



Bu bir MMO yayınıdır

# PNÖMATİK SİSTEMLERDE İŞ GÜVENLİĞİ EKİPMANLARI VE DEVRE ŞEMALARI

Sinan Cem GÜNEY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Festo San. ve Tic. A.Ş.



# PNÖMATİK SİSTEMLERDE İŞ GÜVENLİĞİ EKİPMANLARI VE DEVRE ŞEMALARI

Sinan Cem GÜNEY

Festo San. ve Tic. A.Ş., İst. Anadolu Yakası Org.San. Böl. Aydınlı Mah. Tem yanyol no:16 34953 Tuzla/İst.  
Tel: +90 444 1 378 (fst) Fax: +90 216 585 00 70 Gsm: +90 533 597 05 85 sinan\_guney@festo.com

## ÖZET

Yükselen güvenlik standartları ve 2009 yılının sonunda yürürlüğe giren ISO 13849-1 yeni makine-tesis yönergesi nedeniyle Avrupa ülkelerinde, makineler ve tesisler fiziksel zarara yol açmayacak şekilde tasarlanıp üretilmemektedir. Belli başlı güvenlik tedbirleri ile bir makine veya tesisin tüm işletme fonksiyonlarının da tehlikeli, riskli durumlara karşı koruma sağlanabilir. Bu konuda Makine imalatçılarımız iş güvenliği şartlarını yerine getirmek amacıyla ışık bariyerleri, güvenlik kapıları, emniyet sensörleri (**INPUT**), emniyet röleleri ve PLC ler (**LOGIC**) tarafı kullanılırken, işlenen sinyalleri eyleme dökme tarafında (**OUTPUT**), uygun ürünlerin kullanılması ve uygun devrelerin yapılması çok önemlidir. Sonuçta almış olduğumuz ve bir mantık devresinde işlemiş olduğumuz bu bilgiyi eyleme dökmemiz gerekiyor. Bir pnömatik sisteminde bu eylemler farklı görevler üstlenebilir. Bunlar;

- Hız düşürülmesi
- Basınç değeri düşürülerek kuvvet düşümü sağlanması
- Giriş beslemesinden daha çok havayı eksoz etmek
- Silindirlerde yön değişiminin sağlanması
- Hareketin kilitlenmesi ve konumunun korunmasını sağlamak
- İstenmeyen hareketin önlenmesi

**Anahtar Kelimeler:** Güvenlik, Risk analizi, Performans seviyesi,

## ABSTRACT

Machines have to be designed in a way that protects people, animals, property and the environment from harm. The goal is to prevent physical damage of any type. Using safety-oriented pneumatics from Engineering and selection right products provides you with the security of implementing safety measures in compliance with the EC machinery directive.

This reliably prevents collisions or uncontrolled restarts after EMERGENCY-STOP, for example. At the same time, using safety-oriented pneumatics also minimises the risk of liability claims. The EC Machinery Directive specifies a risk analysis and assessment for machines. These have helped to develop and define protection goals. The protection goals are achieved using various safety functions. Safety-oriented solutions in the form of

- Components
- Circuits
- Engineering

make it easy to achieve your safety objectives. Safe operation of machines should be possible in all modes and stages of their service life.

**Key Words:** Safety, hazard, Performance level, Input, Logic, Output

## 1. GİRİŞ

29.12.2009 tarihinde Avrupa Birliği ülkelerinde makine ve tesis imalatında, güvenlik konusunda yeni kriterler getiren yeni makine-tesis yönergesi yürürlüğe girdi. Tüm AB ülkeleri 2009 yılının sonunda makine-tesis yönergesini ulusal hukuk sistemlerine entegre ettiler. Ülkemizde yeni yönetmelik, 30.12.2006 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan (98/37/EC) Makine Emniyeti Yönetmeliğini yürürlükten kaldırmış ve 29.12.2009 tarihinden itibaren de yeni makine yönergesi uygulamaya girmiştir. Makine-tesis yönergesi makine ve tesislerin imalat ve kurulumuna yönelik güvenlik ve sağlık talepleri de içermektedir. Bu yönerge ile makine imalatçılarından, yapacakları makineler için bir risk analizi yapmaları da istenmekte. Makine imalatçıları makine-tesis sınırları tanımlanarak, taşıdıkları riskler tahmin ederek ve nihai bir risk değerlendirmesinde bulunmaları gerekiyor.. Makine-tesis imalatçısı, riskleri kabul edilebilir bir düzeye düşürecek uygun tedbirleri almakla yükümlü olacaktır. Bu yükümlülükler, aynı zamanda makine imalatçıları ve kullanıcıları yüksek maliyetlerden korur.

Bu maliyetler;

- Kişisel yaralanmaların sonucunda yapılan doğrudan masrafların (tıbbi bakım, tazminatlar) önlenmesi
- Kişisel yaralanmaların sonucunda yapılan dolaylı masrafların (cezalar, onarım masrafları) önlenmesi
- Artan makine kullanımı sayesinde yüksek verimlilik: Planlanmamış arızalarda azalma ve daha düzenli üretim süreleri ve iş akışları
- Sistemlerin hizmet ömründe uzama
- Makinelerin artan ihracat kapasitesi sayesinde global çapta yüksek düzeyde rekabet edebilirlik

## 2. 2006-42 AT MAKİNA DİREKTİFİ VE EN ISO13849 STANDARDI

2006-42 AT (European Community) **Makine** Direktifi kumanda sisteminde kullanılacak ekipmanlara şu sorumlulukları yüklüyor: "Kumanda sisteminin donanımında veya yazılımında meydana gelen bir

arızanın tehlikeli durumlara ve Kumanda sisteminin mantık devrelerinde meydana gelen hataların tehlikeli durumlara yol açmaması” gerekir.

Bu gereklilik maalesef standart elektronik kumanda cihazları ile sağlanamamaktadır. Bu nedenle bu gereklilikleri karşılayacak özellikte üretilen “özel” elektronik cihazlara ihtiyaç doğmuştur. Bu noktadan hareketle üretilen bu özel cihazlara “Emniyet Kumanda Cihazı” denir. Bu cihaz; kendisinin ve kendisine bağlı, ilişkili çalışan ekipmanların arızasını tespit edebilmeli, bir arıza oluşması durumunda sistemi emniyetli duruma geçirerek daha önceden belirlenmiş bir emniyet senaryosunu uygulamaya başlayabilmeli ve arıza kaynağı giderilene kadar çalışmamayı garanti edebilmeli, beklenmeyen çalışma başlangıçlarına da izin vermemelidir. Anlaşılacağı gibi bu özellikleri taşıyan emniyet cihazlarının birbirlerini yedekleyen, çift kanallı mimari yapısında ve yüksek güvenilirliğe sahip olmaları hayati önem taşımaktadır. Bu anlamda **ENISO13849** standardı, emniyet ekipmanlarının montaj, kullanım ve teknik özelliklerini tüm detaylarıyla anlatan, insan, makin ve proses **emniyeti** sağlama noktasında, makinA tasarım ve imalatçıların mutlaka uygulaması gereken çok önemli bir standarttır. Kumanda sistemlerinin emniyetle ilgili kısımlarının tasarım ve uygulama prensiplerini anlatır. **ENISO 13849-1**, eski standart olan **EN 954-1**’in yerini almıştır. Avrupa Komisyonu’nun zorunlu kıldığı 2006-42 AT **Makine** Direktifi kapsamında karşılanması gereken temel iş sağlığı ve güvenliği gereksinimlerinin sağlanması amacı ile (CE işaretinde olduğu gibi) alınacak ilgili tedbirlerin uygulanmalarına rehberlik eder.

## 2.1 EN ISO 13849-1 Standardın getirdikleri

Makina direktifine göre insan sağlığı ve çevreyi etkileyen otomasyon işlevlerinin (örneğin acil duruş) yukarıda bahsedilen gerekçelerden dolayı emniyet cihazları üzerinden icra edilmesi şarttır. Endüstriyel emniyet kontrol sisteminden, kazaya sebep olabilecek tehlikeli bir durumda sistemin emniyetini sağlaması ve koruma görevini yerine getirmesi beklendiğine göre makina risklerini yok etmeye yönelik olarak her bir gerekli emniyet fonksiyonunun senaryosunu hazırlamak ve bu senaryolara göre de özel tasarımlar yapmak elzemdir. Bu gerçeğe bir makinada riskleri değerlendirirken, üç tane çok kritik soru soruyoruz:

- Yaralanma şiddeti (Severity)
- Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı (Frequency)
- Tehlikeden kaçınma olasılığı (Probability)

Bu soruların cevapları ile eski standart **EN 954-1**’e göre risk kategorisini belirleyip (Kategori b, 1,2,3,4) bu kategoriye uygun aşağıda belirtilen ilgili bağlantı mimarisini uygulayarak ve bu kategorideki ürünleri kullanarak emniyeti sağladığımızı düşünüyorduk.

Oysa yeni standart **ENISO 13849-1**’e göre aynı soruları sorarak risk kategorisi olarak “Kategori” ifadesi yerine performans seviyesi “PL” (PL a, b, c, d, e) kavramını kullanıyor. Tek değişiklik ifadede kalmıyor. Bu (risk) performans seviyesini karşılayacak emniyet devresinin oluşturulması için sadece şematik olarak verilen bağlantı mimarisini (kategori 1-4) değil aynı zamanda MTTFd (Cihazın ilk tehlikeli arızaya kadar geçen ortalama süresi) ve DC (cihazın hata teşhis kabiliyeti) değerlerini de sorguluyoruz.

EN 954-1 sadece bağlantı kategorisi değişkenini kullanırken ENISO 13849-1 buna ilave olarak emniyet cihazının MTTFd ve DC değerlerini de hesaba katarak emniyet konusuna istatistiksel bir yaklaşım getiriyor. Gerekli emniyet performans seviyesini hesaplarken kullanılan parametreleri kısaca şöyle belirtebiliriz: Yukarıda belirtilen (S, F ve P) sorularına ilave olarak,

- Hata teşhis yeteneği (DC)
- Komponentlerin güvenilirliği ve ilk tehlikeli arızaya geçiş ortalama zamanları (MTTFd)
- Kumanda sisteminin bağlantı mimarisi
- Aynı sebepten meydana gelen ortak arızalar (CCF)
- Emniyet yazılımı (PLC)
- Sistematik arızalar
- Çevresel faktörler ve operasyonel etkenler

Emniyet ekipmanlarının kalitesini, güvenilirliğini ve çalışma performansları gösterme açısından DC, MTTFd ve CCF verileri çok önemlidir. Bu veriler, bir emniyet sistemi tasarlarırken, bu sistem içerisinde çalışacak acil stop, kilitleme devre elemanları gibi ekipmanları seçerken, nasıl bir ekipman seçeceğimizin sorularının cevaplarını verir. Hata teşhis yeteneği (DC) tespit edilebilen olası arızaların, tüm olası arızalara oranını yüzde olarak ifade eder. Örneğin; emniyet sisteminin doğasında bin tane olası hata potansiyeli var ise ve hataların 980'i tespit ediliyorsa DC oranı yüzde 98 demektir. Tabiatı gereği DC'nin yüzde 100 olma ihtimali yoktur. **ENISO** 13849-1, bir emniyet ekipmanının yüksek DC oranına sahip olabilmesi için yüzde 99'dan büyük DC oranına sahip olmasını şart koşmaktadır.

İlk tehlikeli arızaya geçiş ortalama zaman (MTTFd) değeri, tehlikeli arızaların, kontrol sistemlerinin emniyetle ilgili kısımları içerisinde, tehlikeli durumlara yol açabilecek risklerini ifade etmektedir. **ENISO** 13849-1, bir emniyet ekipmanının yüksek MTTFd oranına sahip olabilmesi için 30 yıldan büyük MTTFd oranı olmasını şart koşmaktadır.

Aynı sebepten meydana gelen ortak arızalar (CCF), birden fazla komponentin birbirini etkilemeden aynı olay ile hataya geçmesi durumudur. Bu veriler kategori 2 ve üzeri emniyet mimarileri için geçerlidir.

Görülmektedir ki, emniyet sisteminde çalışacak komponentler belirli emniyet işlemlerini yerine getirecek güvenilirlik ve SIL dediğimiz emniyet bütünlük derecelerini sağlamak zorundadır. Bu ekipmanların mutlaka emniyet sertifikalı olması ve emniyet performans seviyelerinin (PL) belirlenmiş olması gerekmektedir. Emniyet işlevleri için hesaplanan çalışma ve koruma senaryolarının gereksinimlerine cevap verebilecek doğru emniyet ekipmanı seçmek, doğru kullanılmalarını sağlamak ve ekipman kaliteleri uygulamalarda vazgeçilemeyecek kriterler olmalıdır.

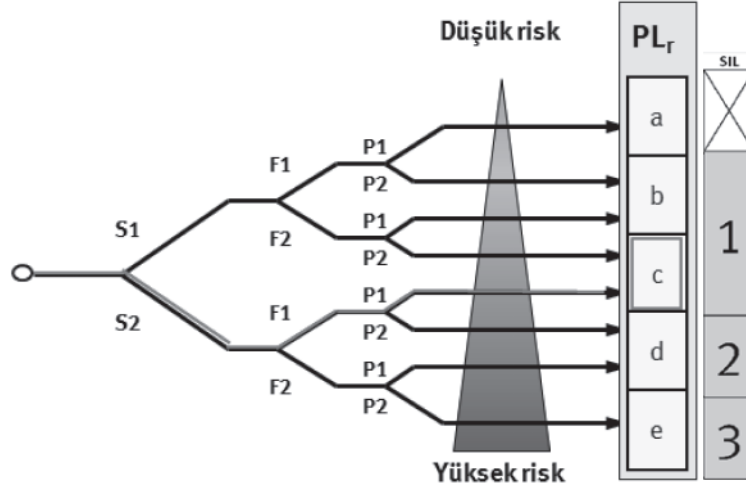
### 3. PERFORMANS SEVİYESİ

Bir işletmede yapılması gerekli ilk risk değerlendirmesi ön tehlike analizidir. Endüstriyel emniyet kontrol sisteminden, kazaya sebep olabilecek tehlikeli bir durumda sistemin emniyetini sağlaması ve koruma görevini yerine getirmesi beklendiğine göre, makine risklerini yok etmeye yönelik olarak her bir

gerekli emniyet fonksiyonunun senaryosunu hazırlamak ve bu senaryolara göre de özel tasarımlar yapmak çok zahmetlidir. Bu gerçeğe bir makinede, riskleri değerlendirirken, üç tane çok kritik soru soruyoruz:

- Yaralanma şiddeti (Severity)
- Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı (Frequency)
- Tehlikeden kaçınma olasılığı (Probability)

Buradan alacağımız cevaplara göre makinenin Performans seviyesi belirlenir.



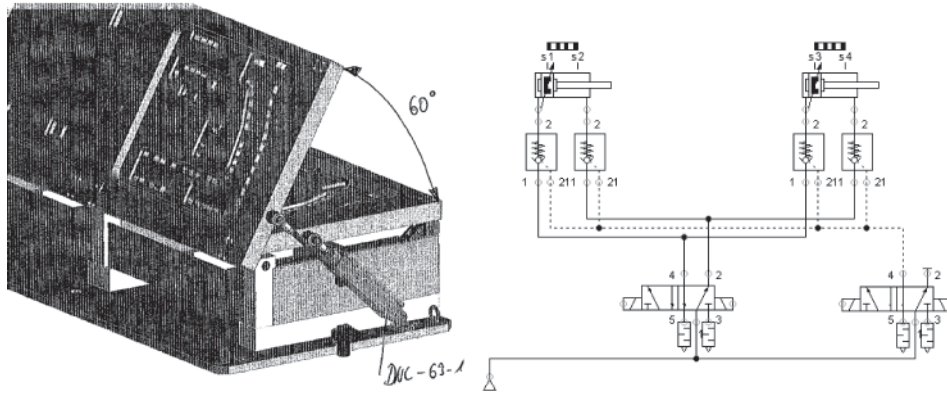
Şekil 1. ISO 13849 a uygun performans seviyesi.

Örneğe göre, Yaralanma şiddeti fazla ise (S2), Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı az ise (F1) ve tehlikeden kaçınma olasılığı varsa (P1) performans seviyesi "C"dir.

#### 4. PNÖMATİK DE UYGUN ÜRÜNLER VE DEVRELER

Makine emniyeti Input, Logic ve Output dan oluşan bir zincirdir. Zincirin sağlamlığı en zayıf halkasının dayanıklılığı ile ölçülür ki genellikle bu zincirin en zayıf halkasında Output kısmı olmaktadır. Pnömatik ekipmanlarda genellikle Output kısmında yer almaktadır. Buranın, dolayısıyla tüm sistemin doğru olması için;

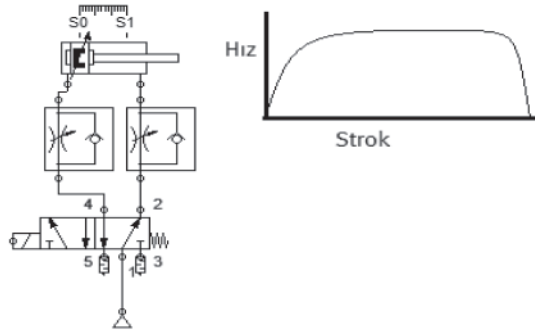
- Doğru pnömatik ürünü seçip
- Doğru mühendislik tasarımı ile
- Doğru şekilde saha uygulanması yaparak, en güvenli sistem oluşturulur.



Şekil 2. Güvenlik önlemi alınmış basit bir Pnömatik devre.

#### 4.1 Hız düşürülmesi

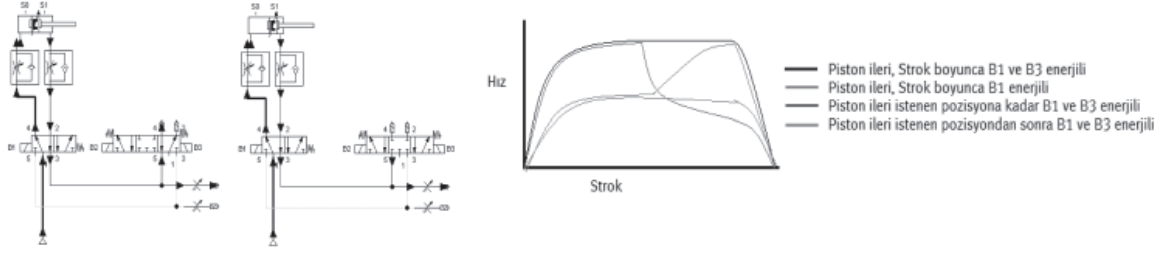
Standart pnömatik silindirde, hareket sırasında hız değişimi oldukça zordur. Silindirin hızını, Silindir üstüne veya valf eksozuna montaj ettiğimiz kısıcılarla ayarlıyoruz. Bu durumda silindir hızı, strok boyunca istenen değerinde genellikle sabittir. Ancak strok hareketi tamamlandığında hız yüksek bir ivme ile "0" değerine düşer ve silindir durur.



Şekil 3. Standart çift etkili silindir devresinde hız – strok grafiği

Proses gereğince silindir hızının, stroklarda farklı değerlerde olması istenebilir. Genellikle silindirler olabildiğince en yüksek değerde hareket etmesi istenir. Bu durumda yapılacak olan kısıcılar hız ayar vidaları en yüksek değere getirilmesidir. Yüksek hızın, proses zamanlamasında avantajları olduğu kadar güvenlikte dezavantajda yaratabilir. Yüksek hızlarda hareket eden yükün yaratacağı atalet ile makinede vibrasyon ve darbeye neden olabilir. Ayrıca hızlı bir silindiri ihtiyaç duyulduğunda durdurmak kolay değildir. Bundan dolayı pnömatik silindirlerin hızları kısıcılar ile sınırlandırılmıştır.

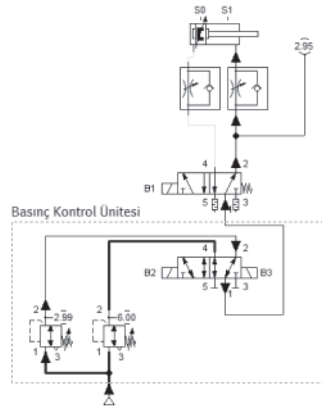
Pnömatik silindirlerden istenen, belirli bir mesafeye kadar hızlı hareket etmesi, diğer kısmı yani strok sonuna yaklaştıkça yavaşlaması istenir. Bu durumda ana kontrol valfine yardımcı olmak için 5/3'ü ortada kapalı bir valf kullanılır. Bu valf bizlere eksoz kontrolü sağladığından farklı hızlarda çalışabildiğimiz gibi proses sırasında hız değişikliği yapmamıza imkan tanımaktadır.



Şekil 4. Standart pnömatikte, farklı syrok değerlerinde hız değişimi.

## 4.2 Basınç ve kuvvet düşümü

Pnömatik devrelerinde uygun silindir çapı seçimi yaparken kullanmış olduğumuz basit bir formül vardır. Bu formül  $F(N) = A(\text{silindir alanı}) \times P$  ( Basınç değeri). Kısaca bir silindirin kuvveti, kullanılan basınç değeri ve silindir alanı ile doğru orantılı olup, bu değerler artıkça silindirimizin etki edeceği kuvvet artacaktır. İhtiyaç duyulduğunda kuvvet düşümü istenildiğinde yapmamız gereken bu iki değerden birisinin azalmasını sağlamak. Silindir alanını düşürme imkanımız yoktur. Bu durumda geriye sadece basınç değerinin düşürülmesi kalıyor. Hareket eden bir silindirde, acil durumda standart manüel bir regülatör ile basınç düşürmeye çalışırsak yeterli hızda cevap alamayabiliriz. Bu durumda kullanacağımız regülatörün elektrik ile kontrol edilmesi gerekiyor. Kullanacağımız basınç regülatörü, oransal kontrollü yada bobinli ve iş güvenliği standartlarına uygun olarak geri bildirim verme özelliğine sahip olması gerekir. Oransal regülatörler ilk maliyet olarak pahalı olmasıyla birlikte kontrol için analog output ve geri bildirim almak amacıyla analog input ihtiyacı olduğundan ve kullanımı kompleks olduğundan piyasada fazla rağbet görmemektedir. İş güvenliği uygulamalarda çift değerli-basınç regülatörleri sadece bir adet dijital output ve input gereksinimlerinden dolayı maliyeti uygun olurken kontrolü oransal regülatörlere oranla daha kolay olmaktadır.

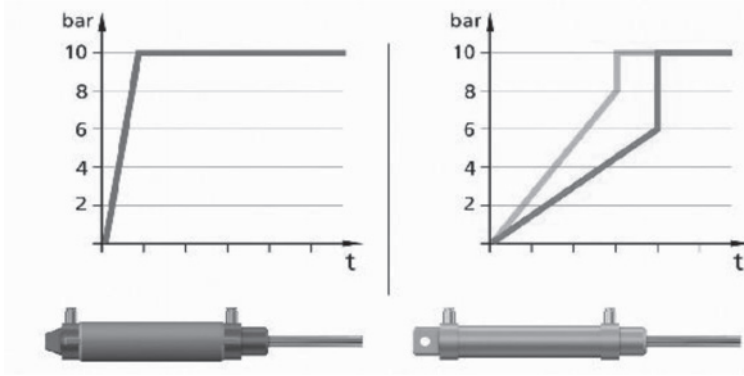


Şekil 5. Standart pnömatikte kuvvet değişimini sağlayan, bobinli ve çift basınç ayarlı regülatör.



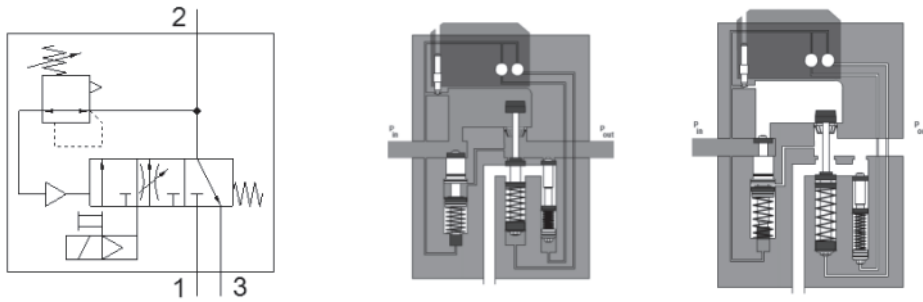
### 4.3 Sistem basıncını kontrol etmek

Pnömatik sistemlerde hava basıncının kontrolü çok önemlidir. Sistemi hızlı bir şekilde basınçla doldurmak canlılara ve ürünlere zarar verebiliriz. Bu problemi aşabilmek amacıyla basıncın kademeli ve zamana yayılarak sisteme verilmesi gerekiyor. Bu sayede ilk harekette meydana gelen ani hızlanma ve vibrasyonu önlememiz gerekiyor.



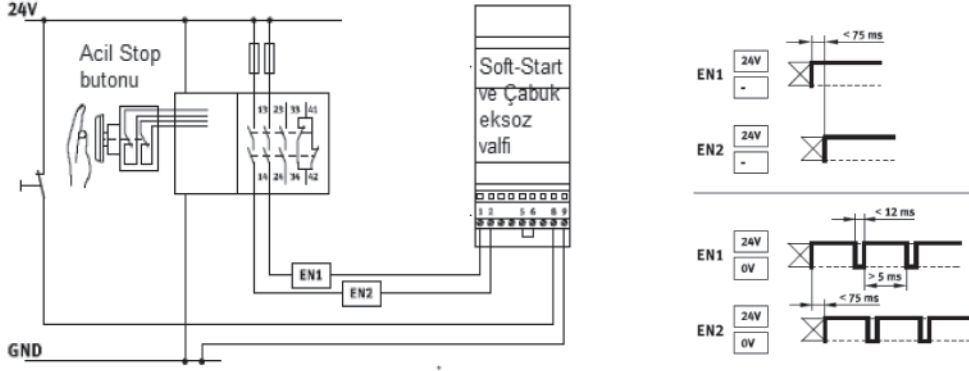
**Şekil 6.** İlk harekete sistem içerisinde meydana gelen basınç ve zaman grafiği ile olması istenen basınç ve zaman grafiği.

Pnömatik sistemlerde diğer bir gereksinim ise acil durum da sistemdeki basıncın boşaltılması ile silindirlere yük durumundan kurtulmasıdır. Sistemdeki basınç olabildiğince çabuk boşaltılmalı. Bundan dolayı çabuk eksoz valflerinden istenen özellik, eksoz kapasitesinin yaklaşık olarak besleme kapasitesinden 1,5 kat daha fazla olmasıdır. Çabuk eksoz valfi tasarlanırken eksoz portu (3), besleme (1) ve çıkış(2) portundan bir boy büyük olarak tasarlanır. Kullanılacak susturucunun kapasitesi de burada çok önemlidir. Çabuk eksoz valflerin de kesinlikle sinter susturucu kullanılmaması gerekiyor.



**Şekil 7.** Yavaş Başlatma –Çabuk eksoz valfin pnömatik diyagramı çalışma şekli.

Proses gereksinimi her zaman acil durdurma fonksiyonu her zaman ihtiyaç duyulmaz, fakat ihtiyaç duyulduğunda mutlaka fonksiyonu tamamlanması gerekir. EN ISO 13849-1 standartlarından kategori 3 ve 4, performans seviyesi olarak "e" gereksinimi olarak çift kanal besleme ve monitör özelliğine sahip olması gerekmektedir. Monitör özelliğine sahip çabuk eksoz valfi, her saat kendini kontrol ederek ihtiyaç duyulduğunda çalışıp çalışmayacağına karar vermektedir. Çift kanallı kontrol sayesinde ise, istenmeyen çalışmalara karşı koruma sağlamaktadır.



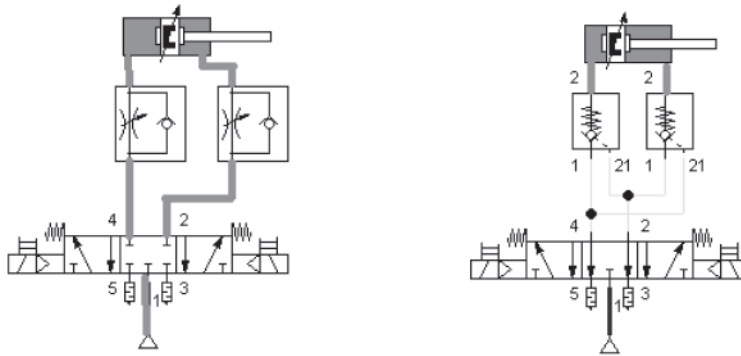
Şekil 8. Performans seviyesi "e" ve kategori 4 olan çabuk eksoz valfin çift kanallı elektrik devresi.

Kategori 3 ve 4 gereği sinyaller arası süre 75 ms'den fazla, kısa devre süresi 12 ms'den ve çalışma süresi 5 ms'den küçük olmamalı.

#### 4.4 Pnömatik silindirde hareketin engellenmesi

Pnömatik silindirlere, ihtiyaç duyulduğunda pozisyonu korunması istenir. Bunun için genelde kullanılan sistem 5/3 orta konum kapalı valftir. Bu sistem basit olması ve diğer sistemlere göre ucuz olması nedeniyle çok kullanılmasına rağmen, iş güvenliği standartlarına uygun bir sistem değildir. Bunun en büyük nedeni basınçlı havanın, sadece silindir içerisinde değil, aynı zamanda valfe kadar olan hortum içerisinde de tutulmasıdır. Hortumlarda ve bağlantı rekorlarında kaçaklar (ISO 19973 ve VDMA 27458'e göre bağlantı rekorlarında 0,1 litre /saat kaçak kabul edilebilir) silindir pozisyonun kaybetmesine neden olur.

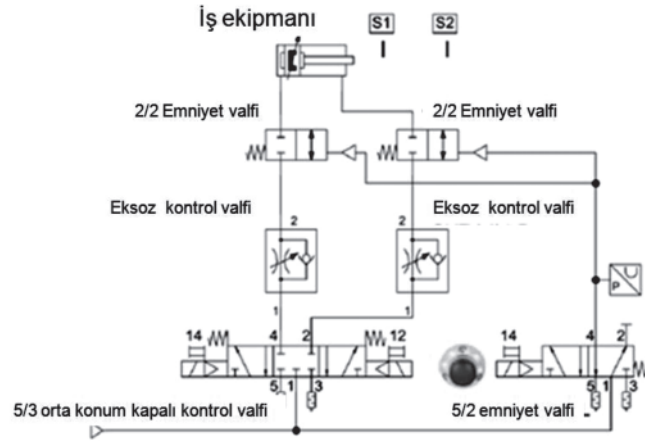
Tercih edilen diğer bir yöntem ise 5/3 orta konum eksoz valf ve pilot uyarılı çek valf kullanılarak yapılan sistemlerdir. Buradan çek valflerin pilotları, karşı konumdan "T" rekor ile alınan pilot ile uyarılması kesilir ve basınçlı hava sadece silindir içerisinde hapsedilir. Bu sistem 5/3 orta konum kapalı valfle yapılan sisteme göre daha iyi olmasına rağmen istenen yüksek güvenlik kategorilerine uygun değildir. Bunun nedeni, valfin bobinlerine kontrol dışında enerji verildiğinde silindirin hareket edecek olmasıdır.



Şekil 9. Solda 5/3 orta konum kapalı valf, sağda 5/3 orta konum eksoz ve çek valf ile silindir pozisyonunun korunması.

İş güvenliği ISO 13849-1 standartlarına uygun olarak farklı seviyelerde sistemler kurulabilir. Yukarıdaki sistemlere en yakın olan sistem, çek valflerin yerinde kullanılacak pilot kumandalı 2/2 valfler ve bunların pilot kontrolünü sağlayan, bir portu körlenmiş 5/2 valf (3/2 fonksiyonunda) ile yapılan sistemlerdir. Acil stop butonu, pilotları kontrol eden 5/2 valfin bobinine bağlanmıştır. Bu sistemin avantajları;

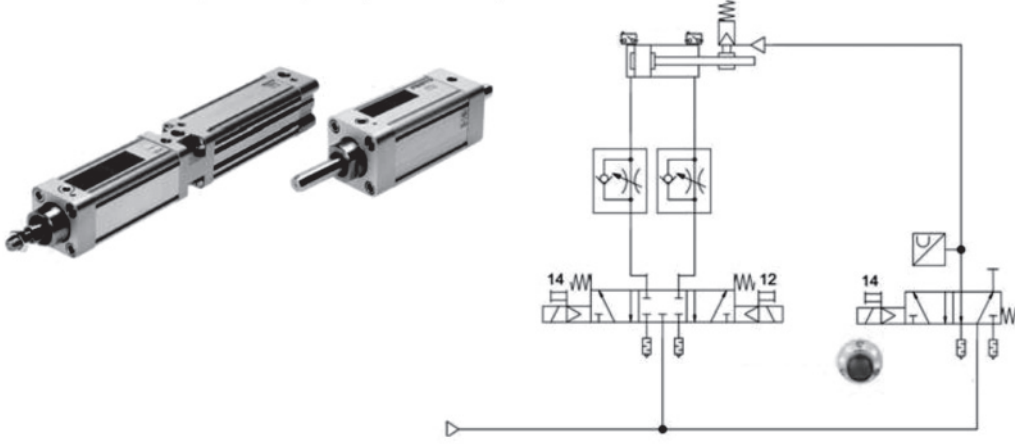
- Pilotları kontrol eden valfi, 2/2 valflere yakın konumlandırılarak pilotlardaki basıncın erken tahliyesi sağlanarak sistem daha kararlı ve hızlı hale getirilir.
- Pilotların kontrolü ana valften ayrılır. Bu şekilde Acil Stop açılmadığı sürece kontrol valfin bir fonksiyonu olmayacaktır. İstem dışı çalışmayı engellemiş oluruz.
- Pilot valfinde meydana gelecek arızada, ana kontrol valfi (5/3 orta konum kapalı) devreye girerek silindirin durması sağlanır. Güvenlik katsayısı iki katına artırılır.



**Şekil 10.** ISO 13849-1 standartlarında Kategori 3, PL seviyesi "d" standartlarına uygun pnömatrik devre.

Tüm bu güvenlik önlemlerine rağmen kontrol ettiğimiz basınçlı hava olunca, sistem her zaman %100 güvende olmaz. Tahmin edemediğimiz arızalar ve silindir ön conta sıyırması, silindir iç kaçak gibi problemlerde hava basıncının korunması mümkün olmadığından, daha farklı sistemlere ihtiyaç duyulur. Güvenlik fonksiyonlarının her zaman uygulanması için Mekanik kilitli silindirlere ihtiyaç duyulur. Mekanik kilitli silindirler, standart silindirlerden farklı olarak silindir ön tarafında pnömatrik kontrollü bir kilit mekanizmasının olmasıdır. Bu kilidin açılmasını ve silindir milin hareket etmesini sağlayan basınç tahliye edildiğinde kilit aktif duruma gelerek güvenliği sağlayacaktır. Kilit mekanizmaların tutma kuvvetleri silindirlerin 6 bardaki itme kuvvetinden fazla olmasıyla beraber yanlış kullanıldığında fonksiyonlarını yerine getiremedikleri durumlar olmaktadır. Kilitli silindirleri kullanırken;

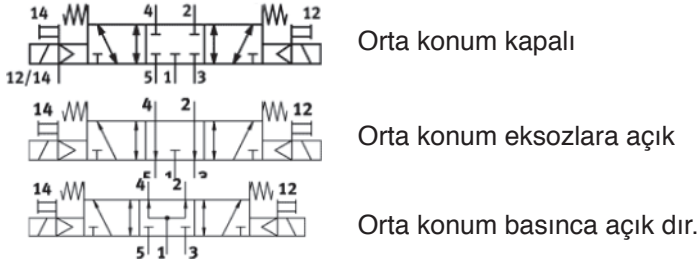
- Silindirlerin kontrolü standart 3/2 yada 5 /2 valflerle yapılmamalı.
- Silindir öncelikle 5/3 valfler ile durdurulmalı, en azından silindiri yük durumundan kurtarmalı.
- Kilit devresi, 5/3 kontrol valfi ile aynı anda yada daha sonra devreye girmeli.
- Kilit mekanizması, silindir pozisyonlaması için kullanılmamalı.



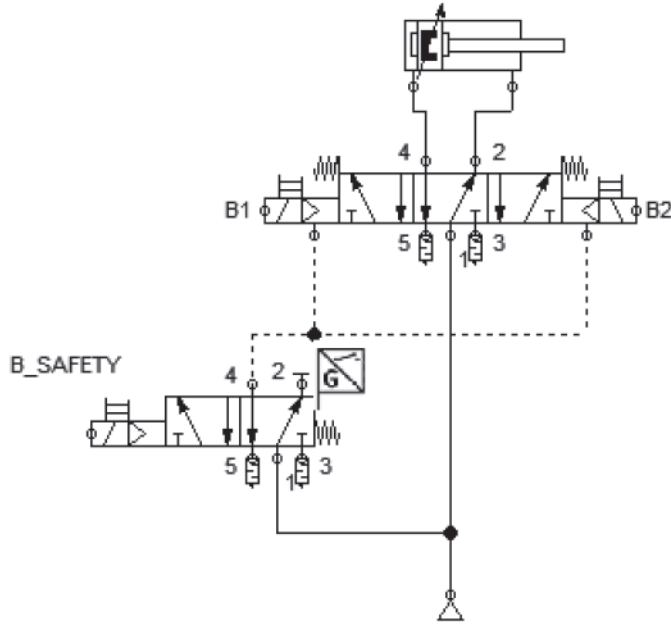
**Şekil 11.** ISO 13849-1 standartlarında Kategori 4, PL seviyesi "e" standartlarına uygun pnömatik mekanik kilit devresi.

#### 4.5 Pnömatik silindirde hareket yönünün değişmesi

Tehlike oluştuğunda, sadece silindiri pozisyonda tutamak ya da basıncı boşaltmak yeterli olmayabilir. Birçok iş güvenliği senaryosunda, silindirin başlangıç konuma geri dönmesi istenir. Böyle uygulamalarda orta konumu özel bir 5/3 valf kullanılması gerekir. Bilindiği gibi standart bir 5/3 valfde üç farklı orta konum vardır. Bunlar;



Silindirin ilk konuma gelmesi için gerekli valf standart 5/3 valfler tek başına yeterli değildir. Bu uygulama için 5/3 valfin orta konumu, sağ konumla aynı olan bir valf olmalı. Bu sayede bobinlerde enerji kesildiğinde valf orta konuma geçecek ve silindirin ilk konuma dönmesi sağlanır. Bu sistemin kategori sınıfın artırılması için valfin bobin pilotlarının harici pilot beslemeli olması önemli. Valfin konum değiştirmesi için pilotlarına harici bir valf ile uyarmamız gerekiyor. Pilotları kontrol eden harici valf, üzerine entegre edilen indüktif sensör sayesinde konum bilgisini verme özelliğine sahip olması performans seviyesini artıracaktır. Acil stop rölesi de bu valfin bobinine bağlanır. Bu sayede ana kontrol valfin (5/3) bobinleri istem dışı enerji verilse de konum değiştirmeyecektir.



**Şekil 12.** ISO 13849-1 standartlarında Kategori 4, PL seviyesi "e" standartlarına uygun hareket yön değişim devresi

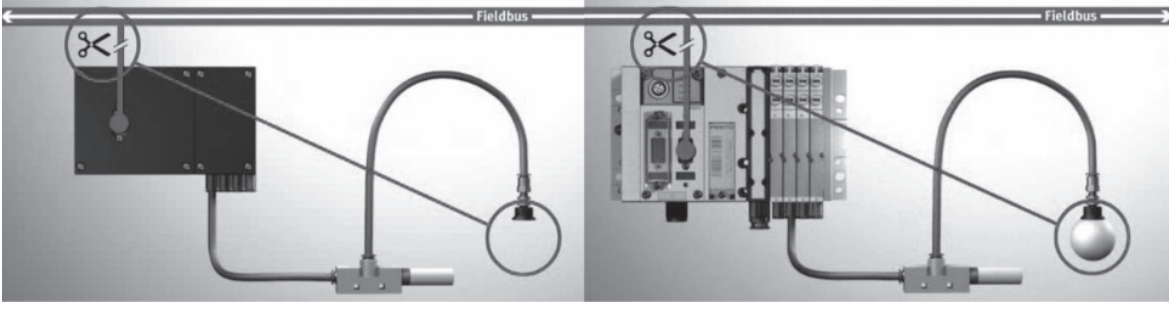
## 5. VALF TERMİNNELERİNDE İŞ GÜVENLİĞİ FONKSİYONLARI

Valf terminali, en basit haliyle birden fazla valfin bir manifold üzerine montaj yapılarak, besleme havasının ve eksozların ortak olmasıdır. Valf terminallerin fonksiyonluğunun artmasıyla birlikte elektrik beslemelerin yapısı da değişmekte. Piyasada en çok tercih edilen valf terminali, multi-pin olarak adlandırdığımız çok damarlı bir kablo ile kontrolü yapılan valf terminalleri olup gelişen teknoloji ile Bus ya da Net tabanlı haberleşme protokollerine sahip valf terminallerin pazar payları da her gün artmaktadır. Bus ve Net haberleşmeli valf terminallerin gelişmesi ile İş güvenliği ihtiyaçlarını sağlamak amacıyla yeni fonksiyonlar otomasyon dünyasında yer edinmeye başladı.

### 5.1 Konum koruma özelliği – Fail-safe

Bus ve Net haberleşmeli valf terminallerinde yaşanan en büyük sıkıntı haberleşmenin kopması ile valf bobinlerinin eski konumlarına dönmesi. Bu durumda, silindirde yada vakum üreteçlerinde birçok istenmeyen hareketler olacağından tehlike oluşmaktadır.

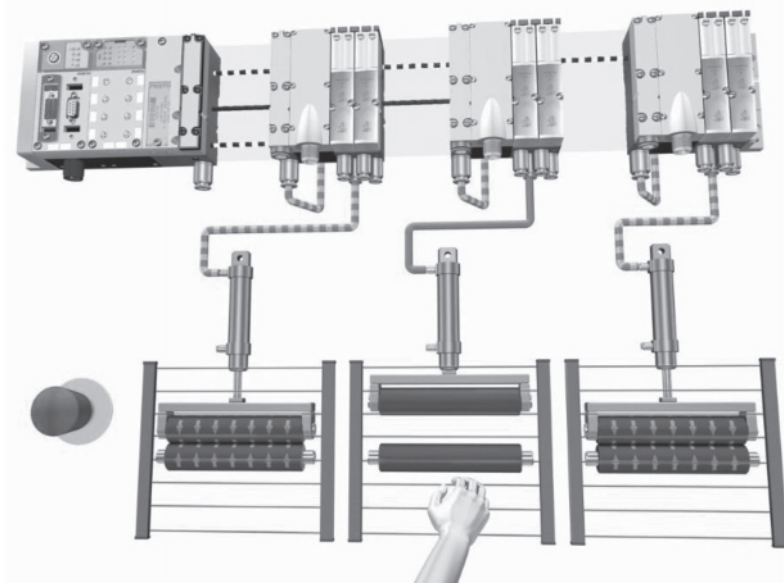
Özellikle taşıma sisteminde vakumu kontrol eden valflerin konumunu kaybetmesi, ürünün düşmesine ve zarar görmesine hatta zarar vermesine neden olur. Aynı şekilde kaynak sırasında parçaları tutan klemp silindirlerin pozisyonu kaybetmesi tehlikeye neden olur. Valf terminallerinde Fail-safe özelliği PLC yazılımından yada bazı valf terminallerinde olduğu gibi dip-switch ile aktif edilebilir. Bu özellik valfin haberleşme kesilmeden önceki son pozisyonunu korumasını sağlar. Valf bobini enerjili ise, haberleşme koptuktan sonrada enerjili kalması sağlanır.



Şekil 13. Konum koruma (Fail-safe) sayesinde haberleşme kesilmesine rağmen valf pozisyonunu koruyor.

## 5.2 Farklı Basınç ve Elektrik Bölgeleri Oluşturmak

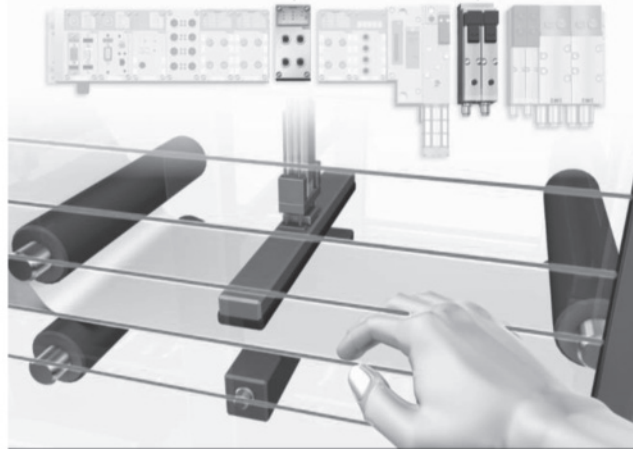
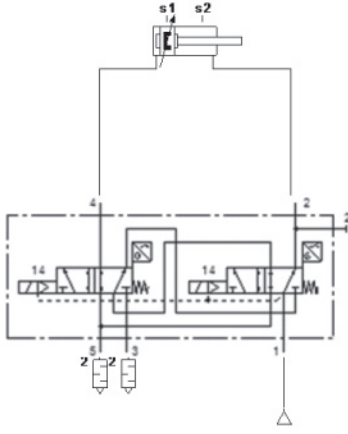
Valf terminalleri her ne kadar basınç ve elektrik beslemeleri ortak olsa da birbirinden farklı fonksiyonların olduğu bölgeler için aynı terminalde birden fazla bölgelere ayrılabilir. Bu sayede tehlikenin oluşacağı bölgenin enerjisi kesilirken diğer bölgeler fonksiyonlarını yerine getirmeye devam edebilecekler. Bu özellik sayesinde iş güvenliği nedeniyle yaşanacak duruşlar minimuma inecek.



Şekil 14. Valf terminalinde farklı bölgelere ayırma.

## 5.3 Pres Uygulamalarında Güvenlik Fonksiyonları

Pres uygulamalarında, pres silindiri kontrol edecek sistemin kategori 4 standartlarında uygun olması istenir. Bu kategoride kullanılacak valf sisteminde, valfler birbirine seri bağlanmasından dolayı, bobinleri çift kanallı sinyal ile enerji verilmeli ve valflere entegre edilmiş sensörler sayesinde valfin iç pistonun konumunu gösteriyor olması istenir. Bu valflerden birinin bobinin enerjisi kesilmesi, silindirin ilk konuma dönmesini sağlar. Hareketin tamamlanması için iki bobinin aynı anda enerji verilmeli.

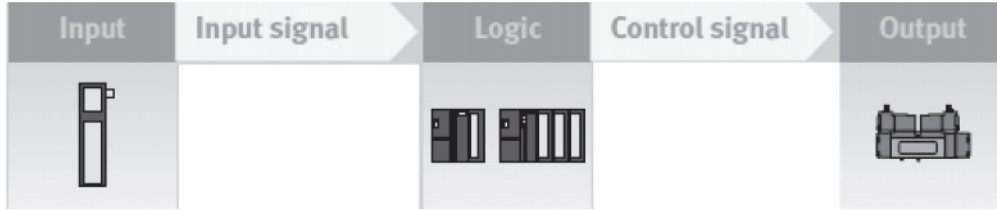


Şekil 15. Kategori 4 sınıfına uygun seri bağlantılı valf diyagramı.

## SONUÇ

Türkiye'deki makineler incelendiğinde;

İş Güvenlik ürün zincirlerine baktığımızda sadece INPUT ve LOGIC kısmında kullanıldığını ama OUTPUT kısmında kullanım oranının çok düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 16. İş güvenliği ürün zinciri

OUTPUT kısmı sinyallerin eyleme döküldüğü bölüm olduğunda burada ürün seçimi ve doğru mühendislik çok önemli. Doğru ürün seçimi ve uygun devreyi çizmek için öncelikle risk analizlerin doğru yapılması gerekiyor. Makinenin oluşturacağı riskler göz önünde bulundurularak yapacağımız analizleri doğru yapmaz isek;

- İstenen kategori şartlarından daha düşük kategoride tasarım yapılır.  
Tehlike riski artacak, dolayısıyla kaza riski artarken makine verimliliği düşmesine neden olur.
- İstenen kategori şartlarından daha yüksek kategoride tasarım yapılır  
Tehlike riski düşecek fakat makine maliyetleri ve sistem karmaşası artmasına neden olacaktır.



## KAYNAKLAR

- [1] Festo safety engineering 2013
- [2] İş Ekipmanlarda iş güvenliği (Ersin Bozkurt)

## ÖZGEÇMİŞ

### **Sinan Cem GÜNEY**

1978 yılı Erzincan doğumludur. 2004 yılında Marmara Üniversitesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2006 yılında Mekatronik Yüksek lisansını tamamlamıştır. Şu anda Gabrova Üniversitesi Makine Mühendisliği eğitimine devam etmektedir. 2002 yılından bugüne kadar çalıştığı FESTO San ve Tic. A.Ş de sırasıyla, Bölge Satış Mühendisliği, Teknik Destek Müdürü ve Ürün Pazarlama Müdürlüğü görevlerini üstlendi. Evli ve bir çocuk babasıdır.