



## Arge Departmanında Süreç İyileştirme Yöntemlerinin Uygulanması

### Application of Process Improvement Methods in R&D Department

Bedriye Denizer<sup>1</sup> , Süleyman Ersöz<sup>1</sup> , Kezban Albayrak<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

Başvuru/Received: 01/10/2021

Kabul / Accepted: 30/12/2021

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2021

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2021

#### Öz

Elektronik Ar-Ge Birimi departmanında yaşanan problemlerin; müşteriye zamanında teslimat sağlayamamak, hatalı ürünleri müşteriye teslim etmek, yüksek maliyetli ürünler üretmek, birim üretim sürelerinde artış, müşteri kayıpları gibi sorunlara neden olacağı öngörülmüştür. Problemlerin çözülmesi firmanın Ar-Ge departmanını idame ettirmesi için önemlidir. Departmanın tüm sürecindeki problemler kapsamlı olarak incelenmelidir. Problemler, 5 faz altında değerlendirilecektir. Bu fazlar süreç, metot, insan, çevre ve yönetim bazlı olarak şekillenmiştir. Problemler, DMAIC (define, measure, analysis, improvement, control) metodolojisi kullanılarak çözüme ulaştırılabilir. Bu metodolojide; problemin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi, geliştirilmesi, kontrol edilmesi üzerine iyileştirmelerin yapılması amaçlanmaktadır. DMAIC metodolojisinde her faz için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda; sorunların belirlenmesi, analiz edilmesi, ölçülmesi, iyileştirilmesi, kontrol edilmesi aşamasında Ar-Ge departmanına uygulanması en optimal 6 Sigma yöntemleri belirlenecektir. Tanımlama fazı için; Sipoc analizi, ölçüm fazı için; akış şemaları, analiz fazı için; kök neden analizi, iyileştirme fazı için; kök neden analizi, kontrol fazı için kontrol tabloları kullanılarak kıyaslama yapılıp, yapılan iyileştirmeler sınanacaktır.

Ar-Ge departmanında yapılacak olan iyileştirmeler sonucunda; birim üretim süresinde azalma, müşteriye zamanında ürünü teslim edilmesi, kalite kontrol süreçlerinde iyileşmeler, optimal maliyetlerde ürün üretilmesi, malzeme tedarik süresinde azalma, geri bildirim ve raporlama eksikliğinin giderilmesi hedeflenmektedir.

#### Anahtar Kelimeler

“6 Sigma, Süreç İyileştirme, SIPOC, Kök Neden Analizi, Beyin Fırtınası”

#### Abstract

Problems experienced in the Electronic R&D Department; It is foreseen that it will cause problems such as not being able to provide timely delivery to the customer, delivering faulty products to the customer, producing high-cost products, increasing unit production times, and customer losses. Solving problems is important for the company to maintain its R&D department. Problems in the entire process of the department should be thoroughly examined. Problems will be evaluated under 5 phases These phases are shaped on the basis of process, method, human, environment and management. Problems can be solved using DMAIC (define, measure, analysis, improvement, control) methodology. In this methodology, it is aimed to make improvements on defining, measuring, analyzing, developing and controlling the problem. As a result of the studies carried out; 6 Sigma methods, which will be the most optimal to be applied to the R&D Department, will be determined at the stage of identifying, analyzing, measuring, improving and controlling the problems. Different 6 Sigma methods will be selected for each phase of DMAIC. For the identification phase; Sipoc analysis, for the measurement phase; flow charts for the analysis phase; root cause analysis for the recovery phase; brainstorming for the control phase; control tables are used. After the improvements made, comparisons will be made using control charts and the improvements will be tested. As a result of the improvements to be made in the R&D department, it is aimed to reduce unit production time, deliver products to the customer on time, improve quality control processes, produce products at optimal costs, decrease material supply time, and eliminate the lack of feedback and reporting.

#### Key Words

“6 Sigma, Process Improvement, SIPOC, Cause and Effect Analysis, Brainstorming”

## 1.Giriş

Günümüzde işletmeler, artan rakabet, hızla gelişen yazılımlar,gittikçe azalan ürün yaşam eğrileri, optimal maliyet ve fiyatlarla müşteriye istediği kalitede ürünü sunmak, gün geçtikçe değişen müşteri beklentileri gibi önemli hususlarda piyasada güçlü rakipleri karşısında faaliyetlerini devam ettirmek için yoğun olarak çalışmaktadırlar. İstenen kalitede ürünü beklentileri karşılayacak şekilde, optimal maliyetlerde, hata ve israfın minimum seviyede olacağı şekilde üretmek mümkündür. Literatür araştırmalarına bakıldığında bu hususlara odaklanan birçok method mevcuttur. Bu amaçlar için yoğun olarak kullanılan 6 Sigma yöntemleri hata ve israfı azaltıp maliyetleri düşürebilmek için etkin araçlar olduğu kanıtlanmıştır. Çalışmanın uygulama kısmında; hem süreçteki israfı azaltıp, süreç boyunca yapılan bütün işlerden maximum verimin alınması üzerine süreç iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

## 2.Çalışmanın Amacı

İncelenen literatür araştırması sonucunda, Ar-Ge departmanında problemlere uygulanabilecek yöntemler belirlenmiştir. Ar-Ge departmanında yaşanan problemler doğrudan müşteri memnuniyetini ve Ar-Ge maliyetlerini etkilediği için üzerinde iyileştirme yapılması gerekmektedir. Yürütülecek iyileştirme çalışması, yaşanan problemlere üretilecek çözümler ile paralellik göstermesi firmanın vizyonları açısından önem arz etmektedir. Firmada Ar-Ge departmanında yaşanan problemler farklı birçok soruna sebebiyet vermektedir. Üretim sürelerinin normalden fazla olması, kalite kontrolden geçmeyen ürünlerin müşteriye teslim edilmesi, hazırlık sürelerinin beklenenden uzun olması, üretim maliyetlerinin fazla olması, geri bildirim/raporlama eksikliği ve müşteriye zamanında ürünü teslim edememektir. Bu sorunların çözülmemesi durumunda müşteri kayıpları oluşmaktadır. Müşteri kayıpları yaşanması firma için hayati derecede önemlidir. Firmanın Ar-Ge departmanı için yıllık ayrılmış olduğu bütçe; yaşanan sorunlardan kaynaklı olarak arge faaliyetlerini tamamlamaya yetmemektedir ve bunun sonucu olarak problemlere çözüm üretilmemesi, firmanın Ar-Ge departmanında yürütülecek olan faaliyetleri durdurmasını doğuracaktır. Belirlenen süreç için iyileştirme çalışması yapılmadan önce süreç ile doğrudan bağlantısı olan Teknik Müdür, İdari Müdür, Proje Takım Lideri, Proje Mühendislerinden uygulama sürecinde bilgiler alınmış, potansiyel sorunlar belirlenmiştir. Firmanın Ar-Ge sürecinde yaşanan problemler; 6 Sigma yaklaşım ve yöntemleri kullanılarak sürecin iyileştirilmesi üzerine bir uygulama yapılmıştır.

## 3.Uygulama

### 3.1.Arge Departmanı Sürecinin Tanımı

Arge departmanında farklı mühendislik disiplinlerinde çalışma gösteren kalifiyeli personeller çalışmaktadır. Arge Departmanında yoğun olarak savunma sanayi yanı sıra medikal, enerji, robotik süreç otomasyonu gibi sektörlerde; elektronik gömülü yazılım, tasarım, üretim ve test faaliyetleri yürütülmektedir. Firmanın Ar-Ge departmanında yapılan projeler firmanın diğer birimlerinden izole ve gizlilik ön planda olarak yürütülmektedir. Bu yüzden Ar-Ge departmanının satış faaliyetleri, satınalma faaliyetleri, insan kaynakları faaliyetleri, üretim faaliyetleri, kalite yönetim sistemi faaliyetleri, proje yönetim faaliyetleri, muhasebe ve finans faaliyetleri, tedarik zinciri faaliyetleri ayrı bir şekilde sürdürülmektedir. Arge departmanında müşteriden gelen yeni bir ürün, yeni bir yazılım, yeni bir tasarım vb. talepler farklı alt süreçlerin faaliyetleri sonucunda ortaya koyulmaktadır. Bunlar; proje başlatma alt süreci, planlama alt süreci, donanım geliştirme alt süreci, yazılım geliştirme alt süreci, montaj alt süreci, test alt süreci ve etiketleme alt süreçlerinden oluşmaktadır. Belirtilmiş olan alt süreçlerin her biri birbiri ile senkronize çalışmalıdır. Alt süreçler birbiri ile senkronize çalışmadığı durumda; zamanında teslimat yapamama, maliyeti yüksek ürünler üretme, çalışan ve müşteri memnuniyetsizliği gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Operasyonel olarak yaşanan tüm problemlerin çözülmesi firmanın Ar-Ge departmanını idame ettirmesi için önemlidir. Departmanın tüm sürecindeki problemler kapsamlı olarak incelenmiştir. Problemler, 5 faz altında değerlendirilmiştir. Bu fazlar süreç, metot, insan , çevre, yönetim bazlı olarak şekillenmiştir. Bu fazlar için oluşan problemler proje ekibi ile detaylı 6 Sigma toplantıları yapılarak ortaya çıkartılmıştır. Süreç bazlı problemler; birim üretim süresinde artışa, müşteriye ürünleri zamanında teslim edememeye, hazırlık süresinin fazla olmasına, kalite kontrol sürelerinin uzun olmasına, raporlama hatalarına yol açmaktadır. Metot bazlı problemler; direk olarak birim üretim süresinde artışa sebep olmaktadır. Yönetim bazlı problemler; optimal maliyetlerde ürün üretmemeye, birim üretim sürelerinde azalma, raporlama sistematığının eksik olması gibi problemlere yol açmaktadır. İnsan bazlı problemler; yanlış tedarikçi seçimi sonucu üretim sürelerinin doğrudan etkilenmesi ve birim üretim maliyetlerinin yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Çevre kaynaklı problemler; yabancı tedarikçilerden temin edilen komponentlerin geç teslim edilmesi, hazırlık ve birim üretim süresinin doğrudan etkilemektedir.

Problemler, DMAIC(tanımlama,ölçme,analiz,iyileştirme,kontrol) metodolojisi kullanılarak çözüme ulaştırılabilir. Bu metodolojide problemin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi, geliştirilmesi ve kontrol edilmesi üzerine iyileştirmelerin yapılması amaçlanmıştır. DMAIC metodolojisinde her faz için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda; sorunların belirlenmesi, analiz edilmesi, ölçülmesi, iyileştirilmesi, kontrol edilmesi aşamasında Ar-Ge Departmanına uygulanması en optimal olacak 6 Sigma yöntemleri belirlenmiştir. DMAIC'in her fazı için farklı 6 Sigma yöntemleri seçilmiştir. Tanımlama fazı için; Sıpoc analizi, ölçüm fazı için; akış şemaları, analiz fazı için; kök neden analizi, iyileştirme fazı için; beyin fırtınası, kontrol fazı için; geçmiş veriler ile iyileştirme sonrası veriler kıyaslanmıştır.

Tanımlama fazında tüm süreç adımların baştan sona doğru sırayla belirlenmiştir. Sıpoc tablosunda oluşturulan süreç girdileri ve çıktıları analiz ve ölçme fazında verilerin toplanması ve analiz edilmesinde önemli bir rol oynayacaktır. Ar-Ge faaliyetleri sürdürülürken;

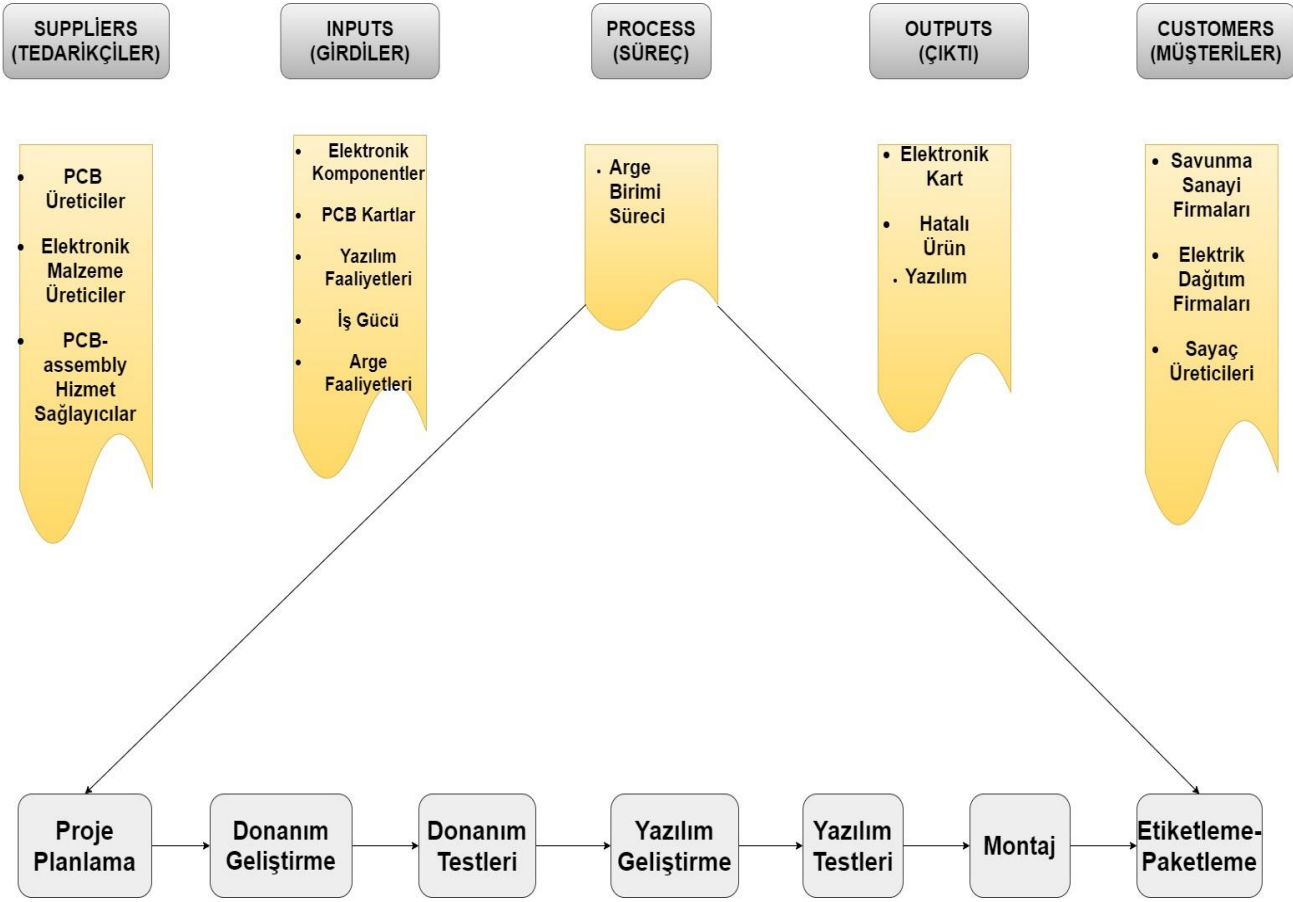
tedarikçilerin kim olduğu, üretim sürecine doğrudan etkisi olan girdiler, Ar-Ge sürecinin bir çevriminin hangi aşamalardan geçerek tamamlandığı, süreç sonucunda elde edilen çıktılar ve bu çıktıları talep eden müşteriler detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Ölçme aşamasında Ar-ge sürecinin akış şeması detaylı olarak çıkartılmıştır. Süreç akış şeması 4 Alt süreçten oluşmaktadır. Alt süreçlerden ilki proje planlama ve donanım geliştirme alt sürecidir. Proje planlama ve başlatma alt sürecinde; arge proje fikrinin geliştirilmesi, teknik ve teknolojik olarak yapılabilirlik analizleri, maliyet ve zaman planlama, proje bütçesinin belirlenmesi, akademik destek gereksinimlerinin belirlenmesi faaliyetleri yürütülmektedir. Alt süreçlerden ikincisi donanım geliştirme alt sürecidir. Donanım geliştirme alt sürecinde; malzeme listelerinin oluşturulması, elektronik bileşenlerin satın alma faaliyetleri, tasarım, montaj, test faaliyetleri yürütülmektedir. Alt süreçlerden üçüncüsü yazılım geliştirme alt sürecidir. Yazılım geliştirme alt sürecinde projeye uygun referans yazılım yok ise; algoritma ve kod mimarisi geliştirme, kod geliştirme, yazılım testleri ve revizyon faaliyetleri yürütülmektedir. Alt süreçlerden dördüncüsü; montaj ve test alt sürecidir. Montaj ve test alt sürecinde montaj, gerilim testi, haberleşme testi, akım testi, veri doğrulama testi, kalite kontrol faaliyetleri yürütülmektedir.

Belirlenen alt süreçlerin ayrı ayrı süreç akış şemaları çıkartılmıştır. Belirlenen 4 alt süreç için; önemli unsurları, işlem basamaklarını, gereksiz detayları, personellerin görevlerini, alt süreçlerin birbiri ile olan etkileşimlerini, sistemdeki kusurları, katma değer yaratmayan işlem basamakları, sorunların tespiti süreç akış şemasında ki yapılmıştır. Süreç akış şeması üzerinde inceleme yapıldığında birim üretim sürelerinin fazla olmasının, hazırlık sürelerinin fazla olması, müşteri taleplerini zamanında karşılayamama, kalite kontrol faaliyetlerinin sürelerinin uzun olması ve buna rağmen kalite kontrolden geçmeyen ürünlerin sayısının fazla olması ve raporlama sistematığının eksik olması, maliyetlerin optimal seviyeden fazla olması, malzeme tedarik süresinin fazla olması odaklanılan ana sorunlar olarak belirlenmiştir. Ölçme aşamasında belirlenen bu sorunlar üzerine analiz fazında, yaşanan sorunların temelini inilmiştir. Belirlenen problemlerin analiz aşamasında kullanılacak olan yöntem kök neden analizi yöntemidir. Analiz aşamasında; bir önceki ölçme aşamasında akış şeması üzerinde belirlenen sorunlar 5 temel nedene ayrılarak irdelenmiştir. Yukarıda belirtilen problemlerin; süreç kaynaklı, metot kaynaklı, yönetim kaynaklı, insan kaynaklı ve çevre kaynaklı olarak kök neden analizi yapılması uygun bulunmuştur. Her bir problem için detaylı olarak problemin kaynağı irdelenmiş ve alt sebeplere ayrılmıştır. Kök neden analizi sonucunda 5 temel nedenin kendine özgü hata sebepleri ortaya çıkmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan sorunların kaynaklarına inilmiş ve hatalara sebep olan alt nedenler tespit edilmiştir. Belirlenen sorunların iyileştirilmesi için dördüncü aşama olan geliştirme fazına geçilmiştir. Geliştirme fazında; beyin fırtınası yöntemi kullanılmıştır. Beyin fırtınası sonucu analiz aşamasında belirlenen süreç, metot, yönetim, insan, çevre bazlı belirlenen problemlerin analiz aşamasında sorunların derinine inerek tespit edilmesi sonucu, problemler üzerinde yapılabilecek iyileştirmeler için proje ekibiyle birlikte karar verilmiştir. Problemlere sebep olan sorunun kendisi ve sorunun temelini oluşturan nedenler analitik olarak incelenmiştir. Yapılacak iyileştirmelerin kontrol fazında sınanabilmesi için, analitik yönden sonuç alınabilecek sorunların üzerinde iyileştirmelere yoğunlaşmıştır. Kontrol aşamasında ise; yaşanan problemlerin geçmiş verileri ile iyileştirme sonrasındaki verileri kıyaslanmıştır.

### 3.2. Tanımlama

Bu aşamada problemlerin ayrıntılı ve herkes tarafından anlaşılacak şekilde tanımlanması ilk hedef olmuştur. Tanımlama fazında SIPOC diyagramı kullanılarak üzerinde çalışılan sürecin tedarikçilerini tanımlama, bu tedarikçiler tarafından sağlanan girdiler listelenmiş, üzerinde çalışılan sürecin temel maddelerle akış şeması çizilmiş, sürecin çıktıları belirlenmiş ve son olarak çıktılar için müşteri segmentleri belirlenmiştir. Müşteriler belirlenirken firmanın ürünlerini yüksek oranda talep eden firmalar seçilmiştir. Aynı zamanda firmanın ürün üretirken ve Ar-Ge faaliyetlerini yürütürken satın aldığı malzemeler, oransal olarak fazla alım yapılan tedarikçiler seçilmiştir. Ar-Ge aşamasında kullanılan girdi ve süreç sonunda elde edilen çıktı ve sürecin temel olarak hangi aşamalardan geçerek tamamlandığı belirlenmiştir.

## 3.2.1- Sıroc



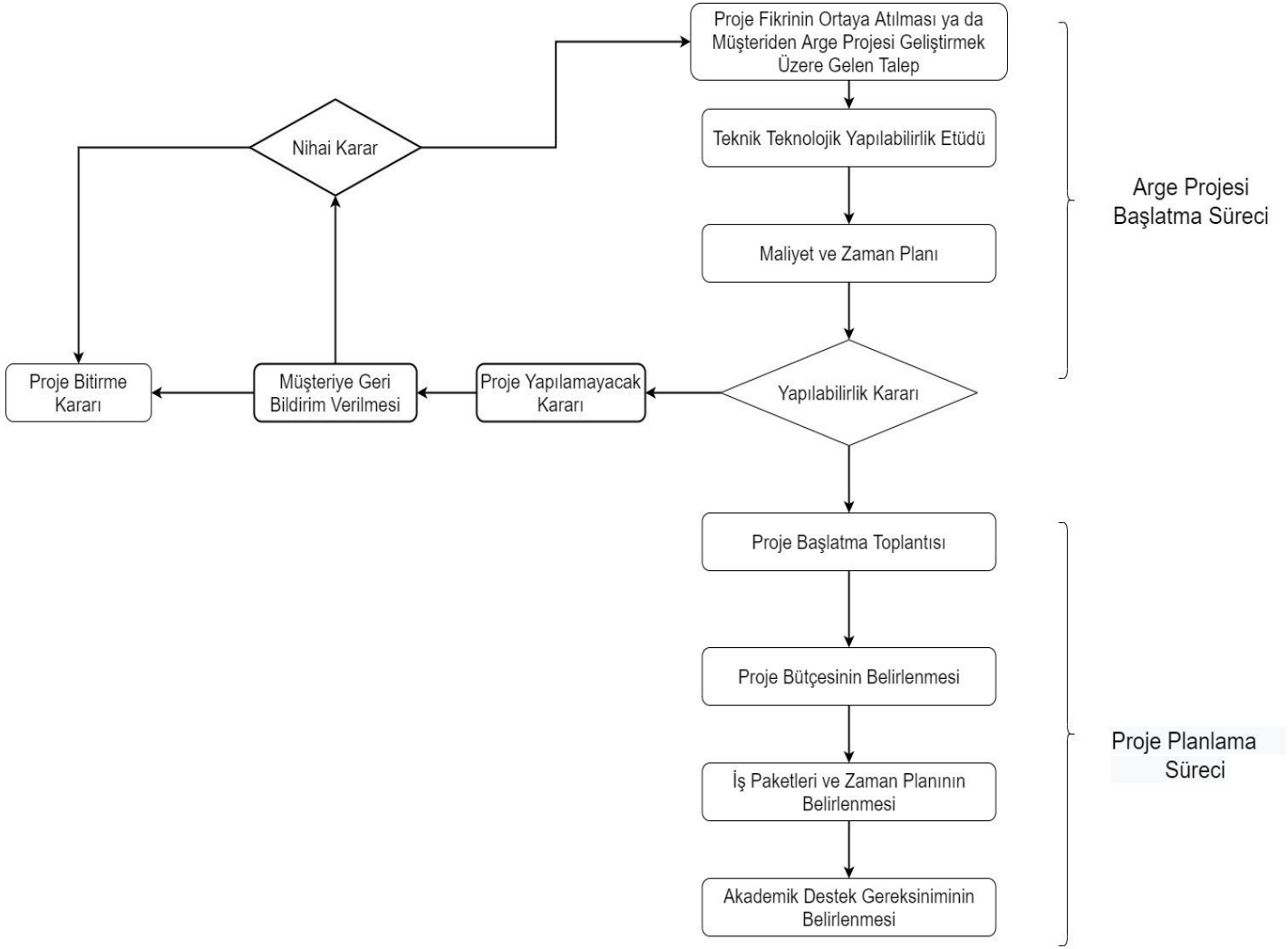
Şekil 1. SIPOC Diyagramı

## 3.3. Ölçme

Ölçme aşamasında yapılan tüm işlerin detaylı olarak işlem maddeleri belirlenmiştir. Yapılan tüm işler için daha kolay, sorun ve çözümlerine ulaşabilmek için tüm Ar-Ge süreci 4 alt sürece ayrılmıştır.

## 3.3.1. Proje planlama ve başlatma alt süreci

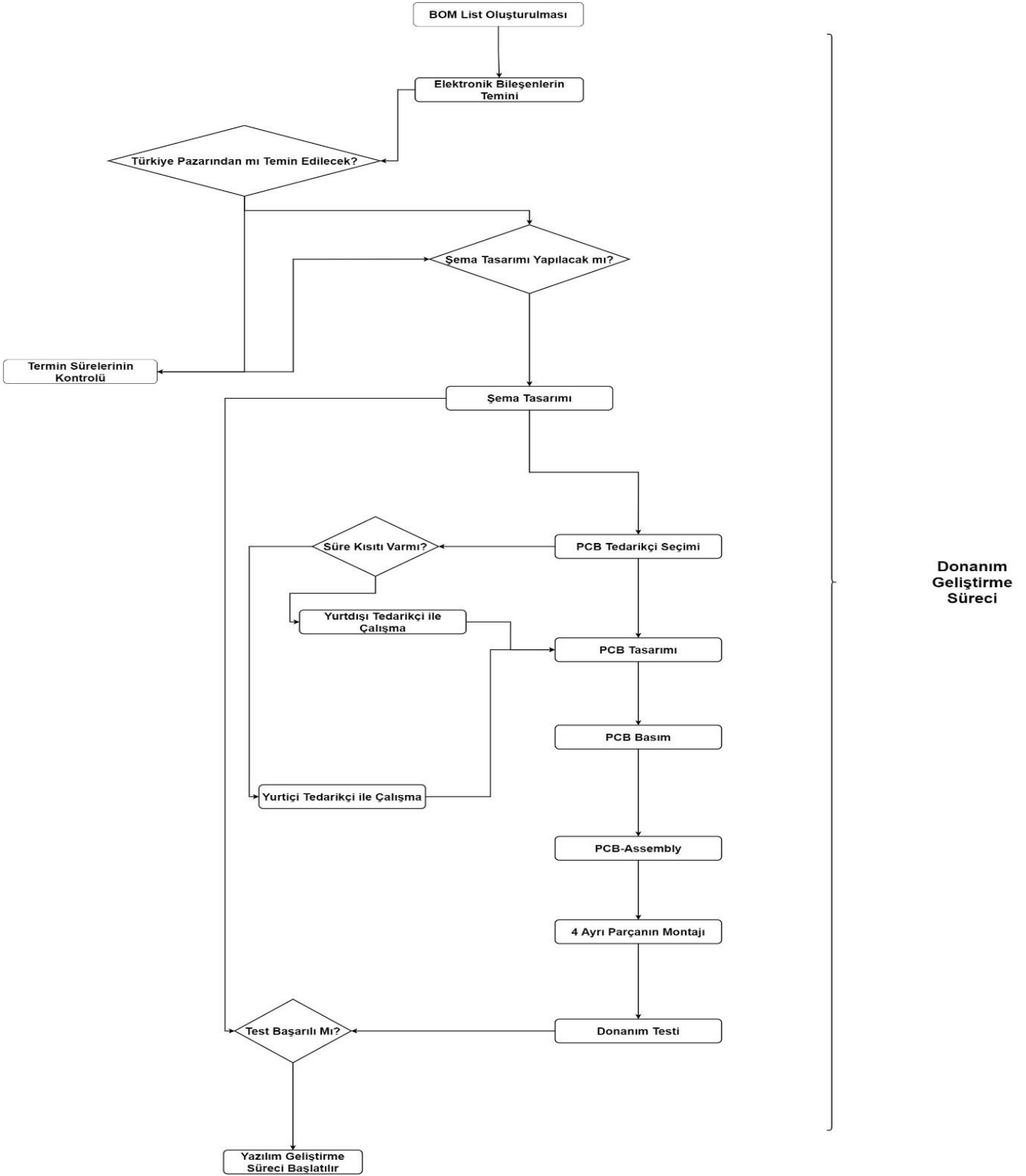
Ortaya çıkan proje fikri sonrasında projenin baştan sona yaşam döngüsünün analizinin ve yapılan analiz sonucunda yapılabilir kararı alındığı durumda; projenin zaman, bütçe, maliyet, destek planlarının yapıldığı aşamadır. Bu aşamada ortaya çıkan problemler doğrudan tüm proje yaşam döngüsünü etkilemektedir.



**Şekil 2.** Proje Başlatma ve Planlama Alt Süreci

### 3.3.2. Donanım geliştirme alt süreci

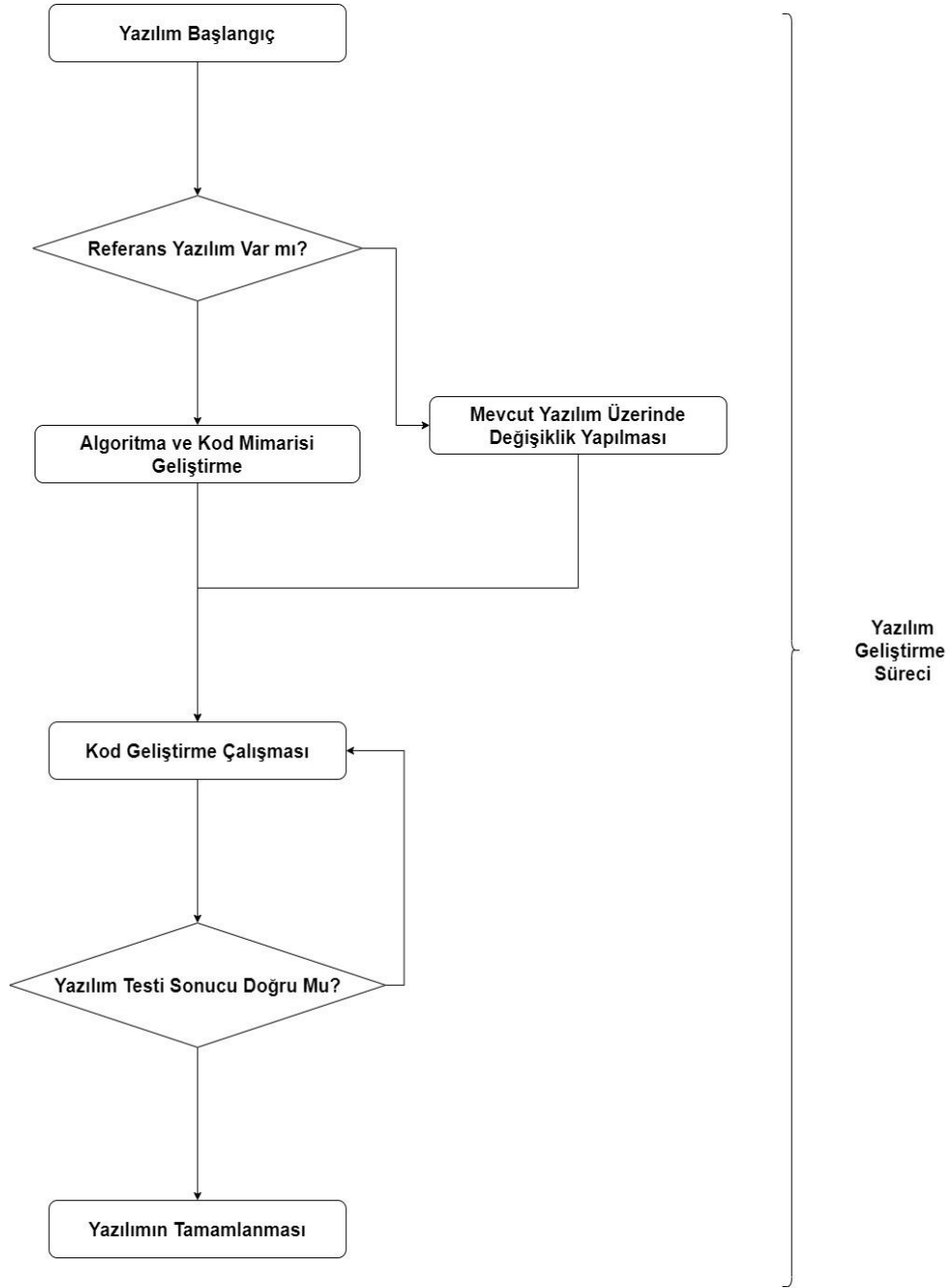
Proje planlama ve başlatma alt süreci tamamlandığında ikinci alt süreç olan donanım geliştirme alt süreci başlar. Donanım geliştirme alt sürecine ait süreç akış şemasını aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3. Donanım Geliştirme Alt Süreci

### 3.3.3.Yazılım geliştirme alt süreci

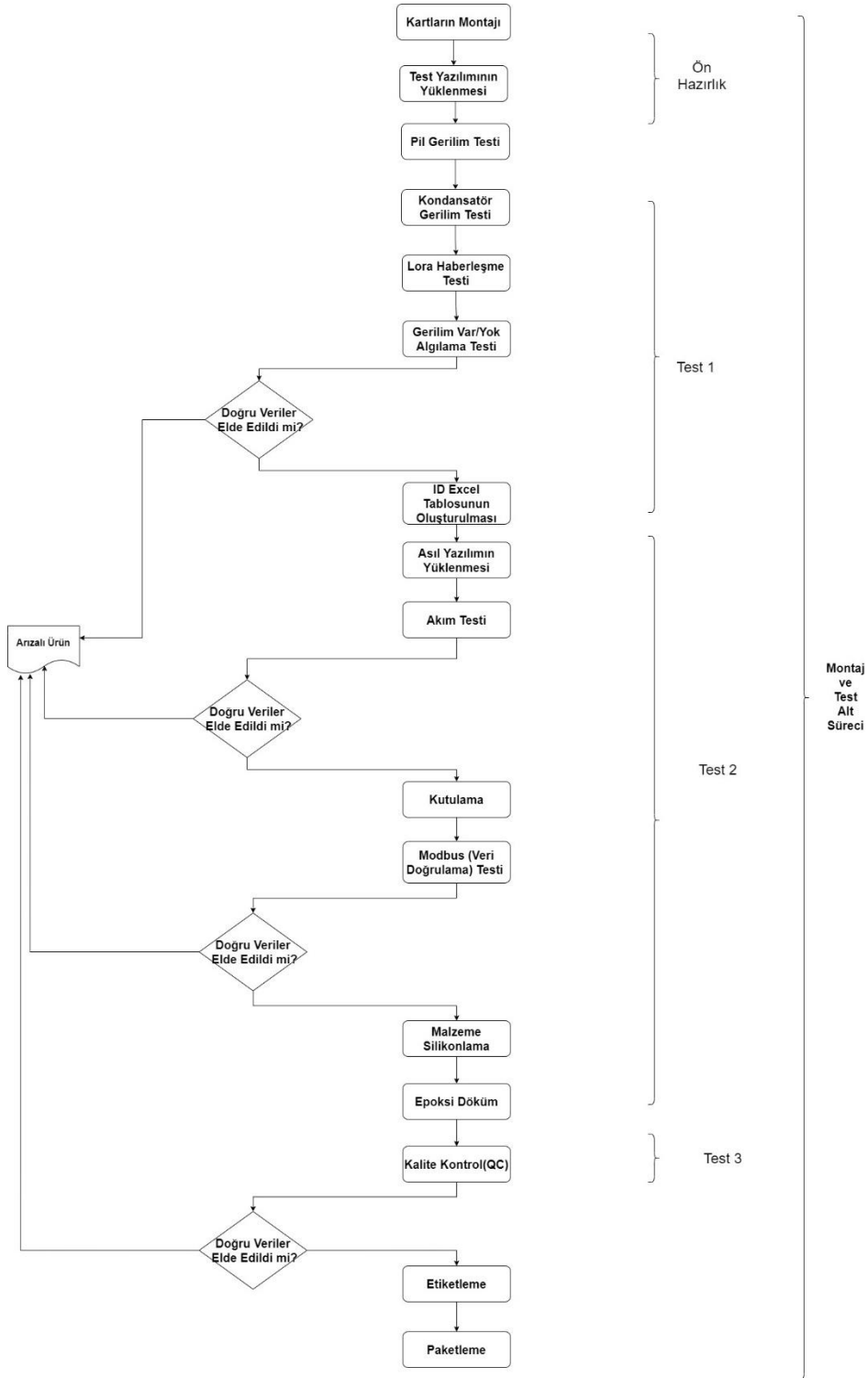
Projenin donanım geliştirme alt süreci tamamlandığında üçüncü alt süreç olan yazılım geliştirme alt süreci başlar. Farklı proje tipleri için yazılım geliştirme yaşam döngüleri süreçleri değişebilir. Aşağıdaki süreç akış şeması Ar-Ge projelerinde uygulanan genel adımlar göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir.



Şekil 4. Yazılım Geliştirme Alt Süreci

### 3.3.4. Montaj ve test alt süreci

Ar-Ge projesinin donanım ve yazılım faaliyetleri tamamlandıktan sonra detaylı olarak donanım, yazılım ve haberleşme testlerinin yapılması, gerekli montaj işlemleri, etiketleme ve paketleme işlemlerinin yapıldığı dördüncü alt süreç başlatılır.



Şekil 5. Montaj ve Test Alt Süreci



Süreç akış şeması üzerinde inceleme yapıldığında birim üretim sürelerinin fazla olmasının, hazırlık sürelerinin fazla olması, müşteri taleplerini zamanında karşılayamama, kalite kontrol faaliyetlerinin sürelerinin uzun olması ve buna rağmen kalite kontrolden geçmeyen ürünlerin sayısının fazla olması ve raporlama sistematığının eksik olması, maliyetlerin optimal seviyeden fazla olması, malzeme tedarik süresinin istenen zamandan uzun sürmesi odaklanılan ana sorunlar olarak belirlenmiştir. Ölçme aşamasında odaklanılan bu sorunların sayısal veriler ile desteklenebilmesi için zaman- metod etüdü yapılmıştır. Ayrıca müşteri taleplerini karşılama süreleri, kalite kontrol faaliyetinin çevrim süresi, proje maliyet hesaplamaları sayısal olarak geçmiş verilere bakılarak analiz edilmiştir.

Aşağıdaki tabloda, üzerinde yapılacak iyileştirme noktalarının sayısal verileri belirtilmiştir.

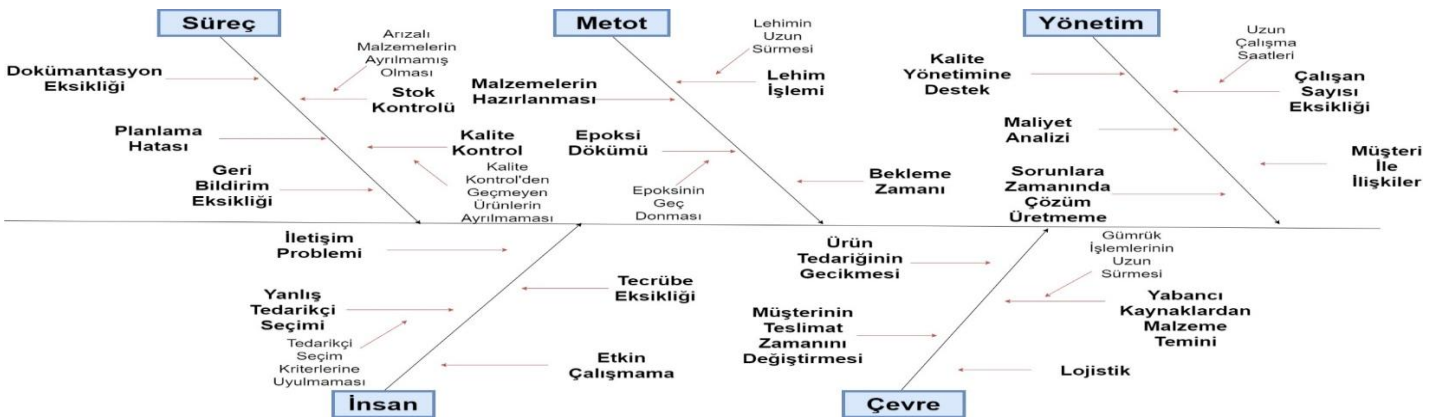
**Tablo 1.** İyileştirilmesi Gereken Maddeler

Süreç İçerisinde İyileştirilmesi Gereken Maddeler	İlk Veriler
Birim Üretim Süresi	45 dakika
Ürünün Birim Maliyeti	16 \$
Üretime Hazırlık Süresi	20 dk
Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresi	120 gün
Malzeme Tedarik Süresi	25 gün
Kalite Kontrol Proses Süresi	25 dakika

Analiz ve iyileştirme çalışmaları sonucunda yukarıdaki tabloda verilen sürelerin ve maliyetlerin azaltılması hedeflenmektedir. İyileştirme sonrası veriler ile ilk veriler kıyaslanacak olup, iyileştirmenin doğruluğu sınanacaktır.

### 3.4. Analiz

Analiz aşamasının başında ölçme aşamasında iyileştirilmesi hedeflenen metriklerin neler olduğu analiz edilmiştir. Ölçme aşamasında belirlenen sonuçlar dikkate alınarak analiz planı oluşturulmuştur. Oluşturulan analiz planında üzerinde iyileştirme yapılacak olan maddelerin kök nedenine inerek balık kılıcı diyagramı çizilmiştir. Balık kılıcı diyagramı çizilirken 5 temel neden üzerinde çalışılmış ve bu nedenlerin sebep olan problemler ve onların alt nedenleri analiz edilmiştir. Burada asıl amaç ilgili faktörün sahip olduğu zayıflığın kök nedenine inmektir. Sorunların, hataların hangi işlem basamaklarında olduğu süreç akış şemaları üzerinde analiz edilmiş ve hataların hangi sebep kaynaklı olduğu ve alt nedenleri balık kılıcı diyagramında irdelenmiştir.



**Şekil 6.** Balık Kılıcı Diyagramı

### 3.5.İyileştirme

Elde edilen veriler ve kök neden analizi sonucunda oluşan iyileştirilmesi gereken işlem maddelerinin hangi maddeler olacağı analiz aşamasında belirlenmiştir. İyileştirme aşamasında; birim üretim süresi, birim ürün maliyeti, üretime hazırlık süresi, müşteriye ürünün teslim edilme süresi, malzeme tedarik süresi, kalite kontrol proses süresi maddelerinde iyileştirme çalışmaları yapılacaktır. İyileştirme çalışmalarında temel amaç işlem süreleri ve maliyetlerin azaltılması, müşteriye zamanında teslimat yapabilmek olmuştur. İyileştirme faaliyetlerine başlamadan önce proje ekibi ile görüşülüp bir strateji belirlenmiştir. Zamanın kısıtlı olmasından kaynaklı iyileştirme yapılırken ilk göz önünde bulundurulacak olan hususun zaman kısıtını azaltacak faaliyetler olmasına karar verilmiştir. İyileştirmesi orta ve uzun vadede zaman alacak ve yüksek maliyetler gerektiren iyileştirme faaliyetlerinin sonraki dönemlerde yapılması kararlaştırılmıştır.

#### 3.5.1.Beyin fırtınası

Hazırlanmış olan kök neden analizi sonucunda problemler ve temel nedenler tespit edilmişti. İyileştirme aşamasında ilgili birimin proje personelleri ile yapılan beyin fırtınası sonucu iyileştirilmesi hedeflenen problemler için üzerinde düşünülmüştür. Problemler için her bir proje personeli 3 adet çözüm önerisi öne sürmüştür. Öne sürülen çözüm önerileri için aynı proje ekibindeki personeller puanlama sistemi ile önem derecesine göre 1-9 puana kadar puan verilmiştir. Her bir iyileştirme fikri için puanlar toplanmıştır. Yüksek puandan düşük puana doğru iyileştirme fikirleri sıralanmıştır. Süreç, metot, yönetim, insan ve çevre bazlı 3 farklı iyileştirme yöntemleri belirlenmiştir. Belirlenen iyileştirme yöntemleri arasından her bir faz için en yüksek puanı alan iki tane iyileştirme fikri seçilmiştir. Bu şekilde her bir problemin çözümünü kapsayacak ve her faz için de çözüm üretilmiş olacaktır. Aşağıdaki tabloda proje ekibinin iyileştirme yöntemleri için öne sürdükleri yöntemler ve puanlamaları mevcuttur.

**Tablo 2.** İyileştirme Önerileri ve Puanlama

İyileştirme Önerileri	Grup	Süreç	Sonuç	Ç	S	A	F	G	M	H	K	M	Toplam Puan
1 Ürünlerin Halinde Sayımının Yapılması	Gruplar Stok	Süreç	Üretime Hazırlık Süresinde Azalma	6	8	8	7	7	8	9	8	7	68
2 Kalite Geçmeyen Ürünlerin Etiketlerinin Değiştirilmesi ve Muhafazası	Kontrolde	Süreç	Kalite Kontrol Proses Süresinde Azalma	7	8	8	8	6	7	7	9	6	58
3 Lot Bazlı Kontrol Yapılması	Kalite	Süreç	Kalite Kontrol Proses Süresinde Azalma	9	8	8	9	9	8	9	8	9	77
4 PCB kartın dip malzemelerinin dizgisinin taşeron firmada yaptırılması	dip	Süreç	Birim Üretim Süresinde Azalma	8	9	9	7	8	9	9	8	7	74
5 Lehim İşlemi yerine Parçaların Pim İle Birleştirilmesi	Metot	Metot	Birim Üretim Süresinde Azalma	5	7	8	7	8	9	6	6	6	62
6 Kutu İşleminde Kullanılan Aletlerinin Değiştirilmesi	Kesme El	Metot	Üretime Hazırlık Süresinde Azalma	7	8	8	9	7	8	7	9	9	72
7 Kalite Faaliyetlerinde Gereksiz İşlemlerin Çıkarılması	Kontrol Olan	Metot	Kalite Kontrol Proses Süresinde Azalma	8	8	7	7	9	8	8	6	8	69

Tablo 2 (devam). İyileştirme Önerileri ve Puanlama

	İyileştirme Önerileri	Grup	Sonuç	Ç	S	A	F	G	M	H	K	M	Toplam Puan
8	15'li Gruplar ile Üretim Yapılması	Metot	Birim Üretim Süresinde Azalma	8	9	7	7	8	9	8	6	8	78
9	Tedarikçi Değerlendirme Kriterlerine Göre Tedarikçi Seçimi Yapılması	İnsan	Malzeme Tedarik Süresinde Azalma	7	6	5	6	7	8	5	6	6	56
10	Üretime Başlamadan Önce Test Düzenliğinin Kurulması	İnsan	Üretime Hazırlık Süresinde Azalma	8	7	8	6	5	7	5	5	6	51
11	Satınalma İşlemlerinin Proje Başlatma Toplantısından Hemen Sonra Yapılması	İnsan	Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresinde Azalma	8	8	9	9	9	5	8	7	8	71
12	Proje Başlatma Toplantısında Gerçek Mali Veriler ile Maliyet Analizi Yapılması	Yönetim	Ürünün Birim Maliyetinde Azalma	8	7	7	8	8	9	7	9	7	70
13	Yeni Personel İstihdamı ve Vardiyalı Çalışma Sistemine Geçiş	Yönetim	Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresinde Azalma	6	8	8	9	7	9	8	8	8	71
14	Yurtdışı Kaynaklı Komponent Alımını Durdurma	Yönetim	Malzeme Tedarik Süresinde Azalma	8	8	8	7	7	6	9	7	8	68
15	Ürünlerin Bulunabilirlik Seviyelerine Göre Satınalma Faaliyetlerinin Yürütülmesi Kararı	Yönetim	Malzeme Tedarik Süresi	8	8	7	8	9	8	7	9	8	72
16	Lojistik Faaliyetlerini Müşterinin Yürütmesi	Çevre	Ürünün Birim Maliyetinde Azalma	7	8	8	7	8	7	6	7	6	64
17	Proje Planlama Sürecinde Zaman Planının Müşteri İle Birlikte Yapılması	Çevre	Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresinde Azalma	8	5	5	6	7	4	5	6	4	50
18	Toplu Miktarlarda Malzeme Temini Yapılması	Çevre	Ürünün Birim Maliyetinde Azalma	8	6	8	8	8	7	7	8	8	68

Proje ekinin 1'den 9'a kadar numaralandırarak puanlanmış olduğu iyileştirme önerileri sonucunda süreç bazlı yaşanan problemler için; ürünlerin gruplar halinde stok sayımının yapılması, lot bazlı kalite kontrol faaliyetlerinin yürütülmesi ve PCB kartın dip malzemelerinin dizgisinin taşeron firmada yaptırılması fikri en yüksek puanı alan iyileştirme önerisi olmuştur. Bu iyileştirme fikirleri sırası ile üretime hazırlık süresinde azalma, kalite kontrol proses süresinde azalma ve birim üretim süresinde azalma metrikleri için iyileştirme sağlayacaktır. Metot bazlı yaşanan problemler için; kutu kesme faaliyetlerinde kullanılan el aletlerinin değiştirilmesi ve 15'li gruplar halinde üretim yapılması en yüksek iki puanı alan iyileştirme önerisi olmuştur. Metot bazlı belirlenen bu iki iyileştirme fikri sırası ile üretime hazırlık süresinde azalma ve birim üretim süresinde azalma metrikleri için iyileştirme sağlayacaktır. İnsan bazlı yaşanan problemlerden en yüksek puana sahip olan iyileştirme fikri satınalma işlemlerinin proje başlatma toplantısından hemen sonra yapılmasıdır. Bu iyileştirme fikri müşteriye ürünün teslim edilme süresini azaltacaktır. Yönetim bazlı sunulan iyileştirme fikirlerinde en yüksek puanı alan fikirler; proje başlatma toplantısında gerçek mali verilerle maliyet analizini yapılması, yeni personel istihdamı ve vardiyalı çalışma sistemine geçiş, yurtdışı kaynaklı komponent alımını durdurma ve ürünlerin bulunabilirlik seviyesine göre satınalma faaliyetlerinin yürütülmesidir. Bu iyileştirme fikirleri sırası ile ürünün birim maliyetlerinde azalma, müşteriye ürünün teslim edilme süresinde azalma, malzeme tedarik süresinde azalma problemlerini iyileştirecektir. Çevre bazlı yaşanan problemlerde en yüksek puanı ise; toplu miktarlarda malzeme temini yapılması fikridir. Bu iyileştirme fikri ürünün birim maliyetinde azalma sağlayacaktır.

**Tablo 3.** Seçilen İyileştirme Önerileri

Seçilen İyileştirme Fikri	İyileştirilecek Problem
Lot Bazlı Kalite Kontrol Yapılması	Kalite Kontrol Proses Süresi
Kalite Kontrol Faaliyetlerinde Gereksiz Olan İşlemlerin Çıkarılması	Kalite Kontrol Proses Süresi
PCB Kartın Dip Malzemelerinin Dizgisinin Taşeron Firmada Yaptırılması	Birim Üretim Süresi
15'li Gruplar ile Üretim Yapılması	Birim Üretim Süresi
Kutu Kesme İşleminde Kullanılan El Aletlerinin Değiştirilmesi	Üretime Hazırlık Süresi
Ürünlerin Gruplar Halinde Stok Sayımının Yapılması	Üretime Hazırlık Süresi
Yurtdışı Kaynaklı Komponent Alımını Durdurma	Malzeme Tedarik Süresi
Ürünlerin Bulunabilirlik Seviyelerine Göre Satınalma Faaliyetlerinin Yürütülmesi Kararı	Malzeme Tedarik Süresi
Proje Başlatma Toplantısında Gerçek Mali Veriler ile Maliyet Analizi Yapılması	Ürünün Birim Maliyeti
Toplu Miktarlarda Malzeme Temini Yapılması	Ürünün Birim Maliyeti
Yeni Personel İstihdamı ve Vardiyalı Çalışma Sistemine Geçiş	Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresi
Satınalma İşlemlerinin Proje Başlatma Toplantısından Hemen Sonra Yapılması	Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresi

### 3.6.Kontrol

Kontrol aşamasında; İyileştirme öncesinde geçmiş verilerin analizi sonucunda oluşan rakamların iyileştirme faaliyetleri sonrasında müşteriden gelen ardışık talepler ile karşılaştırılmıştır.

#### Birim Üretim Süresi

İyileştirme faaliyetleri öncesinde birim ürün süresi 45 dakika olarak ölçülmüştü. Pcb kartın firma bünyesinde el ile yapılan dip malzemelerin diziminin taşeron firmada makine ile yaptırılması ve üretimin 15'li partiler halinde yapılmasına karar verilmiştir. Karar verilen bu iyileştirmeler sonucunda birim üretim süresi için zmaan etüdü yapılmıştır. Yapılan zaman etüdü sonucunda aşağıdaki tablodaki veriler ölçümlenmiştir.

### *Birim Ürün Maliyeti*

Ürün birim maliyeti; toplu olarak malzeme alınması sonucunda ve gerçek mali veriler ile maliyet analizi yapıldığında 11\$ seviyelerine düşürülmüştür. Fakat birim üretim süresini düşürmek için Pcb dip malzemelerin dizgisinin taşeron firmaya yaptırılması ve yeni personel istihdamı maliyeti artırmıştır. Bu durumda ürünün birim maliyeti 14\$'a çıkmıştır. Yine de iyileştirme çalışmaları öncesindeki maliyet analizi sonucunda oluşan miktardan daha az maliyetle ürün üretilebilmektedir.

### *Üretime Hazırlık Süresi*

Üretime hazırlık süresi için; iyileştirme faaliyetleri öncesinde kutu kesme işlemleri yan keski ile yapılıyorken el aletinin değiştirilmesi sonucu dikey matkap tezgahı kullanımına karar verilmiştir. Bu iyileştirme faaliyeti kutu kesme işlemini 3 dakikadan 1 dakikaya düşürmüştür. Fakat yan keski ile ya da dikey matkap tezgahı ile kesilen kutuların deforme olmasının önüne geçilememiştir.

Aynı zamanda üretime başlamadan önce yapılan stok sayımlarının çoklu gruplar halinde yapılması da üretime hazırlık süresini azaltmıştır. İyileştirme öncesinde 20 dakika olan üretime hazırlık süresi iyileştirme faaliyetleri sonrasında 16 dakikaya düşmüştür.

### *Müşteriye Ürünün Teslim Edilme Süresi*

Yapılan iyileştirme faaliyetlerini doğrudan etkileyen ve iyileştirilecek noktalar arasında ilk sıraya konulan müşteriye ürünü zamanında teslim etmektir. Yeni personel istihdamı ve vardiyalı çalışma sistemine geçme fikri maliyeti artıracak yönde fakat müşteriye ürünü zamanında teslim etmek için doğrudan etkili olmuştur. Ayrıca satınalma faaliyetleri iyileştirme öncesinde proje yaşam döngüsü süreci içerisinde yapılırken iyileştirme sonrasında proje başlatma toplantısından hemen sonra yapılması, satınalma faaliyetlerinin süresini kısaltmıştır. Bu iki yapılan iyileştirme sonrasında 120 günde teslim edilen ürünler 95 günde ve hatta müşterinin istediği süreden daha kısa sürede teslim edilmiştir.

### *Malzeme Tedarik Süresi*

Malzeme tedarik süresi iyileştirme öncesinde ortalama 25 gün olarak ölçümlenmişti. Yurtdışı kaynaklı malzeme alımını durdurmak ve ürünlerin bulunabilirlik seviyelerine göre malzeme alımı yapmak; gümrükte bekleme süresi ve lojistik faaliyetlerini doğrudan etkilediği için bu süre 12 güne düşmüştür.

### *Kalite Kontrol Süresi*

Kalite kontrol prosesi iyileştirme öncesinde 25 dakika sürmektedir. Yapılan iyileştirmede lot bazlı yani gruplar halinde kalite kontrol faaliyeti yapılması ve bütün ürünlere değil günlük üretim miktarının %15'ine kalite kontrol yapılacağı geri kalan %85'lik kısma ise gözle kontrol yapılmasına karar verilmiştir. Aynı zamanda çok fazla vakit kaybı olan ve ayrı ayrı her parçanın testinin yapıldığı işlem basamağı faaliyetler arasından çıkartılmıştır. Bu iyileştirmeler sonucunda sadece kalite kontrol faaliyetleri için yapılan zaman etüdü sonucunda kalite kontrol faaliyetinin çevrim süresi 11 dakikaya düşmüştür. Bu aşamada süreç yeterliliğinin sağlanması, maliyetten tasarruf edilmesi, karın maximum seviyeye çıkartılması, süreç standartları ve prosedürlerin geliştirilmesi, projenin başarılı bir şekilde tamamlanması amaçlanmaktadır.

Aylık periyotlar ile üzerinde iyileştirme yapılan işlem maddelerinin süreklilik kazanıp kazanmadığı kontrol edilmiştir. Üzerinde iyileştirme yapılan işlem maddeleri üst yönetime raporu sunularak standardize edilmiş ve süreç şemalarına bu şekilde dahil edilmiştir. Sürecin devamlılığını sağlayabilmek için DMAIC süreci tamamlanmasına rağmen aynı döngülerin sürekli tekrar edilmesi gerekmektedir.

## **4.Sonuç**

Günümüzde yoğun olarak yaşanan rekabet ortamında, firmalar hayatta kalabilmek için müşterilerinin ihtiyaç ve beklentilerini beklenenin daha üst seviyesinde karşılamak zorundadırlar. Ayrıca bunların yanı sıra düşük maliyetlerde, beklenen sürede verimli ve istenen faydayı sağlayacak ürün üretmeli, müşterilerinin öneri ve şikayetlerini dinlemelidirler. İmalat sektöründe üretici firma müşteri ile sürekli iletişim halinde olması gerekmektedir. Müşterinin hizmetten aldığı geri dönüşler ve müşterinin ihtiyaçlarından kendilerine iyileştirme örnekleri çıkarmalıdır. Müşteri eğer üretilen üründen ve firmanın hizmetinden memnun kaldıysa sürekli olarak talebin artması söz konusudur. Süreç yönetimi prensiplerini dikkate alarak çalışan bir firma hedeflerine daha kolay ulaşabilmektedir. Bu noktada süreç yönetimi felsefesi gereği iş süreçleri detaylı olarak tanımlanmalıdır. İş süreçlerinde iyileştirme yapılması gereken faaliyetler belirli periyotlar ile gözden geçirilmelidir. Süreç içerisinde maliyeti azaltacak, verimliliği artıracak, çevrim sürelerini azaltacak, müşteriye memnun edecek, kalite prensiplerinde ürün üretecek süreçler ortaya koymak; rakiplerin önüne geçmekte etkin bir roldür.

Süreç yönetiminde süreçlerin yaşamını artırmak ve müşteri beklentilerini en üst seviyede karşılayabilmek için, sürekli olarak süreçlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Süreç iyileştirme faaliyetlerini uygularken ilk hedef sürecin performansını artıracak iyileştirmelerdir. Sürecin performansı artırıldığında katma değeri olmayan işler çıkartılıp, israfın ve boş zamanın önüne geçilmiş olur. Süreçlerde yaşanan problemler göz önüne alındığında direk olarak probleme ve çözüme ulaşılabilir. Bunun için ilk olarak yaşanan problemin sıklığına ve kök nedenine bakılmalıdır. Sorunun asıl kaynağı bulunmadan sorunu iyileştirmek mümkün olsa bile bu kalıcı bir iyileşme faaliyeti sağlayamayacak, problem ilerleyen zamanda tekrar baş gösterecektir. Problemin temeline inerek sorunu tespit etmek ve temel sorunu çözmek problemin tekrarlanmaması için önemli bir husustur.

Altı sigma metodolojisi problemlerin kök nedenlerini çözmeye yönelik faaliyetlerde kullanılan etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda problemlere bulunan çözümlerin yüksek performans gösterdiği de kanıtlanmıştır. Bu metodoloji problemlerin kök nedenleri ve onlarla ilgili verilerle etkili olarak çalışan bir sistemdir. Firmalarda yaşanan ve çözümünün çok zor olduğu düşünülen problemlere basit çözümler üretme ve üretilen çözümlerin kalıcılığını sağlayıp, sistematikleştirme açısından oldukça etkilidir. Bu metodolojide çok fazla kullanılmakta olan yöntem DMAIC'dir. DMAIC yönteminde problemlerin tanımlanması, geçmiş verilere bakılarak ölçülmesi, sürecin analizi yani problemlerin ortaya konulması ve problemlerin kök nedenlerinin araştırılması, iyileştirme faaliyetlerinin yürütülmesi ile iyileştirme faaliyetleri sonrasında bu faaliyetlerin kontrolü ve devamlılığı bulunmaktadır.

Gerçekleştirilen uygulamada imalat ve arge faaliyetleri yürüten firmada müşteriden gelen talep ile başlayıp ürünü ve hizmeti teslim edene kadar geçen bütün süreç adımları için iyileştirme faaliyetleri yapılmıştır. İyileştirme faaliyetleri boyunca DMAIC'in iyileştirme sürecinde kullanılmakta olan mevcut sistem çatısı kullanılmıştır. DMAIC'in çatısı adım adım uygulanmıştır. DMAIC'in her fazı için farklı 6 Sigma yöntemleri seçilmiştir. Tanımlama fazı için; Sıroc analizi, ölçüm fazı için; akış şemaları, analiz fazı için; kök neden analizi, iyileştirme fazı için; beyin fırtınası, kontrol fazı için; kontrol tabloları ile geçmiş veriler ile kıyaslama yapılmıştır. Süreçte yapılan iyileştirmeler sürekli olarak sınanmaya devam etmiştir.

Ar-Ge departmanında yapılacak olan iyileştirmeler sonucunda; birim üretim süresinde azalma, müşteriye zamanında ürün teslim edilmesi, kalite kontrol süreçlerinde iyileşmeler, optimal maliyetlerde ürün üretilmesi, malzeme tedarik süresinde azalma, üretime hazırlık süresinin azaltılması hedeflenmektedir. Geçmiş veriler ile iyileştirme faaliyetleri sonrasında ölçümlenen verilere bakıldığında asıl amaç olan müşteriye zamanında ürünü teslim etme hedefi gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra birim üretim süresinde 17 dakikalık ciddi bir azalma olmuştur. Üretime hazırlık süresi 20 dakikadan 16 dakikaya indirilmiştir. Üretim sürecinin büyük bir zamanını oluşturan kalite kontrol faaliyetlerinin süresi 25 dakikadan 11 dakikaya inmiştir. Üretimi gerçekleştirilen ürünün maliyetinde ciddi bir azalma olmamıştır. Çünkü ürünü zamanında teslim etme kısıtı firma için daha önemli bir noktaydı. Ürünü zamanında teslim edebilmek için yapılan iyileştirme faaliyetleri ürünün birim üretim maliyetinde artışa sebep olmuştur. Daha sonra birim üretim maliyetini azaltmak için yapılan satınalma stratejileri sonrasında ürünün birimi maliyetinde düşük de olsa bir miktar azalma olmuştur. Amaçlanan iyileştirmeler sonucunda, rekabetçi piyasada optimal fiyatlarda müşterinin istediği kalitede ürünü zamanında üretmek yeni müşteri portföyü kazanmaya, firmanın farklı Ar-Ge projelerinde yer alabilmesine, çalışan memnuniyetinin artmasını sağlayacaktır. Firmaların altı sigmaya olan güvenleri ve aldığı sonuçlar her geçen gün artmaktadır. Ayrıca çözümü zor olarak görünen problemlere basit çözümler üreterek etkili sonuçlar elde etmek altı sigmanın ne kadar etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. İlerleyen dönemlerde piyasada rekabetin yoğunlaşması altı sigmanın önemini ve uygulamasını daha da artıracaktır. Bu yüzden firmalar yeni pazarlara açılmak ve konumlarını korumak için bu ve bunun gibi metodolojileri kullanmak konusundan açık fikirli olmalıdırlar.

## Referanslar

- Akarşan, B. (2003). Altı sigma metodu ve bir şirket, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akyüz Çağlar, M., & Kurt, M. (2015). Altı sigma yaklaşımı ve savunma sanayi sektöründe. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 27(3), 13-24.
- Altuncu, A. (2003). Süreç yönetimi, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Altuğ, M., & Nalbant, M. (2010). Süreç iyileştirme yaklaşımı olarak altı sigma ve bir uygulama. Journal of New World Science Academy, 5(4), 689-712.
- Avunduk, H. (2019). Yalın altı sigma: bir pet şişirme makinesinde süreç iyileştirme uygulaması. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 18(70), 633-653.
- Besceli, İ. (2006). Süreçlerle yönetim ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bezirci, G. (2006). "Hizmet İşletmelerinde Süreç İyileştirme ve Bir Uygulama". Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Berber, G. ve Deste, M. (2021). Bir gıda işletmesinde süreç iyileştirme uygulaması: dondurma fabrikası örneği. Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22(3), 53-72.
- Büyükköse, B. ve Mehtap, V. (2008). Süreç yönetimi ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çakırlı Akyüz N. ve Çetin, C. (2009). Yalın organizasyon ilkeleri ve uygulamaları üzerine bir araştırma. Öneri Dergisi, 8 (32), 1-14.
- Deste, M. ve Karabulut, M. (2020). Altı sigma tekniğiyle tekstil sektöründe çevrim sürelerinin iyileştirilmesine yönelik bir uygulama. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(13), 137-147.

- Deste, M. ve Berber, G. (2018). Süreç iyileştirme uygulamaları üzerine bir literatür araştırması. Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi , 2(2), 213-230.
- Eren, N. S. (2017). Süreç iyileştirme yöntemleri ve altı sigma uygulamaları bir işletme örneği, Yüksek lisans tezi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ergün, A. K. (2003). Altı Sigma metodolojisi ve Türkiye'deki uygulamaları, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erten, S. (2010). Lojistik süreç yönetimi bir kamu kurumu analizi, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ertuğrul, İ. ve Tekin, B. (2016). Meslek kuruluşlarında süreç yönetimi: denizli ticaret odası'nda uygulanması . Pamukkale İşletme ve Bilişim Yönetimi Dergisi , (1) , 11-26 .