

ÜRETİM SÜRECİNDE İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (İPK) UYGULAMALARI VE ELEKTRONİK SEKTÖRÜNDE BİR İNCELEME

Hakan YILDIRIM¹, Ebru KARACA

¹Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Öğretim Üyesi, Doç. Dr.

ÜRETİM SÜRECİNDE İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (İPK) UYGULAMALARI VE ELEKTRONİK SEKTÖRÜNDE BİR İNCELEME

Özet: İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) prosesin izlenip değişkenliğin kontrol altına alınması ve kontrol altına alınan süreçte iyileştirme faaliyetlerinin yapılmasına imkan tanır. Süreçteki problemlerin belirlenip çözüme kavuşturulması için “Yedi Kalite Aracı” olarak bilinen; sınıflandırma, çetele, histogram, pareto analizi, neden-sonuç diyagramı, serpilme diyagramları ve kontrol grafiklerinden yararlanır. Bu çalışmada, elektronik sektörde yangın ve gaz algılama sistemlerinin üretimini yapan bir işletmede İstatistiksel Proses Kontrol tekniklerinin uygulaması yapılmıştır. Üretim sürecindeki arıza türleri, kaynakları ve sebeplerinin incelenmesi amacıyla düzenli veri toplanması için çetele tablosu oluşturulmuştur. En önemli arıza sebeplerine yönelmek için Pareto Analizi yapılmıştır. İşletmede, arızaların oluşmasındaki en büyük etken ile ilgili nedenlerin belirlenmesi için neden-sonuç diyagramı oluşturulmuştur. Prosesin kontrol altında olma durumunun belirlenmesi için kalite kontrol kısmından alınan veriler ile kontrol diyagramları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel Proses Kontrol, Üretim Süreci, Süreç İyileştirme Teknikleri, Elektronik Sektörü

I. GİRİŞ

Değişkenlik kalitesizliğin ortaya çıkmasında etkisi büyük olan bir faktördür. Değişkenlik, üründe kusurlara, maliyet ve zaman kaybına, müşteri memnuniyetinin azalmasına sebep olur. İstatistiksel Proses Kontrol yöntemleri ile proses izlenip değişkenlik kontrol altına alınır. Böylelikle sürekli kontrol altında tutulan süreç iyileştirilebilir.

Bu çalışmada özellikle can ve mal güvenliği açısından büyük öneme sahip bir güvenlik sistemi uyarıcısı araştırma alanı olarak seçilmiştir. Güvenlik sistemindeki uyarıcının yangın alarmındaki davranışları baz alınmıştır. Bir yangın algıma ve alarm ürününün kalitesi yangın durumunu erken ve doğru bir şekilde algılaması kriterlerine bağlıdır. Yangının algılanacağı seviye uluslararası standartlarda belirtilmiştir. Kaliteli ve güvenilir bir ürünün bu standartların özelliklerini taşıması, son kullanıcının güvenilir bir şekilde kullanması için asılsız, yanlış ihbarların olmaması gerekmektedir. Bu yüzden yangın algılama ve alarm sistemlerinin tasarım, üretim ve son kullanıcı için projelendirilip, kullanıma alınmasının uluslararası standartlara uygun olarak

STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC) APPLICATIONS IN THE PRODUCTION PROCESS AND A STUDY IN THE ELECTRONIC INDUSTRY

Abstract: Statistical Process Control is used for monitor the process and to control variability and making improvement activities. To solve the problems, stratification, check sheet, histogram, pareto chart, cause-effect diagrams, scatter diagram and control charts are used. These are also known as Seven Quality Tools. In this study, a company in the electronics industry which is producing fire and gas detection system was applied to statistical process control techniques. To examine of fault types, sources and causes in the production process check sheet was made. Pareto Analysis is made to address the most important causes of failure. To determine the most important factor for the occurrence of fault a Cause-effect diagram was created. To determine the status of being under the control of the process is taken from the quality control data and control diagrams created.

Keywords: Statistical Process Control, Production Process, Process Improvement Techniques, Electronics Industry

yapılması ve ilgili tüm süreçlerinde değişkenliğin kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında İstatistiksel Proses Kontrol teknikleri hakkında bilgi verilmekte, üretim sürecinde değişkenlik kavramı anlatılarak, konu ile ilgili literatür araştırması yapılmaktadır. Uygulama kısmında, elektronik sektörden yangın ve gaz algılama, alarm sistemleri alanında faaliyet gösteren bir firmanın üretim ve kalite kontrol bölümlerinden alınan verilere İstatistiksel Proses Kontrol tekniklerinden pareto analizi ve sebep-sonuç diyagramı, serpilme diyagramları ve kontrol diyagramları uygulanmıştır.

II. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

İstatistiksel Proses Kontrol, kısaca İPK proseslerdeki değişkenliğin ölçülmesi ve irdelenmesi için istatistiksel tekniklerin uygulanmasıdır [1].

İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK), kalitenin muayene yolu ile yüzde yüz sağlanamamasından dolayı ürün yerine, ürünü üreten sistemi yani süreci kontrol etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Üretilen ürünün özellikleri onu üreten sürecin bir fonksiyonudur. Başka

bir ifade ile süreçle ürün arasında bir sebep-sonuç ilişkisi vardır. Eğer tüm süreç değişkenleri kontrol altına alınabilirse ürünün özellikleri de kontrol altına alınabilir [2].

II.1. Temel İPK Teknikleri

İstatistiksel süreç kontrolünde, yararlanılan temel araçlar yaygın olarak “Yedi Kalite Aracı” olarak bilinir. Bu yedi araç, verilerin düzgün biçimde belirlenebilmesini kolaylaştırmak ve bu verilerin sistematik bir yaklaşımla değerlendirilmesini sağlamak amacı ile tasarlanmıştır. Kalite ve süreç iyileştirmede kullanılan 7 temel teknik, “Ishikawa’nın Yedi Temel Aracı; [3]

1. Sınıflandırma,
2. Çetele,
3. Histogram,
4. Pareto analizi,
5. Neden-Sonuç diyagramı,
6. Serpilme diyagramları,
7. Kontrol grafikleridir.

1. Gruplandırma(Sınıflandırma): Gruplandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesi olarak tarif edilebileceği gibi, kategorilere ve özelliklere göre bilgilerin sınıflandırılması süreci olarak da tarif edilebilir [4].

2. Çetele: Çetele, problem tanımlamada sıkça kullanılan basit bir araçtır. Çeteleler kullanıcılara, kayıt ve verileri toplamak ve analiz etmek için imkân tanır. Çeteleler, kullanıcıların veri toplayarak öğrenmek istedikleri konu temelinde tasarlanmışlardır. Toplanan verilerin puantaj veya farklı basit semboller ile kayıt altına alınmasına olanak sağlarlar. Çetelelerin kullanımında birçok farklı format ve çizimler mevcuttur. Çeteleler, büyük çoğunlukla arıza tiplerinin dağılımları ve arızanın konumu şeklinde kullanılır [5].

3. Histogram: Histogramlar bir grup verideki değişimlerin dağılım aralıklarını ve yoğunluklarını göstermek için kullanılır. Süreç iyileştirmede, veri gruplarının çubuk grafik şeklinde gösterildiği şekil histogramın daha klasik bir şeklidir ve çan eğrisi olarak da bilinir [6].

4. Pareto Analizi: Pareto analizi, dikkatleri en önemli problem alanlarına çekmek için kullanılan bir tekniktir. 19. Yüzyıldan sonra İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto’nun adıyla anılan Pareto kavramı, toplam olaylar (şikayetler, kusurlar, problemler) içerisinde diğerlerine nazaran daha yüksek orana sahip faktörleri gösterir. Bu görüş, durumları önem sırasına göre derecelendirmeyi sağlar ve sonrasında, daha az önemli olan sorunlar (“trivial many”) bırakılıp, en önemlileri çözmeye odaklanılır. Çoğu kez, 80-20 kuralı olarak anılan Pareto Analizine göre problemlerin (fiyat, maliyet vb.) %80’inin sebebi, öğelerin % 20’sinden kaynaklanır. Örneğin, makine arızalarının %80’i, makinelerin %20’sinden

kaynaklanır ve ürün kusurlarının %80’i, kusur sebeplerinin %20’sinden kaynaklanır [7].

5. Neden-Sonuç: Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilen Neden-Sonuç (“Balık Kılıcı”) diyagramı, çoğunlukla, onun onuruna Ishikawa diyagramı olarak adlandırılır. Neden-Sonuç diyagramının amacı bir problemin kök sebebi ile ilgili farklı teoriler arasındaki karşılıklı ilişkileri düzenlemek ve göstermektedir. Neden-Sonuç diyagramı sistematik bir şekilde, yapılandırılmış belirli bir problemin, mümkün olan sebeplerine odaklanarak, bir problem çözme ekibine, potansiyel sebepler üzerinde düşünüp açığa kavuşturmak için olanak sağlar ve takımın gerçek kök sebep veya sebepleri keşfetmek için daha verimli çalışmasına imkan sunar [8].

6. Serpilme Diyagramları: Serpilme diyagramı, iki değişken arasındaki ilişkiyi göstermek ve ikisi arasında korelasyon olup olmadığına karar vermek, bir neden-sonuç ilişkisi olabileceğini (yada neden-sonuç ilişkisi olmadığını) göstermek için kullanılan grafiksel bir araçtır [9].

7. Kontrol Grafikleri: Kontrol Grafikleri ilk olarak 1920 lerde Bell Laboratuvarlarında Walter Shewhart tarafından önerilmiştir. Shewhart süreç değişkenliğinde ki genel nedenler ve özel nedenleri ayrı tutmak için kontrol grafiklerini geliştirmiştir. Kontrol grafiği süreç kontrol durumunu açıklayan grafiksel bir araçtır [10].

İlgili veri türüne bağlı olarak seçilebilecek farklı türde kontrol grafikleri vardır. Kontrol grafiklerini iki sınıfa ayırabiliriz, değişkenler (niceliksel) için kontrol grafikleri ve niteliksel kontrol grafikleri olmak üzere. Niteliksel veriler sayılabilir (bir örneklemede ki kusurlu parça sayısı yada şikayetlerin sayısı); değişken veriler genellikle sürekli bir ölçekte ölçülür (bir görevi tamamlamak için gerekli süre, bir partinin uzunluk ve genişliği gibi) [11].

III. ÜRETİM SÜRECİ HATALARI

III.1. Üretim Kavramı

Üretim, insan gereksinimlerinin doğa tarafından tam olarak karşılanamaması sonucu ortaya çıkan beşeri bir faaliyettir. İnsanın, yaşamı için doğanın kendisine verdikleri ile yetinmesi halinde herhangi bir üretim faaliyetinden söz edilemeyeceği açıktır. Nitekim çok ilkel toplumlarda üretim faaliyetine rastlamak pek mümkün değildir. Dolayısı ile üretimin, insanoğlunun uygarlık yolunda ilk adımları atmaya başladığı tarihe kadar uzanan bir geçmişi olduğu söylenebilir [12].

Üretim, mal ve hizmetlerin oluştuğu süreç olarak tanımlanabilir. Bu anlamda, üretim süreçlerine fabrikalar yanında hastanelerde, bürolarda, süpermarketlerde, havaalanlarında, medyada ve benzeri yerlerde rastlanır.

Bu tanımdan da anlaşıldığı gibi genelde iki tür üretim süreci söz konusudur. Mal üreten süreçler ve hizmet üreten süreçler. [13].

III.2. Üretim Sürecinde Değişkenlik

W.A. Shewhart bir sürecin iki tip değişkenlik içerebileceğini fark etmiştir. Varyasyon tesadüfi veya belirlenebilir sebeplerden kaynaklanabilir. W. E. Deming daha sonra “varyasyonun genel nedenleri (tesadüfi nedenler)” ve “varyasyonun özel nedenleri” (belirlenebilir nedenler)” ifadesini türetmiştir. Varyasyonun genel nedenleri, her sürecin doğal bir parçasıdır. Genellikle bu tür değişimin etkisi minimum düzeydedir ve sürecin düzenli ritminin sonuçlarıdır. Özel neden varyasyonu, sürecin doğal bir parçası değildir. Bu tür varyasyon, süreç içinde meydana gelen olağandışı bir şeyi vurgular ve sürecin 'tasarım parçası olmayan faktörler' tarafından oluşur. Ancak, bu nedenler saptanabilir ve çoğu durumda ortadan kaldırılabilir [14].

III.3. Hataları Önleme Yolları

Kontrol grafikleri, sürecin istatistiksel yöntemlerle ekonomik ve güvenilir biçimde kontrol altında tutulmasında en etkili araçlardır. Doğal olmayan nedenlerle ortaya çıkan değişiklikler, süreci olumsuz olarak etkilediğinden, bu nedenlerin tanımlanmaları, araştırılmaları ve kontrol altında tutulmaları gerekir. Bir kontrol grafiği, süreçte meydana gelen değişikliklerin doğal ya da doğal olmayan nedenlerden oluştuğunu ayırt etmeye yarayan önemli bir araçtır [15].

III.4. Konu İle İlgili Literatür Araştırması

Bu bölümde incelenen konu ile ilgili literatür araştırmasında yer verilmiştir. Çalışmaların kapsamında 2000 yılından sonrası ve üretime yönelik olanlar yer almaktadır.

Başaran (2010), “Kalite İyileştirmede istatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve gıda sektöründe bir uygulama” çalışmasında gıda sektöründe faaliyet gösteren ve un üreten bir işletmenin üretim süreci ele alınmıştır. İki temel proses olan temizleme ve öğütme prosesinde uygunsuzluklar araştırılarak Pareto Analizi yapılmıştır.

Kısaoğlu, (2010), “Orta büyüklükte bir dokuma işletmesinde istatistiksel proses kontrol sistemi: I. kumaş hatalarının kontrolü” çalışmasında orta ölçekli bir dokuma işletmesinde istatistiksel proses kontrol teknikleri kullanılarak kontrol sistemi kurma çalışmaları yapılmıştır.

Zeyveli (2010), “AISI H13 Sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün araştırılması ve istatistiksel proses kontrol metodunun uygulanması” çalışmasında endüstride kalıpcılıkta çok kullanılan, ısı kararlılığı ve tokluğu yüksek AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. İşleme parametrelerine ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) metotları uygulanmış ve analizleri yapılmıştır.

Kayaalp ve Erdoğan (2008), “Konfeksiyon

işletmesinde dikiş hatalarının istatistiksel proses kontrol yöntemleri kullanarak azaltılması” çalışmasında orta büyüklükteki bir konfeksiyon işletmesinde hata miktarı en fazla olan operasyonda hata oluşumuna neden olan faktörler İPK teknikleri ile analiz edilmiş; İPK yöntemlerini kullanarak dikiş hatalarının azaltılabileceği görülmüştür.

Bek (2008), “Bir konfeksiyon işletmesinde proses ve kalite kontrol” çalışması büyük ölçekli bir konfeksiyon fabrikasında yapılmıştır. Bir modelin dikim öncesi, dikim ve dikim sonrası ve yükleme öncesi kontrolleri sonucunda verilerin toplanması ve analizi için istatistiksel proses kontrol teknikleri kullanılmıştır.

Selalmaz (2008), “İstatistiksel süreç kontrol metodunun zincir üretiminde uygulanması” çalışmasında zincir üretimi yapan bir işletmede kontrol dışı durumların tespiti için ve üretiminde kullanılan makinelerin duruş sebeplerini tespit etmek için İPK metotları kullanılmıştır.

Tan (2008), “İlaç sektöründe kalite iyileştirme teknikleri ve bir uygulama” çalışmasında özel bir ilaç sektörüne ait üretim sahasında kontrol dışı durumlar için sebep sonuç analizleri yapılmış histogram, gruplandırma ve serpilme diyagramları kullanılarak özel sebeplerin kaynakları ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.

Özdamar (2007), “Orman ürünleri endüstrisinde istatistiksel kalite kontrol: yonga levha üretiminde bir çalışma” çalışmasında yonga levha fabrikasında istatistiksel kalite kontrol grafikleri kullanılarak sürecin kontrol altında olup olmadığı araştırılmıştır.

Benk (2007), “İstatistiksel süreç kontrolü sisteminin küçük ölçekli bir işletmede geliştirilmesi ve uygulanması” çalışmasında istatistiksel süreç kontrolü sisteminin küçük ölçekli işletmelerde de kurulabileceği ve uygulanabileceğini sergilemek amacıyla bu kategoriye giren kalıp ve parça üreten küçük ölçekli bir işletmede pilot çalışma yapılmıştır.

Değerli (2006), “Toplam kalite yönetiminde istatistiksel süreç kontrolünün önemi ve bir işletme uygulaması” çalışmasında kum-çakıl ocağı işletmesinde İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemleri, değişkenliğin belirlenmesi ve sürecin geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Özcan (2006), “İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve çimento sanayinde bir uygulama” çalışmasında çimento imalat sanayinde bir fabrikada meydana gelen duruşlar sebebiyle fabrikanın çok büyük üretim kaybı olduğu için Pareto Analizi uygulaması yapılmıştır.

Örümlü (2006), “Üretim sürecinde istatistiksel proses kontrol ve işletme uygulamaları” çalışmasında bir gıda işletmesinde İstatistiksel Proses Kontrol Tekniğinin üretim sürecinde kullanılarak olası sorunların tespit edilebilmesi incelenmiştir. Fazla dolum sorunu belirlenmiş ve iyileştirme için önerilerde bulunulmuştur.

Buluklu (2006), “Dokuma işletmelerinde proses ve kalite kontrol” çalışmasında İPK tekniklerinin kullanılmadığı bir tekstil işletmesinde hazırlık ve dokuma bölümü için pareto diyagramları ve kılçık diyagramları oluşturulmuş; Kontrol diyagramları ile, sınırları aşan proses parametreleri tespit edilmiştir.

Yıldırım (2006), “Toplam kalite yönetiminde istatistiksel süreç kontrolünün önemi ve bir demir döküm işletmesinde yapılan uygulama” çalışmasında demir döküm fabrikasının üretim sürecinde spek dışı değerler araştırılmış, bu değerlerin operatör hatasından kaynaklandığı ortaya konulmuş, düzeltici / önleyici faaliyetler yapılmış, spek dışı değerler çıkarılarak süreç yeniden gözden geçirilmiştir. Sürecin yeterli olduğuna karar verilmiştir.

Kapıcı (2005), “İstatistiksel proses kontrol teknikleri ve tersanelerde kaynak prosesine uygulanması” çalışmasında İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin gemi inşa ve onarım projelerinde kaynak prosesine uygulanabilirliği incelenmiştir. İPK uygulamaları için yeni bir veri toplama, analiz ve değerlendirme prosedürü geliştirilmiştir.

Kaya ve Ağa (2004), “Kalite iyileştirme sürecinin yedi temel aracı ve motor-traktör imalatı yapan bir işletmede uygulanması” çalışmasında motor ve traktör imalatı yapan bir işletmede kalite iyileştirme ve geliştirme sürecinde istatistiksel tekniklerin kullanımı incelenmiştir. İşletmede karşılaşılan hatalar 38 çeşit olarak belirlenmiş, bu hatalar için histogram oluşturulmuş ve pareto analizi yapılarak hangi hataların diğerlerine göre daha önemli olduğu ve önlenme/ortadan kaldırılma önceliklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bircan ve Gedik (2003), “Tekstil sektöründe istatistiksel proses kontrol teknikleri uygulaması üzerine bir deneme” çalışmasında İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden Pareto Analizi kullanılarak, Sivas Dikimevi’nde üretim hatalarının sebepleri araştırılmıştır. Ayrıca bu üretim hatalarının belirlenen spesifikasyonlara uygun olup olmadıkları incelenmiştir

IV. UYGULAMA

Elektronik sektöründe, yangın ve gaz algılama sistemleri alanında faaliyet gösteren bir şirketin üretim ve kalite kontrol bölümlerinde istatistiksel proses kontrol tekniklerinden uygun olanlar uygulanmıştır.

Uygulama yapılan işletme güvenlik alanında yangın ve gaz algılama sistemlerinin tasarım, üretim, kalite kontrol, satış ve satış sonrası hizmetleri faaliyetlerini yürütmektedir. Firma 25 yıldır yurt içi ve yurt dışı piyasa da yer almaktadır. Tek vardiya sistemi ile çalışan firmada 150 personel bulunmaktadır.

Üretim, yangın alarm santrallerini, detektörlerini, gaz detektörlerini ve aksesuarlarını, denizci tipi yangın algılama sistemlerini kapsamaktadır. Üretimi yapılan her

ürün, konusu ile ilgili uluslararası standarda uygun olarak tasarlanmıştır. Bu standartların gerektirdiği fonksiyonların sürekliliğinin kontrolünün yapılması amacıyla kalite kontrol planlarında yapılacak testler belirtilmiştir. Kalite kontrol departmanında, üretimi tamamlanan ürünlere, bu testler uygulanmakta ve geri bildirimleri Üretim, Ar-Ge ve Kalite departmanlarına iletilmektedir.

Yangınlarda en sık karşılaşılan durum duman oluşmasıdır. Bu sebeple yangın algılama sistemlerinde duman detektörleri en fazla tercih edilen ürün grubudur. Duman detektörlerinin iyonize, optik, ışın tipi ve kombine olmak üzere çeşitleri mevcuttur. Uygulamamıza konu olan detektör tipi optik duman detektördür.

IV.1. Veri Toplama ve Kullanılan İPK Yöntemleri

Üretim kısmında arıza türleri ve sebepleri üzerine yapılan çalışma için veriler Ocak 2012 ve Mart 2012 zaman aralığında üretim yapılan her partiden alınmıştır. Bu partilerde toplamda 60369 adet detektör üretimi yapılmıştır. Her detektörün testinden sonra arıza tespit kısmında ortaya çıkan arızalar kayıt altına alınmıştır.

Kalite kontrol kısmı analizleri için, Ocak 2012 ve Mart 2012 arasında üretim yapılan 7 partiden örnek alınmıştır. Tesadüfi sayılar cetveline göre belirlenen saatlerde numuneler alınmıştır. Bir çalışma günü 10 periyoda bölünmüştür. Her periyotta 1'er adet numune elektronik devre kartı olmak üzere, üretilen bir partiden toplamda 10 adet numune elektronik devre kartı alınmıştır. Bir numune elektronik devre kartından 12 adet detektör üretimi yapıldığından bir partiden toplamda 120 adet detektör numunesi alınmıştır. Bu numune alma planı, 7 farklı partide gerçekleştirilmiştir. Toplamda alınan numune sayısı 840 olmuştur.

Uygulamada, istatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve sebep-sonuç diyagramı, serpilme diyagramları, kalite kontrol aşamalarından elde edilen veriler için de x ve s kontrol diyagramları kullanılmıştır.

IV.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Üretim testlerinde ortaya çıkan arızaların hangi sıklıkta olduğunu ve kaynakları ile sebeplerini görebilmek için çetele tablosu oluşturulmuştur.

Çetele tablosunun bir örneği Tablo 1.'de görülmektedir. Çetelede arıza türü, bu arızanın kaynağı ve sebepleri işlenmektedir. Çetele tablosunda görülen “ X ” 10 adet arızayı, “ \ ” 1 adet arızayı ifade etmektedir. 3 ve 5 numaralı arızalar makina, 6 numaralı arıza montaj, 11 ve 13 numaralı arızalar malzeme, 18-22 numaralı arızalar operasyon kaynaklıdır. (SIRA NO) ÇETELE kısmındaki SIRA NO arıza türünü, ÇETELE ise arıza sayısını ifade etmektedir. 2945 adet ürün kontrol edilmiştir. Toplamda 108 adet arıza tespit edilmiştir. Çetelede yer alan arıza oranı, arıza sayısının toplam kontrol edilen 2945 adete oranıdır. Söz konusu parti için arıza oranı % 3,67 olarak hesaplanmıştır.

Üretilen 31 parti için üretim bölümü test verileri incelenmiş ve aşağıdaki veri tabloları sonuçlarını çetelelere işlemişlerdir. Çetelelerden alınan düzenlenmiştir.

Tablo 1. Üretim Bölümü İçin Çetele Tablosu

Ürün Kodu / Açıklaması		: Y11.007.70 / MG-9100.V2				
Tarih / Üretim Emri No		: 08.03.2012 / 01971				
Parti Sayısı / Arızalı Sayısı		: 2945 / 108				
Bölüm		: Detektör Test				
Sıra No	Arıza Türü	Arıza Kaynağı	Arıza Sebebi	(Sıra No) Çetele	Arıza Adeti	Arıza Oranı (%)
1	Led Yanmıyor		Led lehim almamış			
2	Analog Değer Yüksek		İşlemci Kısa Devre			
3	Hiç açılmıyor	Makina	Malzeme Kısa Devre	(4) \	1	0,03
4	Set olmuyor		Malzeme Kayık			
5	Adres Almıyor	Makina	Malzeme Lehim Almamış	(4) \	1	0,03
6	Analog Değer Düşük	Montaj	Alicı Kısa Devre	(4) \	1	0,03
7	Analog Değer Yok		Hatalı Montaj			
8	Santrali Görmüyor		Ekranlama Kısa Devre			
9			PCB Arızalı			
10		Malzeme	Alicı Arızalı	(4) X X X X X \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	59	2,00
11			Verici Arızalı			
12		Malzeme	İşlemci Arızalı	(4) X X	20	0,68
13			Hücre Arızalı			
14			Taban Arızalı			
15			Led Arızalı			
16			Led Kırık			
17		Proses	Malzeme Kırık	(4) \	1	0,03
18		Proses	Kart Üzerinde Lehim Parçaları	(2) \ (3) \ \	3	0,10
19		Proses	Hatalı Kesim	(1) \	1	0,03
20		Proses	Program Yüklenememiş	(4) X \ \ \ \ \ \ \	16	0,54
21		Proses	Diğer	(2) \ \ \ \ \	5	0,17
Toplam					108	3,67

IV.3. Arıza Türleri

İşlenen çetele tablolarından alınan verilere göre üretim bölümünde tespit edilen arızalar 8 farklı türde sınıflandırılmıştır.

Bunlar;

1. Set olmuyor
2. Analog değer yüksek
3. Analog değer düşük
4. Analog değer yok
5. Hiç açılmıyor
6. Adres almıyor
7. Led yanmıyor
8. Santrali görmüyor

Duman yoğunluğunun ölçülüp algılama durumuna geçilmesi için yazılımsal olarak atanan analog değerler set işlemi ile atanır. Set cihazına bağlanan detektör istenilen analog değere set edilemiyorsa bu durumda set olmuyor arızası mevcuttur. Set işleminden sonra eğer yazılımda belirtilen sınırdan yüksek bir analog değerle karşılaşırsa detektörde bu durum analog değer yüksek arızası, sınırdan küçük bir değerle karşılaşırsa analog değer düşük arızaları karşımıza çıkar. Detektör set edilmesine rağmen analog değer okunmuyorsa analog değer yok arızası mevcuttur.

Tablo 2. Üretim Prosesinde Karşılaşılan Arıza Türlerinin Yüzdeler Dağılımı

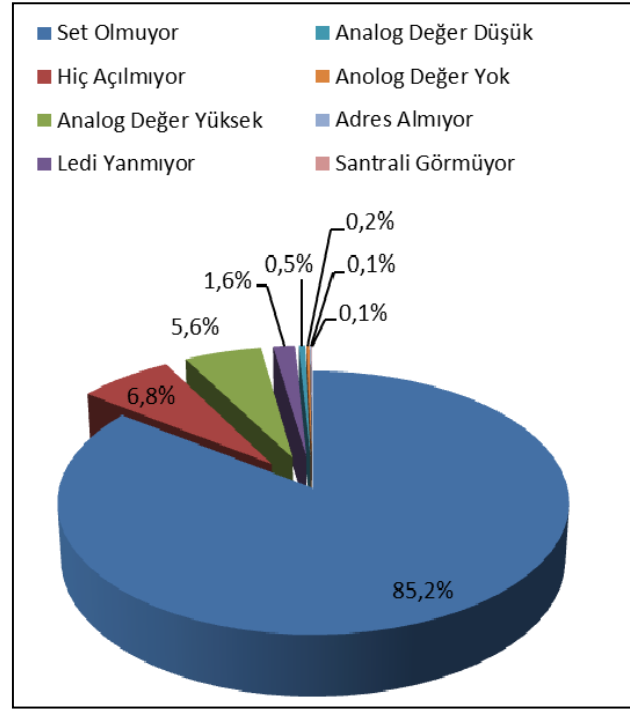
Arıza Türü	Frekans	Görel Frekans (%)
Set Olmuyor	2213	85,2
Hiç Açılmıyor	176	6,8
Analog Değer Yüksek	145	5,6
Ledi Yanmıyor	41	1,6
Analog Değer Düşük	12	0,5
Analog Değer Yok	6	0,2
Adres Almıyor	2	0,1
Santrali Görmüyor	2	0,1
Toplam	2597	100

Detektör adresleme cihazına, adres verilmesi için takıldığı anda adresleme cihazı detektörü görmediği için kendiliğinden kapanıyorsa hiç açılmıyor arızası mevcuttur. Detektör adresleme cihazına bağlanıp adres verilmesi istenilmesine rağmen, detektöre işlem yapılamıyorsa adres almıyor arızası vardır. Led yanmıyor arızası; detektörün sisteme tanıtılması için adresleme cihazından adres verilirken, detektörün ledlerinin yanmaması durumudur. Detektör bağlandığı santral tarafından tanınmıyorsa santrali görmüyor arızası mevcuttur.

Verilerin toplandığı üç ayda 60369 adet üretim yapılmış, bu üretim adeti içerisinde 2597 adet arızalı

ürün tespit edilmiştir. Tablo 2.'de arıza türlerine göre yüzde değerler görülmektedir.

Burada en fazla arızanın, sırasıyla set olmuyor, hiç açılmıyor ve analog değer yüksek arızaları olduğu görülmektedir.



Grafik 1. Arıza Türleri Dağılımı

Grafik 1.'deki pasta diyagramında arıza türü – arıza oranı ilişkilendirilmiştir. Grafikten anlaşılacağı üzere en fazla karşılaşılan arıza türü %85,2 ile set olmuyor, en az karşılaşılan arıza türleri %0,1 ile adres almıyor ile santrali görmüyor arızalarıdır.

IV.4. Arıza Kaynakları

Üretimde arıza kaynakları 4 sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; makine, malzeme, montaj ve prosestir. Elektronik devre kartında ki malzemelerin bir kısmı SMD Dizgi Makinesinde dizilir. Ayrıca malzemelerin lehimleme işlemleri da makinalarda yapılır. Eğer malzeme lehimsiz, kısa devre gibi durumlar varsa bu arızalar makine kaynaklı olabilir. Detektörde kullanılan malzemelerin arızalı, kırık ve bozuk olması durumlarında arızalar malzeme kaynaklıdır. SMD Dizgi Makinasında her malzeme dizilememektedir. Özellikle metal ve plastik malzemelerin ve detektörün mekanik yapısına göre sonradan dizilmesi gereken malzemelerin montajı ve gerekli lehimleme işlemleri personel tarafından el ile yapılmaktadır. Lehimlemede ki sorunlar, malzemenin yanlış, ters dizilmesi gibi durumlar montajdan kaynaklı arızalara yol açar. Detektör üretiminde, programlama, set etme gibi işlemler mevcuttur. Bu işlemlerde sorun olduğunda proses kaynaklı hatanın mevcut olduğu görülmektedir.

Tablo 3. 'de arıza kaynaklarına göre yüzdelik değerler verilmiştir. Arızaların oluşumuna en fazla sebep olan kaynak % 84,67 oranı ile malzeme, en az ise % 0,89 oranı ile makinedir.

Tablo 3. Arıza Kaynaklarının Yüzdelik Dağılımı

Arıza Kaynağı	Frekans	Görel Frekans (%)
Malzeme	2199	84,67
Proses	309	11,90
Montaj	66	2,54
Makine	23	0,89
Toplam	2597	100

IV.5. Arıza Sebepleri

Çetele tablosundan alınan verilere göre arıza sebepleri 21 başlık altında toplanmıştır. Bunlar;

1. Alıcı Arızalı
2. Alıcı Kısa Devre
3. Ekranlama Kısa Devre
4. Hatalı Kesim
5. Hatalı Montaj
6. Hücre Arızalı
7. İşlemci Arızalı
8. İşlemci Kısa Devre
9. Kart üzerinde Lehim Parçaları
10. Led Arızalı
11. Led Kırık
12. Led Lehim Almamış
13. Malzeme Kayık
14. Malzeme Kırık
15. Malzeme Kısa Devre
16. Malzeme Lehim Almamış
17. PCB Arızalı
18. Program yüklenememiş
19. Taban Arızalı
20. Verici Arızalı
21. Diğer dir.

Tablo 4.'de üretim arıza kısmında tespit edilen arıza sebeplerinin adetleri ve oranları ile pareto diyagramı çizmek için kümülatif oranları yer almaktadır.

Grafik 2.'de sol eksen görel frekansı yani her arıza sebebinin toplam sebep içerisindeki yüzdesini, sağ eksen ise kümülatif yüzdeyi gösterir. Pareto grafiği uğraş ve dikkatlerin önemli sorunlar üzerine yönltilmesinde yardımcı bir araçtır.

Grafik 2.'deki Pareto diyagramında, alıcı ve işlemci arızalarını önemce büyük olduklarından ötürü "Hayati azınlık" (vital few) olarak tanımlayabiliriz. Bu iki

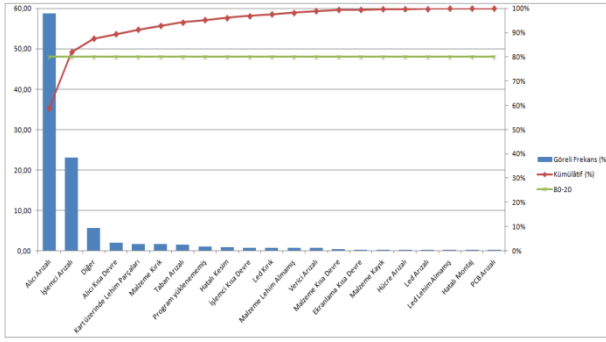
arıza sebebi dışında kalan diğer arıza sebeplerini, sınıf sayıları çok olmalarına rağmen etkileri az olduğu için "Önemsiz çoğunluk"(trivial many) olarak tanımlayabiliriz.

Tablo 4. Arıza Sebeplerinin Kümülatif Dağılımı

Arıza Sebebi	Frekans	Görel Frekans (%)	Kümülatif (%)
Alıcı Arızalı	1528	58,84	58,84
İşlemci Arızalı	600	23,10	81,94
Diğer	146	5,62	87,57
Alıcı Kısa Devre	50	1,93	89,49
Kart Üzerinde Lehim Parçaları	44	1,69	91,19
Malzeme Kırık	42	1,62	92,80
Taban Arızalı	39	1,50	94,30
Program yüklenememiş	26	1,00	95,31
Hatalı Kesim	23	0,89	96,19
İşlemci Kısa Devre	19	0,73	96,92
Led Kırık	18	0,69	97,62
Malzeme Lehim Almamış	18	0,69	98,31
Verici Arızalı	17	0,65	98,96
Malzeme Kısa Devre	11	0,42	99,39
Ekranlama Kısa Devre	4	0,15	99,54
Malzeme Kayık	4	0,15	99,69
Hücre Arızalı	2	0,08	99,77
Led Lehim Almamış	2	0,08	99,85
Led Arızalı	2	0,08	99,93
Hatalı Montaj	1	0,04	99,96
PCB Arızalı	1	0,04	100,00
Toplam	2597	100	

Üretimdeki arıza sebeplerinin en önemli sorunu % 58 ile alıcı arızasıdır. İkinci önemli sorun % 23 ile işlemci arızasıdır. Sağ eksenindeki kümülatif değere bakıldığında ise %81 değer, problemin çözülmesi gereken kısmı işaret etmektedir. Yani arıza sebeplerinin %81 değerini oluşturan alıcı ve işlemci arızaları giderilirse arızalı ürün sayısı azalmış olur.

Grafik 1. Arıza Türleri Dağılımı grafiğinden hareketle % 85,21 oranı ile en fazla karşılaşılan arızanın set olmuyor arızası olduğunu görmüştük. Set olmuyor arızasının sebeplerini incelediğimizde Tablo.5.'de görüleceği üzere alıcı arızaları set olmuyor arızasının oluşmasında % 66,6 lık oranla en büyük etkiyi oluşturmaktadır.



Grafik 2. Arıza Sebepleri Pareto Diyagramı

Set olmuyor arızası ile alıcı arızasının arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek için korelasyon yöntemini uyguladığımızda aşağıdaki Tablo 6.'da ki verileri elde ederiz. Tablo incelendiğinde, Set Olmuyor ile Alıcı Arızası arasında pozitif ve 0,940 kuvvetinde bir ilişki olduğunu görmekteyiz.

Tablo 5. Set Olmuyor Arızasının Sebeplerinin Yüzdelik Dağılımı

Set Olmuyor Arızasının Sebepleri	Frekans	Görelî Frekans (%)
Alıcı Arızalı	1474	66,6
İşlemci Arızalı	600	27,1
Malzeme Kırık	35	1,6
Alıcı Kısa Devre	35	1,6
Diğer	69	3,1
Toplam	2213	100

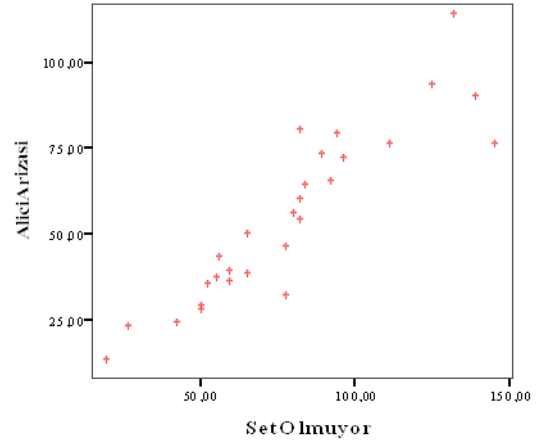
Detektördeki arızaların % 85,21' ini teşkil eden Set Olmuyor arızasının alıcı arızası ile güçlü bir ilişkisi olduğunu söylemek mümkündür. 0,940 değerinin sağ üst köşesinde yer alan (**) işareti 0,940 katsayısının hipotez testinin 0,01 seviyesinde anlamlı olduğunu belirtmektedir.

Tablo 6. Set Olmuyor ile Alıcı Arızası Arasındaki Korelasyon

Spearman's rho		Set Olmuyor	Alicı Arızası
Set Olmuyor	Correlation Coeff.	1,000	,940(**)
	Sig. (2-tailed)	.	,000
	N	28	28
Alicı Arızası	Correlation Coeff.	,940(**)	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000	.
	N	28	28

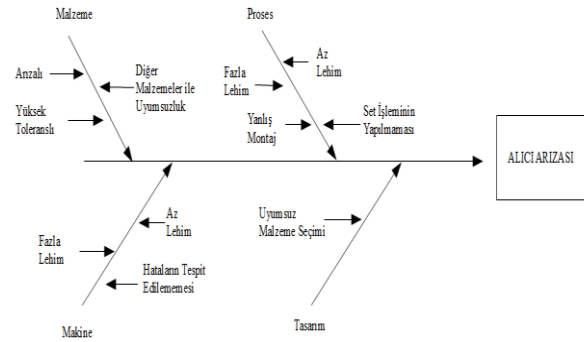
Grafik 3'de görüldüğü üzere değişkenlerden birinin değeri artarken diğerinin de artmaktadır. Bu durum sert olmuyor arızası ile alıcı arızası arasında pozitif yönde ilişki olduğunu gösterir. Set olmuyor arızasındaki artışın

alıcının arızalı olmasına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Eğer alıcı kontrol edilirse set olmuyor arızası da kontrol edilmiş olur.



Grafik 3. Set Olmuyor ile Alıcı Arızası Serpilme Diyagramı

Arızaya yol açan en büyük sebep olan alıcı arızasının nedeninin araştırılması için Teknik Bölüm Sorumlusu, Üretim Sorumlusu, Makine Bandı Sorumlusu, makine bandından iki personel, Montaj Bandı Sorumlusu ve montaj bandından beş personel, test bandından üç personel, tamir bandından üç personelin katılımıyla sebep – sonuç diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 1. Alıcı Arızası Sebep - Sonuç Diyagramı

Şekil 1.'de görüldüğü üzere alıcı arızasının dört ana nedeni olduğu saptanmıştır. Bunlar malzeme, proses, makine ve tasarımıdır.

Malzeme: Alıcı malzemenin arızalı olması, devrenin çalışmasına engel olmaktadır. Elektronik, plastik ve metal malzemelerin içerisinde özellikle plastik malzemeler yüksek tolerans değerlerine sahiptirler. Bu yüksek toleranslar alıcının performansını etkilemektedir, diğer malzemeler ile uyumsuz çalışmasına sebep olmaktadır.

Proses: Lehimleme işlemi baskı devrelerdeki elektronik malzemelerin ve metal parçaların montajı için yapılır. Lehimin fazla olması lehimin kaplaması gereken alandan taşır baskı devredeki yollara taşır kısa devre

oluşturabilir; bu yüzden devre çalışmaz. Az lehimde, alıcı tam olarak yapışmadığından bağlantı sağlam olmaz. Personelin, alıcının montajı yanlış yapması devreyi çalıştırmaz. Detektörün çalışması için yapılması gereken set işleminin atlanması alıcının işlevini yerine getirmesini engeller.

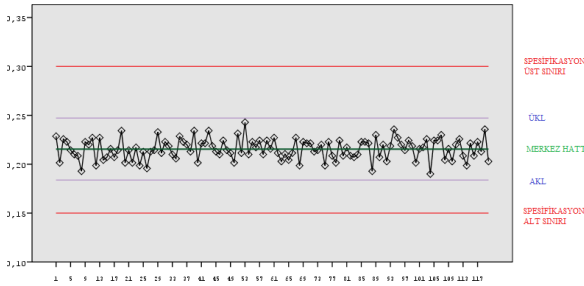
Makine: Dizgi hattındaki makinelerde az ve fazla lehim, proses işleminde anlatılan hatalara yol açar. Otomatik kontrol makinesinin hataları tespit ederken gözden kaçan hatalar devrede sorunlara yol açabilir.

Tasarım: Elektronik devrede hangi malzemelerin kullanılacağı, plastik ve metal malzemelerin nasıl olacağı tasarım aşamasında belirlenir. Her bir malzeme için bir tolerans değeri vardır. Malzemelerin toleransları arasında ki uyumlarda sorun olduğunda alıcı bu durumdan etkilenir ve devrenin çalışmasını engeller.

IV.6. Son Muayene ve Kontrol ve Kontrol Grafikleri

Üretimi tamamlanan ürünler içerisinde, tesadüfi sayılar cetveline göre belirlenen saatlerde numuneler alınmıştır. Bir çalışma günü 10 periyoda bölünmüştür. Her periyotta 12'şer adet numune olmak üzere, üretilen bir partiden toplamda 120 adet numune toplanmıştır. Bu numune alma planı, 7 farklı partide gerçekleştirilmiştir. Toplamda alınan numune sayısı 840 olmuştur.

Son muayene ve kontrol aşamasındaki istatistiksel proses kontrol çalışması için dikkate alınacak nicelik özellik duman yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Duman yoğunluğu dB/m birimi ile ifade edilen, detektörün iletme girdiği duman miktarını gösteren bir parametredir.



Grafik 4. x Kontrol Grafiği

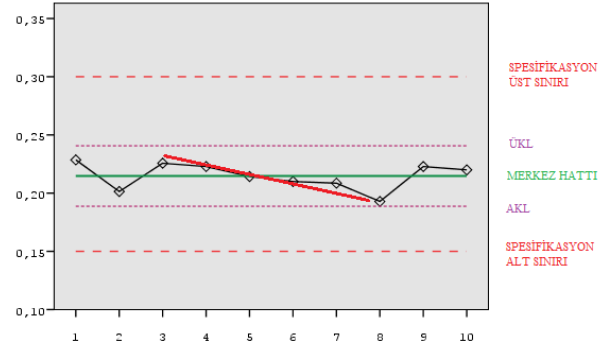
Son muayene ve kontrol içinde alt grup örnek hacmi 6'dan büyük olduğundan ortalama ağırlık grafiği ile beraber standart sapma grafikleri çizilmiştir.

Spesifikasyon üst sınırı 0,30; spesifikasyon alt sınırı 0,15 olarak üretici tarafından, ürünün tasarlandığı standartlara uygun olarak belirlenen değerlerdir.

Grafik 4. 'de duman yoğunluğu için yapılan x kontrol diyagramı incelendiğinde spesifikasyon üst ve alt sınırları dışında bir değer olmadığı görülmektedir.

Üst kontrol limiti 0,24 alt kontrol limiti 0,18 olarak hesaplanmıştır. Üst ve alt kontrol limitleri dışında nokta

bulunmamaktadır. Bu sebeple süreçte kontrolü bozan herhangi bir özel sebep olmadığını söyleyebiliriz.

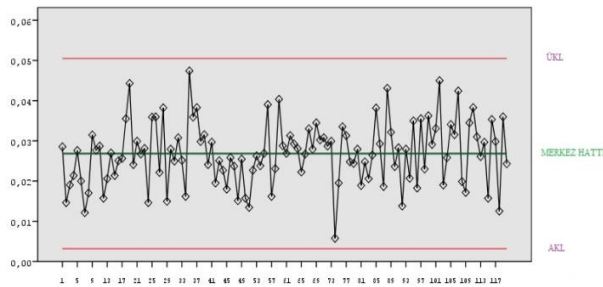


Grafik 5. Azalan Ardışık Noktalar x Kontrol Grafiği

Süreçte rassal nedenlerden kaynaklanan bir varyasyon olup olmadığını anlayabilmek için değerlerin dağılım hareketlerini inceleyecek olursak:

- Merkez hattı ve herhangi bir kontrol limiti arasında ardışık olarak altı nokta bulunmamaktadır.
- Ardışık olarak en az altı adet veri noktasında yükselme veya azalış varsa bu durum rassal nedenlerden kaynaklı varyasyonun olabileceğini belirtir. \bar{x} kontrol diyagramını incelediğimizde bu durumun var olduğunu görüyoruz.

Grafik 5. Azalan Ardışık Noktalar x Kontrol Grafiğinde 3. ve 8. veri noktaları arasında ardışık azalma olduğunu görüyoruz. Bu durum rassal sebeplerin belirtisi olabilir ve kontrol edilmesi gerekmektedir.



Grafik 6. s Kontrol Grafiği

Üst kontrol limiti 0,05 alt kontrol limiti 0,003 olarak hesaplanmıştır. Grafik 6.' da s kontrol diyagramı incelendiğinde üst ve alt kontrol sınırları dışında bir değer olmadığı görülmektedir. Bu sebeple süreçte kontrolü bozan herhangi bir özel sebep olmadığını söyleyebiliriz.

Standart sapma, homojenlikten sapmaları gösterir. Grafik 6.'da gördüğümüz üzere ani sıçramalar mevcuttur. Süreç kontrol altında gözüküyor ama bu ani sıçramalar kontrol edilmelidir.

Üst kontrol limitine daha fazla olmakla birlikte kontrol limitlerine yakın değerlerin olmasının yanında

açıkça görünen bu ani sıçramalar, düzensizlik her an kontrol limitleri dışında bir değerde üretim ihtimali olduğunu gösterir.

V. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında İstatistiksel Proses Kontrol yöntemlerinin yangın ve gaz algılama ürünleri üreten bir işletmede uygulaması yapılmıştır.

İşletmede Üretim ve Kalite Kontrol Departmanlarında test sonuçları kayıt altına alınmaktadır. Üretim Departmanında test personeli, her parti için oluşturulan Üretim Emri ve Kontrol Formlarına test sonuçlarını “Arıza Türü” ve “Arıza Sebebi” bilgilerini içerecek şekilde yazmaktadır. Kalite Kontrol Departmanında, detektörün iletme girdiği duman yoğunluğu değerleri Son Muayene ve Kontrol Formlarında kayıt altına alınmaktadır.

Arıza türleri ve arıza sebepleri kayıt altına alınmakta fakat veri analizleri yapılmamaktadır. Herhangi bir sorun durumunda ilgili sorunlu parti için anlık çözümler üretilmekte; kalıcı çözümler bulunmamaktadır.

İstatistiksel Proses Kontrol faaliyetlerinin uygulanabilmesi için işletmede, verilerin toplanması gerekmektedir.

Verilerin alındığı 2012 yılının ilk üç ayına bakıldığında üretim kısmında en sık karşılaşılan hata % 85 oranı ile set olmuyor arızasıdır. Set olmuyor arızası ile alıcı arızasında ki ilişki serpilme diyagramında gösterilmiştir. Bu ilişkinin pozitif ve 0,909 kuvvetinde bir ilişki olarak çıkmasından ötürü set olmuyor arızasındaki artışın alıcının arızalı olmasına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Eğer alıcı kontrol edilirse set olmuyor arızası da kontrol edilmiş olur.

Üretim ve Teknik Departmanların katılımı ile yapılan beyin fırtınasında alıcı arızasının malzeme, makine, proses ve tasarım kaynaklı ortaya çıkabileceği belirtilmiştir.

Bir işletmede üretim ve kalite kontrol analizlerinin eş zamanlı yapılması fayda sağlayacaktır. Bu sebeple üretimden alınan verilerin analizleri yanında kalite kontrol kısmında alınan duman yoğunluğu kriterinin de kontrol grafikleri ile analiz yapılmıştır. Kontrol grafiklerinde, üst ve alt kontrol limitleri dışında herhangi bir değer bulunmamaktadır. Bu durumdan hareketle proseste kontrolü bozan herhangi bir özel sebep olmadığını söyleyebiliriz.

Fakat x kontrol grafiğinde azalan ardışık noktaların bulunması rassal nedenlerin bulunduğunu göstermektedir.

Proseste rassal sebepler, girdi malzemelerin gerekliliklerine uygun olmamasından, ölçme aletlerinin durumlarından, ürün tasarımının yetersizliğinden ortaya çıkabilir. Sebep – sonuç uygulamamızda, alıcı malzemenin arızalı, yüksek toleranslı ve diğer malzemeler

ile çalışmasında uyumsuzluk olabileceği belirtilmişti. Süreçte geliştirme çalışmaları daha uyumlu, az toleransa sahip alıcı malzeme kullanılması, devrenin bu şekilde tasarlanması ile yapılabilir. Duman yoğunluğu miktarının ölçüldüğü, rüzgar tünelinin bakımlarının aksamadan yapılması, cihazların kalibrasyon ve doğrulamalarının düzenli takip edilmesi faydalı olacaktır.

Standart sapma kontrol grafiğinde ani sıçramalar mevcuttur. Süreç kontrol altında gözükmekte fakat ama bu ani sıçramaların kontrol edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, süreçte değişkenlik var ise bu durumun belirlenmesi, süreçte geliştirme faaliyetlerinin yapılması için üretim ve kalite kontrol aşamalarında veriler toplanarak istatistiksel proses kontrol tekniklerinden uygun olanlar kullanılmalıdır. Bu şekilde süreç kontrol altına alındığından kayıplar azaltılacak, maliyetler düşürülecek, kalite ve verimlilik artacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] Dalgıç, A. Gaziantep Üniversitesi (<http://www1.gantep.edu.tr/~dalgic/SPC.htm>) [05.01.2012]
- [2] Bayraktar, E. (2007). *Üretim ve Hizmet Süreçlerinin Yönetimi*, Birinci Baskı. İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
- [3] İhsan Kaya ve Abdullah Ağa. (2004). Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. “*Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı ve Motor-Traktör İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması*”, 11, http://www.sosyabil.selcuk.edu.tr/sos_mak/makaleler/Abdullah%20AGA%20-%20İhsan%20KAYA/KAYA,%20İHSAN%20vd.pdf (24.09.2011)
- [4] Yücel, M. (2007) “Toplam kalite kontrolü açısından istatistiksel süreç kontrol tekniklerinin önemi”, 8. *Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi*, 24-25 Mayıs, Malatya: İnönü Üniversitesi
- [5] William J. Stevenson. (1993). *Production/Operations Management*. 4th Edition. Boston:Irwin
- [6] Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh. (2000).*The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. 1st Edition. New York: McGraw-Hill
- [7] William J. Stevenson. (1993). *Production/Operations Management*. 4.Basım. 4th Edition. Boston:Irwin
- [8] Joseph M Juran ve A. Blanton Godfrey. (1999). *Juran's Quality Handbook*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill
- [9] Joseph M Juran ve A. Blanton Godfrey. (1999). *Juran's Quality Handbook*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill
- [10] James J. Evans ve William M. Lindsay. (1993). *The Management and Control of Quality*, 2nd Edition. United States of America : West Publishing Company
- [11] William J. Stevenson. (1993). *Production/Operations Management*. 4.Basım. 4th Edition. Boston:Irwin
- [12] Kobu, B.(2008). *Üretim Yönetimi*, 14.Basım, İstanbul: Beta.

- [13] National Services Scotland, (2007). *Tutorial Guide Monitoring Quality in Healthcare Clinical Indicators Support Team of Statistical Process Control*, http://www.indicators.scot.nhs.uk/SPC/Statistical_Process_Control_Tutorial_Guide_010207.pdf (18Kasım2011)
- [14] Kayaalp, İ.D. ve Erdoğan, M. Ç. (2009). “Konfeksiyon İşletmesinde Dikiş Hatalarının İstatistiksel Proses Kontrol Yöntemleri Kullanarak Azaltılması”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19 (3).
- [15] Yamak, O. (1999). *Üretim Yönetimi*, 2.Basım, İstanbul: Alfa.



Hakan YILDIRIM

hakany68@marmara.edu.tr

He has Ph. D of Quantitative Methods at Marmara University Social Sciences Institute. He is Associated Professor since 2009 at Marmara University Faculty of Business. His scientific interests are statistics, statistical process control and forecasting techniques.



Ebru KARACA

ebrukaraca1@gmail.com

She has Marmara University Social Sciences Institute master's degree in International Quality Management. She is working as a Quality Manager in the electronics industry. Her scientific interests are total quality management, statistical process control and physics.