin hava kurutucu mahfazasına doğrudan bir kuvvet akışı elde edilebilir.

Çalışmanın sahibi, hava kurutucu kartuşunun hava kurutucu mahfazası üzerine tutturulmasının böylece hava kurutma işleminin basınçlı iç bölgede gerçekleştiğini keşfetmiştir. Bu nedenle hava çıkışındaki rakor genellikle çelikten yapılmış kalın bir taban plakasına tutturulur. Ayrıca buluş sahibi, sadece hava kurutucu kartuşundan hava kurutucu mahfazasına dolaylı bir kuvvet akışının bulunduğunu keşfetmiştir. Bu nedenle, kartuş mahfazası üzerindeki basınç, alt plakadaki flanşları zorlar, bu nedenle başlangıçta alt plakaya bir güç iletimi gerçekleştirilir. Güçler daha sonra alt plakadan hava çıkışındaki rakora ve son olarak da hava kurutucu mahfazasındaki rakor bağlantısı üzerinden akmaya devam eder.

Çalışmanın amacı, basitleştirilmiş bir yapıya sahip geliştirilmiş bir hava kurutucu kartuş sağlamaktır. Hava kurutucu kartuş özellikle iyileştirilmiş bir güç akışının ve hava kurutucu mahfazası üzerindeki yüksek kuvvetlere izin vermesi için tasarlanmıştır.

Yerden kazanmak ve böylece daha fazla kurutucu barındırmak, hava kurutucu kartuşun basitleştirilmiş tasarımıyla mümkündür. Sonuç olarak, hava kurutucu kartuşu aynı miktarda kurutucu madde ile daha küçük olabilir veya aynı boyutta daha fazla kurutucu madde içerebilir.

Blevins' in (2006) yaptığı patent çalışma; hava kurutucu sisteminin montaj düzeneğine ilişkindir.



Şekil 2.10. Blevins' in tasarladığı hava kurutucunun bileşenleri

Birçok motorlu taşıt ve özellikle de ağır hizmet taşıtlarında, fren uygulanmasını kontrol etmek için hava basıncı kullanan havalı fren sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, yüksek basınçlı havayla fren sistemi haznesini şarj eden, araç motoru tarafından tahrik edilen bir hava kompresörüne sahiptir. Hava kompresörü, rezervuarı doldurmak ve rezervuar basıncını önceden belirlenmiş bir aralıktaki tutmak için gerektiğinde aralıklı olarak hava sağlamak üzere kontrol edilir. Havanın sıkıştırma işlemi suyun dibine çökmesi ile sonuçlanır. Hava freni sistemindeki su ve parçacıklar bileşenlerin bozulmasına neden olabilir ve fren sisteminin optimum

çalışmasını engelleyebilir. Buna göre, hava kurutucuları olarak bilinen hava freni sistemlerinde basınçlı havadan suyu almak için kullanılan çeşitli cihazlar vardır. Bir hava kurutucunun işlevi, suyun fren sistemi içine girmeden önce hava sistemi kirleticilerini katı, sıvı ve buhar formunda toplamak ve çıkarmaktır. Hava kurutucu, sistemin ömrünü uzatan ve bakım maliyetlerini azaltan fren sistemi bileşenleri için temiz ve kuru hava sağlar. Bir tip hava kurutucusu, diğer hava kurutucularında gerektiği şekilde su toplama rezervuarlarının günlük olarak elle boşaltılmasını ortadan kaldıran kurutucu bir malzeme içerir.

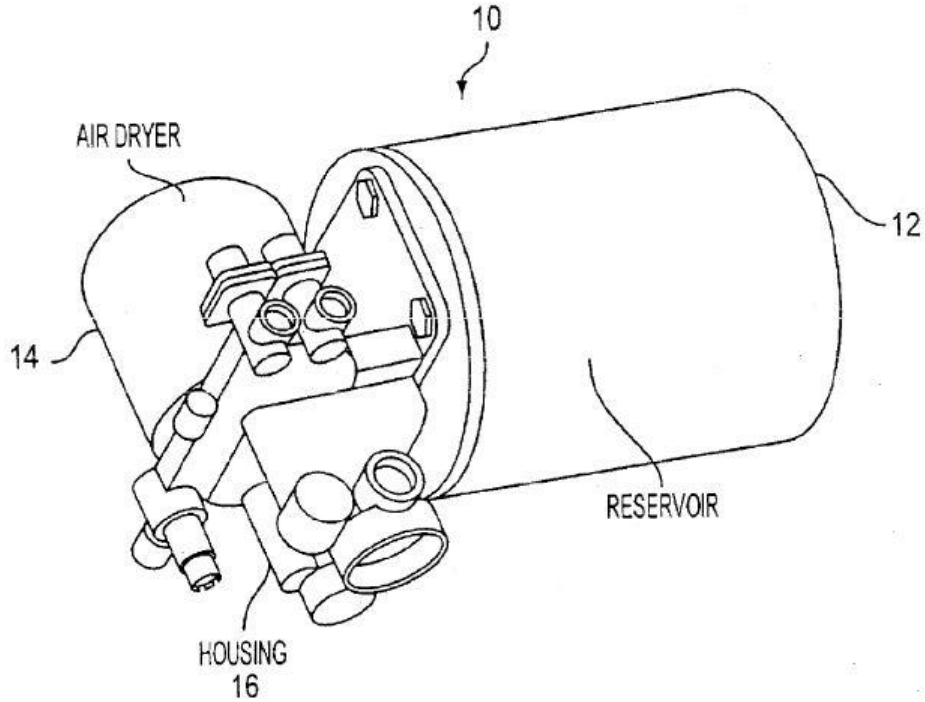
Kurutucu madde ihtiva eden tipli hava kurutucular, hava kompresöründen gelen ve hava hattından geçen suyu emen bir kurutucu madde kullanır. Yüksek basınçlı hava, hava kurutucuya girer ve su kurutucu madde tarafından emilir. Hava kurutucu ayrıca parçacıkları ve yağı hapsedmek için bir parçacık filtresi içerir. Sonunda, kurutucu madde suyu maksimum kapasiteye kadar emer. Kapana kısılmış bu suyu çıkarmanın bir yolu olarak; modern kurutucu tipi hava kurutucular, emilen suyu kurutucudan atmak için bir geri akış veya temizleme havası akışı içerir. Boşaltma hacmi olarak adlandırılan bir hazne, kompresör tarafından sağlanan yüksek basınçlı hava ile doldurulur. Kompresör, basınçlı hava üreten yüklü moddan boşaltma moduna geçtiğinde, boşaltma hacmindeki havanın kurutucu yatak içinden ters akış yönünde atmosfere sızmasına izin verilir. Temel boşaltma hacmi hava kurutucu tipleri, hava kurutucusundan ayrı olan ve bir hava hattı ile bağlanmış bir boşaltma hacmi rezervuarı kullanır. Başka bir tip, kurutucu bir madde içeren muhafazanın aynı zamanda temizleme hacmini de tanımladığı, entegre tahliye hacmi tipidir. Bu türler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır ve mükemmel performans sağlar.

Modern kurutucu tipi hava kurutucularda, servis periyodundan sonra yenilenme gerektirdiğinden kurutucu materyali çıkarmak için bazı araçlar sağlanmıştır. Kullanımda kurutucu madde; su tutma özelliklerini azaltan, yağ gibi kirletici maddeleri emer. Diğer hava kurutucu bileşenlerinin kullanım ömrü uzun olduğundan, kurutucu malzemenin çıkarılması için uygun bir sistem istenmektedir. Bir tür hava kurutucuda, döndürülebilir tip kurutucu kartuşlar kullanılır. Kurutucu kartuş, tüm ünitenin bir montaj yüzeyindeki dik bir çıkıntıya geçirileceği şekilde merkezi olarak rakor deliğine sahip olan yüklem plakalı bir teneke kutu şeklinde konvansiyonel bir motorlu taşıt döner yağ filtresini andırmaktadır. Bazı kurulumlarda, bu tip hava kurutucuların önemli bir dezavantajı vardır: Hava kurutucusunun monte edildiği kapalı alanlar nedeniyle kartuşa erişimin ciddi şekilde kısıtlanması. Bu kapalı alanlar, tipik olarak kullanılan bant tipi anahtarlar gibi

sökme aletlerini kullanarak kurutucu kartuşun takılmasını zorlaştırır. Diğer tipte hava kurutucuları, kurutucu malzemeye erişmek için önemli miktarda sökme işlemi gerektirir. Bu tiplerin bakım süreleri ve dolayısıyla maliyetleri fazladır.

Kurutucu kartuşun azaltılmış erişim gereksinimleri ile uygun bir şekilde monte edilmesine ve çıkarılmasına olanak tanıyan geliştirilmiş bir kurutucu kartuş bağlantı sistemine sahip bir hava kurutucusu tasarlanmıştır.

Quinn ve arkadaşlarının (2005) yaptıkları patent çalışması; hava kurutucularla ve daha özel olarak, bir modül olarak bir araya getirilen ayrı bir temizleme hacmini içeren bir hava kurutucu ile ilgilidir.



Şekil 2.11. Quinn ve arkadaşlarının tasarladıkları hava kurutucu modülü

Hava kurutucular, ağır vasıta hava fren sistemi ve diğer bileşenler için gereken havayı kurutmak için kullanılmıştır. Hava freni sistemlerinde temiz ve kuru havanın avantajları uzun zamandır bilinmektedir. Hava freni sisteminde tutulan nem, soğuk havada çalışması sırasında hava freni sisteminin bileşenlerinin donmasına neden olarak sistemi çalışamaz hale getirebilir. Bu önceki tekniğe ait hava kurutucular normal olarak,

içinden sıkıştırılmış havanın aktığı kurutucu bir materyali içerir. Araç hava kompresörü, araç hava rezervuarlarını yeterli bir basınç seviyesine kadar doldurduğunda, kompresör boşaltılır, böylece kompresör artık havayı sıkıştırmaz. Kompresör boşaldığında, hava kurutucu içinde taşınan bir tahliye vanasına bir sinyal iletilir ve bu da, depolanmış sıkıştırılmış havanın kurutucudan yeniden kurutulması için kontrollü bir hızda kurutucudan geri akmasına neden olur.

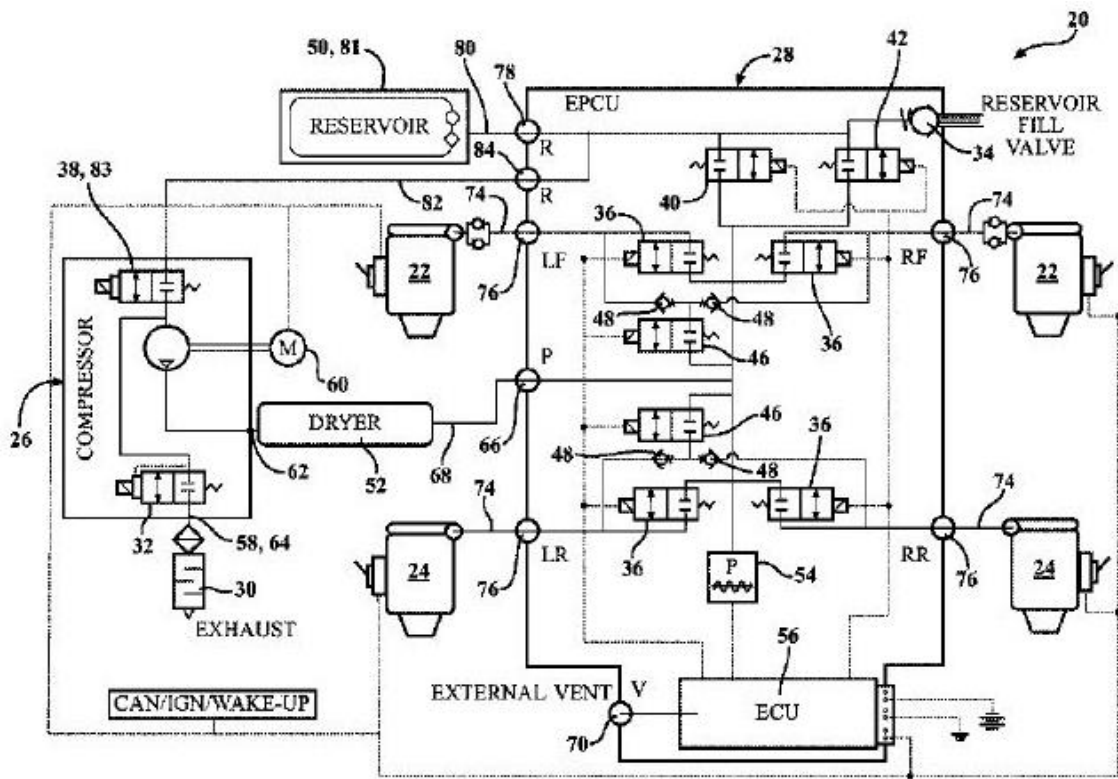
Hava kurutucu haznesi modülüne sahip basınçlı hava freni sistemi ayrıca, ikinci hava haznesi içerisinden uzağa yerleştirilmiş olan mahfazaya, hava kurutucusu ve ana madde arasındaki basınçlı hava akışını kontrol etmek için pnömatik devre bileşenlerini içeren mahfazaya pnömatik bir bağlantıya sahip olan bir birincil hava haznesi içerir. Birincil ve ikincil rezervuarlar tarafından beslenen pnömatik devrelerin izlenmesi için pnömatik devre koruma valfleri mahfazanın içine yerleştirilmiştir. Birincil ve ikincil rezervuarlar tarafından beslenen pnömatik devrelerin arızalarını tespit etmek için mahfaza içine bir arıza tespit aracı da yerleştirilmiştir ve bu pnömatik devrelerin arızalanması durumunda aracın hızını sınırlar.

Bu çalışmada, hava kurutucu rezervuar modülü olarak adlandırılan hava freni sisteminin hava şarjı ve arıtma alt sistemi; entegre bileşenler kullanılarak basitleştirilmiş ve uygun maliyetli bir hava şarjı alt sistemi sağlanmıştır. Hava kurutucu hazne modülü, standart üç hazne sisteminde kullanılan besleme haznesinin ortadan kaldırılmasına izin verecek şekilde düzenlenirken, hava kompresörü ve hava kurutucusu için hem ana hazneyi hem de ikincil hazneyi aynı anda algılayan bir araç sağlar.

Hava kurutucu hazne modülü; basınç koruma valfleri, hava kompresörü regülatörü, basınç tahliye valfleri, basınç sensörleri vb. gibi bileşenleri tedarik rezervuarına, tedarik rezervuar emniyet valfine, standart üç rezervuardan birkaçına gerek kalmayacak şekilde entegre eder. Parçaların, bağlantı parçalarının ve pnömatik hatların azaltılması, potansiyel arıza modlarını azaltır. Standart üç rezervuar sistemine göre, hava kurutucu hazne modülü aşağıdaki bileşenleri birleştirir: Hava kurutucu, birincil ve ikincil çek valfler, besleme ve ikincil drenaj valfleri, besleme rezervuar emniyet valfi, kompresör regülatörü, yardımcı sistem basınç koruma valfleri, birincil ve ikincil rezervuarlar.

kompresör veya pompa içerebilir. Bununla birlikte; manifold, kompresör çalıştırılırken basınç altında kalırsa, kompresör motoru artan tork gerektirir ve bu da motorun durmasına neden olabilir. Motor durursa, örneğin, sigortası atmış elektrik motoru gibi istenmeyen etkiler olabilir.

Sonuç olarak, kompresörü çalıştırmadan önce manifoldun belirli bir basınç altında (örneğin 3 bar) boşaltılması yaygındır. Manifolddan çıkan hava nedeniyle manifoldu boşaltırken farkedilir bir gürültü çıkar. Bu nedenle, bu tür hava yönetim sistemlerinde ve kompresör motorunun durmasını önlerken, egzoz gürültüsünü ortadan kaldırmak için hava yönetim sistemlerini çalışma yöntemlerinde gelişmelere ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2.13. Havalı süspansiyon kontrol sistemi

Bir ağır vasıta aracının bir hava süspansiyon tertibatını kontrol etmek için bir hava yönetim sistemi sağlanmıştır. Hava yönetim sistemi, basınçlı hava sağlamak için bir kompresör içerir. Basınçlı hava hacmini depolamak için kompresöre bir rezervuar tankı bağlanmıştır. Bir manifold bloğu, havalı süspansiyon tertibatıyla birleştirilmiş çok sayıda vanaya sahiptir; havalı süspansiyon tertibatına hava akışını kontrol etmek için, rezervuar tankına ve kompresöre bağlanmıştır. Hava yönetim sistemindeki basıncı belirlemek için

manifold bloğuna basınç sensörü bağlanmıştır. Rezervuar tankını ve kompresörün bir girişini doğrudan bağlamak için rezervuar tankına bir destek valfi bağlanmıştır. Bir elektronik kontrol ünitesi; çok sayıda vanaya, kompresöre ve en az bir basınç sensörüne bağlanır; destek valfini kullanarak rezervuar tankından kompresör girişine basınçlı hava sağlayacak şekilde yapılandırılır; manifold ile kompresör arasındaki basınç farkını belirler. Destek valfi ve manifold bloğundaki basınçlı havayı tükenmeden, kompresörün başlangıç torkunda bir azalma sağlamak için basınç farkının önceden belirlenmiş bir miktardan daha düşük olmasına yanıt olarak manifold bloğundaki basınç korunur.

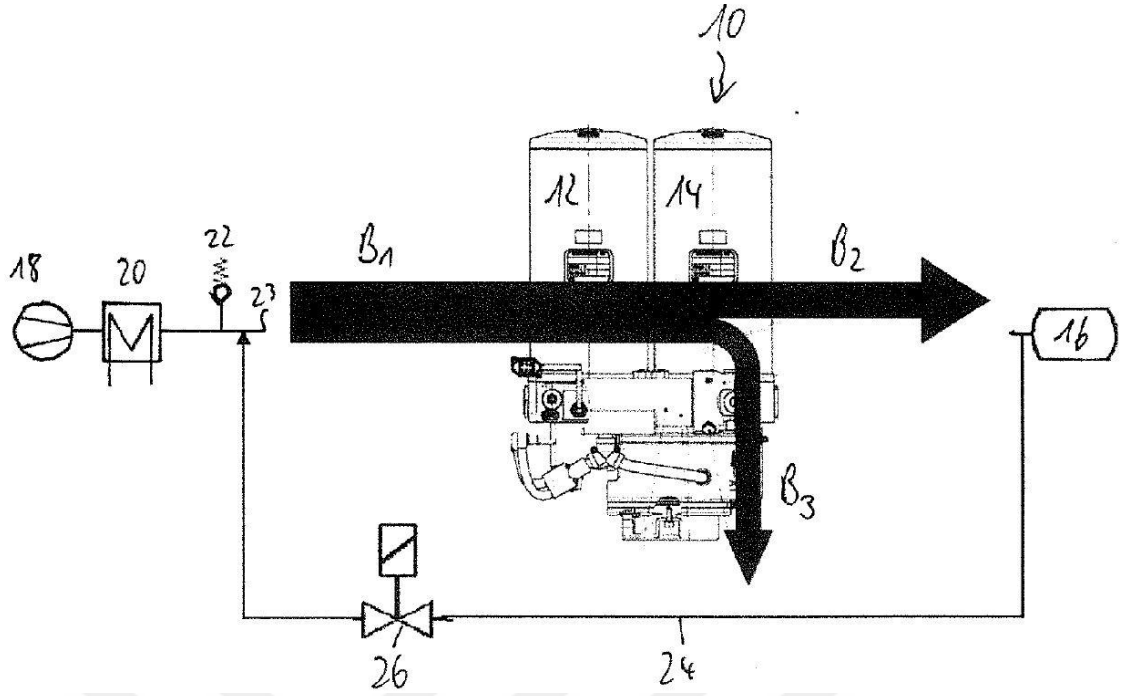
Bir kompresör ve bir havalı süspansiyon düzeneğine bağlanmış bir manifold bloğu ve kompresörün başlangıç torkunu azaltmak için bir hava yönetim sistemi de sağlanmıştır. Yöntem, bir rezervuar tankındaki havanın basınçlı hale getirilmesi ve rezervuar tankından kompresörün hava girişine basınçlı havanın temin edilmesi adımlarını içerir; bir manifold bloğu ve kompresör girişi arasında bir basınç farkını belirleyerek devam eder. Daha sonra, basınç farkına cevaben manifold bloğundaki basınç önceden belirlenmiş miktardan az tutularak korunur.

Sonuç olarak bu buluş, kompresörün başlangıç torkunu azaltırken; manifold bloğu boşaltılırken çıkan gürültünün oluşumunu ortadan kaldırır veya azaltır. Başlatma torkunun azaltılması, motorun durmasını önler.

Urra' nın (2015) yaptığı patent çalışması; bir demiryolu aracı için bir hava kurutma cihazı, basınçlı hava tedarik sistemi ve ilgili bir demiryolu aracı ile ilgilidir.

Raylı taşıtlarda pnömatik frenler ve diğer pnömatik tahrikli cihazlar sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle demiryolu taşıtları yüksek basınçlı hava tüketimine ve basınçlı hava sağlamak için basınçlı hava besleme cihazlarına sahiptir. Tüketici sistemlerine verilmeden önce havadan su atmak için bu tür basınçlı hava tedarik sistemleri için hava kurutma cihazları sağlanmıştır. Bununla birlikte, bu amaç için kullanılan kurutucu, genel olarak havadan çıkan suyu korur ve böylece verimliliği kaybeder. Bu nedenle kuru hava, zaman zaman içinde içine emilen suyu çıkarmak için kurutucudan üflenir. Bu işlem genellikle rejenerasyon olarak adlandırılır.

Açıklanan uygulamalar, bir raylı aracın bir hava kurutma cihazının verimini ve yenilenmesini geliştirir.



Şekil 2.14. Bir demiryolu aracı için basınçlı hava tedarik sistemi

Basınçlı bir hava besleme sistemi, bir veya daha fazla kompresör ve başka bileşenler, örneğin valf cihazları ve / veya filtre cihazları ve / veya yağ ayırıcılar içerebilir. Bir hava kurutma cihazı genel olarak bir birinci hava kurutucu kabı ve bir ikinci hava kurutucu kabı içerebilir. Hava kurutucu kapları birbirinden ayrı olarak yapılandırılabilir. Özellikle, hava kurutucu kaplarının, birbirlerinden ayrı olarak basınçlı hava ile beslenmesi ve / veya havalandırılması sağlanabilir. Bu amaç için bir veya daha fazla uygun valf sağlanabilir. Özellikle, birinci hava kurutucu kabı ve ikinci hava kurutucu kabı, basınçlı hava ile tedarik edilebilir ve / veya rejenerasyon için ayrı olarak havalandırılabilir. Bu amaçla, bir hava kurutucu kabı bir yandan atmosfere açılan bir valf yoluyla havalandırılabilir. Öte yandan, hava kurutucu kabına, örneğin bir açık giriş valfi vasıtasıyla basınçlı hava verilebilir. Bir rejenerasyon için sıkıştırılmış hava kuru hava olabilir. Valfler kontrol edilebilir. Bir hava kurutucu kap, kabın içine yerleştirilebilen bir kurutucuya sahip olabilir. Bir hava kurutma cihazının bir hava beslemesi olması mümkündür. Bir hava beslemesi bir hava girişi ve / veya bir hava borusu içerebilir. Hava beslemesi bir kompresöre bağlanabilir veya bağlanabilir. Basınçlı hava, hava beslemesi yoluyla hava kurutma cihazına tedarik edilebilir. Hava kurutma düzeneğinin, hava beslemesi yoluyla hava besleyici kaplardan birine akan havayı iletcek şekilde düzenlenmesi sağlanabilir, böylece içeri akan hava, hava kurutucu haznesinden akabilir.

Tüketicilere ve / veya saklama kaplarına bir dağıtım işletim modunda basınçlı hava sağlamak için, bir kompresör tarafından verilen havanın hava kurutma cihazına tedarik edilmesi ve / veya temin edilebilmesi sağlanabilir. Bu durumda, bir kompresörün havayla kurutma tertibatının bir hava beslemesine basınçlı hava verdiği bir durum genel olarak bir teslim işletim modu olarak kabul edilebilir. Bir kompresörün hava kurutma cihazına basınçlı hava vermediği bir çalışma modu, teslim edilmeyen bir çalışma modu olarak kabul edilebilir. Böyle bir durum, örneğin, eğer bir kompresör kapatılırsa ve / veya bir rölantı moduna geçirilirse, örneğin, tedarik edilecek pnömatik cihazlarda istenen tüm basınç seviyelerine ulaşıldığı için oluşabilir. Teslim edilmeyen bir işletme modu, özellikle, raylı aracın sabit olduğu bir durumu ifade edebilir. Özel olarak, bir hava kurutma cihazı, teslimat işletim modunda bir hava kurutucu kabından kurutulacak havayı iletmek üzere yapılandırılabilir. Kurutulacak havanın taşınacağı hava kurutucu kabı, aktif hava kurutucu kabı olarak adlandırılabilir. Aktif kaptaki hava kurutucu ile etkileşime girebilir ve özellikle kurutucuya su ve nem verir, böylece havanın kurutulması sağlanır. Hava kurutma cihazı, aktif kabın bir havalandırma valfi vasıtasıyla atmosfere hava iletmeyecek şekilde yapılandırılabilir. Hava kurutma cihazı, kurutulmuş havayı aktif bir kaptan bir hava çıkışına iletecek şekilde yapılandırılabilir. Bu durumda kurutucu su veya nemi tutabilir. Genel olarak, bir hava çıkışında bir veya daha fazla kanal ve / veya bir veya daha fazla basınçlı hava bağlantısı olabilir. Bir hava çıkışı, birinci hava kurutucu kabından ve / veya ikinci hava kurutucu kabından, özellikle aktif bir kaptan bir depolama alanına basınçlı hava iletmek üzere yapılandırılabilir. Hava çıkışı, örneğin bir basınçlı hava bağlantısı yoluyla bir depolama alanına bağlanabilir veya bağlanabilir. Bir hava çıkışı, bir akışkan bağlantısı veya bir hava akışı ile ilgili olarak, birinci hava kurutucu kabı ve / veya ikinci hava kurutucu kabı düzenlenecek ve / veya hava çıkışı arasında değiştirilebilecek şekilde düzenlenebilir. ve hava beslemesi. Bir akışkan bağlantısı veya bir hava akışı ile ilgili olarak, hava çıkışı düzenlenebilir ve / veya birinci hava kurutma kabı ve / veya ikinci hava kurutma kabı ve bir depolama alanı arasında değiştirilebilir. Kurutulacak havanın içinden akacağı kap, aktif olmayan kap olarak ifade edilebilir. Aktif olmayan kabın, hava çıkışı yoluyla kuru basınçlı hava sağlamak için işlevsel olmaması mümkündür.

Adams ve Jenkins' in (2019) yaptığı patent çalışması; genel olarak hava kurutucularla ve daha spesifik olarak iki veya daha fazla hava kurutucuyu tek bir düzeneğe bağlamak için bir manifold sistemine ilişkindir.

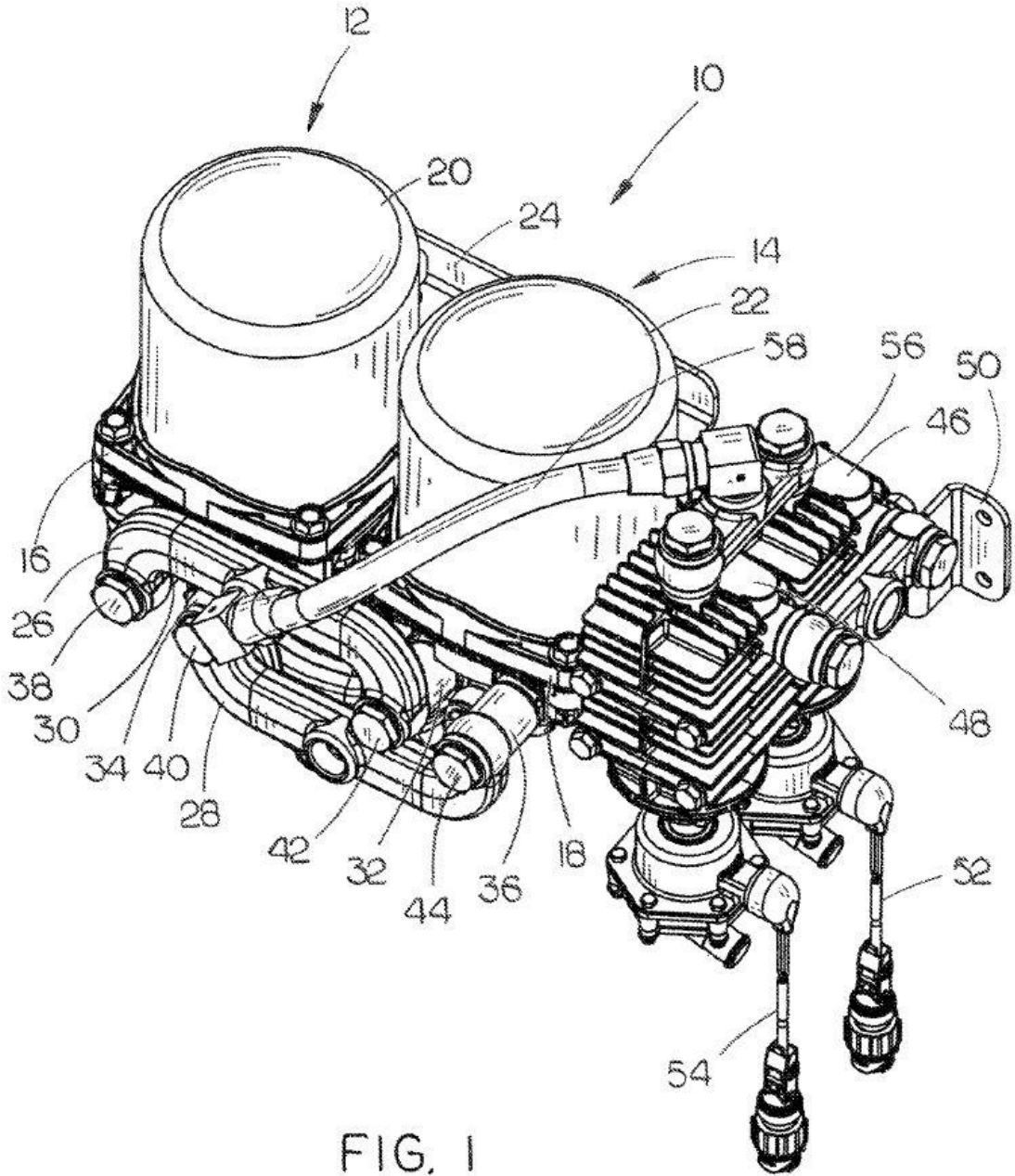
Havalı fren sistemleri, havalı debriyajlar, havalı süspansiyonlar vb. otobüsler, kamyonlar ve römorklar gibi ağır hizmet araçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür bir sistem tipik olarak, en azından basınçlı havayı üretmek için bir hava kompresörü, basınçlı havayı depolamak için bir hazne ve sistem içinde akan havadan nem ve diğer kirliticileri çıkarmak için bir hava kurutucusu içerir.

Tekli hava kurutucular faydalı olup amaçlarına hizmet ederken, sektördeki değişiklikler ve bakım beklentilerindeki değişiklikler ek hava kurutma kapasitesi ihtiyacını tetiklemiştir. Örneğin, daha büyük taşıtlar tipik olarak buna uygun olarak daha büyük hava sistemleri ve hava kurutucular gerektirir. Hava kurutucusunun daha uzun bakım aralıkları için bir istek (yani kurutucu kartuşun daha az sık değiştirilmesi) aynı şekilde arttırılmış kapasiteye sahip bir kurutucu gerektirir.

Hava kurutma kapasitesini arttırmanın çeşitli yolları önerilmiştir. Örneğin, bir yaklaşım, iki veya daha fazla tekli hava kurutucuyu, birden fazla hortum ve tertibatın bir kombinasyonunu kullanarak basınçlı bir hava sistemine bağlamaktır. Bu yaklaşım, dış hortumların ve bağlantı parçalarının düzenini ve düzenlemenin genel karmaşıklığını barındırmak için gereken nispeten büyük miktarda alanı içeren sayısız dezavantaja sahiptir.

Kurutma kapasitesinin arttırılmasına yönelik başka bir yaklaşım, hava kurutucu gövdesinin ve / veya kurutucu kartuşun boyutunun fiziksel olarak arttırılması olmuştur. Bu yaklaşım sadece yeni parçaların tasarımını ve üretimini değil aynı zamanda yeni parçaların mevcut parçalarla birlikte envantere tutulması gerektiği için artan stok maliyetlerini gerektirir. Ayrıca, kurutucu bir kartuşun boyutunda bir artış mutlaka kartuşun kurutma kapasitesini orantılı olarak arttırmaz.

Yine bir başka yaklaşım, iki kurutucu kartuş barındıran tek parça bir hava kurutucusunun sağlanmasıdır. Bu yaklaşım, aynı şekilde, yukarıda tartışıldığı gibi zararlı etkileri de içeren, stokta imal edilmesi ve muhafaza edilmesi gereken ayrı bir hava kurutucu gövdesi kısmı gerektirir.



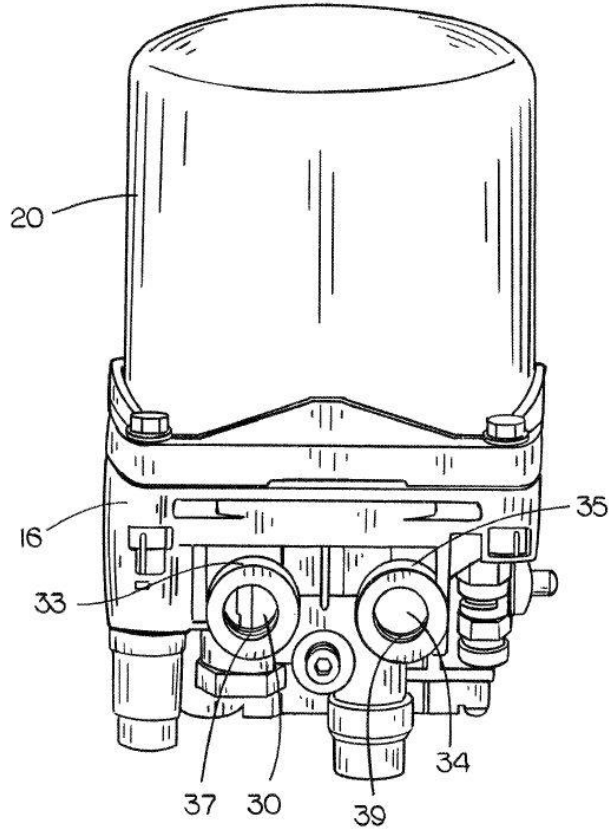
Şekil 2.15. Hava kurutucuların manifold sistemi ile montajlanması

Mevcut buluş, iki veya daha fazla hava kurutucusu ile kullanım için bir manifold sistemi içeren, kurutma kapasitesi artırılmış bir hava kurutucu düzeneğine yöneliktir. Bir yönde mevcut buluşun manifold sistemi, iki akış portunu akışkan olarak birbirine bağlayan bir iç geçiş yoluna sahip olan bir tedarik manifoldunu içerir. Akış portları, iki hava kurutma ünitesinin besleme bağlantı noktalarına, yan yana konumlandırılmış hava kurutma ünitelerine bağlanır. Manifold, kurutuculara, manifolddan tedarik portlarına bir sıvı akış yolu sağlayacak şekilde sabitlenir. Tercihen besleme manifoldu boyunca, iki akış portu arasında ortada konumlandırılan bir manifold portu, besleme havasının manifold

içine, iç geçiş yolundan iki hava kurutucusunun besleme portlarına yönlendirilmesine olanak sağlar.

Bir başka yönüyle bu buluş; manifold sistemi, iki akış portunu akışkan olarak birbirine bağlayan bir iç geçiş yoluna sahip olan bir dağıtım manifoldunu içerir. İletme manifoldu kurutuculara, bitişik hava kurutucu ünitelerin teslim portları vasıtasıyla manifoldun akış deliklerine sıvı akışını sağlayacak şekilde sabitlenir. İki hava kurutma ünitesinin dağıtım portlarından gelen hava; geçiş yolundan, tercihen dağıtım manifoldu boyunca ortasına yerleştirilmiş olan bir manifold portuna yönlendirilir.

Bir başka yönüyle bu buluş; manifold sistemi iki akış portunu birleştiren bir iç geçiş yolu içeren bir kontrol manifoldu içerir. Kontrol manifoldu, akış açıklıklarından akışkanın bitişik hava kurutucularının kontrol portlarına akışını sağlayacak şekilde bitişik hava kurutucularına bağlanır. Tercihen akış portları arasında yaklaşık olarak ortasına yerleştirilen bir manifold portu, havanın manifolda ve her iki kontrol portuna yönlendirilmesine izin verir.



Şekil 2.16. Manifoldta montajlanan hava kurutucu

Bir başka yönüyle bu buluş; manifold sistemi, iki akış portunu birleştiren bir iç geçiş yolu içeren bir temizleme manifoldu içerir. Temizleme manifoldu, bitişik hava kurutucularına, bitişik hava kurutucularının temizleme portlarından akışkan açıklıklarına akışkan akışı sağlayacak şekilde bağlanır. Tercihen akış portları arasında yaklaşık olarak ortasına yerleştirilmiş olan bir manifold portu, havanın her bir temizleme portundan, manifold boyunca ve manifold portunun dışına yönlendirilmesine izin verir.

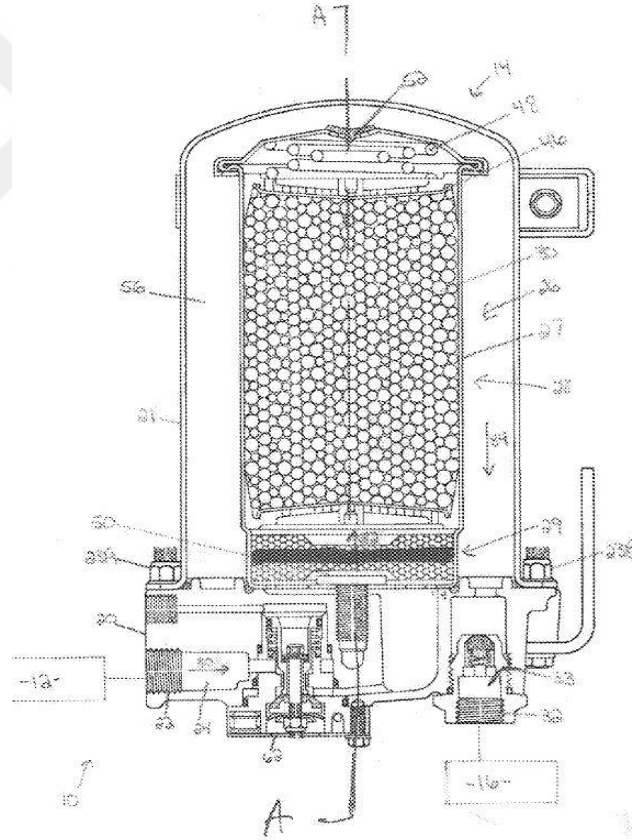
Bir başka yönüyle bu buluş; bir hava kurutucu düzeneği, her biri bir hava kurutucu gövdesi ve kurutucu kartuşu içeren, birbirine bitişik yerleştirilmiş birinci ve ikinci hava kurutucular içerir. Hava akımından yağ, su ve büyük kirletici maddeleri uzaklaştırmak için çalışan iki ön işlem birimi aynı montaj braketine bağlanır. Daha önce tarif edildiği gibi olan manifoldlar, hava kurutucularına, manifoldlardan ilgili besleme portlarına, dağıtım portlarına, kontrol portlarına ve bitişik hava kurutucularının tahliye portlarına sıvı akışını sağlayacak şekilde bağlanır. Bir ön işlem manifoldu, iki ön işlem ünitesinin çıkış portlarını, hava akımını ön işlem manifoldundan tedarik manifold portuna yönlendiren bir hortum ile birleştirir.

Fornof ve Quinn' in (2012) yaptığı patent çalışması; ağır vasıtalar, lokomotifler ve / veya basınçlı hava kullanan yardımcı cihazlar için basınçlı hava sisteminde kullanım için bir hava kurutucu tertibatı ile ilgilidir. Tipik ağır vasıta basınçlı hava sistemleri, havayı sıkıştırmak için bir kompresör, nemi ve kirletici maddeleri sıkıştırılmış havadan çıkarmak için bir hava kurutucu tertibatı, basınçlı havayı depolamak için bir hazne ve basınçlı havayı dağıtmak için diğer pnömatik sistem bileşenlerini içerir.

Tipik olarak, hava kurutucu tertibatı, sıkıştırılmış havanın nem içeriğini azaltmak için kompresörden aşağıya doğru monte edilir. Hava kurutucu tertibatı, frenleme sistemi bileşenleri için büyük ölçüde kuru basınçlı hava sağlar, böylece valfler ve pnömatik fren aktüatörleri gibi fren sistemi bileşenlerinin kullanım ömrünü arttırır. Fren sistemi bileşenlerine temiz kuru basınçlı hava sağlanması bakım maliyetlerini azaltır. Bazı hava kurutucularda, sıkıştırılmış hava bir şarj işlemi sırasında hava kurutucu tertibatından geçerken su buharını absorbe etmek için bir kurutucu madde kullanılır. Sıvı su ve su buharı kurutucuya emdirilir. Normal çalışma sırasında bir şarj süresinden sonra, kurutucu suya doymun hale gelir ve tekrar üretilmelidir. Kurutucu, kurutucudan geriye doğru bir yönde kuru, yüksek basınçlı havanın geçirilmesini içeren bir temizleme çevrimi vasıtasıyla yeniden üretilir.

Bir şarj çevrimi sırasında kompresöre giren ortam havasındaki nem ve parçacıklar mevcut olabilir ve ardından kompresörün içinden hava kurutucu tertibatına geçmektedir. Ek olarak, yağlama yağı, kompresörden çıkan basınçlı hava akımında bir aerosol olarak tutulabilir. Hava kurutucu verimi, parçacıklardan ve kurutucunun yüzeyinde birikebilen yağdan olumsuz olarak etkilenir ve kurutucunun su buharını emme yeteneğini azaltır.

Sıkıştırılmış hava akımında yağı etkili bir şekilde azaltan filtre edici elemanlar kullanarak kurutucunun yağ ile kirlenmesinin azaltılması arzu edilir. Bu filtre tipi, bir şarj döngüsü sırasında sıvı yağın filtreye yapıştığı bir yağ giderme filtresidir. Filtre, toplanan yağı bir yağ karterine bırakır. İkinci tip bir filtre, yağı bir aerosol formundan bir sıvı forma birleştiren bir yağ birleştirici filtredir. Bir birleştirici filtre bir yağ giderme filtresi ile birlikte kullanılabilir, böylece sıvı aerosol birleşme filtresindeki bir sıvıya dönüştürüldükten sonra sıvı yağ toplanır.

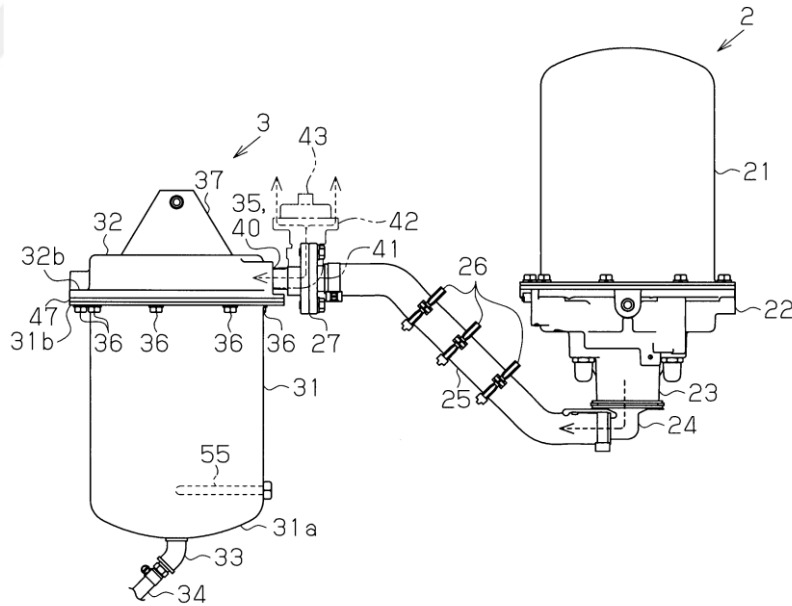


Şekil 2.17. Hava kurutucu kartuş yapısı

Mevcut buluşa göre; sıkıştırılmış bir hava sisteminde kullanılan bir hava kurutucu düzeneğinin, bir doldurma döngüsü sırasında bir kurutucunun üst tarafında ve bir temizleme döngüsü sırasında kurutucunun alt tarafında bir filtreleme kısmı içermektedir.

Filtreleme kısmı, kurutucu madde içerisindeki kanalı azaltırken katı, sıvı ve buhar halindeki kirletici maddeleri sıkıştırılmış havadan önemli ölçüde uzaklaştırır. Bu buluşun ilkelerini uygulayan bir düzeneğin bir düzenlemesinde, filtre etme kısmı, şarj döngüsü sırasında kurutucunun akış yukarı akışında yayılan bir katı gözenekli katman, lifli bir materyal katmanı ve dağıtıcı bir katman olarak düşünülmektedir. Lifli malzeme katmanından yukarı akıştaki sert gözenekli katman, katı halde yağ ve parçacıkları toplar. Lifli malzeme katmanı, sıvıyı toplamak için yağlı bir aerosol formundan bir sıvı forma birleştirir. Hem sert gözenekli katmandan hem de lifli malzeme katmanından aşağıya doğru difüze edici katman, basınçlı havayı lifli malzeme katmanından geçtikten sonra yayar. Dağınık hava, geliştirilmiş nem absorpsiyonu için kurutucuya esas olarak düzgün bir şekilde geçer.

Sugio ve Minato' nun (2019) yaptığı patent çalışması; hava kurutucusunun tahliyesi esnasında atmosfere atılan yağlı ve nemli havanın geri dönüştürülmesi ile ilgilidir.

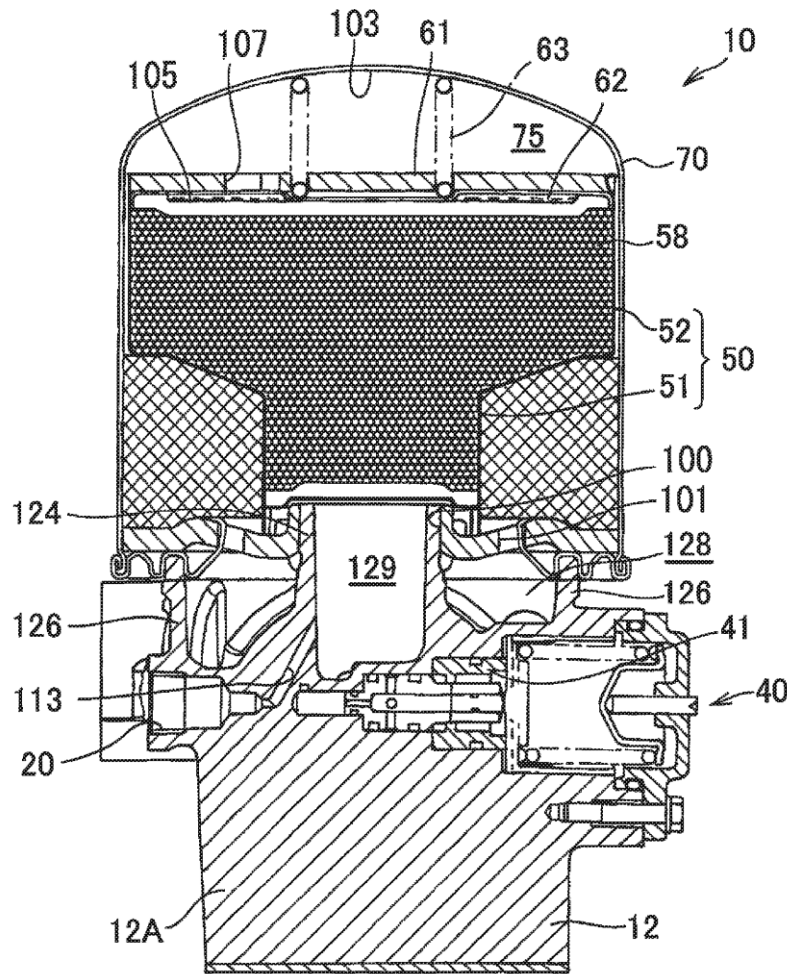


Şekil 2.18. Hava kurutucusunun çıkışına seperatör bağlanması

Kamyonlar, otobüsler ve inşaat makineleri gibi araçlar, doğrudan motora bağlı bir kompresörden gönderilen basınçlı hava kullanarak fren ve süspansiyon gibi sistemleri kontrol eder. Basınçlı hava atmosferde bulunan suyu ve kompresörün içini yağlayan yağı içerir. Nem veya yağ içeren bu basınçlı hava her sisteme girerse, kauçuk elemanın (O-

kurutucu ve bir yağ ayırıcı içeren bir basınçlı hava kurutma sisteminin dikey doğrultusundaki uzunluğun bastırılması gerekmektedir.

Minato ve arkadaşlarının (2020) yaptığı patent çalışması; basınçlı hava üzerinde kurutma işlemi gerçekleştiren bir hava kurutucudaki egzoz valfinden hava egzoz gürültüsünü azaltan susturucu ve susturucu içeren bir hava kurutucu ile ilgilidir. Mevcut buluş ayrıca, hava besleme süresi ayarlama fonksiyonuna sahip bir hava kurutucu için yenileme valfi cihazı ve rejenerasyon valfi cihazı içeren bir hava kurutucusu ile ilgilidir.

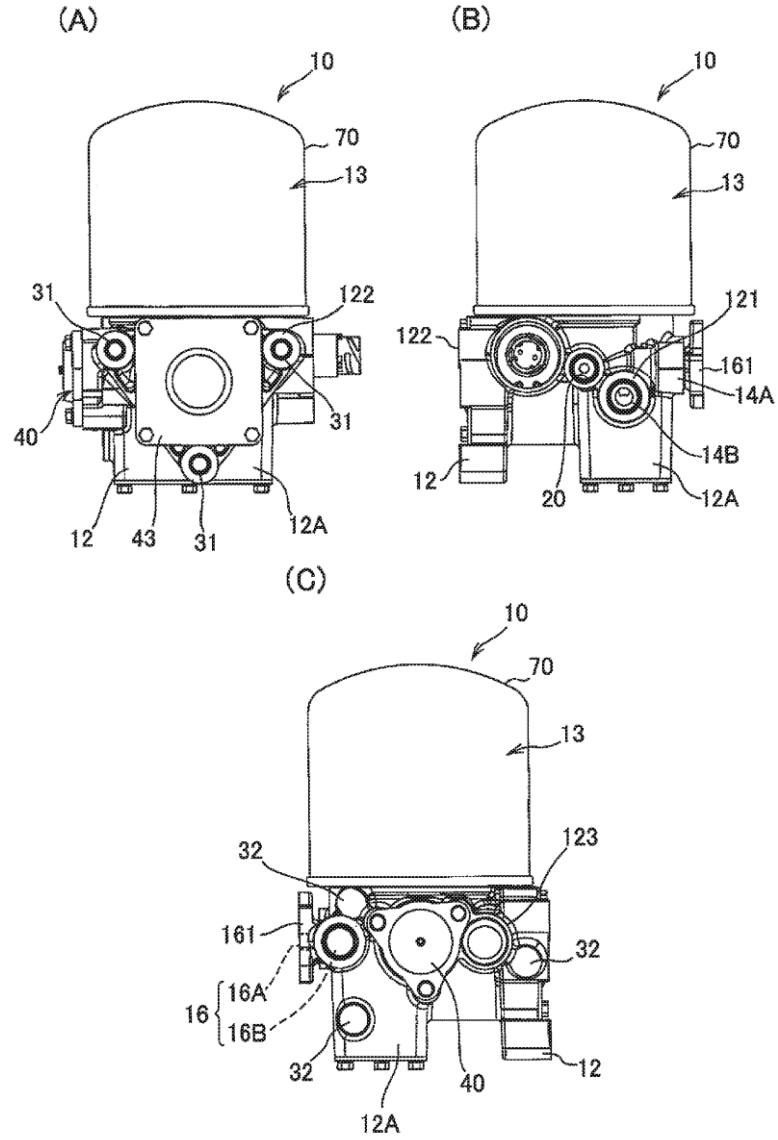


Şekil 2.20. Susturucu içeren bir hava kurutucunun kesiti

Genellikle, bu tip hava kurutucu bir aracın dar bir alanına monte edilir. Çoğu durumda, bu alan hava kurutucusunun monte edileceği araç modeline göre değişir. Bu nedenle, geleneksel hava kurutucu ile hava kurutucunun monte edileceği her araç için, bir montaj kısmının konumlarının tasarlanması ve araçtaki bir montaj konumuna göre ve montaj kısmının oluşturulması için basınçlı hava için bir giriş işlemi ve destekleyici bir

taban üzerindeki giriş yapılır. Bu nedenle hava kurutucusunun çok yönlülük açısından fakir olma ve üretkenlik açısından zayıf olma sorunları vardır.

Bu duruma göre, bu düzenlemenin bir birinci amacı, aynı konfigürasyon ile farklı montaj konumlarına monte edilmesini mümkün kılarak, çok yönlülük ve üretkenlikte geliştirilmiş bir hava kurutucusunun temin edilmesidir.



Şekil 2.21. Susturucu içeren bir hava kurutucusunun görünümleri

Ayrıca, geleneksel susturucu, egzoz valfinden boşaltılan havanın, bir filtre elemanı (gürültü emici malzeme) yoluyla boşaltıldığı, böylece önceden belirlenmiş bir gürültü emici etkinin elde edildiği bir konfigürasyona sahiptir. Ayrıca, susturucu, egzoz valfine bağımsız bir eleman olarak bağlanacak şekilde yapılandırılmıştır ve bu nedenle büyük bir hacme sahip olmanın dezavantajı vardır.

Bu duruma göre, bu buluşun ikinci bir amacı, basınçlı hava üzerinde kurutma işlemi gerçekleştiren bir hava kurutucusunda temin edilen bir susturucu içinde daha iyi bir susturucu etki sağlamak ve ayrıca bir havalandırmanın temin edilmesini gerektirmeyen bir susturucu sağlamaktır.

Minato ve Hasebe' nin (2015) yaptığı patent çalışması; basınçlı hava tedarik sistemi ve araca monte edilmiş hava kompresörü tarafından basınçlı hava sağlayan bir hava kompresörünü kontrol etme yöntemi ile ilgilidir.

Araçlara monte edilen hava kompresörlerinin çoğu motorlar tarafından tahrik edilir ve motorlara yük olur. Bu nedenle, hava kompresörlerinin motorların hızlanma performansını ve motor frenlerinin frenleme kuvvetini etkilemesi düşünülebilir.

Bu çalışmanın birinci amacı, hava kompresörünün çalışmasının motor performansı üzerindeki etkisini kontrol ederek aracın performansını arttırmaktır.

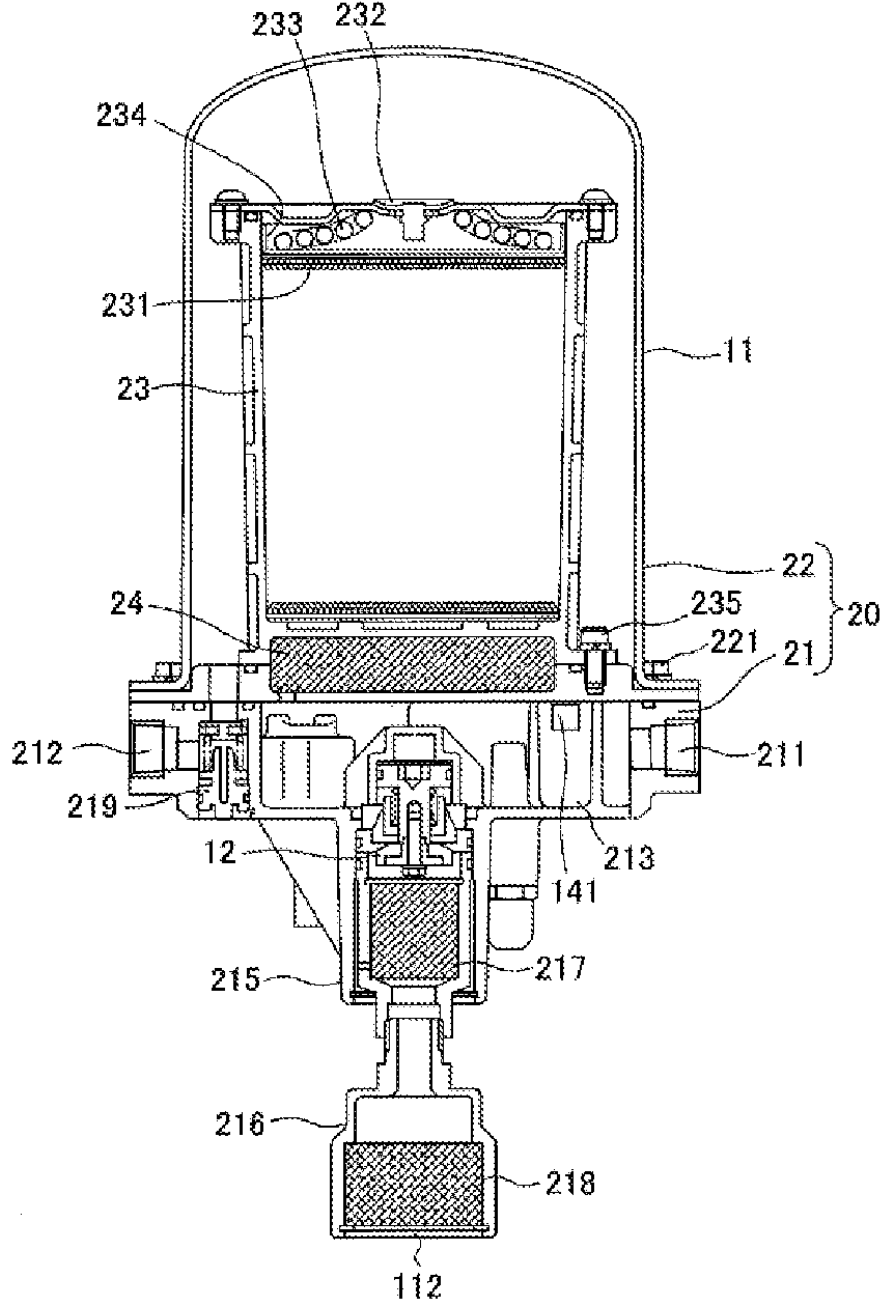
Ayrıca, geleneksel cihazda, filtrenin bozulması sürekli kullanımla hızlandığında, adsorpsiyon performansının geri kazanılmasında bir zorluk vardır. Bu nedenle, filtrenin periyodik olarak yenisiyle değiştirmek geneldir. Filtre için bir değiştirme süresinin belirlenmesi, bir kılavuz olarak aracın bir hareket mesafesi kullanan bir yöntemle veya atmosferik bir basınç ve bir havalandırma hacmi bazında filtrenin durumunu tahmin etme tekniği ile gerçekleştirilir. Bu yöntemler filtrenin durumunu tahmin ettiğinden, filtrenin ikame süresi, uygun bir zamandan daha erken neden olabilir.

Bu çalışmanın ikinci amacı, hava kompresöründen boşaltılan basınçlı havadaki nemi uzaklaştırmak için kurutma maddesinin değiştirme süresini doğru bir şekilde belirlemektir.

Ayrıca, geleneksel cihazda, filtrenin durumu, örneğin aracın hareket mesafesine, kurutucudaki atmosfer basıncına, havalandırma hacmine, kurutmanın bir rejenerasyon aralığına dayanarak tahmin edilir. Filtre tahmini sonuca göre ayarlanır. Böylece rejenerasyon koşulu, kurutma maddesinin durumuna göre değişmez.

Bu çalışmanın üçüncü amacı, filtreyi uygun şekilde değiştirmek üzere hava kompresöründen boşaltılan basınçlı havadaki nemi uzaklaştırmak için kurutma maddesinin gerçek bir durumunu tespit etmektir.

Bu arada, basınçlı hava, hava kurutucu içinde biriken çığ yoğunlaşma suyu gibi nemin dışarı atılması nedeniyle tüketildiği için, nem sık sık tükendiğinde, çok miktarda basınçlı hava tüketilir.



Şekil 2.22. Minato ve arkadaşının tasarladığı hava kurutucu

Bu çalışmanın dördüncü amacı, hava kurutucuda biriken nemin donmasını önlemek ve nemi boşaltmak için gereken basınçlı hava tüketimini korumaktır.

Filtrenin akış aşağısında bir nem algılama sensörünün yerleştirildiği ve filtrenin bozulmasının, nem algılama sensörünün tespit edilen bir değerine (nem değeri) göre ayırt edildiği bir yapılandırma varsayılmaktadır. Bununla birlikte, nem algılama sensörünün algılanan değerinin, sensörün monte edildiği bir konumun ortamlarına (hava akışı ve ortam sıcaklığı) göre farklı olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sensörün kurulum konumu

araçlara göre sıklıkla farklıdır ve sensörün tespit edilen değerine göre filtrenin değiştirme süresini doğru bir şekilde belirlemekte bir zorluk olduğu varsayılmaktadır.

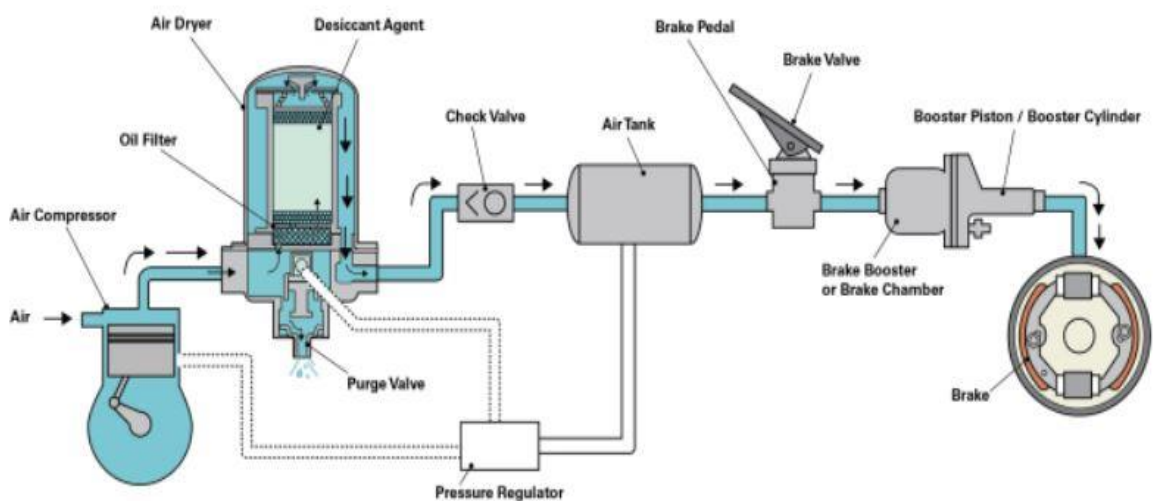


2.2. Hava Kurutucu

Ticari araçlarda, örneğin fren sistemlerinde, birçok kontrol ve kapalı döngü işlemi basınçlı hava ile çalışır. Bununla birlikte, hava boru ve kaplara zarar verebilecek, yağları kirletebilecek ve düşük sıcaklıklarda donabilecek nem içerir. Hava kurutucular, güvenlik sistemlerinin hatasız çalışmasını sağlamak için kullanılır. Havadaki nemi alır, borularda ve kaplarda korozyonu önler; erken aşınma ve arızalara karşı korur. Hava freni sistemlerinin çalışma güvenliğini garanti etmek için, hava kurutucularının üreticinin kurallarına göre değiştirilmesi zorunludur.

Mahle Filtre' ye göre; hava kurutucuların kullanılmasının gerekliliği şu şekilde açıklanabilir:

Kompresörden gelen basınçlı hava su buharı ve yağ içerir. Bir hava freni sisteminde nemli hava özellikle tehlikelidir, çünkü bu, önemli fonksiyonel parçaların aşınmasına neden olabilir. Kışın donma nedeniyle önemli işlevleri de engelleyebilir. Bu fren performansını etkiler ve tamamen arızaya yol açabilir. Önceden basınçlı hava freni sistemlerinde, hava tanklarını düzenli olarak manuel veya otomatik çalışan valflerle boşaltmak gerekliydi. Hava kurutucunun buluşu avantajlar sağlamıştır. Bu dahiyane buluşun arka planı; sistemden nemi çıkarmak yerine, ilk etapta girmesi önlenir. Hava kurutucu, emilen havanın içindeki nemi; kuvvetli bir şekilde ısındığında bile havanın nemini serbest bırakmayacak şekilde uzaklaştırır.



Şekil 2.23. Donaldson Filtre' nin hazırladığı hava kurutucu ve fren sistemi şeması

Mahle Filtre' nin yaptığı yayına göre ağır vasıtalarda hava kurutucular, kompresörden aldıkları basınçlı havayı temizleyip kurutarak araçtaki şu bölümlere gönderirler:

- Otobüslerin yolcu kapıları (açılış ve kapanış sırasında),
- Otobüslerin giriş tarafındaki pnömatik yay körükleri (yolcuların rahatça girip çıkabilmeleri için “indirme” olarak adlandırılan lateral indirme sırasında),
- Aracın ve dorsenin havalı süspansiyonu,
- Aracın ve dorsenin havalı fren sistemi,
- Yükleme ve boşaltma sırasında kamyonların yükseklik ayarı,
- Hava yastığı,
- Sürücü koltuğu,
- Debriyaj,
- Şanzıman,
- Egzoz gazı arıtma sistemi,
- Aletler için harici bağlantılar (darbeli tornavida, lastik basınç göstergesi, vb.).

Hava kurutucunun kartuşu ise şu şekilde açıklanabilir:

Gövdesi kalın duvarlı çelik bir kartuş ve vida dişi olan bir uç plakadan oluşur. Kurutucu ile doldurulmuş bir kap hava kurutucu kartuşunun içine yerleştirilmiştir. Kurutucu, çok açık gözenekli bir malzemeden yapılmış yaklaşık 1 ila 3 mm büyüklüğündeki granül malzeme olan minik silika taneciklerden oluşur. Çok sayıda küçük, düzenli gözenek, kanal ve boşluk göz önüne alındığında, aktif iç yüzey muazzamdır. Granüllerin kimyasal ve yapısal özellikleri, havadaki su buharının ve yağın yüzeylerinde birikmesini sağlar. Buna adsorpsiyon denir. Yağ damlacıklarının büyük kısmı ilk olarak hava kurutucuya geçerken metal yağ ayırıcı tarafından uzaklaştırılır. Metal lifler yağı kurutucudan daha etkili bir şekilde hapseder. Kurutucuya girdikten sonra, servis haznesine taşınmadan önce kurutucudan hava geçer. Kurutucudan hava geçerken kalan su ve yağ kurutucu boncuklara yapışır. Granüllerin yüzeyinin büyük kısmı yaklaşık 3 ila 5 dakikalık bir kompresör çalışma süresinden sonra doyurulur ve bu nedenle yeniden basınçlı hava üretilmelidir. Bu amaçla kompresörden hava iletimi kesilir, ayrı rejenerasyon hava kabından basınçlı hava ters yönde hava kurutucudan geçirilir.

Kurutucu tarafından adsorbe edilen su buharı, basıncı hafifleterek giderilir, hava akışı tarafından uzaklaştırılır ve rejenerasyon havası ile birlikte bir tahliye valfi vasıtasıyla dışarıya boşaltılır.



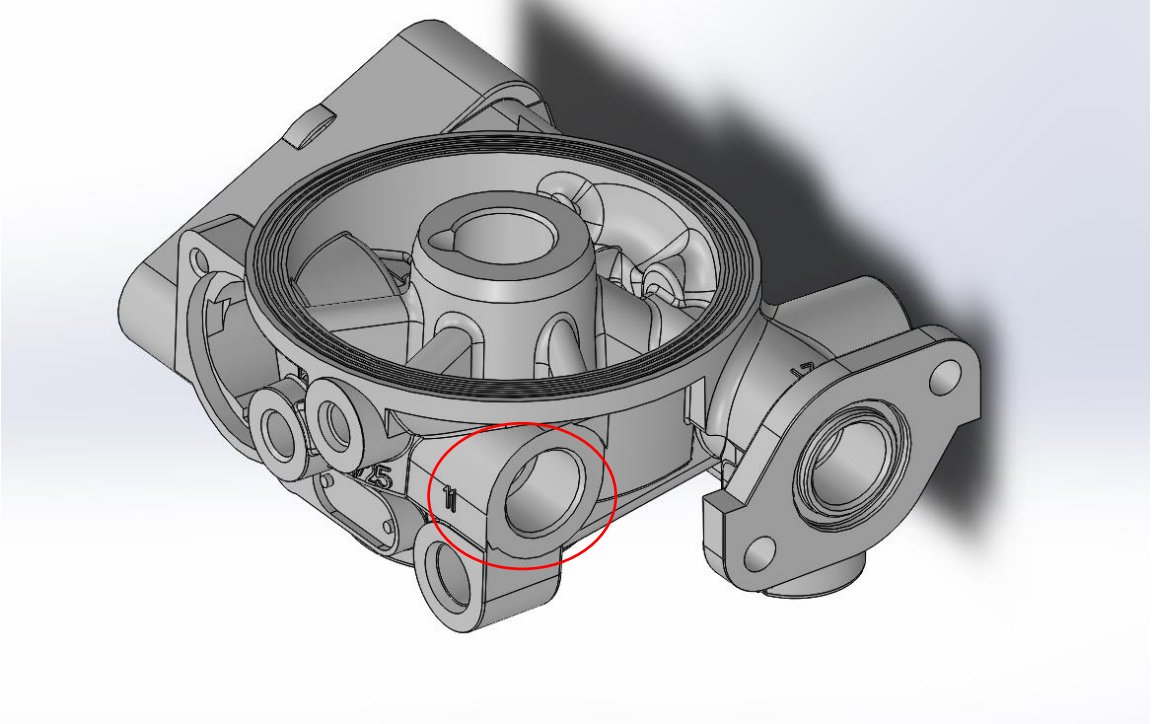
Şekil 2.24. Dufy ve Wright' ın (2016) yazdığı kitaptaki, kartuş içindeki kurutucu granül

Düzenli çalışma için hava kurutucusunun düzenli olarak yenilenmesi gerekir. Aynı zamanda, rejenerasyon aşamasından kaynaklanan çalışma duraklaması kompresöre soğuma fırsatı verir. Kesintisiz işletimde, kompresör çok sıcak çalışacak; basınçlı havadaki yağ içeriğinin şiddetli bir şekilde yükselmesine neden olacak ve aşırı ısınmanın bir sonucu olarak havadaki yağ da kimyasal olarak ayrışacaktır. Pnömatik sistem bu nedenle, kompresörü rejenerasyon zamanının üçte ikisinden daha uzun süre çalıştırmayacak şekilde hava üretimini sağlar.

Hava kurutucular geometrik olarak birçok giriş-çıkış portuna sahiptirler. Kurutucular; emniyet valfi, lastik şişirme portu, tahliye portu, hava girişi, hava çıkışı, by-pass hava çıkışı, ısıtıcı gibi portlardan/bölgelerden oluşur. Bazı portların görevleri ortaktır. Bütün portların görevi aşağıda anlatılmıştır:

11 Numaralı Port

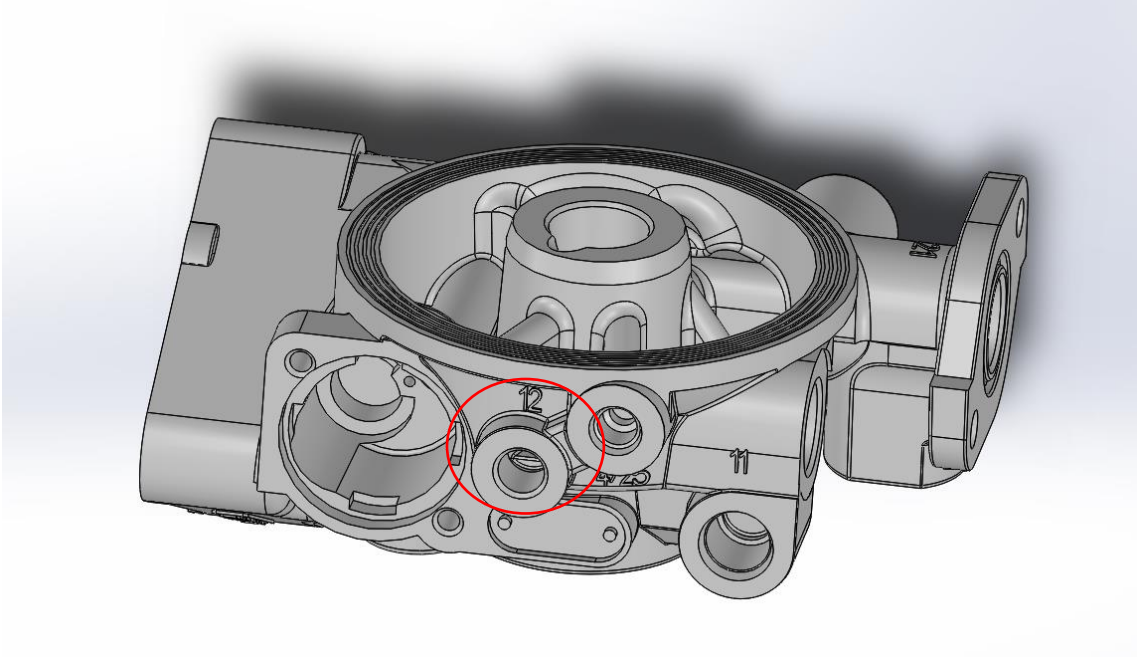
Kompresörden gelen hava, kurutucuya buradan giriş yapmaktadır.



Şekil 2.26. Hava kurutucu 11 numaralı port

12 Numaralı Port

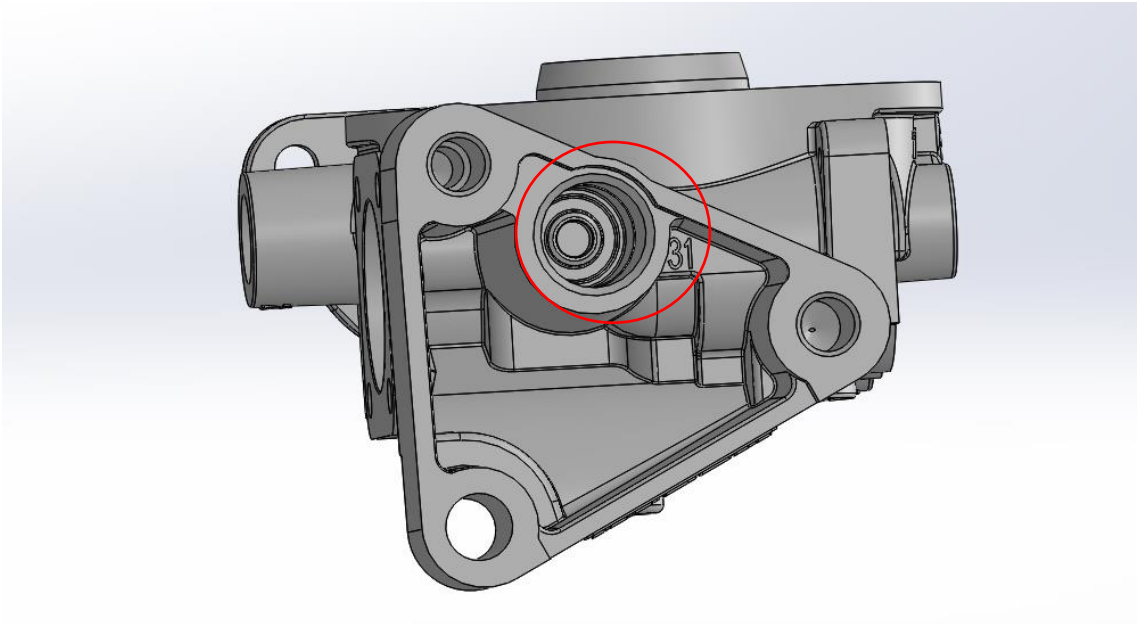
Buradan da hava girişi yapılabilir. 11 numaralı giriş portu ile birbirini görmektedir, kullanılacak aracın marka/modeline, kurutucu montaj konumuna göre hava bu porttan da giriş yapılabilir.



Şekil 2.27. Hava kurutucu 12 numaralı port

31 Numaralı Port

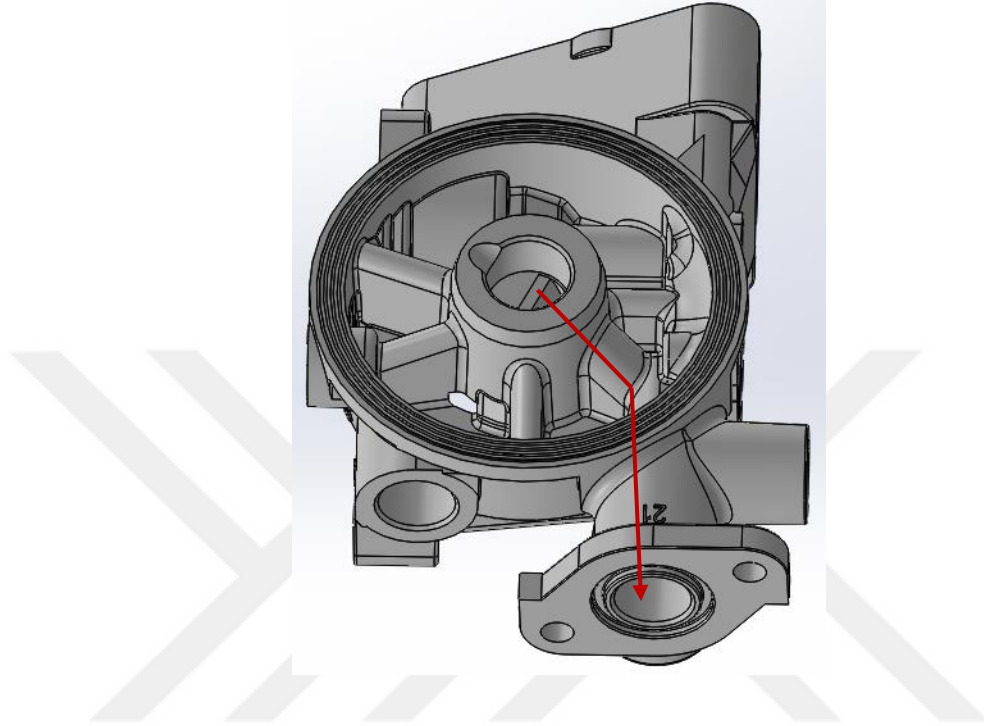
Emniyet ventilidir (valf). Sistemde herhangi bir tıkanıklık ya da arıza olursa hava buradan atmosfere tahliye olmaktadır.



Şekil 2.28. Hava kurutucu 31 numaralı port

21 Numaralı Port

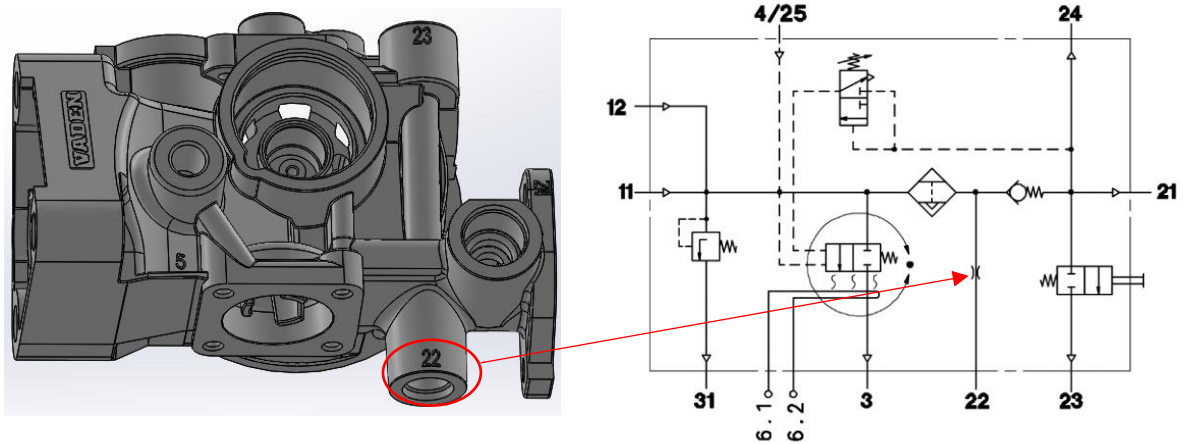
Filtrede kurutulup temizlenen hava; bu kanaldan, araçta gerekli yerlerde kullanılmak üzere dağıtıcıya çıkış yapmaktadır.



Şekil 2.29. Hava kurutucu 21 numaralı port

22 Numaralı Port

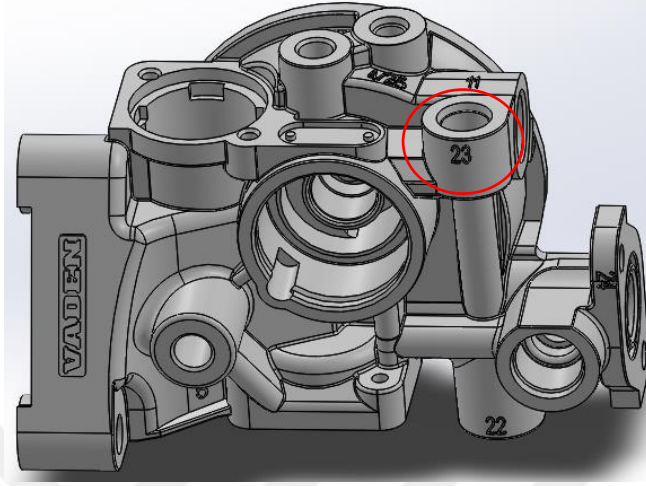
Bu porttan da filtrelenen temiz hava çıkışı yapılabilmektedir. (kısılmış basınçlı hava)



Şekil 2.30. Hava kurutucu 22 numaralı port

23 Numaralı Port

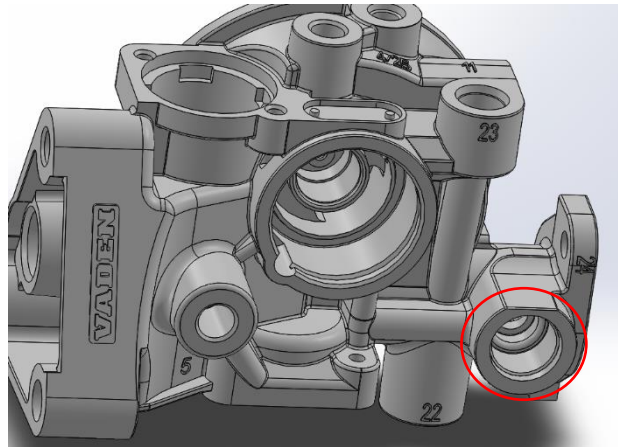
Bu port, çıkış portlarından lastik şişirme portudur.



Şekil 2.31. Hava kurutucu 23 numaralı port

24 Numaralı Port

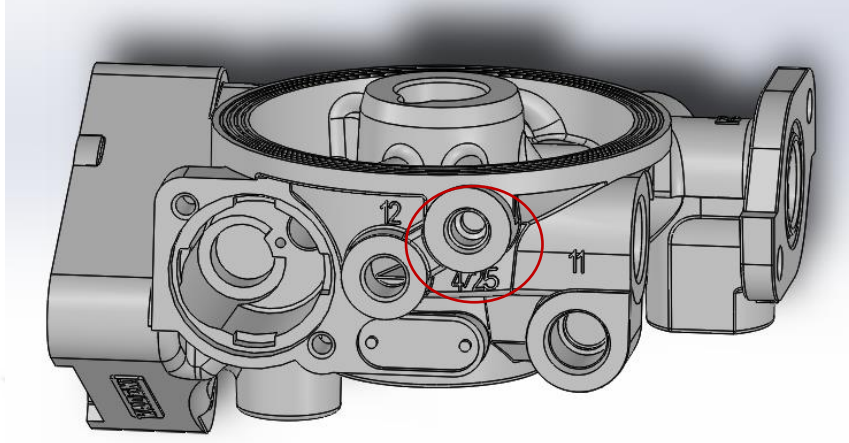
Bu port da çıkış portlarındandır. Filtrelenen hava bu porttan da çıkış yapabilmektedir. Çıkış portlarının birden fazla olması; filtrelenen havanın araçtaki gerekli bütün bileşenlere ulaştırılabilmesi gerektiğindedir. Üretici ürüne konfigürasyon uygulayıp, kataloğunda; x konfigürasyon a marka/model, b montaj tipine uygun; y konfigürasyon c marka/model, d montaj tipine uygun şeklinde belirtmektedir.



Şekil 2.32. Hava kurutucu 24 numaralı port

4/25 Numaralı Port

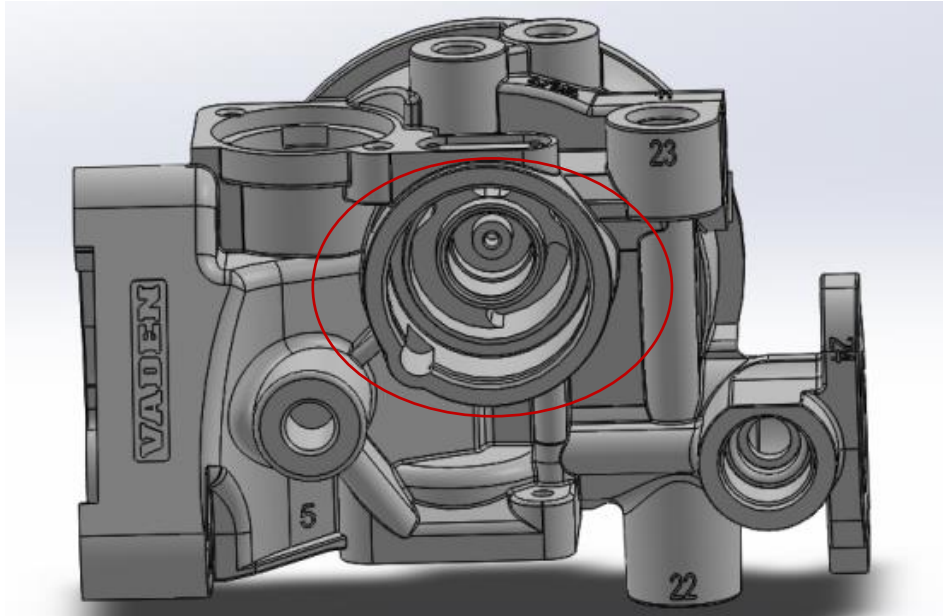
Bu port, kompresörden gelen by-pass hattıdır.



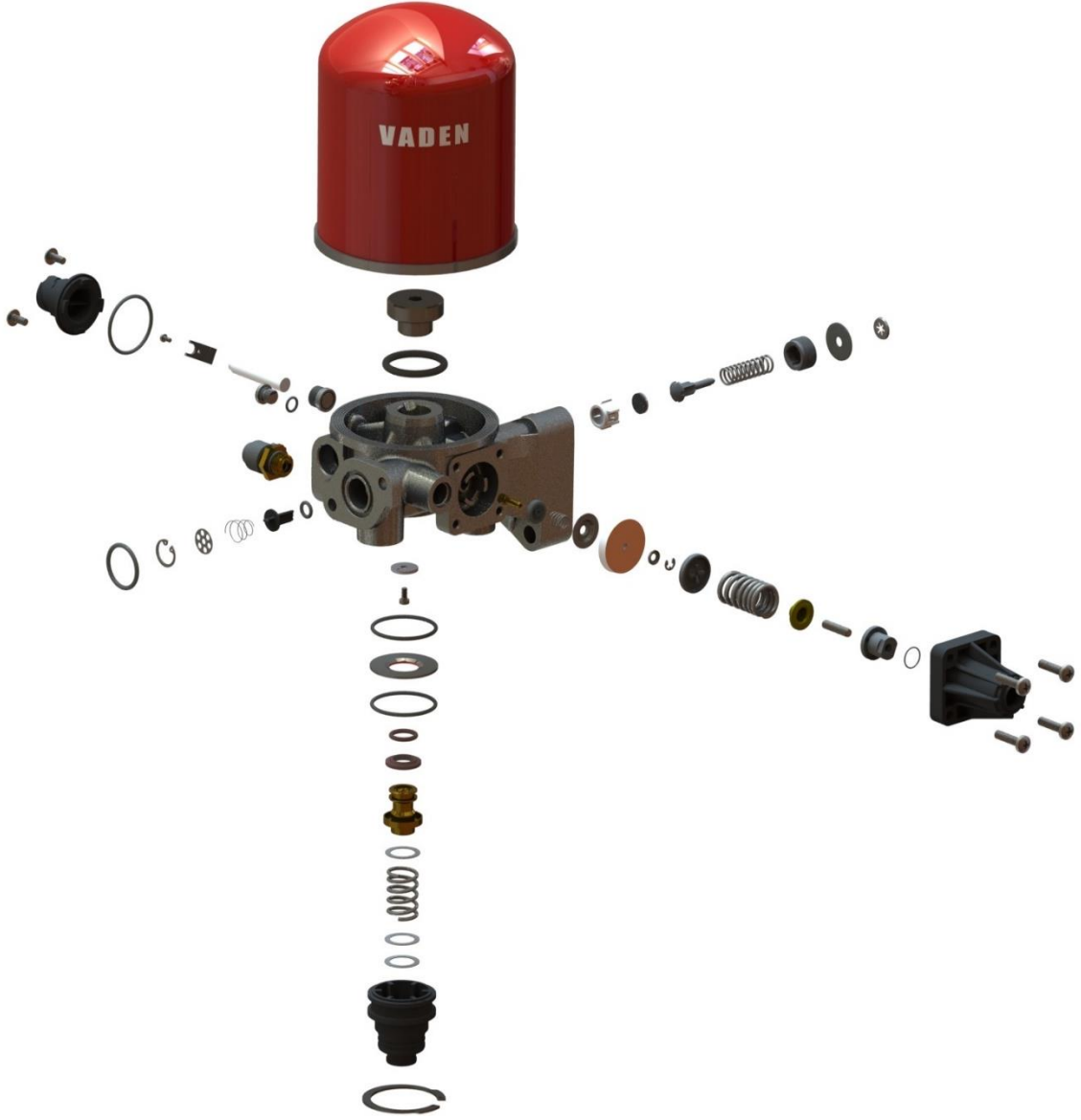
Şekil 2.33. Hava kurutucu 4/25 numaralı port

3 Numaralı Port

Tahliye portudur. Tanklarda depolanan hava basıncı, ayarlanan basınca ulaştığı zaman bu porttan atmosfere hava çıkışı gerçekleşir.

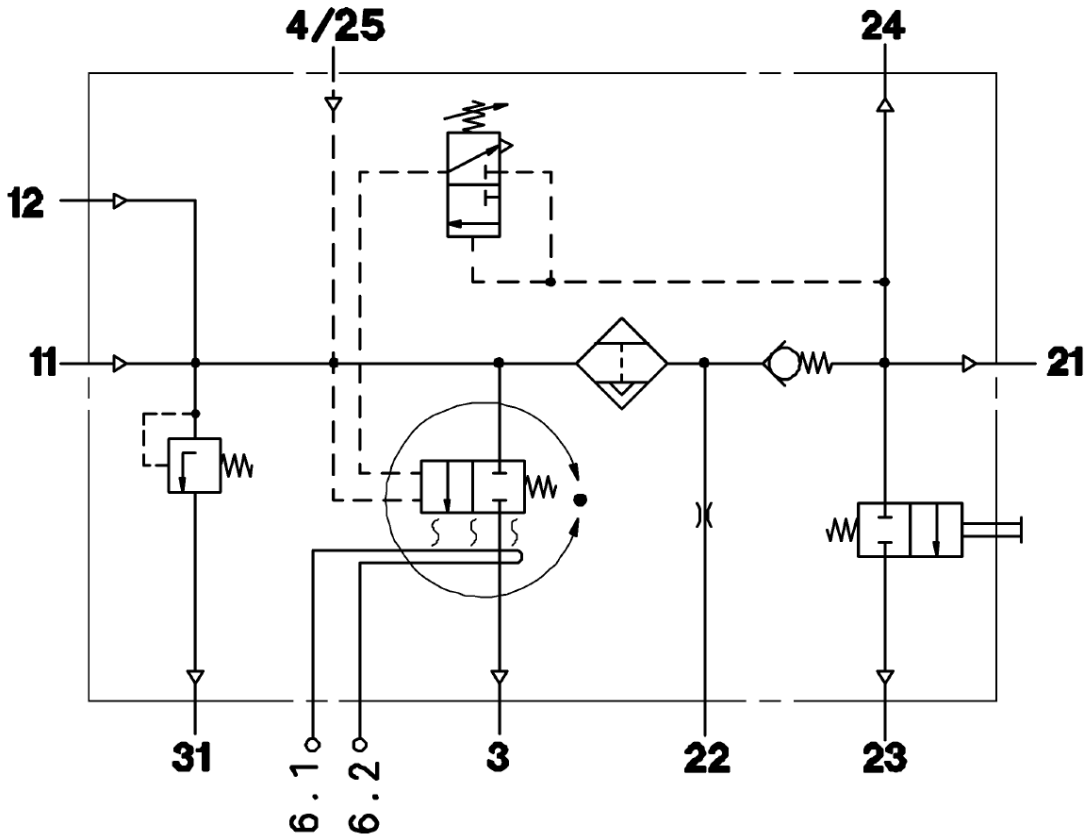


Şekil 2.34. Hava kurutucu 3 numaralı port



Şekil 2.35. Hava kurutucu patlatılmış görünüm

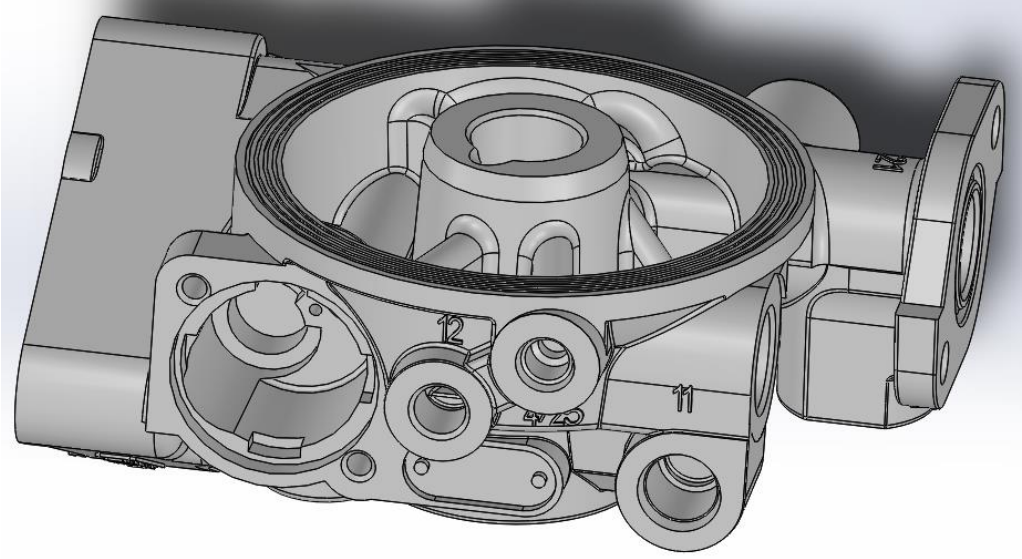
2.2.2. Hava Kurutucu Çalışma Prensibi



Şekil 2.36. Hava kurutucu devre şeması

Hava kurutucunun devre şeması yukarıdaki resimde gösterilmiştir. Buna göre: Kompresörden gelen basınçlı hava 11 numaralı porttan giriş yapmaktadır. 12 numaralı porttan da hava girişi yapılabilir. 31 numaralı port emniyet valfidir; sistemde herhangi bir arıza veya tıkanıklık olursa hava buradan atmosfere tahliye edilmektedir. 21 numaralı port; dağıtıcıya, tanklara temiz ve kurutulmuş hava gönderen porttur. 22 numaralı porttan da temiz ve kurutulmuş hava, kısılmış olarak çıkış yapabilir. 23 numaralı port, çıkış portlarından lastik şişirme portudur. 24 numaralı porttan da temiz ve kurutulmuş hava çıkış yapabilir.

Devre şemasında 6.1 ve 6.2 numara ile gösterilen ısıtıcı ve sensördür. 2°C ' nin altındaki sıcaklığı algılayan sensör, sistemin donmasının engellemek için ısıtıcıya komut gönderir ve böylece ortam sıcaklığı yükselir.



Şekil 2.37. Hava kurutucu gövdesi

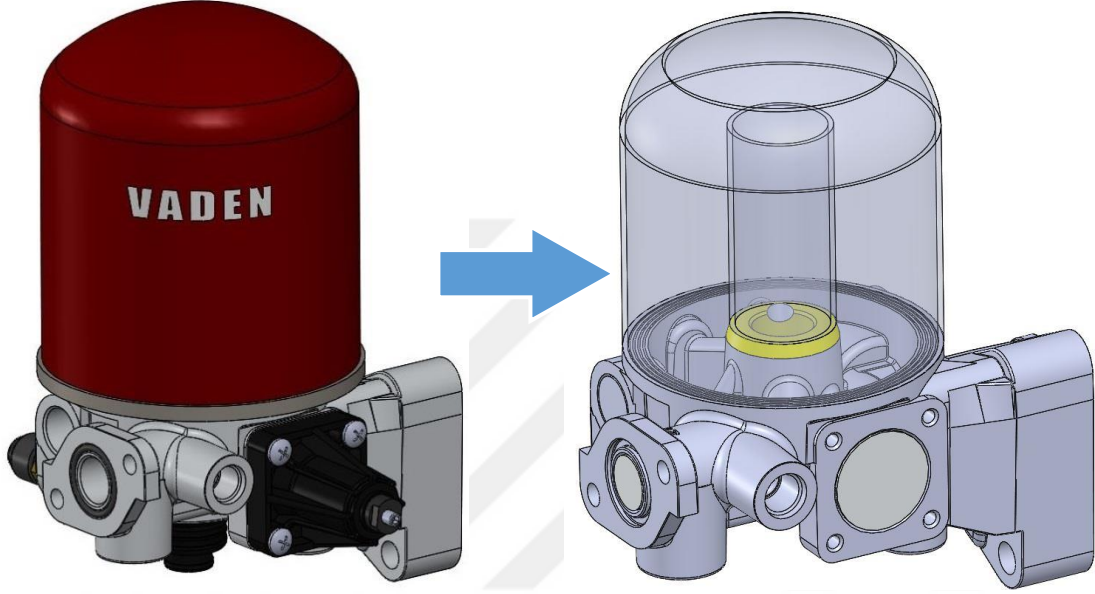
4/25 ve 3 nolu portlar: 4/25 nolu port, by-pass hattıdır. Gelen hava kurutucudan geçtikten sonra set basıncı olan 12 ($\pm 0,4$ bar) bar seviyesine (bu basınç valfteki setskurdan ayarlanabilir) ulaştığı anda valf yayını yenip valfin yön değiştirmesini sağlamaktadır. 3 nolu porta bağlı valfe gelen 12 bar'lık basınçlı hava, bu valfi tetiklemektedir. Valf tetiklenmesi sonrası ise kompresörden gelen hava, kurutucuya girmek yerine yön valfi vasıtasıyla, atmosfere açılan 3 nolu portu tercih etmektedir. Bu geçiş ile birlikte alışılan tahliye sesi ile birlikte tahliye işlemi gerçekleşmiş olur.

Tahliye sonrası ise basınç, optimum kapama basıncı olan 10 bar'a ($\pm 0,4$ bar) düşer. Bu bilgi valf yayının olduğu ve 3 nolu portun bulunduğu yere ulaştığında yay tekrar eski konumuna gelerek 3 ve 4/25 numaralı portlara giden hava akışı kesilir. Basınçlı hava 21 numaralı çıkış hattına tekrar gelerek, tank doldurulmaya başlanır. Böylece 1 çevrim gerçekleşmiş olur.



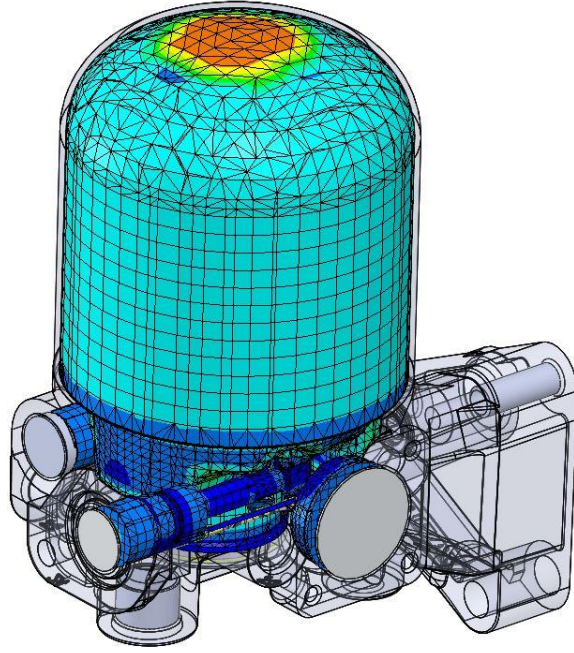
2.2.3. Hava Kurutucu Akış Analizi

Hava kurutucunun akış analizi yapılırken, modeli basitleştirmek adına gereksiz bileşenler modelden çıkartılmıştır. Akış analizi yapılırken, bilindiği gibi kapalı bir hacme ihtiyaç vardır. Kapalı bir hacim oluşturmak için bütün portlar kapatılmıştır.



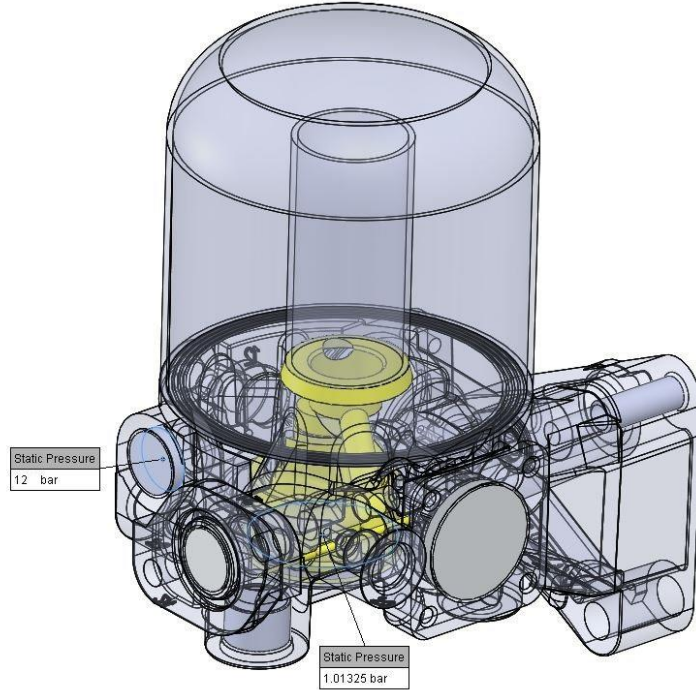
Şekil 2.38. Analize hazırlık için modelin hazırlanması

Hava hacmine mesh oluşturulurken; Solidworks Flow Simulation programındaki otomatik ayarlardan 3.seviye bir mesh oluşturulmuştur.



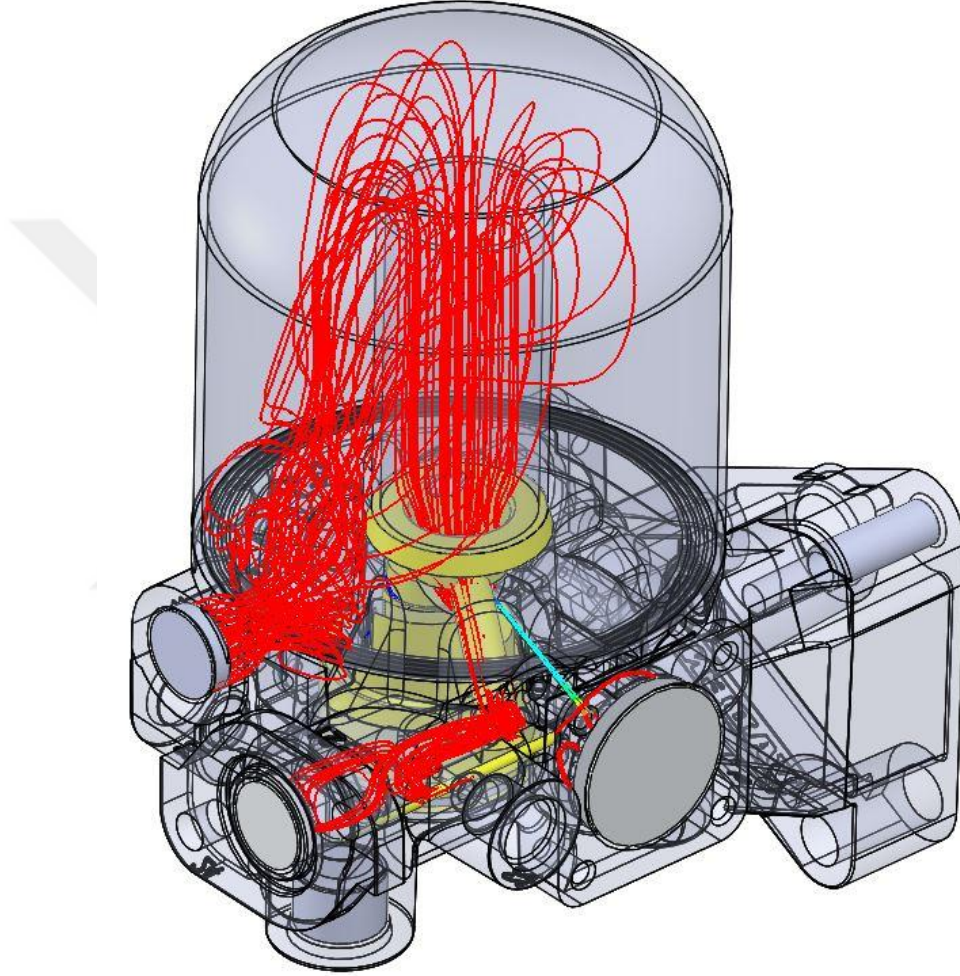
Şekil 2.39. Hava hacmine oluşturulan mesh

Sınır şartları, hava kurutucu giriş portu 12 bar ve tahliye portu atmosfere açıldığından 1 bar basınçlı hava olacak şekilde tanımlanmıştır. Ayrıca 20° C ortam sıcaklığı tanımlanmıştır.

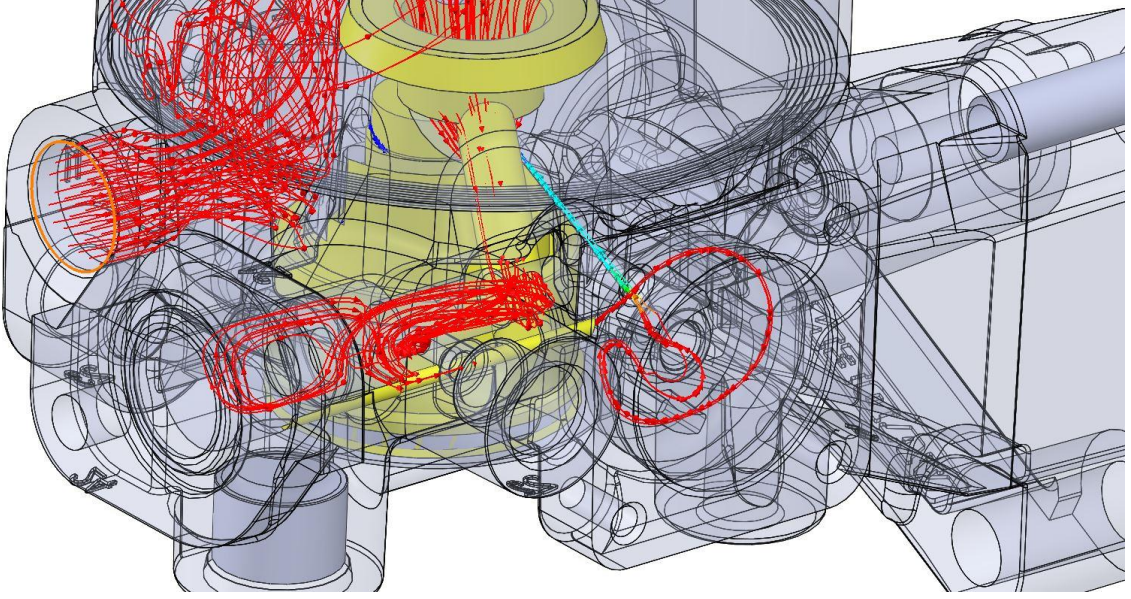


Şekil 2.40. Hava kurutucu sınır şartları

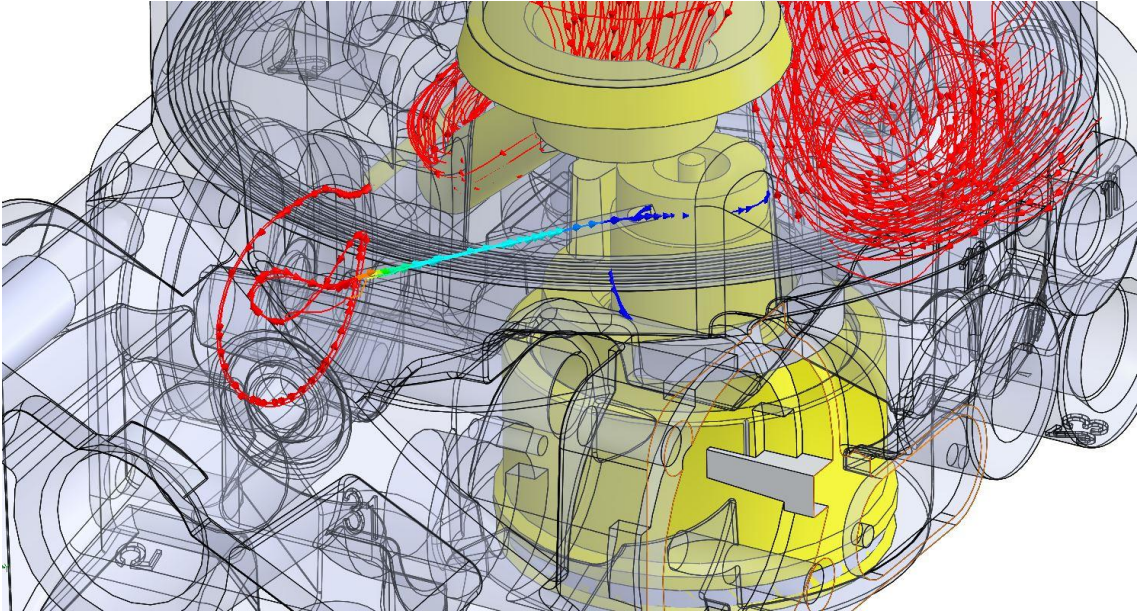
Bu akış analizinde, hava kurutucu içindeki havanın akış yönü, havanın girişinden atmosfere tahliye edilmesine kadar hangi portlardan geçtiği gösterilmek istenmiştir. Asıl incelenmesi gereken basınç ayar valfindeki basıncın ayarlanması ve basınç ayarlanırken yayın stroğunun ne kadar azaldığıdır. Bunlar ilerleyen bölümlerde nümerik ve analitik olarak incelenmiştir.



Şekil 2.41. Hava kurutucu akış yönü gösterimi



Şekil 2.42. Hava kurutucu akış yönü gösterimi 2

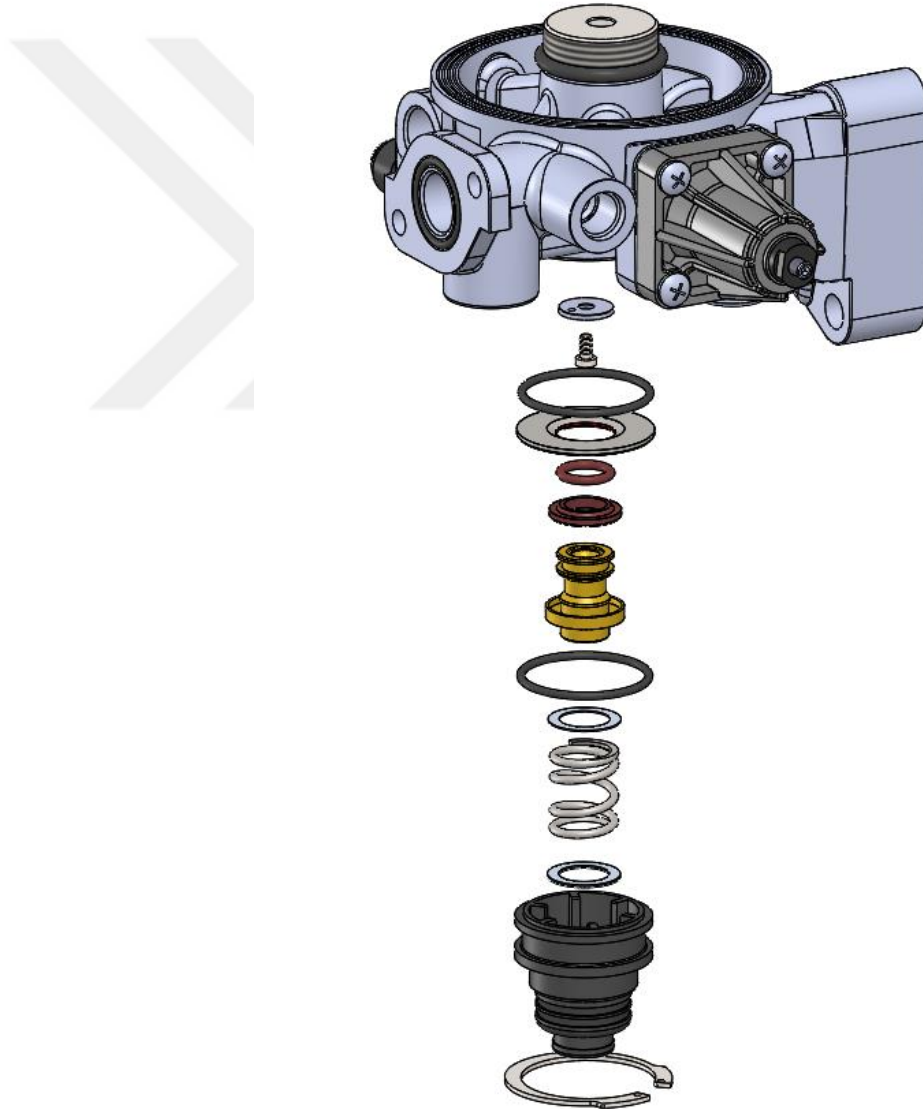


Şekil 2.43. Hava kurutucu akış yönü gösterimi 3

2.3. Hava Kurutucu Çalışma Performansı

Hava kurutucular; kompresörden gelen havayı filtreledikten sonra, araçtaki tanklara ve çeşitli bileşenlere kullanılmak üzere gönderirler. Hava kurutucular kompresörden gelen havayı en verimli bir şekilde kullanmaları gerekmektedir. Optimum kapama ve kesme basınçları sistemde kullanılmalıdır. Bu da hava kurutucunun içindeki yaylar ile sağlanabilmektedir.

Hava kurutucudaki; tahliye kısmında 1 adet yay ve basınç ayar valfi kısmındaki 2 adet yay sistemin performansını doğrudan etkilemektedir.



Şekil 2.44. Hava kurutucu tahliye kısmı

Yayların önemi yüzeysel olarak şu şekilde anlatılabilir:

Aracı kullanan şoför; hava kaçağı haricindeki, basınçlı ve filtrelenmiş hava ile ilgili bir şikayetle servise gittiğinde sadece kurutucudaki yayların değiştirilmesiyle bile büyük oranda şikayetler ortadan kalkmaktadır.

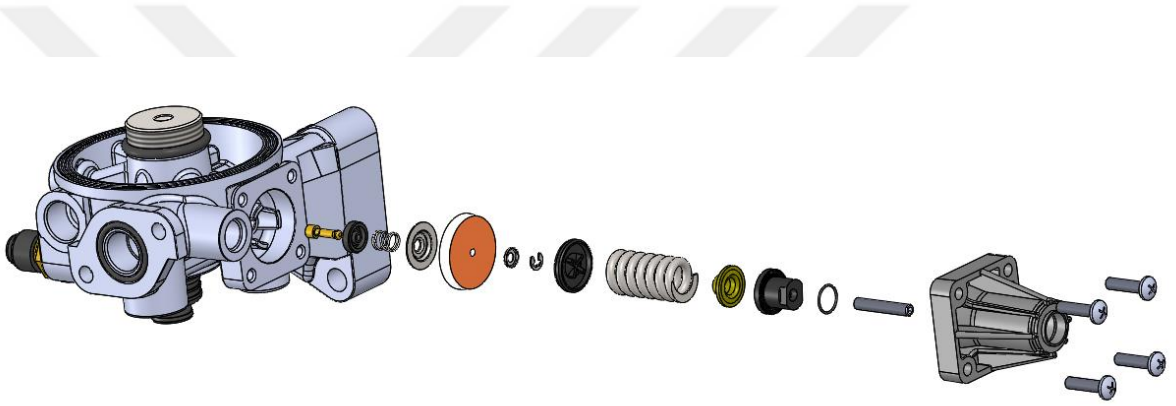
Hava kurutucudaki yaylarda kullanım süresine bağlı olarak oluşan sorunlardan bazıları;

-Yay sabitinin değişmesi,

-Yaylarda yorulma,

-Plastik deformasyon.

Bu yaylar gelecek bölümlerde; deneysel ve teorik analizlerinin yapılması, yay sabitlerinin hesaplanması suretiyle detaylı olarak incelenecektir.



Şekil 2.45. Hava kurutucu basınç ayar valfi kısmı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Hava Kurutucu Test Cihazı

Hava kurutucu test cihazı tasarlanırken dikkat edilen en büyük kriter, gerçek çalışma şartlarına bağımlı kalınması olmuştur. Bunun için önce hava kurutucunun araçtaki çalışması gözlemlenmiştir.



Şekil 3.1. Hava kurutucunun araca montajlanmış hali

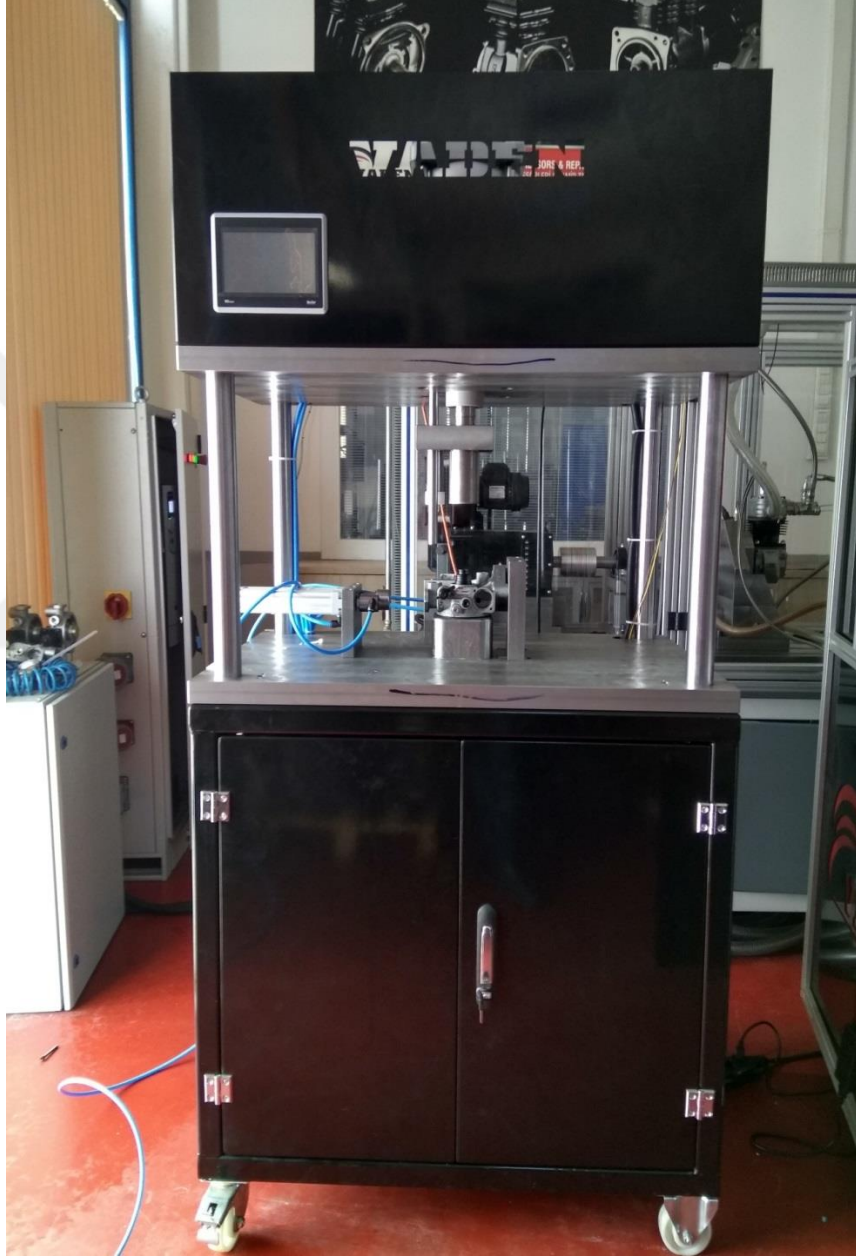
Araçtaki fonksiyonu önemli bir ürünün arızalı bir şekilde gönderilmesi söz konusu bile olamayacağından her hava kurutucunun bire bir testleri yapılmak zorundadır. Bu bağlamda test cihazı çok önemlidir. Test cihazı tasarlanırken, ürünün araçtaki çalışma sistemi göz önünde bulundurulmuştur. Her teste başlanmadan önce oem hava kurutucu ile test cihazının kalibrasyonundan emin olunmaktadır. Daha sonra teste başlanmaktadır.

Her ürün tek tek test edileceğinden dolayı; test cihazı tasarlanırken, operatörün seri ve kolay bir şekilde testi gerçekleştirebilmesi kriteri etkili olmuştur. Ayrıca test talimatı ile operatörün hatalı davranma durumu minimuma indirilmiştir.

Test cihazında ayrıca operatör içinde gerekli güvenlik önlemleri alınmıştır. Yazılım algoritması ile ana pnömatik silindirin, hava kurutucuyu sabitlemeden önce testin başlamasının önüne geçilmiştir. Ayrıca ürünün seri imalatı yapıldığından test sırasında zaman kaybetmemek için, hava kurutucunun çalışma prensibinden gelen temiz havayı tanka depolaması gerektiğinden; test cihazındaki tank olabildiğince küçük hacimli seçilmiştir.

3.1.1. Test Cihazı Tasarımı

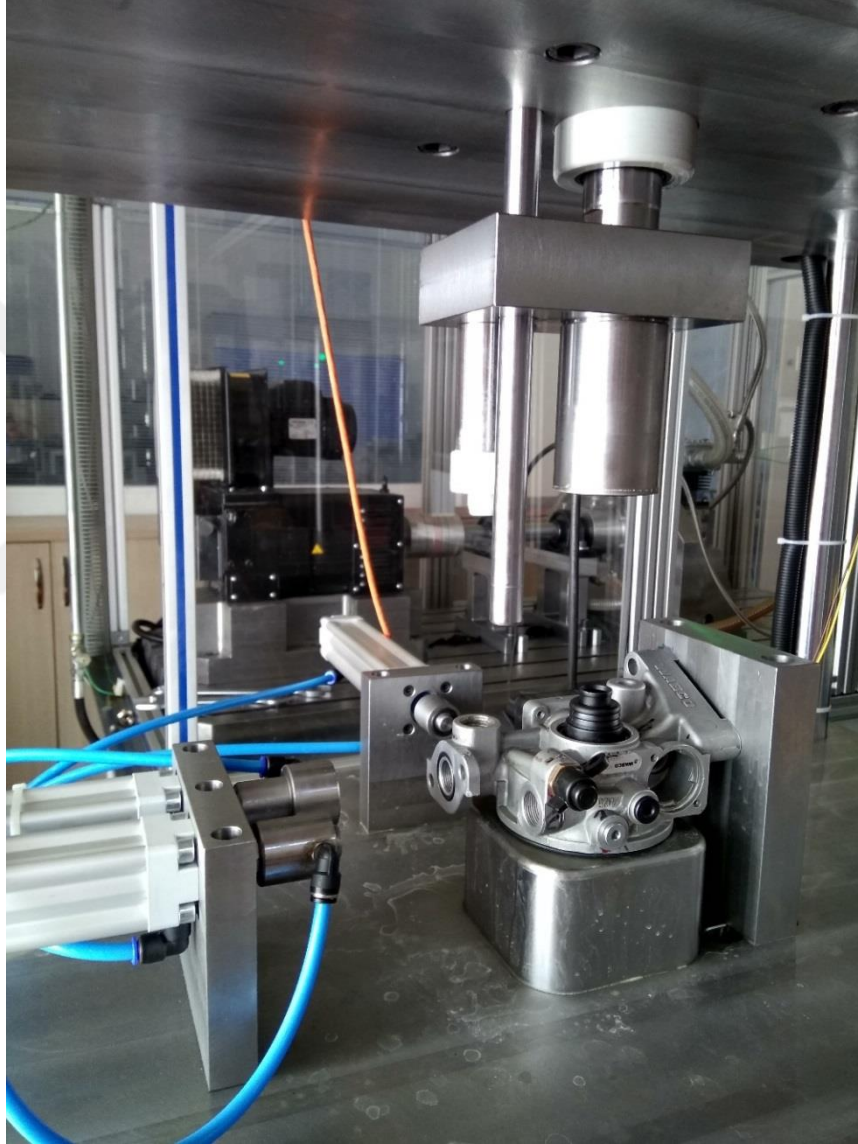
Önceki bölümde anlatılan hava kurutucunun çalışma prensibi, test cihazına uyarlanmıştır. Böylelikle yapılan testler, gerçeğe olabildiğince yaklaştırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.2. Hava kurutucu test cihazı

Her testte filtreyi gövdeye söküp takmak zor olacağından filtrenin yerine, test cihazına sabitlenmiş bir hazne kullanılmıştır. Hava kurutucu gövdesi ile hazne arasındaki sızdırmazlığı sağlamak için kauçuk conta kullanılmıştır. Hava kurutucu ile hazneyi

birbirine geçici olarak sabitleme işlemi pnömatik silindir kullanılarak yapılmıştır. Hava kurutucunun yönünü ayarlamak ve dönmesini engellemek için sağ tarafına bir sabitleme plakası yapılmıştır. Havanın kurutucuya giriş ve çıkışını sağlamak için pnömatik silindirler kullanılmıştır. Pnömatik silindirin ucuna yapılan bir O-ring li aparatla hem sızdırmalık sağlanmıştır hem de pnömatik rakor kullanılarak güvenli bir bağlantı kurulmuştur.



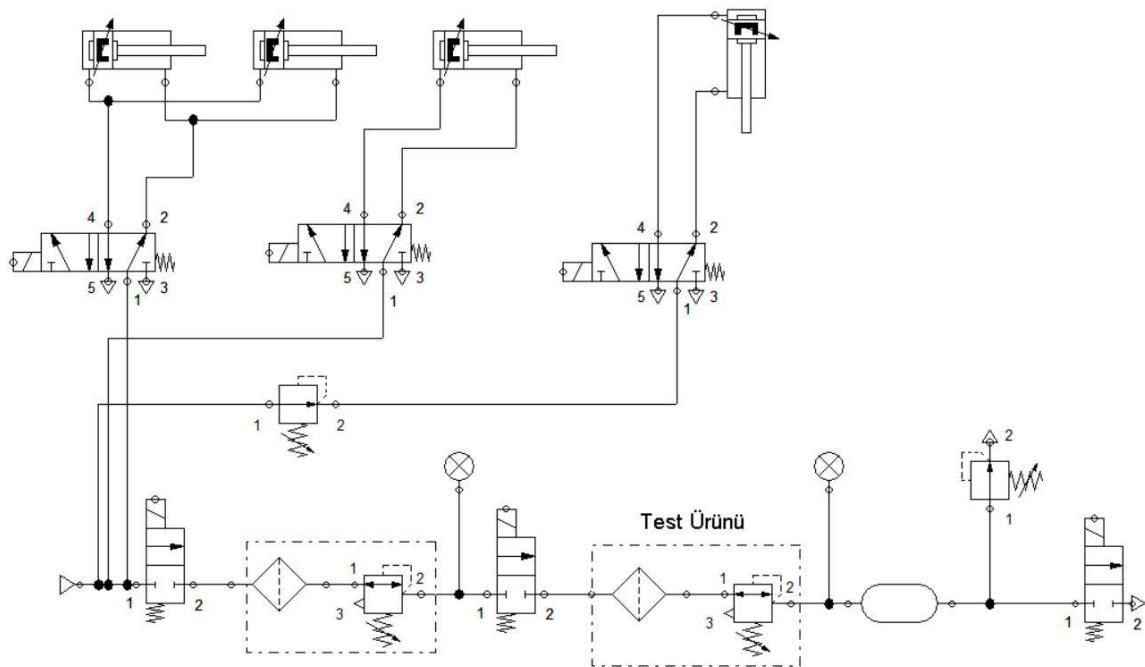
Şekil 3.3. Hava kurutcu test cihazı yakın görünüm

Kurutucunun giriş tarafındaki pnömatik silindirin ucundaki aparata, kompresörden gelen hava verilmiştir. Çıkış tarafındaki pnömatik silindirin ucundaki aparata ise kurutulan temiz havanın depolandığı tankın bağlantısı yapılmıştır.

Kurutucunun çıkış portlarından olan 22 numaralı port kullanılmayacağı için yine bir pnömatik silindirle körlenmiştir.

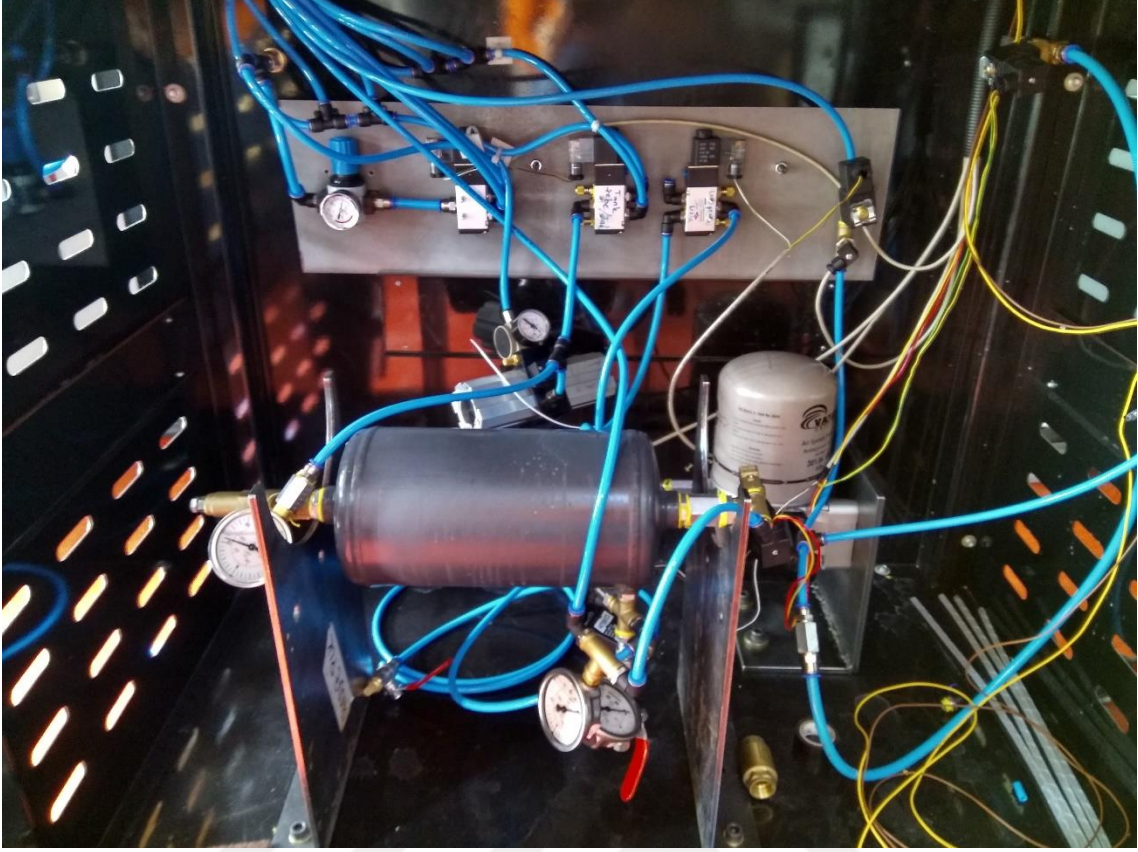
Yine, kurutucunun çıkış portlarından olan 24 numaralı port da kullanılmayacağından ve geometrik olarak ekseninin diğer portlara göre dik olduğundan dolayı pnömatik silindirin ucuna takılan bir aparat yardımıyla körlenmiştir.

3.1.2. Hava Kurutucu Test Cihazı Devre Şeması ve Test Senaryosu



Şekil 3.4. Hava kurutucu test cihazı devre şeması

Hava kurutucu test cihazı devre şeması yukarıdaki gibidir. Açıklaması ise şöyledir: İlk olarak test ürünü olan hava kurutucunun hazneye sabitlenmesi için düşey konumlandırılan pnömatik silindir tahrik edilir, ayrıca bu silindirle 24 numaralı port da körlenmiş olur. Daha sonra, hava kurutucuya havanın giriş ve çıkış yapabilmesi için ucunda aparatların bağlanmış olduğu yatay konumlandırılan pnömatik silindirler tahrik edilir. Sonrasında ise yine yatay konumlandırılan tahrik edilerek 22 numaralı port körlenmiş olur.



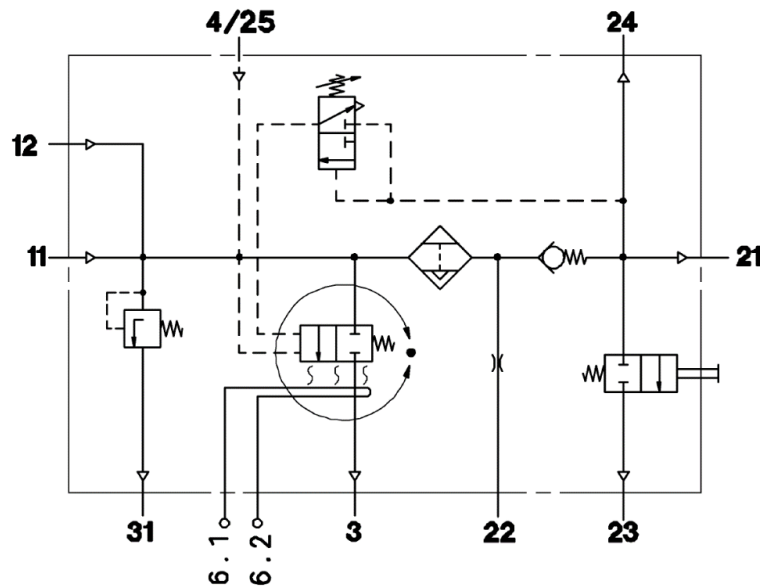
Şekil 3.5. Hava kurutucu test cihazına pnömatrik bileşenlerin montajlanmış hali

Daha sonra 2 yollu 2 konumlu solenoid bir valf tarafından yönlendirilen hava, filtrelenip temizlenmek üzere hava kurutucuya giriş yapmaktadır. Bu hava kurutucunun kullanılma amacı; test ürünü olan hava kurutucuya giriş yapan havanın temizlenmesidir. Bu hava kurutucunun kesme basıncı, test ürünü olan hava kurutucunun kesme basıncından daha yüksek bir değere ayarlanmıştır. Böylece havayı temizlemek için kullanılan hava kurutucu, çıkışına bağlanan 2 yollu 2 konumlu bir solenoid yön valfi ile belirli periyotlarla tahliye ettirilmektedir. Test ürünü olan hava kurutucu giriş hattına basınç sensörü bağlanmıştır. Hava kurutucun çıkış hattına çalışma prensibi gereği hava tankı bağlanmıştır. Ayrıca çıkış hattına yine bir basınç sensörü bağlanmıştır. Hava tankında, olası beklenmedik bir basınç yükselmesine karşı emniyet valfi kullanılmıştır. Hava kurutucunun çalışma prensibi gereği hava tankına depolanan havanın dışarı atılması (araç üzerinde çeşitli bileşenlere gönderilen hava) gerekmektedir. Bu da hava tankına bağlanan yine 2 yollu 2 konumlu bir solenoid yön valfi ile sağlanmıştır.

Hava kurutucu test senaryosu şu şekildedir:

Hava kurutucu; evrensel bir ürün olduğu için her marka, her model araçta kullanılmaktadır. Yüzlerce marka model araç olduğundan, hava kurutucunun her araca takılabilmesi için versiyon farklılıkları bulunmaktadır. Hava kurutucudaki basınç ayar valfi sayesinde araç üreticisinin belirlediği değere göre kesme basıncı ayarlanabilmektedir. Bu çalışmada ele alınan hava kurutucu ise; birden fazla hava çıkışı, bağlantı farklılığı olduğundan onlarca marka model araca uymaktadır. Ama bu çalışmada referans olarak Mercedes-Benz markasının Axor 1840 modeli kabul edilmiştir.

Bu versiyona sahip hava kurutucusunun kesme basıncı, araç üreticisi tarafından 12 ($\pm 0,4$) bar olarak belirlenmiştir. Kesme basıncı şöyle açıklanabilir: Kompresörden kurutucuya hava gelmektedir. Bu gelen hava filtrelenip kullanılmak üzere tanklara gönderilmektedir. Tank basıncı kesme basıncı değerine ulaştığında, tutulan yağlı ve nemli hava kurutucuda gerçekleşen tahliye sayesinde atmosfere atılmaktadır. Tank basıncı, kapama basıncı olan 10 ($\pm 0,4$) bar seviyesine düşüncüye kadar bu tahliye işlemi devam etmektedir. Kapama basıncına düşme olayı, araçtaki kullanılan havalı körük, süspansiyon, fren vs. pnömatik bileşenlerin kullanımına bağlıdır. Tahliye işlemi tamamlandıktan sonra, hava kurutucu tekrar tanklara hava gönderme işlemine devam eder. Böylece 1 çevrim gerçekleşmiş olur.




Şekil 3.6. Hava kurutucu devre şeması

Hava kurutucu test cihazı yazılım algoritması şu şekildedir:

- Ürün test cihazına bağlandıktan sonra, kontrol panelinden test başlatılır ve ürünü sabitleyen pnömatik silindirler aktif olmaktadır.
- Pnömatik silindirler ürünü sabitledikten sonra, ürünün giriş-çıkış portlarına hava akışı sağlayan pnömatik silindirler otomatik olarak aktif olmaktadır.
- Pnömatik silindirler ürünü sabitledikten sonra, elektrik kompresörüne gönderilen sinyal ile kompresör aktif olmaktadır.
- Manuel olarak üründe kapama basıncı ayarlanır. Kontrol panelinden kapama basıncı değeri yazılır.
- Oluşturulan algoritmada, referans değeri olan kapama basıncına göre kesme basıncı bulunur.
- Bu veriler göz önünde bulundurularak sistem algoritması otomatik olarak verileri ölçmektedir.
- Veriler ölçüldükten sonra ise belirlenen referans değerlere göre red-onay algoritması aktif olmaktadır.
- Test cihazı ürünü onayladıktan sonra hava kurutucu artık araçta kullanıma hazırdır.

3.2. Test Cihazında Kullanılan Bileşenler ve Özellikleri

BİLEŞEN	ÖZELLİKLERİ
<p>❖ PLC (FATEK FBs-24MAR2-AC)</p>  <p>Şekil 3.7. Test cihazında kullanılan PLC</p>	<p>Test cihazında kullanılan otomasyon sisteminin kontrol elemanıdır.</p> <p>PLC; programlanarak solenoid valflerin tahrik edilme, pnömatrik silindirlerin açılma sırası, test ürününe havanın giriş yapmasını sağlayan solenoid valfin tahrik edilme sırasını, filtrelenen havanın tanka depolanması ve basınç sensörünün ayarlanan bir basıncın üzerine çıkması şartı ile tankın tahliye etmesini sağlayan valfin tahrik edilmesi gibi olayları kontrol eden bileşendir.</p>
<p>❖ KONTROL PANELİ (Beijer X2 base 7-F2)</p>  <p>Şekil 3.8. Test cihazında kullanılan kontrol paneli</p>	<p>Test cihazında kullanılan PLC'ye, komut gönderen ve gerekli çıktıları gösteren bir bileşendir.</p> <p>Test cihazında elektropnömatik valfleri kontrol eden PLC'ye komut gönderme; testi başlatma, bitirme işlerini yapan ve basınç sensörlerindeki değerleri gösteren operatör panelidir.</p>
<p>❖ BASINÇ SENSÖRÜ (Trafag ECT16.0A)</p>  <p>Şekil 3.9. Test cihazında kullanılan basınç sensörü</p>	<p>Test cihazında, test ürünü olan hava kurutucunun girişine ve çıkışına olmak üzere 2 adet basınç sensörü bağlanmıştır. Bu sensörler 0-16 bar arası ölçüm kabiliyetine sahiptirler.</p>

❖ 2/2 SOLENOİD YÖN KONTROL VALFLERİ (GEVAX, 1/4", 24V)



Şekil 3.10. Test cihazında kullanılan 2/2 solenoid yön kontrol valfi

Test cihazında havanın akışını kontrol etmek için 2/2, tek bobinli, yay geri tepmeli solenoid valfler kullanılmıştır.

Bobine elektrik enerjisi verildiğinde elektromanyetik kuvvet oluşmakta ve bu kuvvet valf içindeki hareketli nüveyi sabit nüveye doğru çekmektedir.

Hareketli nüve, valfin giriş ve çıkışı arasındaki akışın gerçekleştiği orifisi açmakta (normalde kapalı tip) veya kapamaktadır (normalde açık tip) ve bu şekilde akış kontrolü sağlanmaktadır.

❖ 5/2 SOLENOİD YÖN KONTROL VALFLERİ (FMS, 1/4", 24V)



Şekil 3.11. Test cihazında kullanılan 5/2 solenoid yön kontrol valfi

Test cihazındaki pnömatik silindirlerin yön kontrollerini sağlamak için 5/2, tek bobinli, yay geri tepmeli solenoid valf kullanılmıştır.

❖ PNÖMATİK HORTUM VE RAKORLAR(CDC PNÖMATİK)



Şekil 3.12. Test cihazında kullanılan pnömatik rakorlar ve hortum

Test cihazındaki valflerin, basınç sensörlerinin, silindirlerin giriş-çıkışlarında uygun ölçülerde ve uygun geometrilerde pnömatik rakorlar kullanılmıştır. Firmadaki hava tesisatında 8 mm çapında hortum kullanıldığı için test cihazında da, 8 mm çapında pnömatik hortum kullanılmıştır.

❖ Ø200XL200 PNÖMATİK SİLİNDİR (FMS)



Şekil 3.13. Test cihazında kullanılan Ø200XL200 pnömatik silindir

Test cihazında; test ürünü olan hava kurutucuyu sabitlemek için Ø200XL200 pnömatik silindir kullanılmıştır. Bu silindir şu şekilde seçilmiştir: Hava kurutucunun filtre çapı Ø110 mm'dir. Hava kurutucunun çalışma mantığı gereği, içinde max 12,5 bar değerinde basınçlı hava olacaktır.

$$F = P \cdot A$$

$$F = 1,25 \frac{N}{mm^2} \cdot \pi \cdot 55^2$$

$$F = 11873,125 N \cong 11900 N$$

Emniyet katsayısı 2 alınmıştır.

$$F = 11900 \cdot 2 = 23800 N$$

Pnömatik silindirlerin bağlandığı hat basıncı 8 bar'dır.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$0,8 \frac{N}{mm^2} = \frac{23800 N}{\pi r^2}$$

$$r = 97,33 mm \cong 100 mm$$

$$2r = 200 mm$$

Bu yüzden silindirin piston çapı Ø200 mm seçilmiştir. Stroğu ise test cihazı geometrisinden dolayı 200 mm seçilmiştir.

❖ Ø32XL160 PNÖMATİK SİLİNDİR (FMS)



Şekil 3.14. Test cihazında kullanılan Ø32XL160 pnömatik silindir

Test cihazında; test ürünü olan hava kurutucuda havanın giriş-çıkışını sağlamak için ve test sırasında körlenmesi gereken portu kapatmak için Ø32XL160 pnömatik silindir kullanılmıştır. Portların çapı Ø22 mm'dir. Hava kurutucunun çalışma mantığı gereği içinde max 12,5 bar değerinde basınçlı hava olacaktır.

$$F = P \cdot A$$

$$F = 1,25 \frac{N}{mm^2} \cdot \pi \cdot 11^2$$

$$F = 474,925 N \cong 480 N$$

Emniyet katsayısı 2 alınmıştır.

$$F = 480 \cdot 2 = 960 N$$

Pnömatik silindirlerin bağlandığı hat basıncı 8 bar'dır. Fakat çeşitli sebeplerden ötürü basınç yükseltici ile bu hattın basıncı 12,5 bar değerine yükseltilmiştir.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$1,25 \frac{N}{mm^2} = \frac{960 N}{\pi r^2}$$

$$r = 15,64 mm \cong 16 mm$$

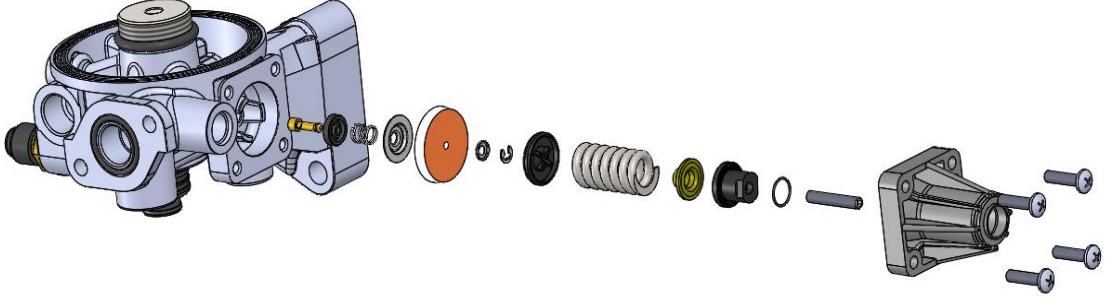
$$2r = 32 mm$$

Bu yüzden yan silindirlerin piston çapı Ø32 mm seçilmiştir. Stroğu ise test cihazı geometrisinden dolayı 160 mm seçilmiştir.

3.3. Hava Kurutucudaki Yaylar

Yayların Özellikleri	
 <p>Şekil 3.15. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı</p>	<p>Çap: 22,6 mm</p> <p>Tel Çapı: 4,5 mm</p> <p>Boy: 43,5 mm</p> <p>Malzeme: AISI 302</p> <p>Yüzey Taşlama: Var</p>
 <p>Şekil 3.16. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2</p>	<p>Çap: 9,6 mm</p> <p>Tel Çapı: 0,8 mm</p> <p>Boy: 11,9 mm</p> <p>Malzeme: AISI 302</p> <p>Yüzey Taşlama: Yok</p>
 <p>Şekil 3.17. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı</p>	<p>Çap: 23,6 mm</p> <p>Tel Çapı: 2,8 mm</p> <p>Boy: 28,8 mm</p> <p>Malzeme: AISI 302</p> <p>Yüzey Taşlama: Var</p>

3.4. Test Prosedürlerinin Belirlenmesi



Şekil 3.18. Hava kurutucu basınç ayar valfi patlatılmış görünüm

Hava kurutucudaki basınç ayar valfi yayının; yukarıdaki şekilde görülen setskur yardımıyla stroğu belirli bir seviyeye kadar adım adım azaltılıp test edilmiştir. Buna bağlı olarak diğer yaylarında sistemdeki etkisi değişmiştir. Böylece kesme basıncının ve kapama basıncının değişimi gözlemlenmiştir.

Bu testler yapılırken şu adımlar izlenecektir:

1. Orijinal hava kurutucu test cihazına bağlanarak test cihazının kalibrasyonu sağlanacaktır.
2. Hava kurutucu test cihazına bağlanıp normal olarak testi yapılacaktır. Kapama basıncı ve kesme basıncı not edilecektir.
3. Basınç ayar valfi kısmındaki yayın hemen üzerindeki setskur birer veya ikişer tur sıkılarak oluşan kesme ve kapama basınçları not edilecektir.

Test cihazında yapılan bu testlerde, hava kurutucudaki yayların sistemdeki basıncı dolayısıyla da hava kurutucunun çalışma performansını nasıl etkilediğini gözlemlemek amaçlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Hava kurutucuda, önemi bu kadar büyük olan yaylar için tedarikçi firmadan kalite kontrol test raporları istenmiştir. Ayrıca sonlu elemanlar yöntemi ile yayların analizi yapılmıştır. Bu analizler ile tedarikçi firmadan alınan kalite kontrol test raporları kıyaslanmıştır. Yayların, yay sabitleri hesaplanıp; karakteristikleri hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir.

Test cihazında yapılan testlerde, yayların sistemdeki etkisi yani kesme basıncının ve kapama basıncının değişimi gözlemlenmiştir.

Yapılan testlerde yerli olarak üretilen hava kurutucu, OEM hava kurutucu ile mukayese edilip çalışma performansı ölçülmüştür.

4.1. Yapılan Yay Analizlerinin ve Test Raporlarının Kıyaslanması

Yaylar için tedarikçi firmadan kalite kontrol test raporları istenmiştir. Tedarikçi firma basma yayları şu şekilde test etmektedir:

Yay test cihazında, L_0 olan yayın tam boyu sıfırlanır. Daha sonra yaya belirli aralıklarda yük yüklenir. Her yük değeri için oluşan tam boydaki kısalma not edilir.



Şekil 4.1. Yay test cihazı

ANAMAS®		KALİTE KONTROL TEST RAPORU (QUALITY CONTROL TEST REPORT)					Sayı	1
							Sayfa	1
							İlk Yayın Tarihi	12.06.2020
							Revizyon	2
Ürün Adı / Part Name								Ölçülen ilk boy Lo= 28,83 mm olup 18mm ye kadar baskı uygulandıktan sonra Lson =28,40 mm olmuştur.
Ürün Kodu / Part Code								
Müşteri / Customer		YILDIZ PUL						
Müşteri Kodu / Customer Code		05.301.0007						
Rapor Tarihi / Report Date		12.06.2020						
Sipariş Numarası / Order Number								
Malzeme / Material		AISI 302						
Parti Adedi / Part Total								
İrsaliye Numarası / Waybill Number								
	Ölçüler Values	Tolerans/Tolerance		Kabul OK	Ret NOK	Ölçü Aleti Adı / Measurement Equipment Name		
		Min.	Max.					
Tel Çapı (d) Wire Diameter	2,80			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Yüzey Taşlama/Ends Ground <input checked="" type="checkbox"/>	
Diş Çap 1 (Da) Outside Diameter	23,60			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Isıl İşlem/Heat Treatment <input checked="" type="checkbox"/>	
Diş Çap 2 (Da) Outside Diameter				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Seri Üretim/Mass Production <input checked="" type="checkbox"/>	
Tam Boy (Lo) Lenght	28,83			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Ön Seri Üretim/Front Mass Production <input type="checkbox"/>	
Yük (L1) Force	25 mm 74,00 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Numune Üretim/Sample Production <input type="checkbox"/>	
Yük (L2) Force	23 mm 119,0 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Kaplama/Coating	
Yük (L3) Force	20 mm 184,5 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü	KONTROL / CONTROL	
Yük(L4) Force	18 mm 226,0 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü	AYCAN KABAKULAK	
Lson	28,40			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü		
Sarım Sayısı/Coil Total	4,5			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		ONAY / APPROVAL	
Sarım Yönü/ Coil Direction	Sağ			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		AZİZ AKA	

Şekil 4.2. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı kalite kontrol test raporu

ANAMAS®		KALİTE KONTROL TEST RAPORU (QUALITY CONTROL TEST REPORT)					Sayı	1
							Sayfa	1
							İlk Yayın Tarihi	12.06.2020
							Revizyon	2
Ürün Adı / Part Name								Ölçülen ilk boy Lo =43,47mm OLUP 35mm'ye kadar baskı uygulandıktan sonra son boy Lson = 43,15mm olmuştur.
Ürün Kodu / Part Code								
Müşteri / Customer		YILDIZ PUL						
Müşteri Kodu / Customer Code		05.301.0006						
Rapor Tarihi / Report Date		12.06.2020						
Sipariş Numarası / Order Number								
Malzeme / Material		AISI 302						
Parti Adedi / Part Total								
İrsaliye Numarası / Waybill Number								
	Ölçüler Values	Tolerans/Tolerance		Kabul OK	Ret NOK	Ölçü Aleti Adı / Measurement Equipment Name		
		Min.	Max.					
Tel Çapı (d) Wire Diameter	4,50			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Yüzey Taşlama/Ends Ground <input checked="" type="checkbox"/>	
Diş Çap 1 (Da) Outside Diameter	22,60			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Isıl İşlem/Heat Treatment <input checked="" type="checkbox"/>	
Diş Çap 2 (Da) Outside Diameter				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Seri Üretim/Mass Production <input checked="" type="checkbox"/>	
Tam Boy (Lo) Lenght	43,47			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Ön Seri Üretim/Front Mass Production <input type="checkbox"/>	
Yük (L1) Force	40 mm 352,5 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Numune Üretim/Sample Production <input type="checkbox"/>	
Yük (L2) Force	38 mm 570,5 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Kaplama/Coating	
Yük (L3) Force	35 mm 880,5 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü	KONTROL / CONTROL	
Yük(L4) Force	mm			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü	AYCAN KABAKULAK	
Lson	43,15			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü		
Sarım Sayısı/Coil Total	7,3			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		ONAY / APPROVAL	
Sarım Yönü/ Coil Direction	Sağ			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		AZİZ AKA	

Şekil 4.3. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı kalite kontrol test raporu

ANAMAS®		KALITE KONTROL TEST RAPORU (QUALITY CONTROL TEST REPORT)				Sayı	1		
						Sayfa	1		
						İlk Yayın Tarihi	12.06.2020		
						Revizyon	2		
Ürün Adı / Part Name						Ölçülen ilk boy Lo= 11,93mm olup 7 mm ye kadar baskı uygulandıktan sonra boyda herhangi bir çökme meydana gelmemiştir.			
Ürün Kodu / Part Code									
Müşteri / Customer		YILDIZ PUL							
Müşteri Kodu / Customer Code		05.301.0005							
Rapor Tarihi / Report Date		12.06.2020							
Sipariş Numarası / Order Number									
Malzeme / Material		AISI 302							
Parti Adedi / Part Total									
İrsaliye Numarası / Waybill Number									
		Ölçüler Values	Tolerans/Tolerance		Kabul OK	Ret NOK	Ölçü Aleti Adı / Measurement Equipment Name		
			Min.	Max.					
Tel Çapı (d) Wire Diameter		0,80			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Yüzey Taşlama/Ends Ground	<input type="checkbox"/>
Dış Çap 1 (Da) Outside Diameter		9,60			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Isıl İşlem/Heat Treatment	<input checked="" type="checkbox"/>
Dış Çap 2 (Da) Outside Diameter					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dijital Kumpas	Seri Üretim/Mass Production	<input checked="" type="checkbox"/>
Tam Boy (Lo) Lenght		11,93			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Ön Seri Üretim/Front Mass Production	<input type="checkbox"/>
Yük (L1) Force	10 mm	3,60 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Numune Üretim/Sample Production	<input type="checkbox"/>
Yük (L2) Force	9 mm	5,46 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MXM Ölçüm Cihazı	Kaplama/Coating	
Yük (L3) Force	8 mm	7,28 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü	KONTROL / CONTROL	
Yük(L4) Force	7 mm	9,28 N			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü	AYCAN KABAKULAK	
Lson		11,93			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Göz Kontrolü		
Sarımlar Sayısı/Coil Total		4,5			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		ONAY / APPROVAL	
Sarımlar Yönü/ Coil Direction		Sağ			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		AZİZ AKA	

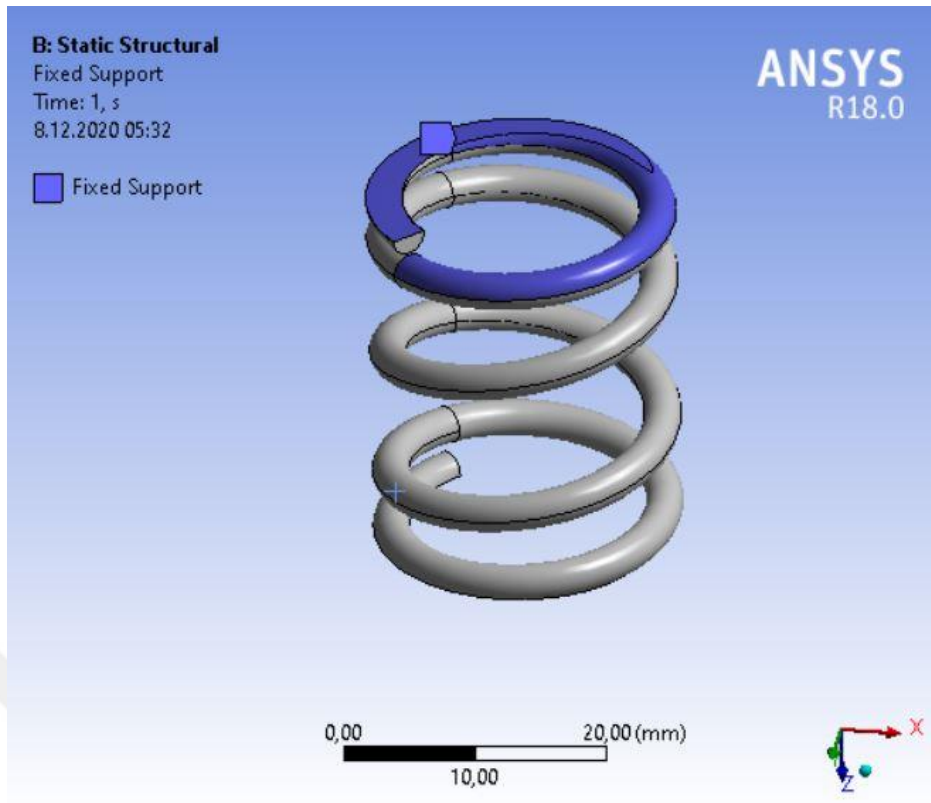
Şekil 4.4. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2 kalite kontrol test raporu

Ayrıca yaylar, sonlu elemanlar yöntemi ile Ansys programında analiz edilmiştir. Kalite kontrol test raporlarında verilen kuvvetler, programda da verilmiştir. Analiz adımları ve sonuçları aşağıdaki gibidir:

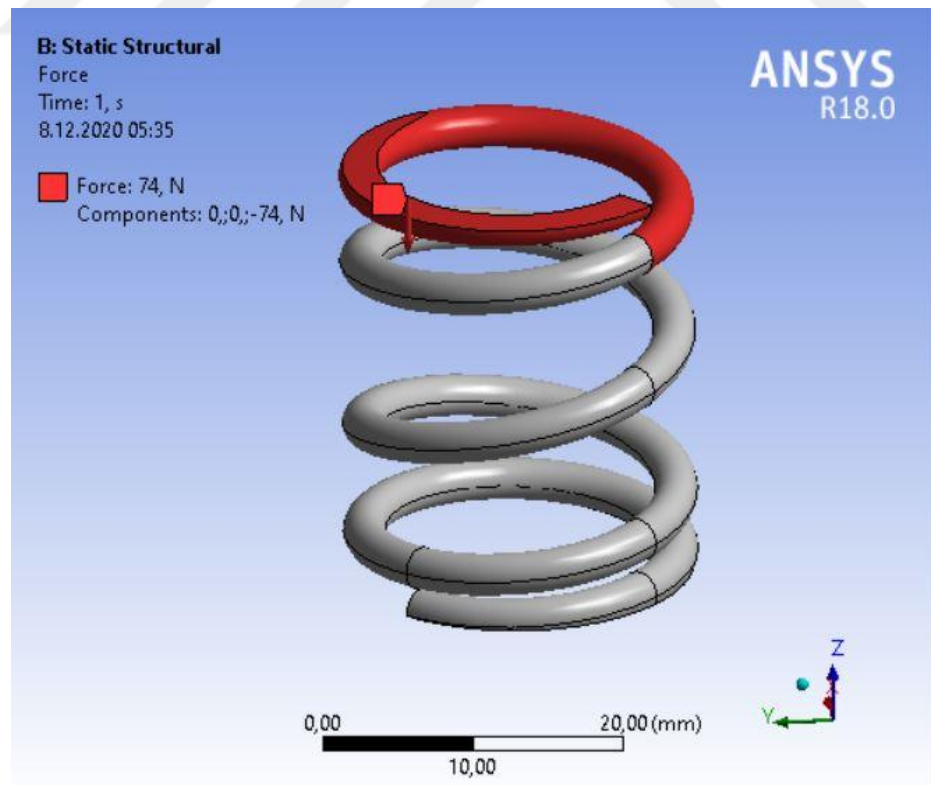
AISI 302 malzemesinin mekanik özellikleri girilerek programa tanımlanmıştır.

Properties of Outline Row 3: AISI 302				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7920	kg m ⁻³	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's Modulus and Poisson...		
6	Young's Modulus	1,93E+11	Pa	
7	Poisson's Ratio	0,3		
8	Bulk Modulus	1,6083E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,4231E+10	Pa	
10	Tensile Yield Strength	2,75E+08	Pa	

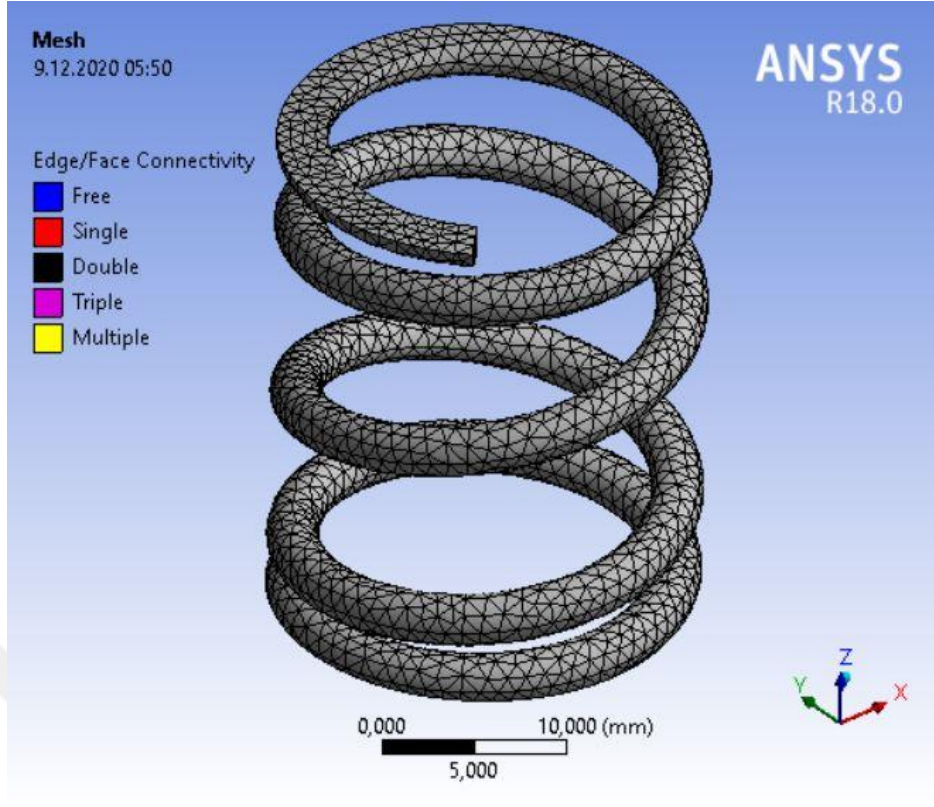
Şekil 4.5. AISI 302 malzemesinin programa tanımlanması



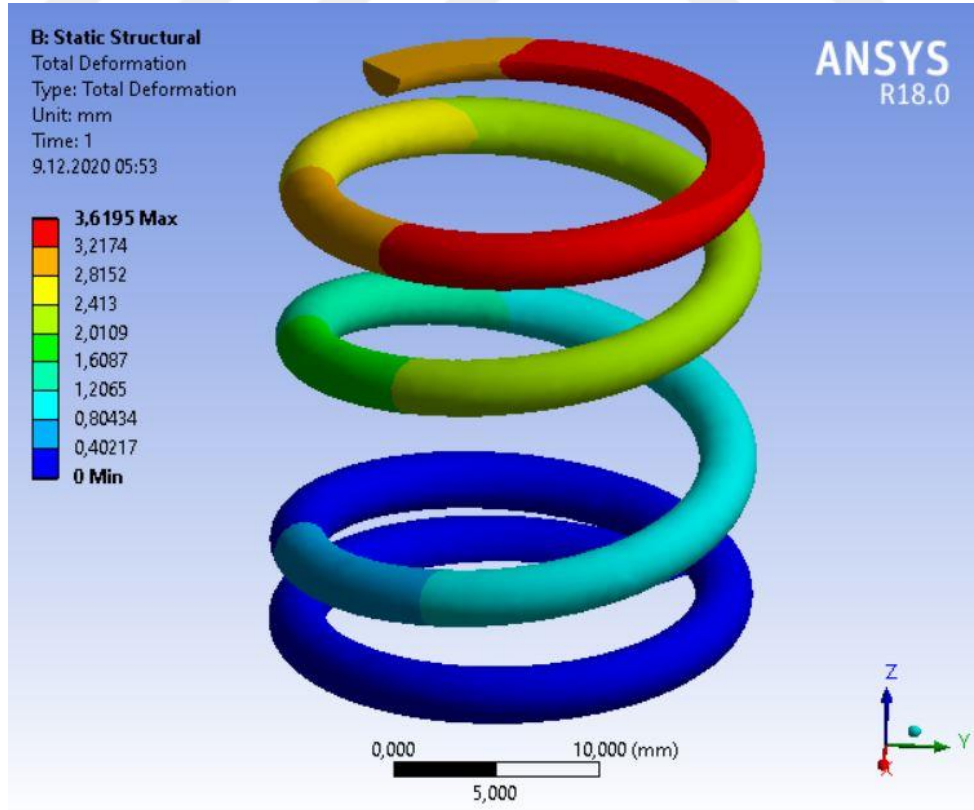
Şekil 4.6. Analizlerdeki sabit destek sınır koşulu



Şekil 4.7. Analizlerde yaylara kuvvet verilmesi



Şekil 4.8. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı mesh görüntüsü

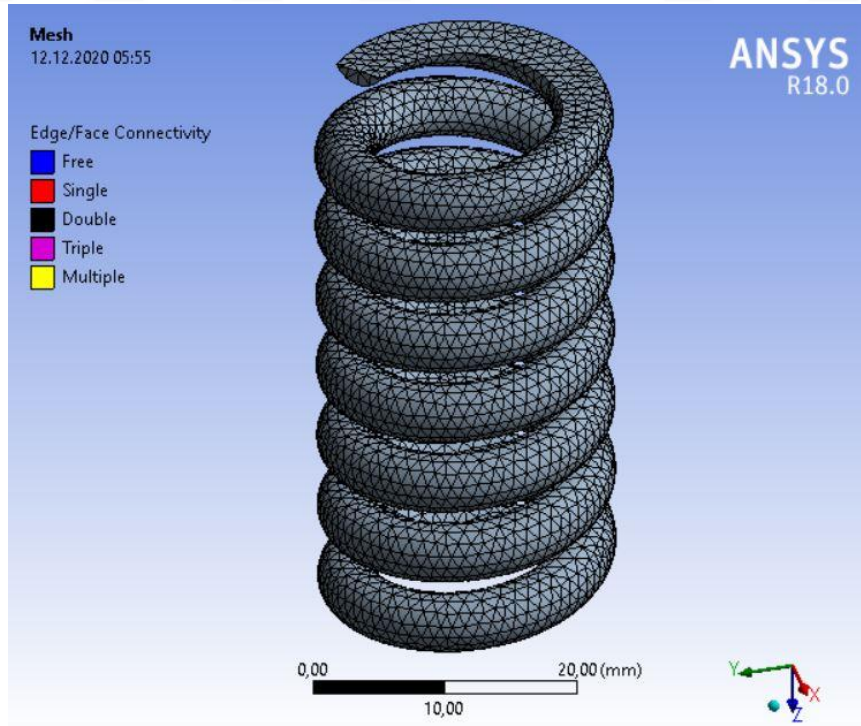


Şekil 4.9. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı toplam yer değiştirme

Bu yaya, 74 N kuvvet uygulandığında boyunda 3,6 mm kısalma olmaktadır. Kalite kontrol test raporunda bu değer 3,8 mm idi. Bu karşılaştırma ile yapılan analizlerin doğrulukları kesinleşmiş olmaktadır. Ayrıca Ansys programında analiz yapılırken verilen kuvvete ve toplam yer değiştirmeye parametre atanmıştır. Bu parametre sayesinde kuvvet değiştikçe oluşan toplam yer değiştirme değerleri otomatik olarak bulunmuştur. Kalite kontrol test raporundaki kuvvet değeri sonucunda oluşan boydaki kısalma ile analiz sonucunda elde edilen toplam yer değiştirme değerleri birbirlerine çok yakındır.

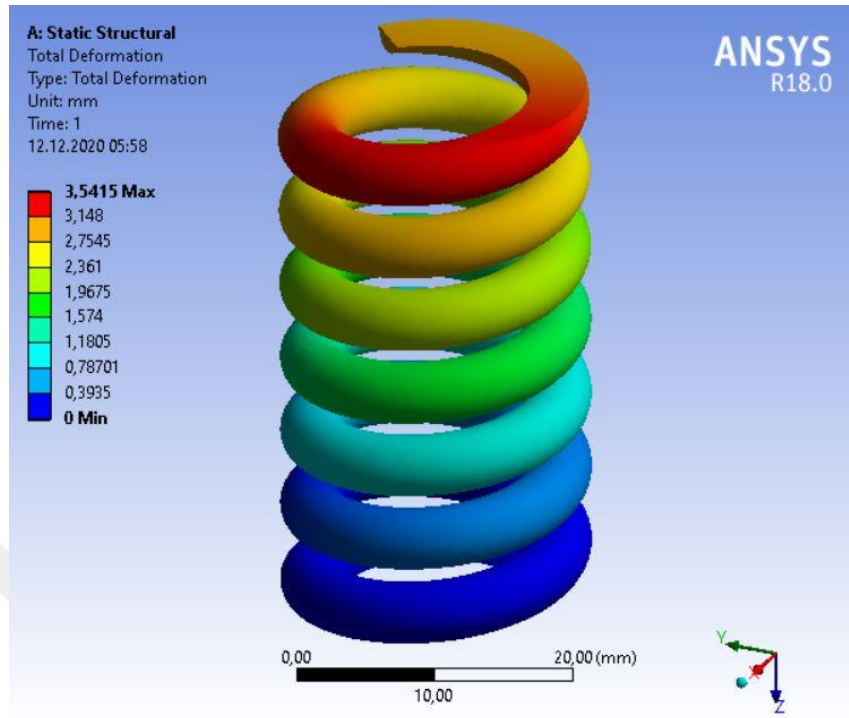
Name	P1 - Force Z Component	P2 - Total Deformation Maximum
Units	N	mm
DP 0 (Current)	-74	3,6195
DP 1	-119	5,8206
DP 2	-184,5	9,0244
DP 3	-226	11,054

Şekil 4.10. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayının kuvvetlere göre toplam yer değiştirme değerleri



Şekil 4.11. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı mesh görüntüsü

Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayına; Şekil 4.6. 'da gösterilen yerden sabit destek sınır koşulu tanımlanıp, Şekil 4.7. 'de gösterilen yerden kuvvet verilmiştir.



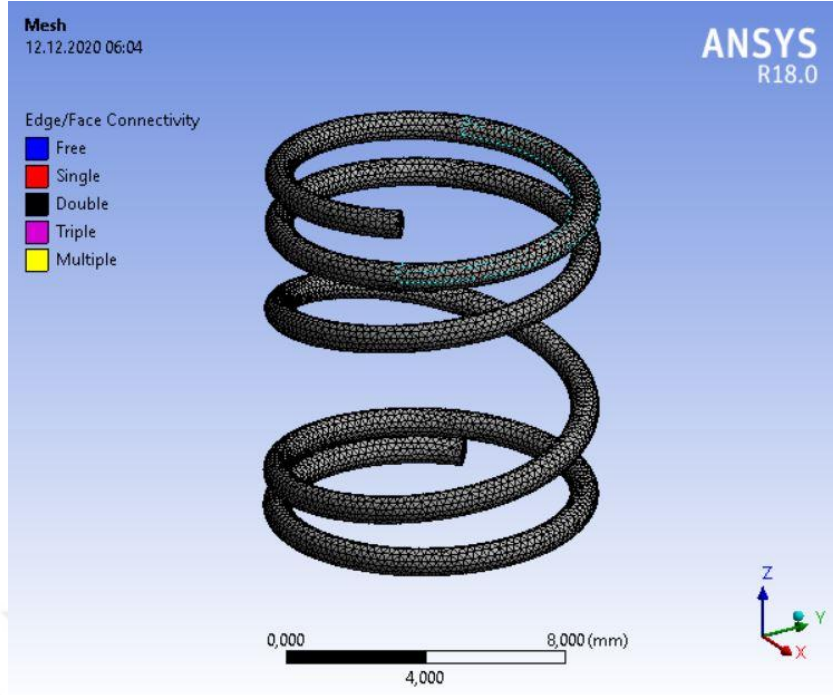
Şekil 4.12. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı toplam yer değiştirme

Bu yaya 352,5 N değerinde bir kuvvet uygulandığında boyunda 3,5 mm kısalma olmuştur. Kalite kontrol test raporundaki kuvvet değeri sonucunda oluşan boydaki kısalma ile analiz sonucunda elde edilen toplam yer değiştirme değerleri birbirlerine çok yakındır.

Yine analiz yapılırken kuvvet ve toplam yer değiştirmeye parametre atanıp; kuvvet değiştiğinde toplam yer değiştirme değerleri bulunmuştur.

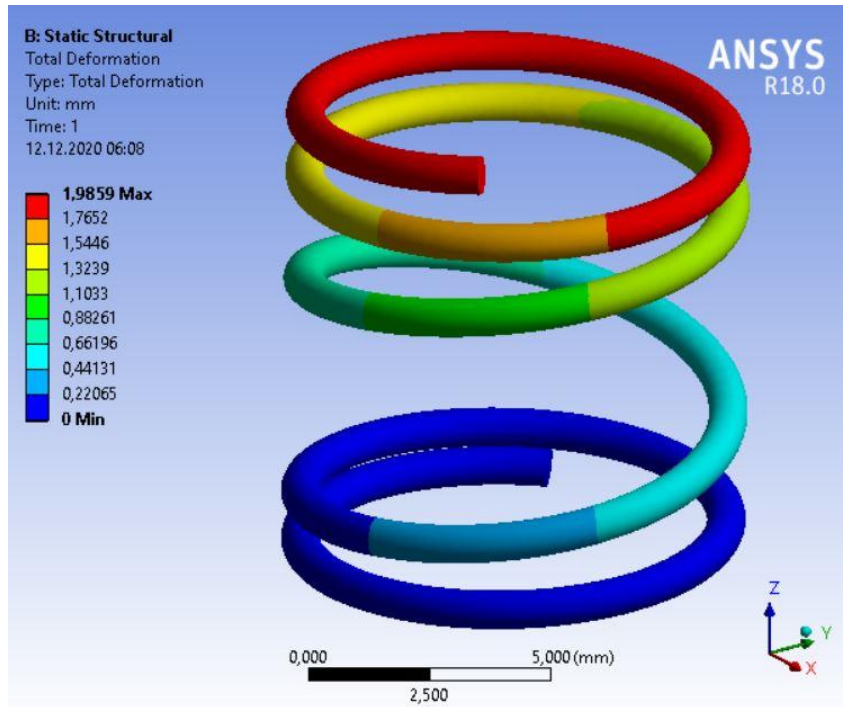
Name	P1 - Force Z Component	P3 - Total Deformation Maximum
Units	N	mm
DP 0 (Current)	352,5	3,5415
DP 1	570,5	5,7318
DP 2	880,5	8,8463

Şekil 4.13. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayının kuvvetlere göre toplam yer değiştirme değerleri



Şekil 4.14. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2 mesh görüntüsü

Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2'ye; Şekil 4.6. 'da gösterilen yerden sabit destek sınır koşulu tanımlanıp, Şekil 4.7. 'de gösterilen yerden kuvvet verilmiştir.



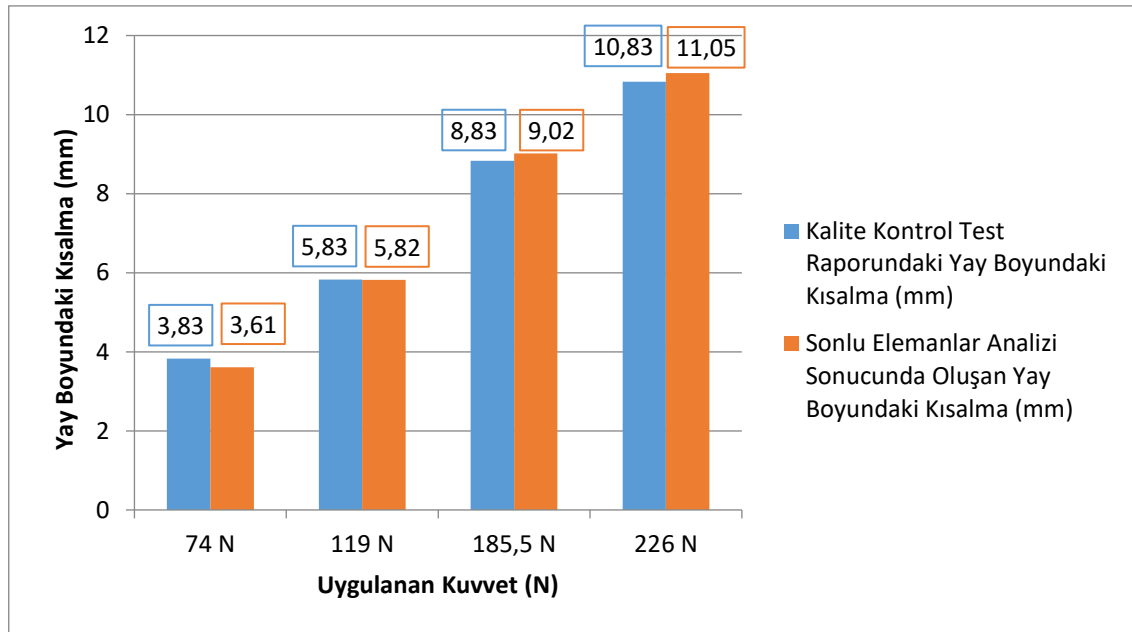
Şekil 4.15. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2 toplam yer değiştirme

Bu yaya 3,6 N değerinde bir kuvvet uygulandığında boyunda 1,98 mm kısalma olmuştur. Kalite kontrol test raporundaki kuvvet değeri sonucunda oluşan boydaki kısalma ile analiz sonucunda elde edilen toplam yer değiştirme değerleri birbirlerine çok yakındır. Yine analiz yapılırken kuvvet ve toplam yer değiştirme parametre atanıp; kuvvet değiştiğinde toplam yer değiştirme değerleri bulunmuştur.

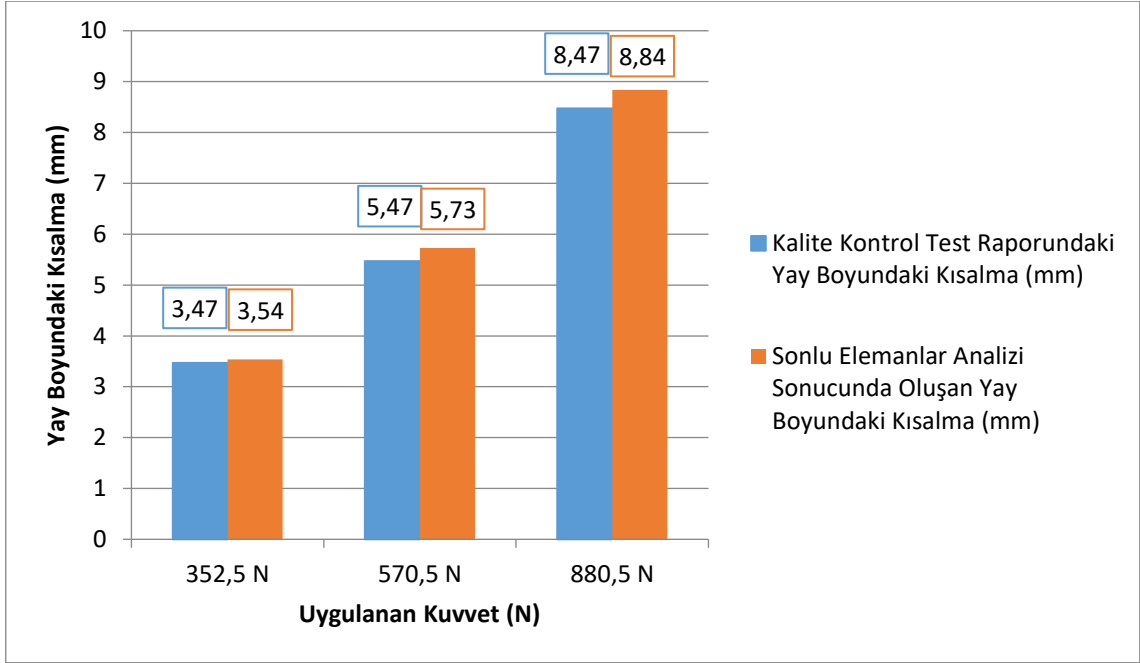
Name	P1 - Force Z Component	P2 - Total Deformation Maximum
Units	N	mm
DP 0 (Current)	-3,6	1,9859
DP 1	-5,46	3,0119
DP 2	-7,28	4,0159
DP 3	-9,28	5,1192

Şekil 4.16. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2'nin kuvvetlere göre toplam yer değiştirme değerleri

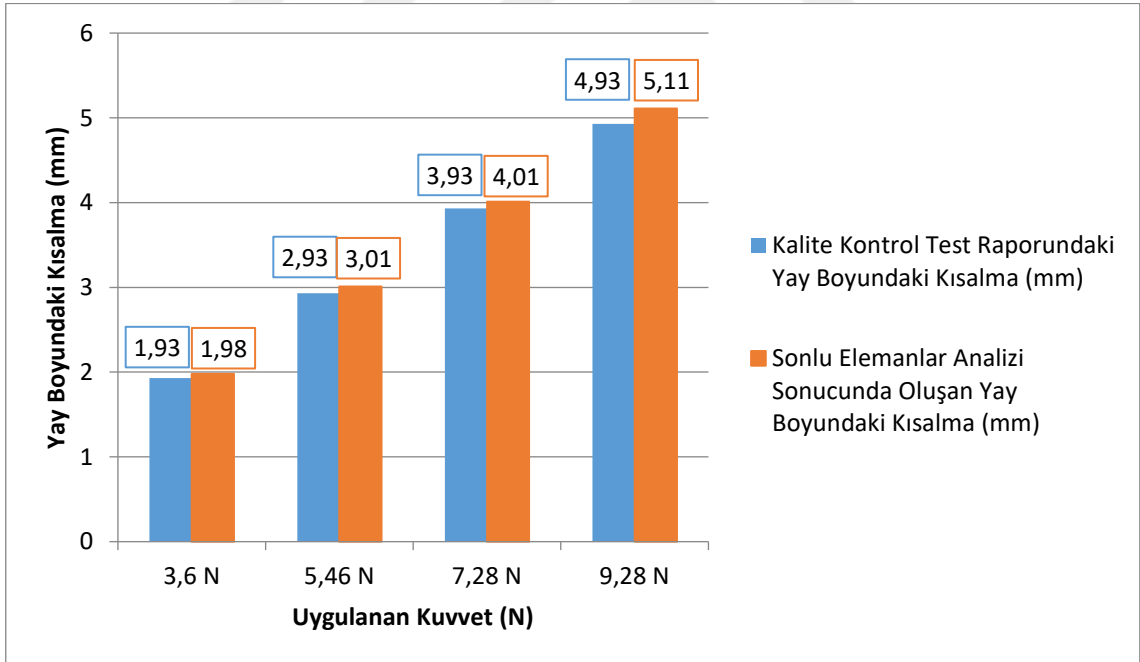
Yaylara verilen kuvvetler sonucunda yaylarda meydana gelen kısalma miktarları; tedarikçi firmadan alınan kalite kontrol test raporlarında ve yapılan sonlu elemanlar analizlerinde aynı çıkmıştır. Bu da test raporlarının ve yapılan analizlerin doğruluğunu ispatlamaktadır.



Şekil 4.17. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı boyundaki kısalmanın, test raporunda ve analizde karşılaştırılması



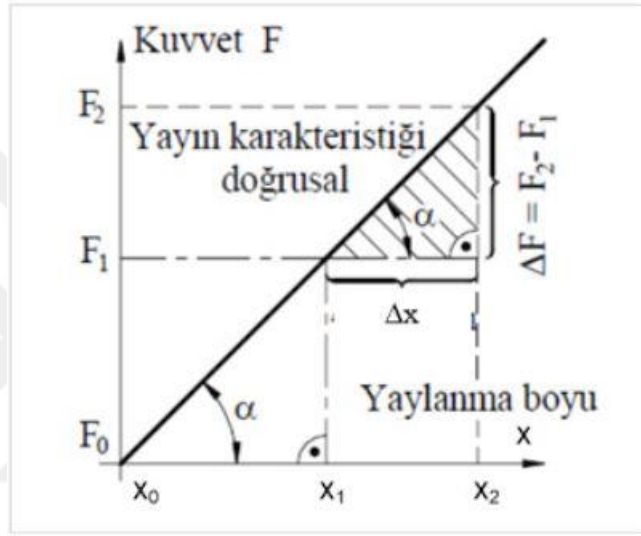
Şekil 4.18. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı boyundaki kısılmamın, test raporunda ve analizde karşılaştırılması



Şekil 4.19. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2, boyundaki kısılmanın test raporunda ve analizde karşılaştırılması

4.2. Yay Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Cantel Yay' ın hazırladığı çalışmaya göre; yaylar bir kuvvet "F" ile zorlanır ve bu kuvvet ile etkilenen yer yay yolu "s" kadar kayar. Bu olay yaylanma olayıdır. Yay karakteristiği yayı etkileyen kuvvet ile yayın şekil değiştirmesi arasındaki bağıntıdır. Bu bağıntı aşağıdaki şekil ile "lineer karakteristik" olarak görülebilir. Burada kurulan bütün bağıntılar, eşitlikler ve değerler sürtünme etkisi olmadan kabul edilmelidir. Kuvvet-yol diyagramından şu bağıntıları yazılabilir:



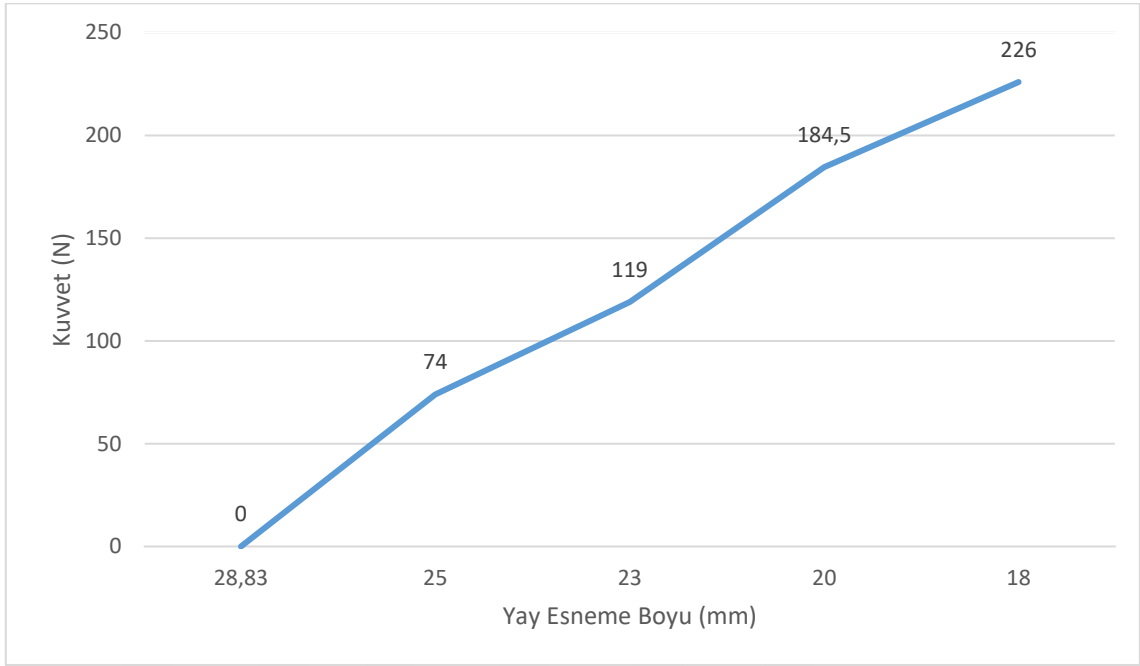
Şekil 4.20. Kuvvet-yol diyagramı

$$k = \tan(\alpha) = \frac{\Delta F}{\Delta x} \quad (1)$$

$$F = k * \Delta x \quad (2)$$

$$\Delta x = L_0 - L \quad (3)$$

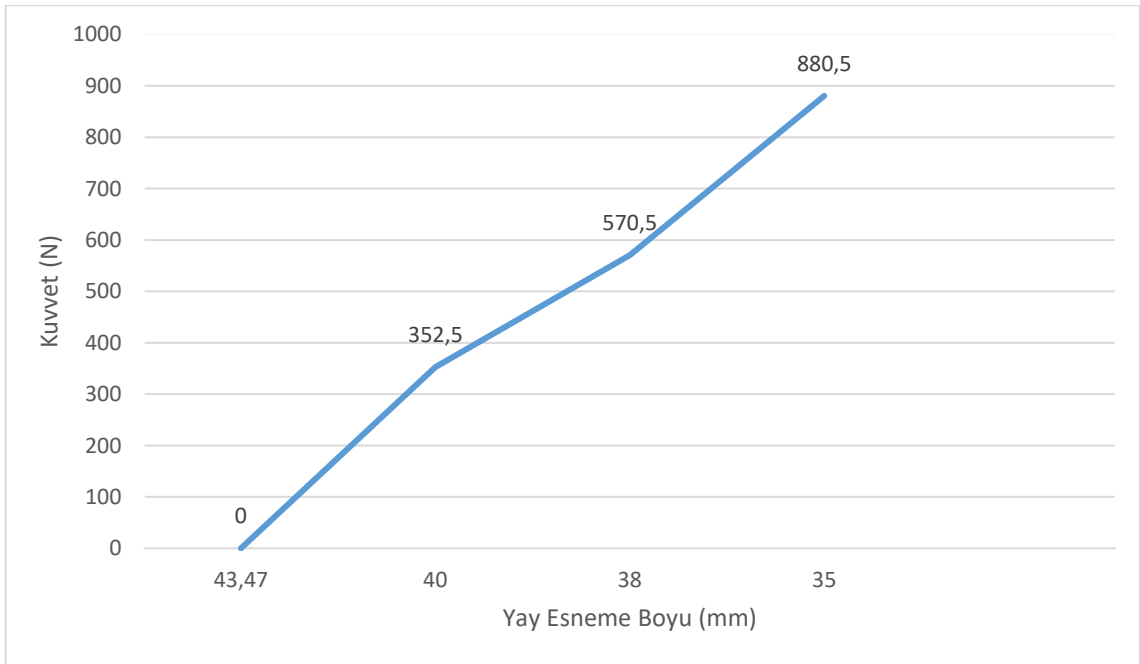
İlk olarak denklem (3)' deki gibi yayın ilk boyundan (L_0), kuvvet uygulandığında kısalan boyu (L) çıkarılarak yayın esneme boyu (Δx) bulunur. Daha sonra uygulanan kuvvet, yayın esneme boyuna bölünerek yay sabiti (k) bulunur.



Şekil 4.21. Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı kuvvet-yol grafiği

Yukarıdaki 1 numaralı denklemde yerine yazılırsa;

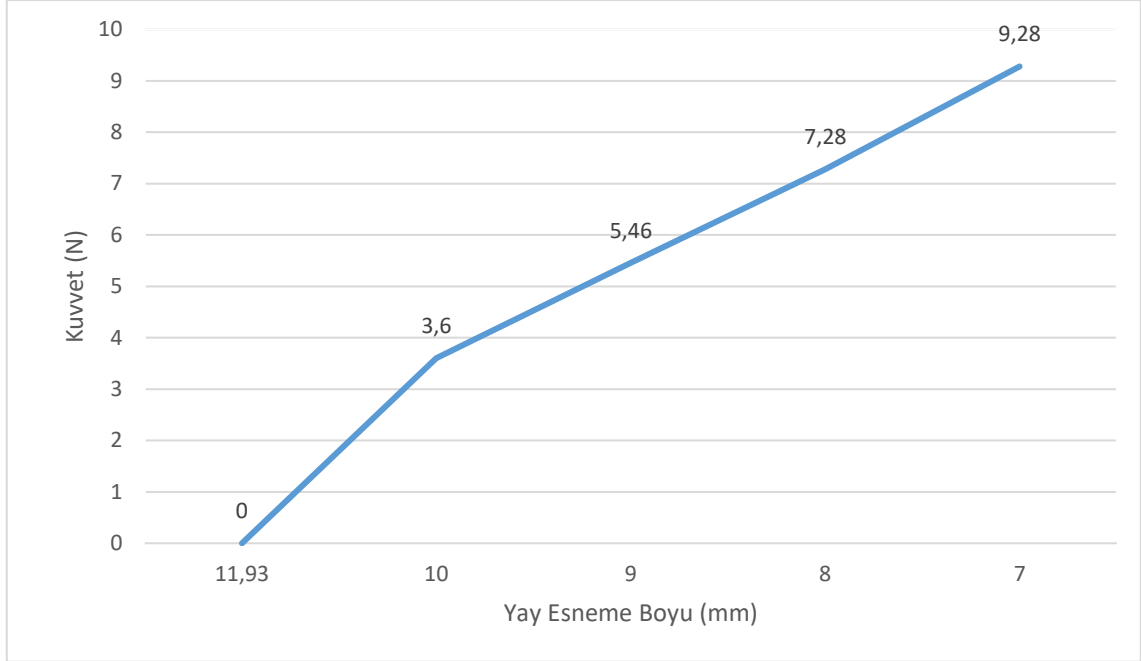
$$k = \tan(a) = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{74}{3,83} = 19,32 \text{ N/mm} \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 4.22. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı kuvvet-yol grafiği

1 numaralı denklemde yerine yazılırsa;

$$k = \tan(a) = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{352,5}{3,47} = 101,58 \text{ N/mm} \text{ olarak bulunur.}$$



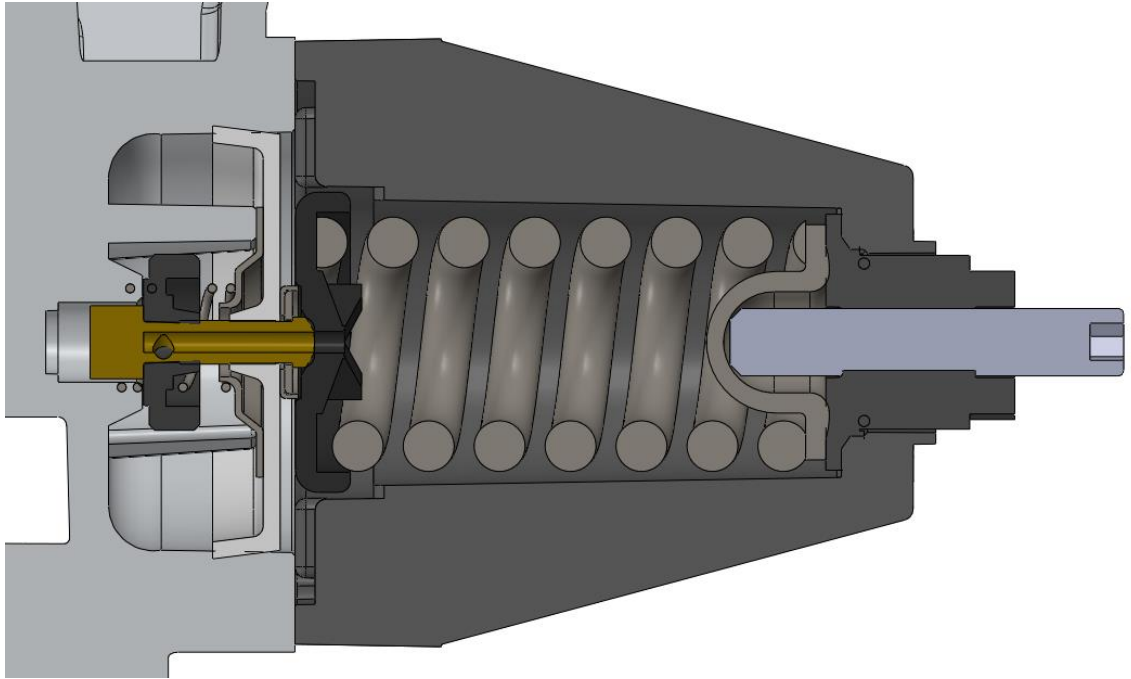
Şekil 4.23. Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2 kuvvet-yol grafiği

1 numaralı denklemde yerine yazılırsa;

$$k = \tan(a) = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{3,6}{1,93} = 1,86 \text{ N/mm} \text{ olarak bulunur.}$$

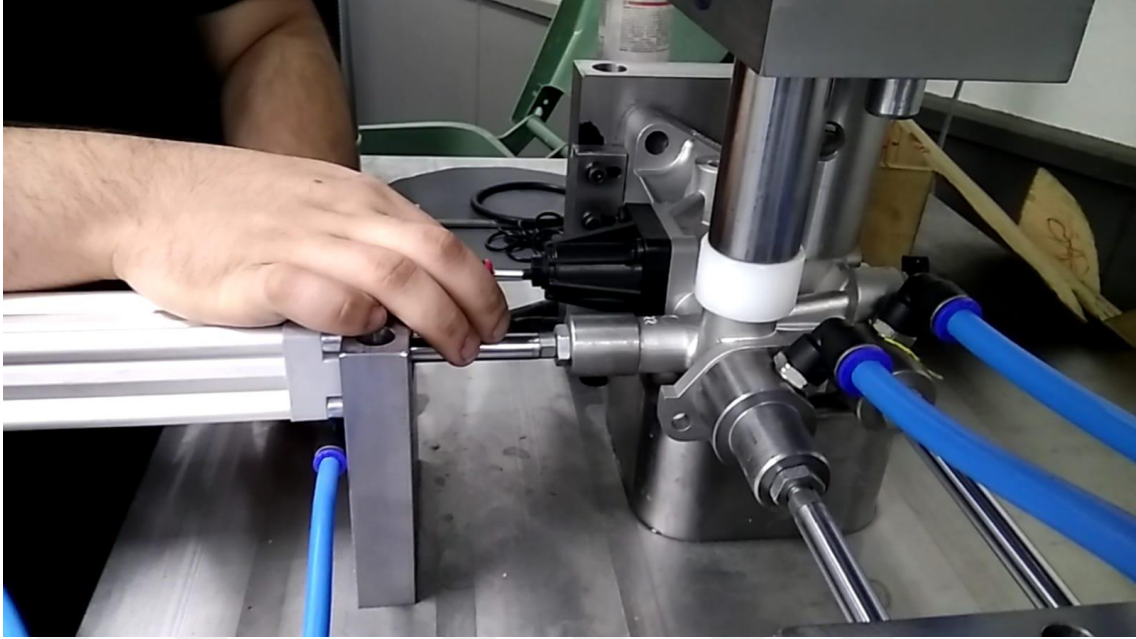
4.3. Test Cihazında Yapılan Testler

Hava kurutucudaki basınç ayar valfi yayının; aşağıdaki şekilde görülen setskur yardımıyla stroğu belirli bir seviyeye kadar adım adım azaltılıp test edilmiştir. Ancak basınç ayar valfi montajlanırken; valf kapağı geometrisinden dolayı, basınç ayar valfi yayı 2 mm sıkıştırılarak montajlanmaktadır. Yani setskur ile yayın stroğu azaltılmadan önce montaj esnasında valf yapısının geometrisinden dolayı yayın stroğu 2 mm azalmaktadır. Bu olay yay için, bir nevi ön yükleme gibi düşünülebilir.



Şekil 4.24. Hava kurutucu basınç ayar valfi montajlanmış hali kesit görünümü

Hava kurutucu, gövdeye basınç ayar valfi ve diğer bileşenler montajlanıp test cihazına bağlanmıştır. Test başlatıldığında, basınç sensörü tarafından ölçülen kesme basıncı 12 bar değerinin altında olduğu görülmüş ve operatör tarafından setskur, alyan anahtar ile sıkılmaya başlanmıştır. Setskur birer tur sıkılıp kesme ve kapama basınç değerleri gözlemlenmiştir. Setskur M6 olduğundan diş adımı 1 mm'dir. Bu yüzden setskuru 1 tur sıkmak, yayın stroğunu 1 mm azaltmak anlamına gelmektedir.



Şekil 4.25. Hava kurutucu basınç ayar valfi setskuru sıkılarak kesme basıncının ayarlanması

Setskurun sıkılmasına bağlı olarak kesme ve kapama basınçlarının değerleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

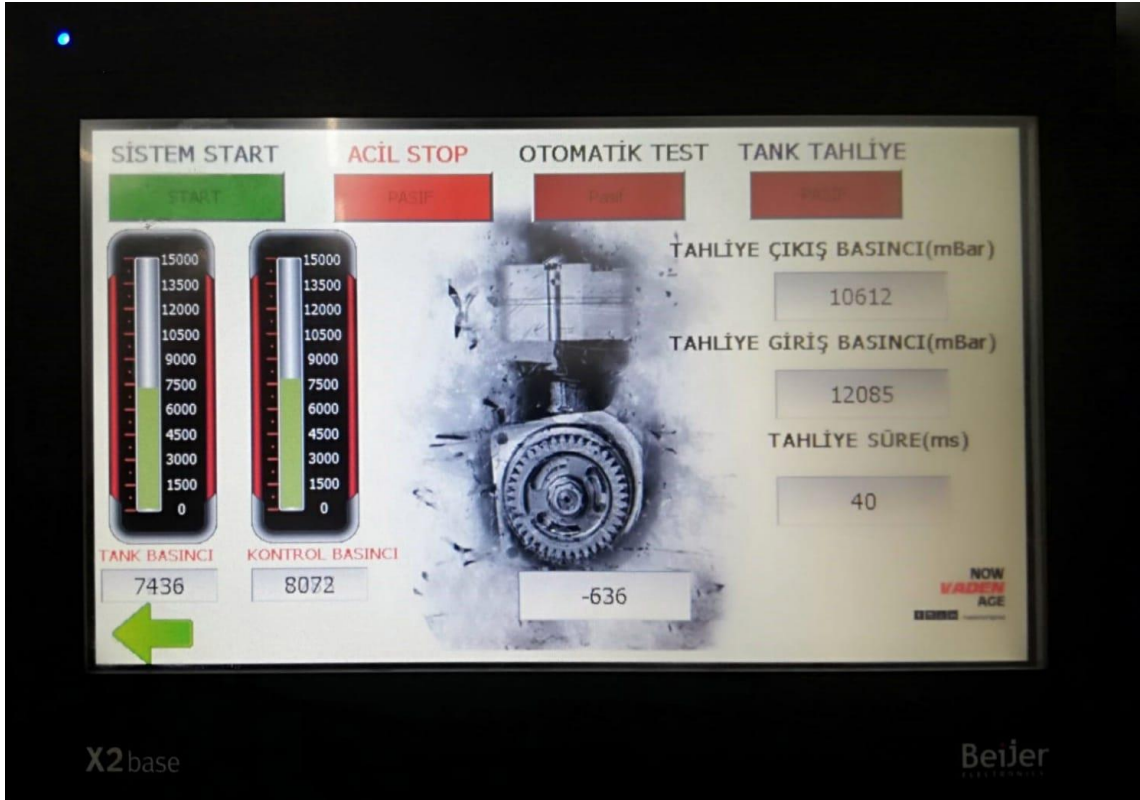
Tablo 4.4. Hava kurutucu basınç ayar valfi setskuru sıkılması ile oluşan kesme ve kapama basıncı değerleri

<i>Setskurun Sıkılması (Tur)</i>	<i>Kesme Basıncı (bar)</i>	<i>Kapama Basıncı (bar)</i>
1 tur	6,8 bar	6 bar
2 tur	9 bar	7,8 bar
3 tur	11,4 bar	9,7 bar
3,25 tur	12 bar	10 bar

Bu bağlamda; hava kurutucunun kesme basıncını 12 bar değerine ayarlamak için basınç ayar valfi yayının toplamda 5,25 mm stroğunun azalması gerektiği görülmüştür. Yapılan analizlerin sonucunda yayın stroğunu 5,25 mm azaltmak için yaklaşık 550 N kuvvet uygulanması gerektiği belirlenmiştir.

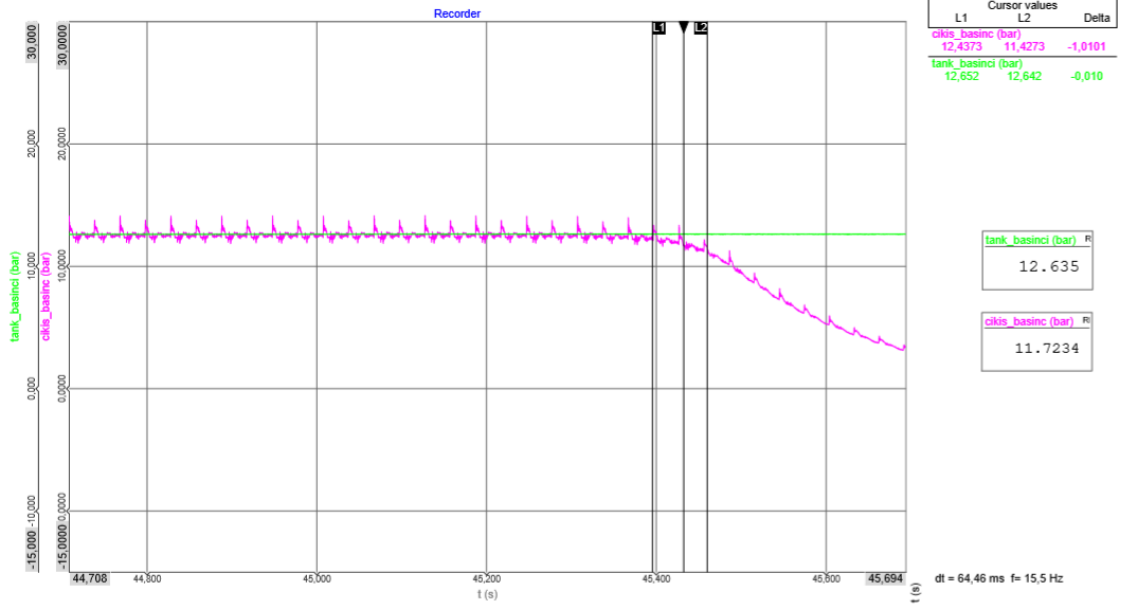
4.4. Hava Kurutucu Çalışma Performansının Ölçülmesi

Test cihazındaki kontrol paneli yardımıyla basınç sensörlerindeki veriler okunabilmektedir. Ayrıca kontrol paneli bir yazılım sayesinde bilgisayara bağlanarak istenen veriler bir grafik haline de getirilebilmektedir. Hava kurutucunun kesme basıncı olan 12 bar değerinden, kapama basıncı olan 10 bar değerine düşerken; 1 bar'lık diferansiyelde geçen süre ve kapama basıncı olan 10 bar değerinden, kesme basıncı olan 12 bar değerine yükselirken 0,5 bar'lık diferansiyelde geçen süre raporlanmıştır.



Şekil 4.26. Hava kurutucu test cihazı kontrol paneli

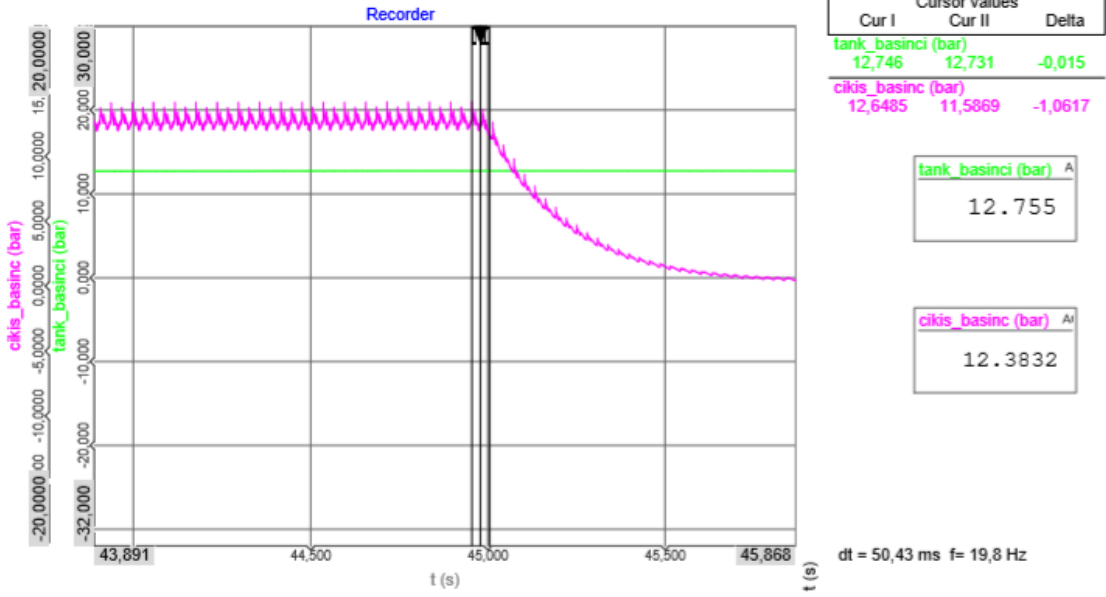
Aşağıdaki grafikte hava kurutucunun kesme basıncı 12,6 bar değerine ayarlanmış olup tahliye başladığında, kapama basıncı olan 10,6 bar değerine düşerken 1 bar diferansiyelde geçen süre görülmektedir. Grafikteki tank basıncı ile belirtilen, tanktaki anlık basınçtır ve çıkış basıncı ise kesme basıncı ile kapama basıncı arasındaki anlık basınçtır.



Şekil 4.27. Hava kurutucunun kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyeldeki geçen süre

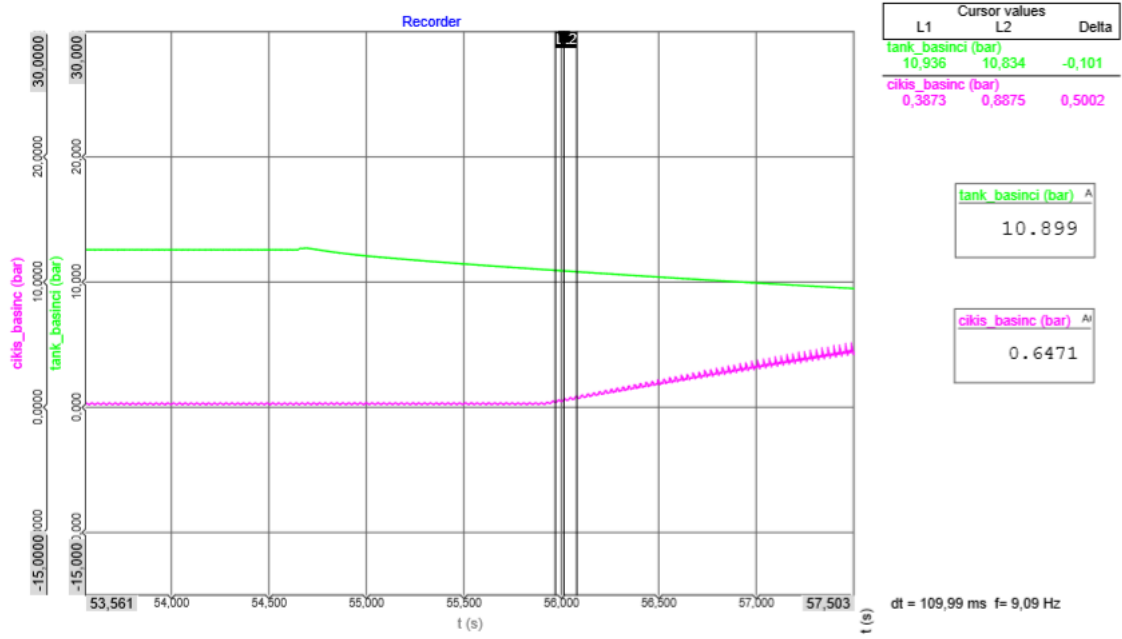
Hava kurutucunun kesme basıncı 12,6 bar değerinde ayarlanmıştır, tank basıncı bu değere ulaşınca hava kurutucuda tahliye işlemi başladığı anda, grafikte görüldüğü gibi çıkış basıncı olarak adlandırılan kompresör ile hava kurutucu arasında bulunan basınç sensörünün değeri anlık olarak düşmektedir. Çünkü tahliye başlayınca, kompresörün ürettiği hava tanka depolanmayıp hava kurutucu tarafından atmosfere verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere 1 bar diferansiyelde geçen süre 64,46 ms'dir.

Aynı test, aynı koşullarda oem hava kurutucu ile de yapılmıştır. Tahliye anında 1 bar diferansiyelde geçen süre 50,43 ms'dir.



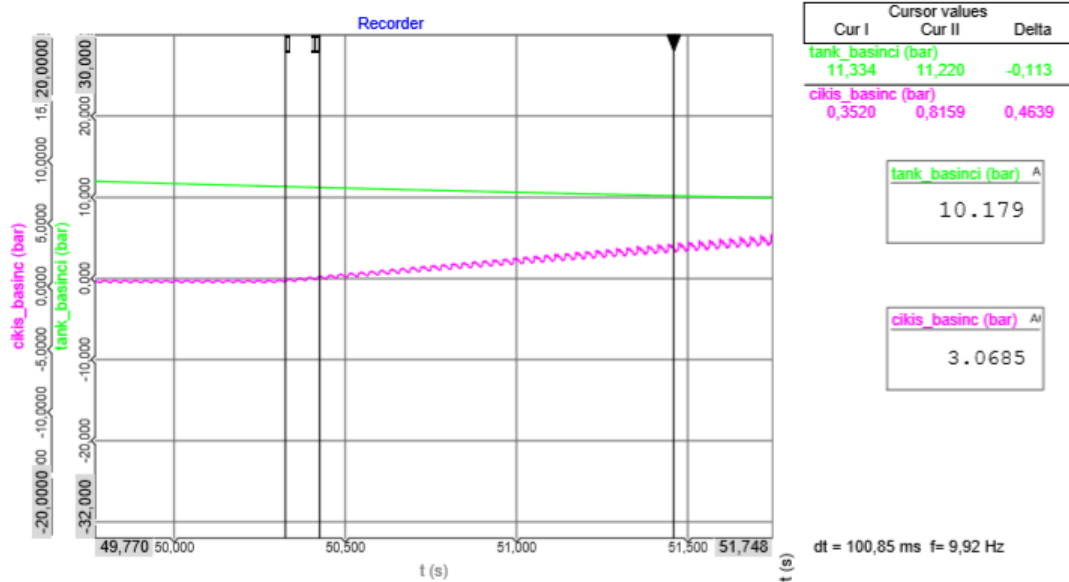
Şekil 4.28. Oem hava kurutucunun kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyeldeki geçen süre

Hava kurutucuda, ayarlanan 12,6 bar değerinde tahliye işlemi başladığında; tank üzerinden kaçak verilmiştir. Bu işlemin araçtaki karşılığı; fren, süspansiyon vb. bölümlerin havayı kullanıp tanktaki hava basıncının azalmasıdır. Tank üzerinde yaklaşık olarak 2 bar değerindeki düşüşte hava kurutucu tekrar devreye girerek kompresörden gelen havayı tanka depolamaktadır. Aşağıdaki grafikte ise hava kurutucunun tekrar aktif olduğu, kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyelde geçen süre görülmektedir. 0,5 bar diferansiyelde geçen süre yaklaşık 110ms'dir.



Şekil 4.29. Hava kurutucunun kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyeldeki geçen süre

Aynı test, aynı koşullarda oem hava kurutucu ile de yapılmıştır. Kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyelde geçen süre 100,85 ms'dir.



Şekil 4.30. Oem hava kurutucunun kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyeldeki geçen süre

Tablo 4.5. Oem hava kurutucu ile yerli hava kurutucunun çalışma performanslarının karşılaştırılması

	<i>Wabco Marka Hava Kurutucu (Oem Hava Kurutucu)</i>	<i>Vaden Marka Hava Kurutucu (Yerli Hava Kurutucu)</i>
<i>Kesme Basıncından Kapama Basıncına Düşerken 1 Bar Diferansiyelde Geçen Süre (ms)</i>	50,43 ms	64,46 ms
<i>Kapama Basıncından Kesme Basıncına Yükselirken 0,5 Bar Diferansiyelde Geçen Süre (ms)</i>	100,85 ms	109,99 ms

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi; kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyelde geçen süre yerli hava kurutucuda yaklaşık 14 ms daha fazladır. Kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyelde geçen süre yerli hava kurutucuda yaklaşık 9 ms daha fazladır. Bu belirtilen farklar ms cinsinden olduğu için yerli hava kurutucu ile oem hava kurutucunun yaklaşık olarak aynı verimlilikte çalıştığı söylenebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, otomotiv sektöründeki ağır vasıta araçlarda; kompresörden gelen havayı kurutmak ve temizlemek amacıyla kullanılan hava kurutucuların, yapısı ve araçtaki çalışma sistemi anlaşılabilir olarak, bu gereksinimleri karşılayacak bir test cihazı tasarlanıp yapılmıştır. Hava kurutucunun çalışma sisteminin daha rahat anlaşılabilmesi için devre şemasının yanında akış analizi de yapılarak havanın kurutucunun içindeki davranışı gözlemlenmiştir.

Hava kurutucunun araçtaki önemi çok yüksektir. Fren, süspansiyon, debriyaj dahil bütün hava ile çalışan sistemlere tank vasıtası ile temiz hava göndermektedir. Hava kurutucunun görevini yapmaması veya eksik yapması araçta ciddi sorunlara yol açmaktadır. Önemi bu kadar yüksek olan bir ürünün araca bağlanmadan önce bire bir testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda test cihazı çok önemlidir. Test cihazı tasarlanırken, ürünün araçtaki çalışma sistemi göz önünde bulundurulmuştur. Her teste başlanmadan önce oem hava kurutucu ile test cihazının kalibrasyonundan emin olunmaktadır. Daha sonra teste başlanmaktadır.

Test cihazında ayrıca operatör içinde gerekli güvenlik önlemleri alınmıştır. Yazılım algoritması ile ana pnömatik silindirin, hava kurutucuyu sabitlemeden önce testin başlamasının önüne geçilmiştir. Ayrıca ürünün seri imalatı yapıldığı için test sırasında zaman kaybetmemek için, hava kurutucunun çalışma prensibinden gelen temiz havayı tanka depolaması gerektiğinden; test cihazındaki tank olabildiğince küçük hacimli seçilmiştir.

Hava kurutucunun, kompresörden gelen havayı verimli bir şekilde kullanabilmesi için optimum kapama ve kesme basınçları sistemde kullanılması gerekmektedir. Bu da ancak hava kurutucunun içindeki yaylar ile sağlanabilir. Bu bağlamda yayların önemi açıkça anlaşılmaktadır.

Yaylar için tedarikçi firmadan kalite kontrol test raporları istenilmiştir. Ayrıca yayların sonlu elemanlar metodu ile analizleri yapılmıştır. Bu analizler ile tedarikçi firmadan istenilen kalite kontrol test raporları kıyaslanmıştır. AISI 302 malzemesinden imal edilen tahliye yayı, basınç ayar valfi yayı ve basınç ayar valfi yayı 2, isimli yaylarda verilen kuvvetlere göre toplam boylarındaki kısalmalar, kalite kontrol test raporlarında ve sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerde birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu yayların yay sabitleri hesaplanmış olup; tahliye yayı için $19,32 \text{ N/mm}$, basınç

ayar valfi yayı için 101,58 N/mm ve basınç ayar valfi yayı 2 için 1,86 N/mm bulunmuştur.

Basınç ayar valfi yayı montajlanırken, valfin yapısından dolayı 2 mm sıkıştırılarak montajlanmaktadır. Hava kurutucunun test cihazına bağlandıktan sonra kesme basıncı, basınç ayar valfi yayının stroğu setskur yardımıyla azaltılarak manuel bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Yapılan testler sonucunda hava kurutucunun test cihazına bağlandıktan sonra kesme basıncının 12 bar değerine ayarlanması için, basınç ayar valfi yayının stroğunu azaltan setskurun 3,25 tur sıkılması gerektiği görülmüştür. Setskur M6x1 olduğundan diş adımı 1 mm'dir. Yani setskurun 3,25 tur sıkılması demek, yay stroğunun 3,25 mm azalması anlamına gelmektedir. 2 mm de valfin geometrisinden dolayı basınç ayar valfi yayının montajı yapılırken stroğunun azaldığı bilindiğinden, toplamda 5,25 mm yayın stroğu azaltıldığında kesme basıncının 12 bar değerine ayarlanabildiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Hava kurutucunun çalışma performansının ölçülmesi adına; test cihazındaki kontrol paneli, bir yazılım sayesinde bilgisayara bağlanarak basınç sensörlerindeki istenen veriler grafik

haline getirilebilmiştir. Bu bağlamda, Wabco marka hava kurutucu (oem hava kurutucu) ile Vaden marka hava kurutucunun (yerli hava kurutucu) çalışma performansları ölçülüp karşılaştırılmıştır. Kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyeldeki geçen süre oem hava kurutucuda 50,43 ms iken; yerli hava kurutucuda 64,46 ms olarak ölçülmüştür. Kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyeldeki geçen süre oem hava kurutucuda 100,85 ms iken, yerli hava kurutucuda 109,99 ms olarak ölçülmüştür. Yapılan karşılaştırılmalı test sonuçları göz önünde bulundurularak veriler arasında çok büyük sapmalar meydana gelmediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak Vaden marka hava kurutucu ile Wabco marka hava kurutucu yaklaşık olarak aynı verimlilikte çalışmaktadır.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa ortaya çıkan ürünün, ihtiyaç duyulan kriterleri sağlayacak sonuçlarını sunduğu gözlemlenmiştir. Yapılan testlerde hava kurutucu çalışma performansının oem ürünle çok yakın olduğu görülmüştür. Ürün otomotiv sektöründe ağır vasıtalarda kullanıldığı için iklim şartları da göz önünde bulundurulmalıdır. İleride; aşırı sıcak ve aşırı soğuk iklimlerin hava kurutucunun çalışma performansına etkileri üzerinde çalışmalar yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Liu, X., Shi, Y., Luo, R. and Wang, J., 2018, Study On Multi-Function Air Dryer Of Commercial Vehicle, Materials Science and Engineering, 382 032016.
- Zhang, X., Yang, L., Wang, X. Y., Tan, X. Y., Wang, W., 2017, Machine & Electrical Double Control Air Dryer For Vehicle Air Braking System, Materials Science and Engineering, 231 012156.
- Khosropour, M. M., 1987, Air Dryer For Air Brake System, United States Patent, No: 4,707,166.
- Vandermolen, G. L., Lafayette, W., 1995, Air Dryer Mechanism With Flow Regulated Purge Pressure, United States Patent, No: 5,458,677.
- Tsubouchi, K., 1992, Air Dryer For A Vehicle Suspension System, United States Patent, No: 5,129,927.
- Cramer, K. L., Krieder, R. D., 1994, Charge/Purge Control System For Air Dryer With Humidity Control, European Patent Office, No: 0523194B1.
- Nichols, R., Malarik, J., 2004, Truck Air Dryer Purge Air Cleaner, United States Patent Application Publication, No: US 2004/0094036 A1.
- Schnitter, K., 2015, Air Dryer Cartridge, European Patent Office, No: DE 102015112488 A1.
- Blevins, J. R., 2006, Air Dryer Cartridge Mounting System, Canadian Patent, No: CA 2227210 C.
- Quinn, L. A., Hoffman, F. W., Goodell, D. J., 2005, Air Dryer Module, United States Patent, No: US 6,858,066 B2.
- Riddiford, B. P., 2019, Vehicle Suspension Control System And Method For Eliminating Manifold Exhaust Noise On Compressor Start, United States Patent, No: US 10,442,267 B2.
- Urra, C., 2015, Air Drying For A Rail Vehicle, United States Patent Application Publication, No: US 2015/0075381 A1.
- Adams, A. W., Jenkins, M. R., 2019, Air Dryer Assembly With Manifold System, United States Patent, No: US 10,391,996 B2.
- Fornof, W. P., Quinn, L. A., 2012, Air Dryer Assembly, United States Patent Application Publication, No: US 2012/0255437 A1.
- Sugio, T., Minato, I., 2019, Compressed Air Drying System, Japan Patent, No: JP 6549669 B2.

Minato, I., Sugio, T., Murakami, H., Hasebe, H., 2020, Silencer, Exhaust Valve, Valve Device, Compressed Air Supply Device For Vehicle, And Compressed Air Supply System, United States Patent, No:US 10,543,449 B2.

Minato, I., Hasebe, H., 2015, Compressed Air Supply System, Compressed Air Supply Device For Vehicle, And Method Of Controlling Air Compressor, United States Patent Application Publication, No: US 2015/0217744 A1.

Mahle Filtre, <https://www.mahle-aftermarket.com/na/en/products-and-services/filters/air-drying-cartridges/> [Ziyaret Tarihi 20 Mart 2021].

Donaldson Filtre, <https://www.donaldson.com/en-in/engine/filters/technical-articles/3-reasons-replace-air-dryer/> [Ziyaret Tarihi 20 Mart 2021].

Dufy, O.C., and Wright, G., 2016, Fundamentals Of Medium/Heavy Duty Commercial Vehicle Systems, Jones and Bartlett Learning, Burlington.

Cantel Yay, http://cantelyay.com/formul_baski.php [Ziyaret Tarihi 23 Aralık 2020].