

Otomotiv Endüstrisinde Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) Teknolojisi: Araç Boyama Tesisinde Saha Çalışması

Radio Frequency Identification (RFID) Technology in Automotive Industry: A Case Study for Car Painting Plant

*¹Hakan Başargan and ²Durmus Karayel, ³S.Serdar Ozkan, ⁴Gokhan Atalı

*¹Budapest University of Technology and Economics, Transportation and Vehicle Engineering Fact., Transportation Engineering

^{2,3}Faculty of Technology, Department of Mechatronic Engineering Sakarya University, Turkey

⁴Vocational School of Sakarya, Sakarya University, Turkey

Özet

Bu çalışmada, öncelikle otomotiv sektöründe RFID sistem entegrasyonu uygulamaları ve onun faydaları ele alınmıştır. Sistemin çalışması ve entegrasyon aşamaları sürecin başlangıcından sonuna ayrıntılı olarak kadar açıklanmıştır. Daha sonra, çalışmanın ikinci bölümünde, otomotiv araç boyama tesisinde RFID teknolojisine dayalı bir saha çalışmasının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu mevcut tesiste RFID entegrasyon süreci öncesinde, üretim izleme faaliyeti manüel barkot sistemi ile yapılmaktaydı. Ayrıca, tesisin klasik otomasyon sistemine bağlı olarak, algılama işlemleri için mekanik anahtarlar ve sensörler kullanılmaktaydı. Hatta, mevcut koşullar altında, tesiste araç gövdesinin gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi de mümkün değildi. Diğer taraftan, üretimin gerçek zamanlı olarak hata analizi de verimli bir şekilde yapılamamaktaydı. Sonuç olarak, mevcut boya tesisi tasarlanan RFID sistemi ile uyumlu olacak şekilde revize edilmiştir. Daha sonra, tesisin RFID noktaları tespit edilerek RFID sistem entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, ürün envanterlerinin ve üretim ölçümlerinin derhal görülebilmesi, üretim zinciri içinde oluşacak muhtemel hataların engellenmesi, barkot okuma ve personel giderlerinin önlenmesi mümkün olmuştur. Geliştirilen sistemin küçük uyarlamalarla farklı sektörlerde uygulanabilme imkanı vardır. RFID teknolojisinin sektörler bazında yaygınlaşması halinde, çalışma performansının, üretim kalitesinin ve verimliliğin artması ile ekonomiye önemli derecede katkılar sağlanması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Radyo frekansı ile tanımlama (RFID), RFID sistem entegrasyonu, Taşıt boyama tesislerinde RFID uygulaması

Abstract

In this study, the applications of RFID system integration and its benefits in automotive industry have been explained firstly. System operation and integration steps has been completely explained until the end of process. After, in the second part of the study, to perform a case study based on RFID for automotive paint plant has been aimed. Before integration process, manufacturing tracking had been performed with manual barcode system. Also, mechanical switches and sensors had been used for detection process in the classical automation system of the plant. Even, under the present conditions, real time vehicle body tracking was not possible in plant. On the other hand, the real time defect analysis of the production was not being performed efficiently. As a result, the present painting plant has been revised so that it is compatible with the designed RFID system. Then, RFID points of the plant have been identified and the system integration of the plant has been realized. In this way, it has become possible that the product inventory and production measurements can be seen immediately. Also, prevention of possible errors, elimination of barcode reading and personnel expenses in the production have been achieved. It is possible to implement the developed system to different sectors with minor adaptations. An increase in performance, production quality and productivity is expected when RFID technology is widespread in most sectors. In this case, significant contribution to the economy of the country will be provided.

Key words: Radio Frequency Identification (RFID), RFID system integration, RFID applications

*Corresponding author: Address: Budapest University of Technology and Economics , Transportation and Vehicle Engineering Faculty , Transportation Engineering. E-mail address: hakanbasargan@edu.bme.hu

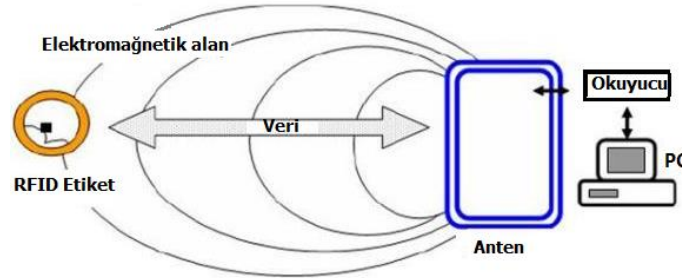
1. Giriş

Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) son zamanlarda kablosuz teknolojiler için bir sembol haline gelmektedir. RFID malzemeleri tanımlamak için radyo dalgalarını kullanan bir otomatik tanımlama teknolojisidir. Sistem bir etiket ve bir okuyucudan ibaret olup, bu elemanlar radyo dalgaları üzerinden birbirleriyle iletişim kurmaktadır. RFID etiketlerini kullanarak, insan müdahalesi olmadan ve dolayısıyla maliyetler azaltılarak gecikmesiz bir şekilde nesneleri tanımlamak ve takip etmek mümkündür[1]. RFID teknolojisi olarak bilinen radyo frekansı tanımlama sistemi, teknolojik gelişmeler sayesinde ileri teknolojik uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. RFID sistemleri, tercihen üretim kalitesini artırmak, süreci izlemek, insan müdahalesini olabildiğince ortadan kaldırarak üretimi otomatikleştirmek ve gerçek zamanlı anlık bilgileri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Otomotiv sektörü yoğun bir şekilde üretim izleme sürecini gerekli kılan sektörlerden biridir. Bir tesiste, üretim izleme sürecinin iyi bir şekilde yapılması demek, üretim kontrolünün başarıyla yürütülmesi anlamına gelmektedir. Bir otomotiv fabrikasında da, iyi analiz edilmiş ve tasarlanmış RFID sistem entegrasyonu ile daha verimli bir üretim süreci elde etmek mümkündür. Otomotiv sektöründe, Müşteri memnuniyeti üretim kalitesindeki artış ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, bu alanda son çalışmalar RFID teknolojisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Dug Hee Moon ve arkadaşları sundukları çalışmada, bir otomotiv fabrikasında boyanmış gövdelerin depolanmasında dinamik çalışma algoritmasıyla alakalı bir simülasyon çalışmasını tanıtmaktadırlar[2]. Xiaowei Zhu ve arkadaşları yayınladıkları bir derleme makaleyle, kapsamlı bir literatür araştırması yaparak, ilgili araştırmacılara RFID hakkında uygulamalara dayalı toplu bir bilgi sunmayı amaçlamışlardır[3]. Elisabeth Ilie-Zudor ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, RFID tekniklerini ayrıntılı olarak anlatarak, tanımlama sistemleri için gereksinimler üzerinde durmuşlar ve geleneksel tanımlama teknolojileri ile RFID teknolojisini karşılaştırmışlardır[4]. Ayrıca, birçok araştırmacı tarafından, farklı sektörel alanlar için, RFID uygulama modelleri geliştirilmiştir[5,6]. Gang Huang ve arkadaşları bir otomobil fabrikasında boyanmış gövdelerin depolanma işlemini gerçek zamanlı olarak izlemek ve bir RFID sistemi kurmuşlardır[7]. N. Fescioglu ve arkadaşları bir imalathanede boyanmış parçaların depolanmasında görselliği ve kontrol edilebilirliği iyileştirmek için etkin bir Radyo Frekans Tanımlama sistemini (RFID) geliştirdiler[8]. Florian Peppel ve arkadaşları çalışmalarını araçların üzerine geçici olarak monte edilen RFID transponderleri üzerine odaklamışlardır. Onlar ürünün gerçek bir parçası olarak araçların içine transponder entegre edilmesinin ortaya koyacağı sonuçları araştırmışlardır[9]. Nilgün Fescioğlu-Ünver ve Arkadaşları üretim sistemlerinde RFID teknolojisi, uygulamalarıyla alakalı en son literatürü gözden geçirerek konu hakkında geleceğe ilişkin önerilerde bulunmuşlardır[10]. Peter Kolarovszki ve Jiri Tengler otomotiv endüstrisi ile bağlantılı olarak radyo frekans tanımlama teknolojisi (RFID) aracılığıyla seçilen bileşenlere göre otomatik tanımlama yapan bir araştırma sundular[11]. Bu çalışmada , var olan bir otomotiv boya fabrikasına gerekli radyo frekanslı tanımlama teknolojisi entegrasyonu yapılarak üretimin gerçek zamanlı izlenmesi, kalitesinin artırılması, muhtemel problemlerin kısa sürede çözülmesi, araç gecikmesinin önlenmesi ve olası bir araç geri çağırma probleminde müşteri memnuniyetinin en üst düzeye getirilmesi amaçlanmıştır.

2. RFID Teknolojisi

Radyo frekanslı tanımlama teknolojisi(RFID), içerisinde anten içeren bir etiket ve bu etiketin

okunulmasını sağlayan bir okuyucudan oluşmaktadır. Otomatik tanıma sistemi olan RFID' de veri transferi kablosuz ve temassız bir şekilde sağlanmaktadır. Okuyucu içerisinde yayılan elektromanyetik dalgalar anten içeren etikete ulaşmaktadır. Etiket bu dalgaları modüle ederek okuyucuya tekrar gönderir, okuyucunun bu yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürmesini sağlamaktadır.



Şekil 1. RFID prensip şeması[12]

2.1. Otomotiv sektöründe RFID teknolojisi

RFID sistemleri bir çok sektörde tercih edilmesinin yanında, otomotiv sektörü için sektöre özel bir çok faydasından dolayı yaygın kullanım alanı bulmuştur. Bu faydalar, aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Geri çağırma problemlerini azaltma: Otomotiv üretimi gerçekleştiren fabrikalarda en önemli problemlerden biri geri çağırma kampanyalarıdır. Örneğin, bir otomobil içinde hatalı bir parça bulunduğunda şirketin yapması gereken, nihai ürünün montajında hangi parçaların kullanıldığını tespit etmesidir. Ve daha da önemlisi, başka kaç adet otomobil hatalı parça ile donatılmıştır ve hangi otomobiller bu hatadan etkilenmişlerdir. RFID sistem ile, bu hatalı parçaların hangi araçlara takıldığını tespitini yapmak mümkün hale gelmekte ve yalnızca bu hatalı parçaya sahip araçların geri çağırması gerçekleştirilebilmektedir.

Gerçek zamanda bilgi yakalama: Üretim anında ürünlerin, üretimin hangi aşamasında olduğu gerçek zamanlı olarak izlenebilir. Üretim bandının gerçek zamanlı izlenmesi sonucunda kapasite optimizasyonu yapılabilir, maliyetler azalır, satış gelişir ve servis hizmetleri sağlanabilir[13].

Üretimin her adımında parçaları izleme : Radyo frekanslı tanımlama teknolojisi, otomotiv üreticilerine her bir adımı izleme olanağını sağlamaktadır. Gerçek zamanlı üretim takibinde, hangi aracın hangi proseste olduğu, hangi işlemlere maruz kaldığı ve çıkışının ne zaman sağlanacağı konusunda bilgi sunar. Gerçek zamanlı üretim takibi, üretim kalitesini ve müşteri memnuniyetini artırır.

Üretimin aksama süresini azaltma : Hat duruşlarının hangi hatadan kaynaklı olduğunun takibi, hangi hattın duruşa neden olduğunun bilgisi gibi etkenler RFID sistem tarafından arşivleneceğinden dolayı hata tespiti ve üretimi aksatan sistem iyileştirilebilir ve böylece üretim aksama süresi de azaltılabilir.

Üretim planlamayı iyileştirme : Üretim takibi ile birlikte, üretim anında meydana gelen hataların analizinin yapılması mümkün olduğundan, üretim planlama faaliyetlerinde de iyileştirme sağlanabilmektedir.

2.2. RFID uygulamalarında fayda/maliyet analizi

Firmaların iş süreçlerinin yeniden şekillendirilmesini sağlayan, verilerin toplanmasıyla ilgili olarak firmalara farklı bir bilgi teknolojisi altyapısı kazandıran RFID teknolojisi, yatırım yapılmasında stratejik karar olarak değerlendirilmesi kaçınılmazdır. RFID sistemin uygulama kararının verilmesinden önce bazı izlenmesi gereken adımlar mevcuttur. Bu adımlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- RFID sistemlerinin potansiyelinin belirlenmesi ve iş süreçlerinin analiz edilmesi
- RFID sistem uygulamasıyla sağlanacak faydaların ortaya konulması
- Belirli test çalışmalarıyla teknik gereksinimlerin saptanması
- Uygulanacak teknolojinin risklerinin ortaya koyulması
- Yatırım geri dönüşleri hesaplanarak, tüm sistemin detaylı maliyet ve kazanç analizinin yapılması

RFID uygulamalarında maliyeti incelemek için üç temel alan mevcuttur. Bunlar; donanım, yazılım ve hizmetler olarak sınıflandırılabilir. Donanım maliyetleri ise etiketler, okuyucular, ve bilgisayarlar şeklinde sınıflandırılır. Yazılım maliyeti de, ara yazılım ve diğer temel veya ana yazılımlar olarak nitelendirilir. Bu yazılımların tasarlanması veya satın alınması mümkündür. Hizmet maliyetleri de, kurulum, sistem entegrasyonu, bakım ve destek gibi faaliyetleri içermektedir. Genellikle RFID sistemlerinde yatırımın geri dönüşüm(RIO) tablosu kullanılarak geri dönüşün süresi hesaplanmaktadır. RFID teknolojisinin sağladığı faydaların iki alanda incelenmesi mümkündür. Birinci faydaya bakıldığında, maliyetlerde sağlanan düşüşler olarak nitelendirilebilmektedir. Verimliliğin artışı, sürecin kontrolü ve personel maliyetlerinde düşüş sağlanması, bu sistem ile mümkün hale gelebilmektedir. İkinci fayda ise, müşteri memnuniyeti artmakta, kayıp ve hatalar azalarak gelirlerde artış sağlanmaktadır.

2.3. RFID sistem seçimi

Yapılacak olan uygulamaya uygun olarak malzeme ve ekipman seçimi, o uygulamanın stabilizasyonu için büyük önem arz eder. Stabil çalışmayacak veya anlık olarak stabil çalışıp, ilerleyen zamanlarda problem oluşturacak ürünler seçildiği takdirde, hem maddi hem de zaman kaybı söz konusu olur. Bu yüzden, istenilen iş için uygun analizleri yapıp, uygun ürünlerin seçilmesi gerekmektedir.

Tag seçimi: Tag seçiminde en önemli husus, kullanılacak olan tag'ın aktif mi yoksa pasif mi olmasıdır. Bu iki seçeneği değerlendirmemiz gerekir. Sistem, çok uzun süre kullanılacağından ve üretim hattı üzerinde olacağından ötürü, herhangi bir arıza dışında sisteme müdahale edilmemesi gerekmektedir. Bu yüzden, aktif tag kullanımı, bu tag'ın bataryasının bitmesine neden olur. Bataryanın bitiş süresinin kestirilmesi, batarya azaldıkça ortaya çıkabilecek stabilizasyon hataları sistemi hep yanıltabilir. Ayrıca biten bataryanın değiştirilmesi için üretimin durdurulması gerekir. Sistemin çok kısa dahi olsa durması, fabrika için önemli bir kayıp demektir. Bu yüzden bu çalışma kapsamında yapılan uygulamada aktif tag kullanımını düşünülmemektedir.

Okuyucu seçimi: Sistemde kullanılması için seçilecek olan okuyucu/yazıcı ürünü, sistemin en önemli elemanıdır. Sistemimizdeki çevre koşullarına dayanıklı bir okuyucu seçilmesi

gerekmektedir. Sıcaklığa, toza, neme uygun olarak CE sisteminde üretilen okuyucu olması birinci önceliktir. Bununla birlikte yüksek frekanslı bir sistem kullanılacağına, yüksek frekanslı bir okuyucu seçmek gerekir.

İşlemci seçimi : Yüksek frekanslı uygulama yapılacağı durumlarda, işlemcinin de yüksek frekans ağını destekleyecek bir işlemci olması gerekmektedir. Yine Avrupa kalite sistemlerinde kabul görmüş, sıcaklık, nem, darbe testlerini başarıyla geçmiş bir işlemci seçilmesi gerekmektedir.

3. Endüstriyel Uygulama: Bir Oto Boya Tesisine RFID Entegrasyonu

Endüstriyel bir uygulama olarak, halen çalışmakta olan bir otomobil boyama tesisine RFID entegre edilmesi planlanmıştır. Böyle bir tesiste işlem adımları şekil 2' de görülmektedir.

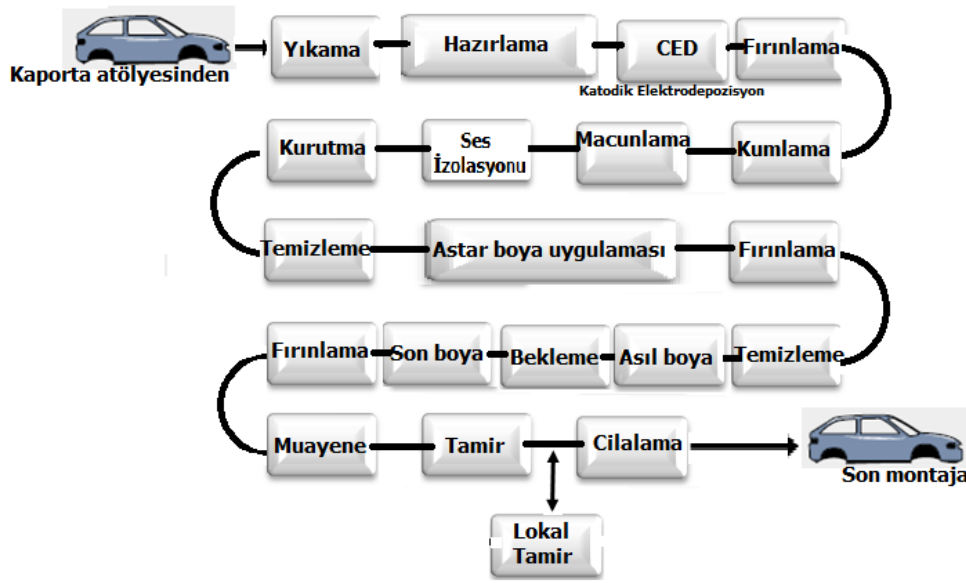


Figure 2. Oto boyama tesisinde işlem adımları

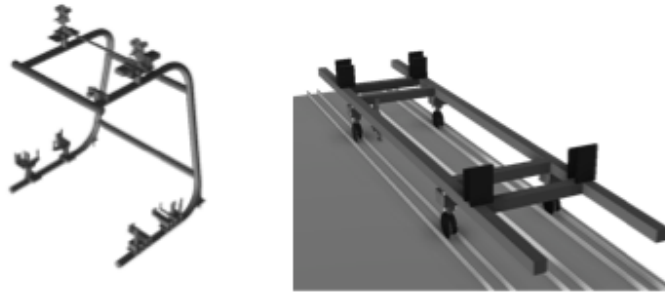
Uygulama alanı olarak seçilen tesiste halen aktif olarak çalışan bir sistem vardır. Bu sistem yardımıyla, fabrika girişi, çıkışı ve ortasında manuel barkod sistemi ile araç okuma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu barkod ile okuma işlemi gerçek zamanlı takip edilmemekle birlikte, aracın yalnızca fabrikaya girişinin ve çıkışının kontrolü sağlanmaktadır. RFID sistemi ile birlikte anlık sistem takibi yapılabilecek olup, birçok noktada okuma işlemi gerçekleştirilecektir. RFID sistemin okuyacağı tag'ler, gövdeyi taşıyan araç taşıyıcıları üzerine yerleştirilir. Okuma işlemi bu araç taşıyıcı tag'leri üzerinden yapılmaktadır. Taşıma aracı üzerine yerleştirilen gövdenin özellikleri, bu tag'in içine yazdırılır. Yazdırılan bu bilgi, diğer proseslerde bulunan okuyucular ile okunarak gerekli işlemler gerçekleştirilecektir.

3.1. RFID noktalarının belirlenmesi

RFID sisteminin uygun yerlere yerleştirilmesinin analizi de, projenin en önemli basamaklarından biri durumundadır. Mümkün olduğunca az sayıda sistem ile, istediğimiz bütün bilgileri almak gerekir. Araç gövdelerinin proses içerisindeki yerlerini öğrenmek istediğimizden dolayı, her prosesin girişine bir adet RFID sistem gerekmektedir. Bu sistem ile, prosese giren gövdeyi izleme şansı buluruz. Gövde prosese girdiği zaman, görüntüleme ekranına gövdenin prosese girdiği bilgisi gelir. Bazı proseslerin çıkışında 2 tane yol bulunmaktadır. Birinci yok diğer prosese devam eder. Diğer bir yol ise, gövdede herhangi bir arıza varsa veya gövdeye bir müdahalede bulunacaksa gönderilen yoldur. Bu yol offline bölgelere çıkmaktadır. Hangi gövdelerin offline bölgede olduğunu, günde kaç adet gövdenin offline bölgesine çıktığını analiz etmemiz de mümkün hale gelmektedir. Bu yüzden, bu tür proses çıkışlarına da RFID sistem koymak gerekmektedir. Aynı durum için alternatif olarak sistem, offline bölge girişine de kurulabilir. Lifter olarak adlandırılan gövde aktarma asansörleri, büyük önem arz etmektedir. Bu yüzden gövdenin alındığı yerde ve gövdenin bırakıldığı yerde 2 ayrı RFID sistemin olması gerekmektedir. Bu kriterler göz önüne alınarak, RFID sistem noktalarının belirlenmesi gerekmektedir. Fabrika proje planı üzerinde, prosesler incelenerek RFID noktalarına karar verilmesi gerekmektedir. Karar verilen noktalar, daha sonra teker teker gezilerek teyit edilebilmektedir. Noktaların uygun olup olmadığının belirlenmesi önemlidir ve hem prosesdeki operatörlerden hem de ofis içerisindeki diğer ilgili personelden fikir almayı gerektirir.

3.2. Sistem entegrasyonu için aparat tasarımı

Fabrika içerisinde 2 farklı araç gövdesi taşıyıcıları bulunmaktadır. Bu taşıyıcılardan biri Dolly olarak adlandırılırken, bir diğerine de C-Hanger ismi verilmektedir. RFID tag'leri bu taşıyıcılara bağlanacaktır. Taşıyıcı üzerine tag'in bağlantısı için belirli mesafede ve belirli ölçülerde aparat tasarımı yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda, RFID okuyucular, taşıma araçlarının üzerinde yer alan tag'lerin tam üzerinde olması gerekmektedir. Bunun için, prosesler üzerinde gerekli noktalara okuyucuları yerleştirirken, bir aparat tasarımı gerekmektedir.

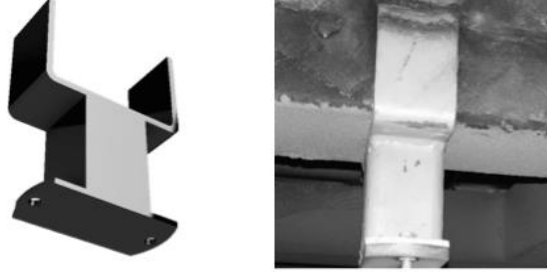


Şekil 3. Araç gövdesi taşıyıcıları

Okuyucular, proses üzerinde belirli yükseklikte bulunacaktır. Bu yükseklik, çalışan operatörler için güvenlik tedbiri gerektirmektedir. Bunun için okuyucuları muhafaza edecek bir muhafaza tasarımına da ihtiyaç bulunmaktadır. Tasarımlar boyunca, Autodesk'in Fusion 360 programı kullanılmıştır.

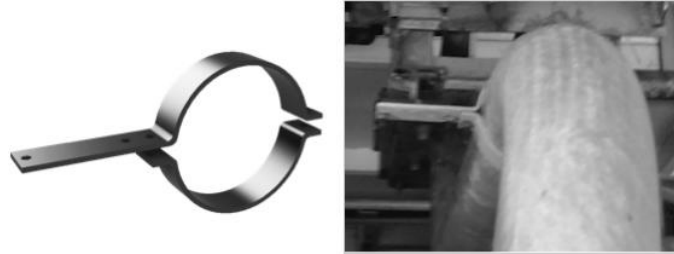
Dolly tag aparatı: Belirtilen mesafede, Tag'i ve tag'in kılıfını tutacak bir destek yapılması planlanmıştır. Bu destek, metal levhadan olup taşıyıcı aracımız olan dolly'e kaynatılmalıdır. Kaynak yapılmasının nedeni, üretim boyunca taşıyıcı araçlar olan dollylerin sürekli hareket etmesi ve bu hareketlerle birlikte vidalı olacağı düşünülen desteğin vidasının gevşeme

olasılığdır. Bununla birlikte yine bir diğer neden de, dollylerin, belirli aralıklarla çok yüksek basınçlı su ile yıkanmalarıdır. Bu basınç, yine vidaları gevşeterek deformasyona neden olabilmektedir. Bu yüzden, desteğimiz taşıyıcı araca kaynatılacaktır. Tasarım buna göre yapılmıştır.



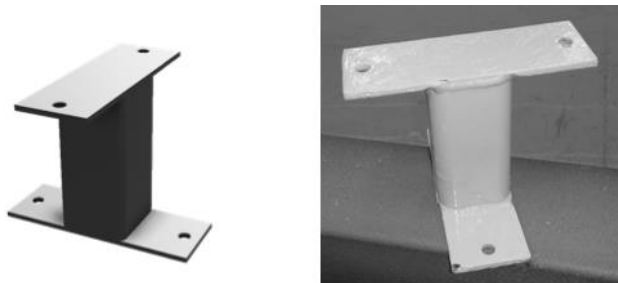
Şekil 4. Dolly tag aparatı

C-hanger tag aparatı: Diğer bir taşıyıcı ekipman olan C-Hanger için de, dolly ile aynı şekilde tag destek tasarımı gereklidir. C taşıyıcıların ebatları ve geometrik modeller, dollylere göre çok farklı olduğundan dolayı, okuma işlemi zemin üzerinde yapılamamaktadır. Okuyucu ile tag entegrasyonu, C taşıyıcıların üstünde bulunması gerekmektedir. Bu yüzden tasarlanan desteğin, C taşıyıcı üzerine montajının mümkün olması gerekir.



Şekil 5. C-Hanger tag aparatı

Dolly okuyucu aparatı: Operasyon bölgesine okuyucu ve işlemcileri konumlandırmak için desteklere ihtiyacımız vardır. Uygun ölçülerde ve yapılarda, uygun malzemelerden yapılmış ve ergonomik özelliğe sahip desteklerin tasarlanması gerekmektedir. Her bir bölgedeki destekler birbirleriyle aynı olmakla birlikte, bazı yerlerde farklı tasarımlar da mevcuttur. Her prosesteki yol durumu ve operasyon bölgesi farklı olduğundan dolayı, destek açıları, destek uzantı miktarı da farklılık gösterebilmektedir. Bu da farklı bir tasarım gerektirmektedir.

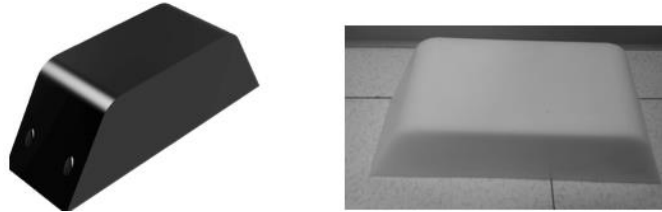


Şekil 6. Dolly okuyucu aparatı

C-hanger okuyucu aparatı : Destek tasarımında, okuyucuyu tutan kısım bütün desteklerde aynı şekildedir. Fakat montaj yapılacak yerin, okuyucuya olan uzaklığı her yerde farklı olduğundan dolayı, bir çok proses için farklı desteklerin tasarlanması gerekmektedir. Tasarlanan bir destek şekil 7' deki gibidir.

**Şekil 7.** C-hanger okuyucu aparatı

Okuyucu muhafazası : Herhangi bir problem yaşanmaması adına, zemin üzerine montajı gerçekleşen okuyuculara bir muhafaza gerekmektedir. Bu muhafaza mümkün mertebe yumuşak geometrili olması gerekir. Herhangi bir çalışan darbesinde veya üstüne düşülmesi durumunda, çalışana zarar vermemelidir. Bu yüzden muhafaza tasarımı yapılırken, köşeler maksimum ovalikte olmalıdır. Hem görünüş açısından daha estetik duracak, hem de güvenlik sağlanmış olacaktır. Bahsi geçen bu okuyucu muhafazasının 3 boyutlu katı modellemesi ve üretilmiş hali Şekil 8'de yer almaktadır.

**Şekil 8.** Okuyucu muhafazası

3.3. Sistemin montajı

Tasarımı gerçekleştirilen desteklerin her birinde numune üretilerek montajı gerçekleştirildi. Testler sonucunda herhangi bir aksiliğe rastlanmamasından dolayı, gerekli sayıda tüm desteklerden üretilerek sistemin montajı gerçekleştirilmiştir.

Desteklerin dolly taşıma aracına montajı kaynak ile gerçekleştirilmiştir. Herhangi bir çarpma durumunda kaynağın deformasyonlara karşı dayanımı daha fazla olduğundan, montajda kaynak işlemi tercih edilmiştir. Kaynak işleminden sonra, desteğin kontrolü darbe ile test edilmiştir.

Bununla birlikte, desteğin ucuna bağlanan tag yuvası somunlar ile montaj yapılmıştır. Tag'ın yuvası, diğer bir deyişle tag kılıfı, tagı herhangi bir tehlikeden veya darbeden korumak için kullanılmaktadır. Vida ile bağlantı yapılmasının nedeni, tagda oluşacak herhangi bir sorun halinde, sökölüp takılmasının kolay olmasıdır.

3.4. Sistemin testi

Sistemin montajından sonra, herhangi bir modifikasyon yapmadan sistemin çalışmasında herhangi bir problem olup olmadığını test edilmesi gerekmektedir. Bunun için belirlenen bazı pilot bölgelerde test için, bir süre devamlı olarak bilgi akışı incelenmektedir. Sistem testi sırasında, herhangi bir problemle karşılaşmamıştır. Şekil 9 ' da belirlenen bir noktada sistem testi için pilot bir kurulum gerçekleştirilmiştir. Data lar bu pilot noktada izlenerek sistem testi yapılmıştır.



Şekil 9. Sistem testi için pilot uygulama noktası

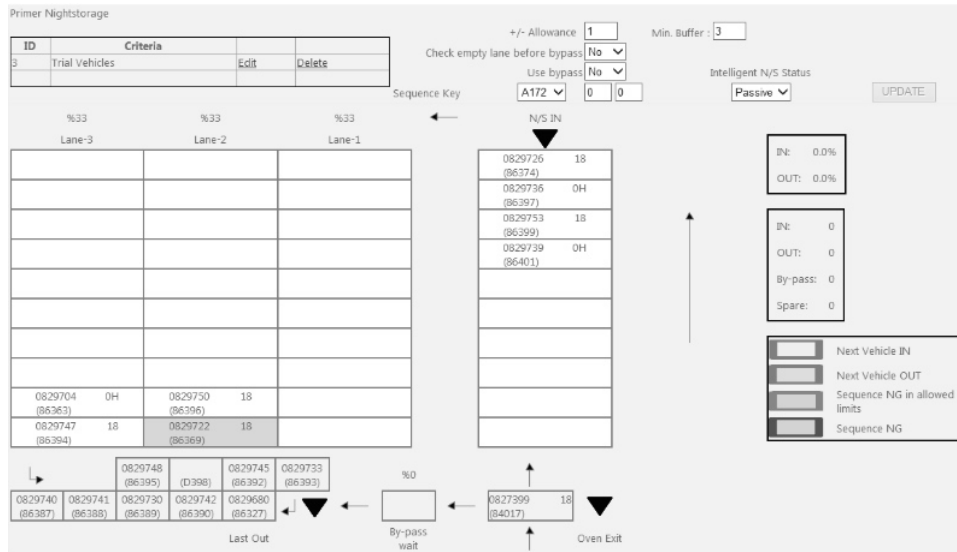
3.5. RFID kontrol ara yüzü geliştirilmesi

Sistemi izlemek, hataları görmek ve kontrolünü sağlamak için bir arayüz geliştirilmiştir. Oluşturulan arayüz ile, aracın hat üzerindeki takibi mümkün olmaktadır. Arayüz üzerinde okuma zamanı ,RFID okuyucu numarası, RFID okuyucu ismi ,RFID tag ID'si, dolly ID'si ve body numarası bilgileri bulunmaktadır. Bu bilgilerin her biri ayrı ayrı filtrelenerek listelenebilmektedir. Yalnızca bir bölgedeki okuyucudan geçen gövdeler veya yalnızca seçtiğimiz gövdenin hangi saat diliminde nerelerden geçtiği gözlenilebilir. Araçların izlenebilirliği yanında hangi gün ve saatte hangi proseste olduğunun kontrolü de sağlanabilmektedir. Bu şekilde, herhangi bir geri çağırma kampanyasında, araçların hangisinin hatalı parçalara sahip olduğu bilgisine ulaşmak mümkün hale gelmektedir. Ayrıca, eğer hat içerisinde problemlı gövdelerdeki problem kısa sürede çözülemeyecekse, offline bölgeye alınıp gerekli tamiri sağlanmaktadır. RFID sistemi ile, araçların bu offline bölgeye girişi ve çıkışı görüntülenebilmekte, bir aracın offline bölgede ne kadar süre durduğu izlenerek, iyileştirme yapılabilmektedir. Şekil 10'da araç izleme ekranı yer almaktadır. Bu ekranda, hatta olan gövdelerin, geçtiği güzergâhların, tag, dolly ve gövde numaralarının izlenimi mümkün olmaktadır.

| READ DATETIME | READER ID | TP NAME | READER NAME | TAG ID | DOLLY ID | BODY NO |
|---------------------|-----------|---------|-------------------|----------------------|----------|---------|
| 22.04.2016 16:23:14 | 18 | UD | ED Inspection | -2304716009116078874 | D275 | 86142 |
| 22.04.2016 16:23:07 | 8 | T100 | Phosphate | -2304716009116087769 | E059 | -1 |
| 22.04.2016 16:23:06 | 42 | T491 | Dolly Maintenance | -2304716009116073297 | D302 | 86212 |
| 22.04.2016 16:23:04 | 50 | T3 | Waterbase | -2304716009116070129 | D327 | 86348 |
| 22.04.2016 16:23:04 | 49 | T490 | Paint Out MF1-1 | -2304716009116079429 | D416 | 86210 |
| 22.04.2016 16:22:53 | 29 | U6 | Primer | -2304716009116086148 | D424 | 86435 |
| 22.04.2016 16:22:52 | 25 | T220 | PVC PTL2-1 | -2304716009116070508 | P005 | 86446 |
| 22.04.2016 16:22:51 | 47 | P3 | Selectivity In | -2304716009116055711 | D018 | 85991 |
| 22.04.2016 16:22:45 | 26 | T230 | PVC PTL2-2 | -2304716009116061349 | D005 | -1 |
| 22.04.2016 16:22:41 | 24 | T210 | PVC PTL1-2 | -2304716009116073395 | P014 | 86454 |

Şekil 10. Araç izleme ekranı

Ayrıca, sipariş ile otomobil üretimi gerçekleştiren tesislerde, araç gecikmesinin müşteri memnuniyeti ve üretim kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri söz konusudur. Araç gecikmesinin engellenmesi bazı durumlarda söz konusu olamamaktadır. Bu tür durumlarda, zaten geciken aracın daha da gecikmemesi gerekmektedir. Araç kontrolüne gidecek gövdelerin bir süre sıraya girip beklediği yer mevcuttur ve buraya “Night Storage” denilmektedir. Bu uygulamanın gerçekleştirildiği fabrika içerisinde 2 adet night storage bölgesi bulunmaktadır. Bunlardan biri fırın çıkışında gövdelerin bir süre bekletildiği yere olup “Night Storage 1”, olarak adlandırılmaktadır. Diğer ise, boyanan gövdelerin bir süre bekletildiği yerdir ki, buna da “Night Storage 2” denilmektedir. Her iki bölgede de araçların sıraya girip beklemesi söz konusudur. Bu bölge yan yana 3 yoldan meydana gelir ve araçların gecikme sürelerine göre dizilim gerçekleştirilir. Gecikmesi fazla olan araç ön sırada yer alırken, normal seyrinde üretimi devam eden veya herhangi bir gecikmesi olmayan araçlar da arka sırada yerini alırlar. Üretim esnasında herhangi bir durumdan dolayı çok fazla gecikmeye sahip araçlar, bypass denilen diğer 3 yolun farklı kısmında bulunan ve diğer 3 yolun çıkışı ile birleşen başka bir yerden geçerler. Diğer geciken veya gecikmeyen aracı bekleyerek, normal değerden fazla geciken araçlar üretimde ön sıraya bu şekilde geçmektedirler. Bypass işlemi önceleri manuel olarak yapılmaktayken, RFID sistem ile otomatik hale getirilebilmiştir. Arayüz ile bu sistem gerçek zamanlı olarak izlenmektedir. Araç gecikme uygulaması için oluşturulan arayüz Şekil 1,1’de yer almaktadır. Bu arayüz aracılığı ile, gerçek zamanlı olarak bekleme alanındaki gövdelerin izlenmesi ve hangi gövdenin ne kadar gecikme kat sayısına sahip olduğu bilgilerinin alınması mümkündür.



Şekil 11. Araç gecikme uygulama ekranı

4. Sonuçlar

Tesiste yapılan RFID sistem entegrasyonu ile, araçların prosesler boyunca izlenebilmesi mümkün hale gelmiştir. Araç gecikmesini engellemek üzere oluşturulan araç sıra bekleme alanı otomatik hale getirilmiş ve böylece gecikme süresine bağlı olarak araçlara proste öncelikli işlem uygulanabilme imkanı elde edilmiştir. Gerçek zamanlı üretim takibinin mümkün olmasıyla birlikte üretim planlama kolaylaşmış ve hat duruşlarının kontrolü ile offline bölgeye çıkan araçların denetimi sağlanabilmiştir. Ayrıca, tesis içinde gecikme katsayısı yüksek araçlara öncelik verilmesiyle, toplam gecikme süresi azaltılmış ve böylece müşteri memnuniyeti artırılmıştır. Bununla birlikte, olası bir geri çağırma probleminde, hangi aracın hangi gün, hangi dakika ve hangi proste olduğu bilindiğinden, hatalı parçalara sahip olan araçların tespiti oldukça kolaylaşmıştır. Geliştirilen sistemin küçük uyarlamalarla farklı sektörlerde uygulanabilme imkanı vardır. RFID teknolojisinin sektörler bazında yaygınlaşması halinde, çalışma performansının, üretim kalitesinin ve verimliliğin artması ile ekonomiye önemli derecede katkılar sağlanması beklenmektedir.

References

- [1] A. Üstündağ , RFID Technology: A Paradigm Shift in Business Processes, 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering, Istanbul, Turkey, (2005) 2065-2070.
- [2] D.H.Moon, C. Song, J. H. Ha, A Dynamic Algorithm for the Control of Automotive Painted Body Storage, SIMULATION, Vol. 81, Issue 11, November 2005 773-787
- [3] X. Zhu, S. K. Mukhopadhyay, H. Kurata, A review of RFID technology and its managerial applications in different industries, J. Eng. Technol. Manage. 29 (2012) 152–167

- [4] E. Ilie-Zudor, Z. Keme'ny, F. Blommestein, L. Monostori, A. Meulen, A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques, *Computers in Industry* 62 (2011) 227–252
- [5] N. Adhiarnaa, Y. M. Hwang, M. J. Park, J. J. Rhob, An integrated framework for RFID adoption and diffusion with a stage-scale-scope cubicle model: A case of Indonesia, *International Journal of Information Management* 33 (2013) 378– 389
- [6] L. Lee, B. C. Lee, An investment evaluation of supply chain RFID technologies: A normative modeling approach, *Int. J. Production Economics* 125 (2010) 313–323
- [7] G. Huang, J. H. Li, X. D. Yuan, L. Gao and Y. Rao, RFID-enabled real-time PBS monitoring for automobile assembly factory, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 25, No. 1, January 2012, 66–85
- [8] N. Fescioglu, S. H. Choi, D. Sheen, S. Kumara, “RFID in production and service systems: Technology, applications and issues”, *Information Systems Frontiers*, Volume 17,(2015) 1369-1380
- [9] F. Peppel, M. Müller, M. Silveira, L. Thoroe, M. Schmidt, M. Schenk, “Applying Product-Integrated RFID Transponders for Tracking Vehicles Across the Automotive Life Cycle”, *Dynamics in Logistics* (2015) 291-301.
- [10] N. Fescioglu, S. H. Choi, D. Sheen, S. Kumara, “RFID in production and service systems: Technology, applications and issues”, *Information Systems Frontiers*, Volume 17,(2015) 1369-1380
- [11] P. Kolarovszki, J. Tengler, “Innovation in Field of Automatic Identification by Selected Components in the Automobile Industry”, *Applied Mechanics and Materials*, Volume 803,(2015) 223-230
- [12] By Electronics Hub Administrator, RFID Technology and It's Application, <http://www.electronicshub.org/rfid-technology-and-its-applications/>, 2015,
- [13] ZAlM, Halim ve Erkan Yüksel , “RFID and RFID's Benefits as Automatic Object Identification Technology” , *Istanbul University Computer Engineering* , 2010