ACTA INFOLOGICA 2019;3(1):1-12
dergipark.org.tr/acin

İSTANBUL UNIVERSITY PRESS

DOI: 10.26650/acin.372257

RESEARCH ARTICLE

Fabrika İçi Lojistik Sürecinde Kablosuz Acil Parça İstek Sistemi Otomasyonu: Bir Otomotiv Fabrikası Uygulaması

The Wireless Parts Hotcall System In Plant Logistics: Application In An Automotive Plant

Merve Simge Usuk[1], İhsan Hakan Selvi[2]

ÖZ

Günümüzde üretim teknolojilerinin pek çok alanda doyma noktasına ulaşması nedeniyle yöneticiler maliyeti düşürmek için lojistik alanına yönelmişlerdir. Stok kontrolünde tam zamanında tedarik, kanban vb. sistemler artık oldukça yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve haberleşme sistemlerinin gelişmesiyle yalın üretim gittikçe daha iyi anlaşılan, geliştirilen ve uygulama sahası otomotiv sektörünün sınırlarını aşan komple bir sistem haline gelmiştir. Bilgi teknolojilerindeki bu hızlı gelişimin ve beraberinde yoğun rekabetin giderek arttığı günümüzdeki sektörün dinamik yapısı, ürün çeşitliliği, müşterilerin artan istekleri lojistikte yazılımların öneminin artmasına neden olmuştur. İyi organize edilmiş üretim lojistiği, malzeme yönetimini optimize etmekte, envanter maliyetlerini düşürmekte ve verimliliği artırmaktadır. Bu çalışmada tam zamanında üretim felsefesini benimsemiş bir otomotiv fabrikasında montaj istasyonlarının acil parça isteklerini karşılamak üzere geliştirilmiş olan "Kablosuz Acil Parça İstek Sistemi" tanıtılmış ve sistemin işletmeye katkıları belirtilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yalın Lojistik, Malzeme İstek Sistemi, Üretim Lojistiği, Tedarik Bilişim Teknolojsi

ABSTRACT

Nowadays, given that production technologies have reached saturation point in several fields, executives are turning to the field of logistics to reduce costs. In stock control (for example, just-in-time supply systems), Kanban is being used fairly extensively these days. Lean manufacturing - a complete system which is perhaps better understood – is seeing continual development and is increasingly being used as a line application in the automative sector thanks to a rise in the use of computer technology alongside the development of improved communication systems. This rapid development in information technology, a sharp rise in competition in the dynamic structure of today's automotive sector, product variety, and the rising demands of customers have resulted in the importance of logistics software. A well organized system of production logistics optimizes material management, decreases inventory costs and increases productivity. In this study, an introduction has been made to the 'wireless emergency parts request system' - developed to meet the demands for emergency parts in assembly stations. Furthermore, we look at the benefits of the system in the context of an automative factory, absorbing the just-in-time product philosophy.

Keywords: Lean Logistics, Material Request System, In Plant Logistics, Supply Information Technology

* Bu çalışma 4. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri konferansında sunularak, özeti konferans özet kitabında yayımlanmıştır.

[1]Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye
[2]Sakarya Üniversitesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği, Serdivan, Sakarya, Türkiye

ORCID: M.S.U. 0000-0001-6659-134X; İ.H.S. 0000-0002-8837-2137

Corresponding author:
Merve Simge Usuk,
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya Türkiye
Telephone: +90 264 295 0 295
E-mail address: simge.usuk@ogr.sakarya.edu.tr

Submitted: 28.12.2017
Revision Requested: 14.03.2018
Last Revision Received: 08.05.2019
Accepted: 30.05.2019

Citation: Usuk, M. S. ve Selvi, İ. H. (2019). Fabrika içi lojistik sürecinde kablosuz acil parça istek sistemi otomasyonu: Bir otomotiv fabrikası uygulaması. *Acta Infologica, 3*(1), 1-12. https://doi.org/10.26650/acin.372257

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında; kısalan ürün yaşam ömürleri, artan müşteri odaklılık ve artan rekabet nedeniyle üretim ve servis sistemlerindeki tüm israfların önlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu durumun sonucu olarak yalın yaklaşım yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yalın yaklaşımın ana amacı işletmedeki israfların ortadan kaldırılmasıdır. Bu israf kaynaklarından birisi de malzemelerin taşınması sırasında gerçekleştirilen fabrika içi lojistik faaliyetleridir. Bu nedenle de yalın üretim ortamında malzeme taşıma işlemini gerçekleştiren lojistik sisteminin de yalınlaşması yani israflardan arınması gerekmektedir. Lojistik kavramının literatürde birçok tanımı bulunmaktadır. Bunlardan en geniş kapsamı olan ve yaygın olanı, merkezi ABD'de olan, Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (TZYPK) tarafından tanımlanan ve bütün dünyada kullanılan tanımdır. TZYPK tarafından yapılan (CSCMP, 2017) tanıma göre lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere, hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki malzemelerin, servis hizmetlerinin ve bilgi akışının etkili ve verimli bir şekilde, her iki yöne doğru hareketinin ve depolanmasının, planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir.

Lojistik Mühendisleri Birliği (Society of Logistics Engineers: SOLE) tarafından yapılan başka bir lojistik tanımında ise; lojistik, doğru malzemenin doğru miktarda, doğru durumda, doğru yerde, doğru zamanda, doğru tüketiciye, doğru fiyatla ulaştırılmasını sağlamak için yapılması gereken faaliyetler bütünü şeklinde tanımlanmıştır (Sürmen ve Aygün, 2006). Bu tanımlar incelendiğinde lojistik teriminin kapsamının tedarikçiden müşteriye kadar tüm aşama ve faaliyetleri kapsadığı görülmektedir. Diğer yandan lojistik Rushton tarafından;

Lojistik = Tedarik + Malzeme Yönetimi + Dağıtım olarak formüle edillmektedir. (Gülenç ve Karagöz, 2008).

Bu tanımdan hareketle lojistik, tedarikçiden tesise kadar (tedarik lojistiği), tesis içi (üretim/ malzeme lojistiği) ve tesisten müşteriye kadar (fiziksel dağıtım) olmak üzere 3 kısımda incelenebilir. Tedarik lojistiği; ilk aşamada üretim için gerekli olan hammadde ve malzemelerin tedarikçilerden alınarak üretim tesislerine ya da üretimde kullanılmak üzere depoya taşınmasıdır. Üretim lojistiği (iç lojistik); tesis yerleşimi, malzeme taşıma sistemi ve araçları, stok depoları ve yerleşimi, sipariş toplama stratejileri, malzeme taşıma sistemleri ve araçlarının hareketine ilişkin operasyonel kuralları içeren faaliyetlerdir(Kılıç, 2011; Erdumlu, 2006). Üretim lojistiği veya iç lojistik olarak tabir edilen sistem; gelen malzeme ve parçaların mamule dönüştürülmesi esnasında yapılan taşımaları ve ara depolamaları içerir. İç lojistik faaliyetleri, "malzeme nakli" adı altında tamamen işletme içi bir fonksiyon olarak düşünülmektedir (Erdumlu, 2006). Lojistik faaliyetlerinin işletme için önemi işletmeye yer ve zaman bakımından fayda sağlamalarıdır. Üretilen mal ve hizmetlerin müşterilerin istedikleri zamanda hazır olması zaman faydasını, üretilen mal ve hizmetlerin müşterilerin istediği yerde hazır olması ise yer faydasını ifade etmektedir (Sürmen ve Aygün, 2006).

İç tedarik lojistiği ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları;

Gecu (2008) tarafından yapılan çalışmada ise Türkiye'de faaliyet gösteren Japon ortaklı bir firmada gerçekleştirilen yalı üretim projesinin aşamaları safha safha incelenerek örneklerle ortaya konulmuştur. Çalışmada özellikle firmanın proje önceki yapısındaki iç lojistik sistemindeki tüm süreçler kaldırılmış ve yalın üretim felsefesine uygun bir şekilde yeni bir yapı kurulmuştur. Bu yeni yapıyla malzemenin en kolay yoldan en kısa biçimde istenen noktaya ihtiyaç miktarı kadar ulaştırılması için "Kit Delivery" kurulmuştur. Tansel ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise bir çamaşır makinesi fabrikasındaki mevcut malzeme taşıma sisteminde görülen milkrun araçlarının uzun rotalara sahip olması, verimli kullanılmaması ve taşıma sırasında meydana gelen trafik problemleri gibi problemleri ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen matematiksel, sezgisel ve benzetim modellerini bütünleşik bir şekilde kullanan SYMECA sistemi önerilmiş ve kurulmuştur. Kılıç (2011) çalışmasında iç lojistiğin, tedarik lojistiği ve dağıtım lojistiğine nazaran üzerinde daha az çalışılmış ve yöntemler geliştirilmiş bir alanı olduğunu belirtmiş ve bu nedenle de yalın üretim ortamlarında taşıma maliyetlerini ve süreç içi stoku düşüren, katma değere sahip süreyi arttıran, yönetimi kolay, standardize edilmiş taşıma araçlarına sahip bir iç lojistik yapısı oluşturmak amacıyla üretim içi döngüsel sefer problemlerini incelemiş ve bu problemleri sınıflandırdıktan sonra setleme sistemleri ile bütünleşmeyi sağlayacak bir model sunmuştur. Üretim içi döngüsel sefer problemlerinin her sınıfı için bir model geliştirmiştir. Belirli bir sınıf içinse sezgisel ve alt sınır algoritmaları

geliştirilmiştir. Daha sonrasında ise geliştirilen modeller gerçek üretim ortamı üzerinde uygulanmış ve sonuçları karşılaştırılarak modellerin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Sol (2011) tarafından yapılan çalışmada hat kenarlarının set şeklinde sevkiyatla beslenmesi yöntemlerinin değer akış tekniği ile karşılaştırılması ve set şeklinde sevkiyat sistemlerine ait bütün süreçleri kapsayan bir süreç yönetim metodu geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla dört farklı durum senaryosu oluşturulmuş ve bu senaryolar arası farklar değer akış haritalama yöntemi ile ortaya konulmuştur. Uygulama, hat kenarı iç lojistik sistemi yeniden tasarımını içermekte olup pilot bölge olarak revo montaj hattı seçilmiştir. Koçan (2014) tarafından yapılan çalışmada da Sol (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmaya benzer bir şekilde yalın lojistiğin bir parçası olan set şeklinde teslimat incelenmiştir. Çalışmada setleme sisteminin tasarımı ve hangi parçanın set olarak ikmal edileceğine karar veren bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma mevcut bir otomotiv fabrikasında uygulanmış ve fabrikada çevrim süresinde düşme, hat kenarı raf kaldırılması, hat kenarlarına verilen stok miktarlarında azalma, temin sürelerinde kısalma ve hatta görsellik ve standart olamayan işlerin standartlaşması gibi kazanımlar elde edilmiştir. Çalışma sonucunda hangi parçanın set olarak taşınması kararını verecek bir karar ağacı geliştirilmiştir.

Olivares ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada fabrika içi malzeme taşımasında UAV tipi Quadcopter ile montaj hatlarına malzeme taşınmasının nasıl yapılabileceği incelenmiştir. Yapılan çalışmalar üç aşamaya ayrılmış olup birinci aşamada iç lojistik malzeme taşmasında kullanılacak olan her bir quadcopter için, depoların yeri, araç kümelerinin ve alt kümelerin, iş merkezlerinin ve rotalarının genetik algoritma belirlenmesi, ikinci aşamada her bir quadcopter için taşınacak ağırlığın belirlenmesidir. Bu ağırlık tanımlanmış rotaya ve iş merkezlerinden sırasıyla alınacak ve teslim edilecek olan malzemelerle bağıntılıdır. Son aşamada ise her bir quadcopter için taşıyacağı malzeme ağırlığı, rota uzunluğu, uğrayacağı iş merkezi sayısına bağlı olarak yeterli elektrik gücünü sağlayacak olan pil gücünün planlanmasından oluşmaktadır. Sistemin önündeki en büyük problem olarak pillerin kapasitesi olarak belirtilmektedir. Önümüzdeki yıllarda LiPo pillerde olabilecek gelişmeler sonucunda bu probleminde üstesinden gelinebileceği ifade edilmektedir. Blöchl ve Schneider (2016) tarafından geliştirilen "The Pull®" isimli yazılım ile benzetim oyunlarının öğretici yaklaşımı ile öğrenciler ve şirketler için Yalın Üretim / Yalın Lojistik alanında uygulama ile ilgili araştırma ve eğitim için bir öğrenme yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılımın amacı, Endüstri 4.0 teknolojisinin üretim lojistiğine uygun bir şekilde uygulanmasını öğretmektir.

Küçükoğlu ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada otomotiv yan sanayi fabrikasının iç lojistikteki malzeme tedarik problemi incelenmiştir. Çalışmada hat kenarı stok miktarları ve taşıma maliyetlerini en küçükleyerek israfları ortadan kaldırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla iki farklı senaryo dikkate alınmış ve her bir senaryo öncelikle araç toplam mesafesini en küçükleyecek rotanın oluşturulması ve sonrasında ise elde edilen rota, hat kenarı stok miktarı ve araç kapasite kısıtı dikkate alınarak tedarik planlaması olmak üzere iki aşamalı olarak değerlendirilmiştir. Her aşamanın çözümü için karışık tam sayılı doğrusal programla modeli geliştirilmiştir. Yapılan çözümler sonucunda en düşük maliyetli senaryonun 30 dakika ile sınırlı 20 çevrimden oluşan tek turluk tedarik planı olduğu elde edilmiştir. Kulaç (2019) tarafında yapılan çalışmada yalın üretim felsefesinin uygulandığı bir imalat ortamında mevcut durumda eş zamanlı olarak yapılan kablo dağıtma ve kablo dağıtma işlemi ikiye ayrılarak kablo dağıtma işlemi araç rotalama problemi (ARP) olarak değerlendirilmiş üç farklı algoritma kullanılarak minumum sürede çevrimin tamamlanacağı rotalar belirlenmiştir. Elde edilen üç sonuç içerisinden en iyi sonucu veren Clarke ve Wright Tasarruf Algortiması olduğu sonucu elde edilmiştir.

Yapılan litaratür araştırmalarının sonucunda da görülebileceği üzere ; üretim lojistiği veya iç lojistik, tedarik lojistiği ve dağıtım lojistiğine nazaran üzerinde daha az çalışılmış, önemli ve iyileştirmeye açık bir alandır.

Bu nedenle bu çalışma kapsamında yalın üretim felsefesini kabul etmiş bir otomotiv farikasında, montaj hatlarında acil ihtiyaç duyulan parça isteklerinin iletilmesi için yeni bir *Kablosuz Acil Parça İstek Sistemi* tasarlanmış ve Montaj-Lojistik departmanında uygulamaya alınacak pilot bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile iç lojistikte malzeme taşıma işlerini yöneten ekip ile üretim arasında bağlantı kurulmaya çalışılmıştır. Bu bağlantı ile yalın üretimin temel alındığı iyi organize

edilmiş bir üretim lojistiği amaçlanmıştır. Çalışmanın yapıldığı firmada kullanılan klasik çekme sistemleri ve Kanban sistemine ilave olarak bilgi teknolojisinin kullanıldığı bir yazılım eklenmiştir. Yapılan bu çalışmalarla sistemin daha yalın hale getirilmesi ve malzeme çağırma sistemlerinde otomasyona geçilmesi hedeflenmektedir.

Gerekli süreç analizleri yapıldıktan sonra; mevcut duruma ait parça isteklerinde artış ve bunlara hızlı cevap verilememesinden kaynaklı hat duruşları olduğu tespit edilmiştir. Hat duruşlarına bağlı tam zamanlı üretimin gerçekleştirilememesi nedeniyle, birçok kanbanda (parçada) kendi stok adresi dışında farklı bir alanda stoklama veya fazla stok problemi (taşıntı-overflow problemi), ekstra elleçleme problemi ve ekstra iş gücü gibi problemler olduğu gözlemlenmiştir. Bu problemlere ek olarak malzeme isteklerine cevap verebilme noktasında insan kaynaklı aksaklıklar nedeniyle stok alan kayıpları tespit edilmiştir. Süreçteki tüm problemlere çözüm olmak için iç tedarik kontrolünün iyileştirilmesine dayanan yeni bir sistem önerilmiştir. Operasyonel ve yönetimsel iyileştirmeleri sağlayacak olan bu çalışmada günümüzün vazgeçilmezi bilişim teknolojisi temel alınmıştır. Kablosuz haberleşme sistemi kullanılarak yazılımla donanım arasında bağlantı sağlanmıştır. Çalışma gerçekleştirilirken SQL 2015 veritabanı, Object Relational Mapping araçlarından Entity Framework, programlama dillerinden nesneye dayalı programlama C#, soket program oluşturulurken de Javaeclipse kullanılmıştır.

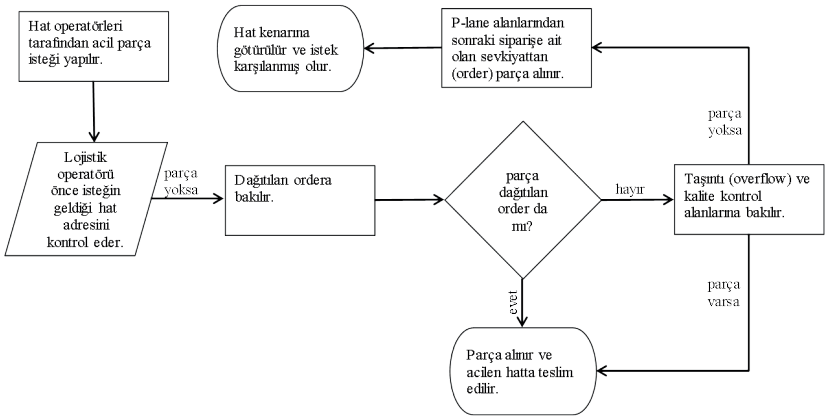
2. MEVCUT DURUM ANALİZİ

Önerilen Kablosuz Acil Parça Çağrı Sisteminin uygulama sahası olarak Otomotiv Fabrikası Montaj-Lojistik Birimi seçilmiştir. Fabrika içerisinde boyanmış otomobil gövdeleri boya fabrikasından çıkıp montaj fabrikasına girerken, üzerine monte edilecek olan parçalarda "tam zamanında" prensibine uygun olarak ilgili montaj istasyonlarına ulaştırılır. Değişik modellerin aynı hatta montajlanması sırasında dengeli üretime büyük önem verilmektedir. Üretim kontrol lojistik grubu tarafından organize edilen işlemler sayesinde, istasyon kenarında sadece çok az bir emniyet stoğu bulundurulur. Bu durumda da malzeme çağırma sistemleri ve tam zamanında üretim konularının önemi ortaya çıkmaktadır.

Lojistik süreci incelemeye alındığında firmaya tüm tedarikçilerden gelen ürünler, paketleme tiplerine ve Avrupa, Japonya ve Türkiye tedarikçilerinden gelmelerine göre kapı numaralarına göre sınıflandırılmıştır. Dock adı verien bu kapılardan 85, 87 ve 8K Dockları Türkiye'den tedarik edilen parçalara aittir ve bunlarda kendi aralarında paketleme tiplerine göre sınıflandırılmıştır. 87 numaralı Dock, paletle getirilen parçaların kabul edildiği giriş depo kapısıdır. Fabrikaya tedarikçilerden parça taşıma işlemleri milkrun araçlarıyla gerçekleştirilmektedir. 87 Docktan fabrikaya giriş yapan milkrun araçları 'Dock Unloading' alanında palet parçaları boşaltma işlemini gerçekleştirirler. Fabrikaya özgü kullanılan, her kapı bölgesine ait ekranlarla hattan geçen araç sayısına göre belirli bir çevrimi hesaplayan progress andon adı verilen sisteme göre ve günü eşit dilimlere bölen siparişleme sistemine göre P-lane denilen bekleme alanına sipariş bazlı yerleştirme yapılarak, paletler kısa zamanlı olarak stoklanmaktadır. Açılma zamanı gelen paletler, forkliftler aracılığıyla palet parçalar için özel tasarlanmış araçlara (dollylere) yüklenmektedir. Palet parçaların dağıtım rotasına sahip olan akülü çekici araç operatörleri (forkliftless (F/L)), hat kenarına gitmesi gereken dollyleri araçlarının arkalarına bağlayarak ilgili adreslere (Line-side) gerekli malzeme dağıtımlarını yapmaktadırlar. Herhangi bir anormal durum gerçekleşmedikçe sistem bu şekilde gün içinde devamlı birbirini takip etmektedir. Fakat yapılan gözlemler sonucunda bazı parçaların çeşitli sebeplerle hat kenarına zamanında ulaştırılamadığı tespit edilmiştir.

2.1 Problemin Tanımı

Hat kenarında yerinde bulunamayan parçalar line-side (L/S) operatörleri tarafından telsiz aracılığıyla forkliftless (F/L) operatörlerinden istenmektedir. Fakat telsizle isteklerin yapıldığı sırada birden fazla hat adresinden istek olabilmekte ve telsiz iletişimi yetersiz kalabilmektedir. Ayrıca her gün düzenli olarak yapılan toplantılarda acil istek (hotcall) seviyelerinin hedeflenen değerin üstünde çıktığı görülmüştür. Parça bazlı kırılımlar yapıldığında 87 P-lane alanına ait palet parçaların acil istek yapılma oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Acil parça istek olması durumunda ortaya çıkan problem, parça zamanında takılamaması ve/veya parça için istek kaydının oluşmasıdır. Şekil 1'de lokal parçalara ait istek olması durumunda gerçekleşen iş akış süreci gösterilmiştir.



Şekil 1: Lokal parçaların istek akış diyagramı

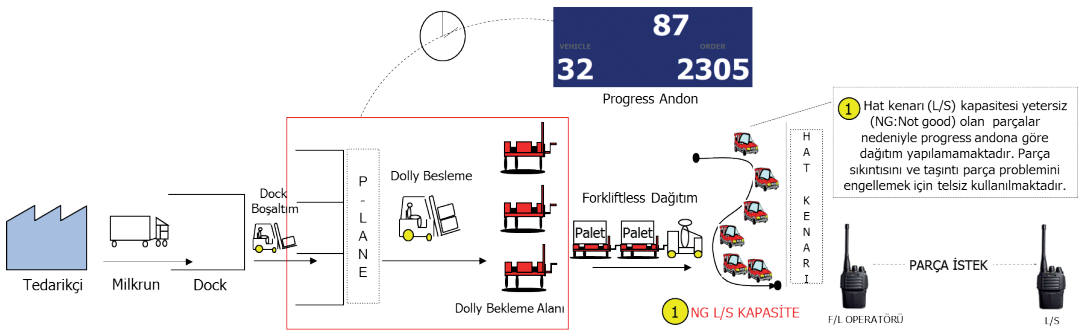
Malzeme dağıtım süresi, günlük çalışma süresinin, günlük sevkiyat sayısına (p-lane order sayısına) oranlanmasıyla hesaplanır ve bir çevrimlik süre olarak adlandırılır. Örneğin, çalışmanın yapılacağı otomotiv fabrikası montaj- lojistik bölümünde günlük 3 vardiya toplam çalışma süresi 1290 dakikadır. Günlük sevkiyat sayısı ise 48 'dir.

1290/48= 26,8 yani 27 dakika, bir çevrimlik süre olarak belirlenmiştir.

Operasyon alanında yapılan analizlerde teslimatların bir kısmının hedeflenen bir çevrimlik sürede dağıtımının gerçekleştirilemediği gözlenmiştir. Hedeflenen süreden daha uzun zamanda malzeme dağıtımının gerçekleşmesinin nedenleri incelendiğinde; P-lane taşıma alanında gerçekleşen ekstra elleçleme ve malzeme arama işlemleri olduğu tespit edilmiştir. Aşağıda Şekil 2'de kırmızı dikdörtgenle çevrili alan bu durumun yaşandığı bölge olarak gösterilmiştir. Çok duraklı malzeme dağıtım sürecinde talepleri karşılayacak şekilde, araç kapasitelerinin mümkün olduğunca iyi kullanılmasını sağlayan ve hedeflenen sürede malzeme dağıtımını tamamlayan araç rotalarına ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Sistemde dağıtımın progress andonlara (sipariş dağıtım bilgisi veren ekranlar) göre yapılması gerekirken hat kenarında yeterli kapasite olmamasından kaynaklı ve gerçekleşen acil isteklerin fazla olması nedeniyle dağıtımlar telsiz aracılığıyla hattan gelen isteğe göre yapılmaktadır (Şekil 2'de gösterilmiştir). Ayrıca hat kenarındaki stok alanı yetersiz olduğu için bazı parçalarda taşıntı (overflow) problemi olduğu görülmüştür (Şekil 2'de NG L/S Kapasite olarak bir numara ile tanımlanan alanda gösterilmiştir).

Taşıntı probleminin operasyona etkilerinden biri de ayrı bir alana stoklanan parçanın FIFO'su(First In First Out: İlk Giren İlk Çıkar) yapılırken ekstra elleçleme nedeniyle işgücü kaybı oluşturmasıdır. Bunlara ek olarak, farklı alana geçici olarak konulan bu parçaların kullanıldığı ve depolandığı gerçek adrese taşınması da taşıma mudası(israfı) oluşturmaktadır.



Şekil 2: Palet parça çağrı sistemi mevcut durum akış diyagramı problemli süreçler

Bazı acil istek parçaları kendi prosesinden daha sonraki proseslerde takılamayacak parça ise; lojistik kaynaklı hat duruşları gerçekleşebilmektedir. Bu da firmaya doğrudan maliyet olarak yansımaktadır.

Tüm bu akışlar dikkate alındığında; mevcut durumda şu problemler tespit edilmiştir:

- Hat kenarı kapasitesi yetersiz olduğu için parçalarda taşıntı (overflow) problemi oluşmaktadır.
- Parça acil istek (hotcall) olduğu zaman telsiz iletişimi yetersiz kalmaktadır.
- İstek olan parçaların hatta beslenme önceliğini gösteren herhangi bir belirteç/gösterge bulunmamaktadır.

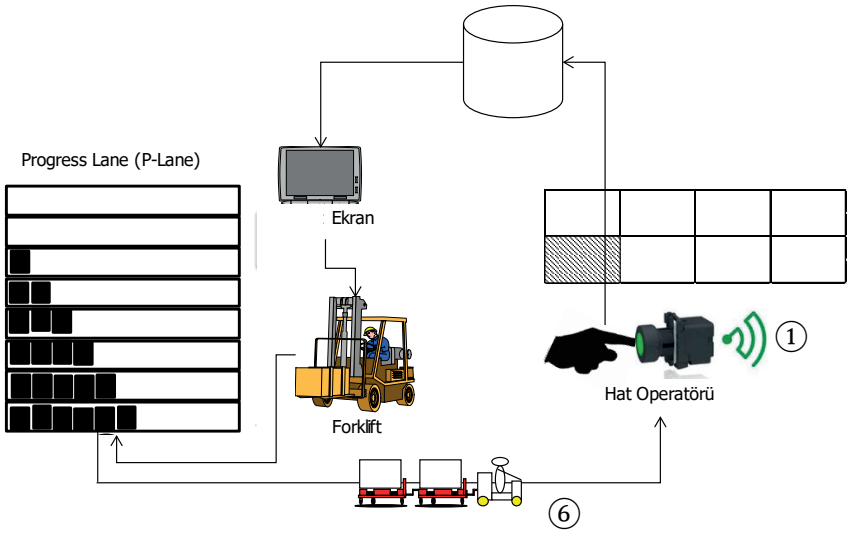
3. ÖNERİLEN SİSTEMİN MODELİ

Bu çalışmada, yukarıda belirtilmiş olan fabrika içi lojistik aksaklıklarına çözüm ve iyileştirme getirilmesi amaçlanmıştır. Problemin çözümü için kurulan model, tek bir tesis içinde iç tedarik kontrol sistemi olarak sunulan yalın bir çözümdür. Yalın lojistik tekniklerini desteklemek için tasarlanmış ve otomatik sistem olarak kullanıma sunulmuştur. Fabrikadaki operasyonel süreçle ilgili olarak malzeme çekme sisteminin iyileştirilmesi temel alınan, istek sistemlerini de beraberinde kullanan kablosuz, talep öncelikli malzeme lojistiği sağlayan bir sistem modeli kurulup, önerilmiştir.

Problemin çözümüne yönelik kurulan modelin, hedeflediği iyileştirmeler şunlardır:

1. Malzeme bulunabilirliğinin kolaylaştırılması
2. Fabrika içi malzeme istek iletişiminin iyileştirilmesi
3. Hatlara parça iletilmesi işinin standartlaştırılması
4. İstek olan parçanın taşıma operatörü tarafından minimum sürede hatta beslenmesinin sağlanması olarak belirlenmiştir.

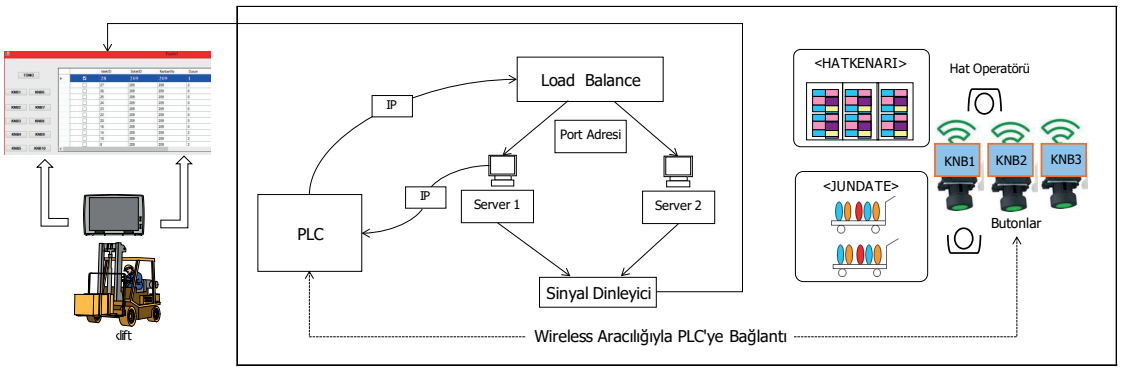
Kablosuz Acil Parça İstek(Çağrı) Sistemi operasyon akış modeli aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 3: : Kablosuz acil parça istek(Çağrı) sistemi

1. ve 2. Adım: Hat operatörleri tarafından veya ana hatta paralel olarak montaj sırasına göre parçaların sıralandığı jundate alanlarında çalışan operatörler ilk olarak hat kenarlarındaki parça stok durumlarını kontrol etmektedirler. Eğer stoklarda parça az kalmış ise istek, parça bitmiş ise hotcall denilen acil istekte bulunmaktadırlar. Önceki durumda telsiz ile istekte bulunan operatörler, önerilen sitemde hat kenarlarında yer alan butonlara basarak istekte bulunmaktadırlar. Hat kenarında herbir kanban(parça) için bir buton bulunmaktadır.

3. Adım: Sistem fabrikadaki bilgi işlem departmanının yardımıyla PLC cihazını kullanarak modelimizdeki mevcut chat kodlara ve sinyal dinleyicilerimize sinyal gönderilmesini sağlamaktadır. Chat kod kullanarak oluşturulan soket programı bilgi işlem departmanının verdiği port adresinden bu sinyalleri almaktadır. Şekil 4'de üçüncü adıma ait ayrıntılı model sunulmaktadır. Bu adımda soket programına verilen portlara göre sinyal düşürülmektedir. Cihazdan gelen sinyaller butonlarla Kanban kart numaraları ilişkilendirilerek hangi parçaya ait istek geldiği tespit edilebilmektedir. Bu eşleştirme vei tabanı üzerindeki tabloda soket ID ile Kanban kartlarının ilişkilendirilmesiyle sağlanmıştır. Herhangi bir butona basılması sonucunda iletilen sinyal butonun ilişkili olduğu Kanban numarası ile birlikte veritabanına istek olarak kaydedilecektir.



Şekil 4: Adım 3'e ait ayrıntılı model

4. Adım: Butona basılması işlemi sonucunda veritabanına işlenen istek Forklift operatörünün ekranına yansıyacaktır. Veritabanındaki personel tablosu sadece verilere erişimi sınırlandırmak için oluşturulmuş ve diğer tablolarla ilişkilendirilmemiştir. Sisteme girişte sadece yetki tanınan personeller tarafından yapılması sağlanarak ilk aşama güvenlik olarak belirlenmiştir. Malzemeler tablosunda işletmede kullanılan malzemelere ilişkin veriler tutulmaktadır. İstekler tablosunda ise üçüncü adımda gerçekleştirilen butona basma işlemi ile ilgili verilerle beraber malzeme istek durumları ve zaman verileri tutulmaktadır. Alınan bu sinyaller sistemdeki istekler tablosuna, istekler tablosundan forklift operatörünün ekranına düşmektedir. Forklift operatörünün istekleri görebilmesi amacıyla Net Entity Framework de C# kullanılarak bir arayüz geliştirilmiştir. Forklift operatörü bu ekranı takip ederek gelen istekten anında haberdar olmaktadır. Forklift operatörü istek yapılan parçayı bulduktan sonra aldığına dair tekrar kendisine ait olan butona basarak parçanın durum verisini güncellemektedir.



Şekil 5: Veritabanında oluşturulan tablolar ve ilişkileri

5. Adım: Forklift operatörü zaman kaybetmeden bulabildiği parçayı dolly bekleme alanında hazır halde bulunan boş dollylere yüklemektedir ve Forkliftless Delivery adı verilen dağıtıcı bu dollyleri towtruck aracının arkasına bağlayarak hatta götürmek üzere hazırlığını tamamlamaktadır. Forkliftless dağıtım operatörü de tekrar parçayı teslim aldığına dair butona basarak malzeme durum verisinde güncelleme yapmaktadır.

6. Adım: Şekil 3'de 6 numara ile gösterilen işlem adımında forklift operatörünün yüklediği ve towtruck yazan forkliftless delivery işlem adımı tanımlanmıştır. Bu dağıtımı yapan operatör, parçanın zamanında yani hat duruşu gerçekleşmeden hat kenarına veya Jundate alanlarına teslimini gerçekleştirmektedir. Hat kenarı daha sonra ilk parça kontrolünü yapıp, teslim aldığına dair hat operatörü kendine tanımlı butona basacaktır ve acil parça isteği böylece kapatılacaktır.

4. UYGULAMA

Acil Parça İstek Sistemi için gerekli olan soket program, forklift ve diğer operatörler için gerekli arayüz ve sistemin ürettiği raporlar bu kısımda tanıtılmıştır.

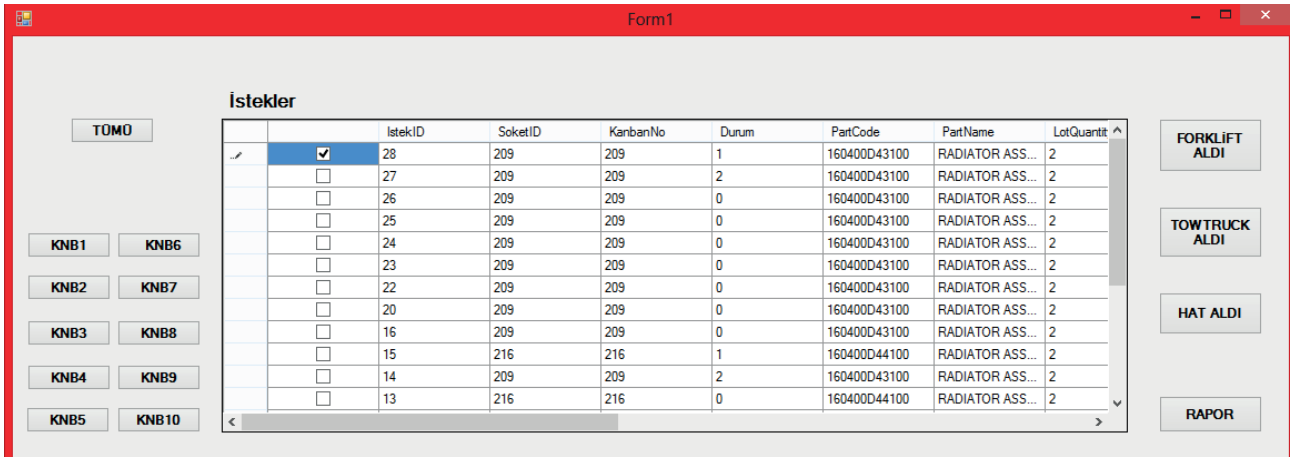
4.1 Soket Programın Oluşturulması

Javaeclipse kullanılarak bir soket program oluşturulmuştur. Bilgi işlem biriminden alınan sunucu IP ve port numarası üzerinden sunucu ve istemci için gerekli programlar geliştirilmiştir.

4.2 Sistem Tasarımının Uygulanması

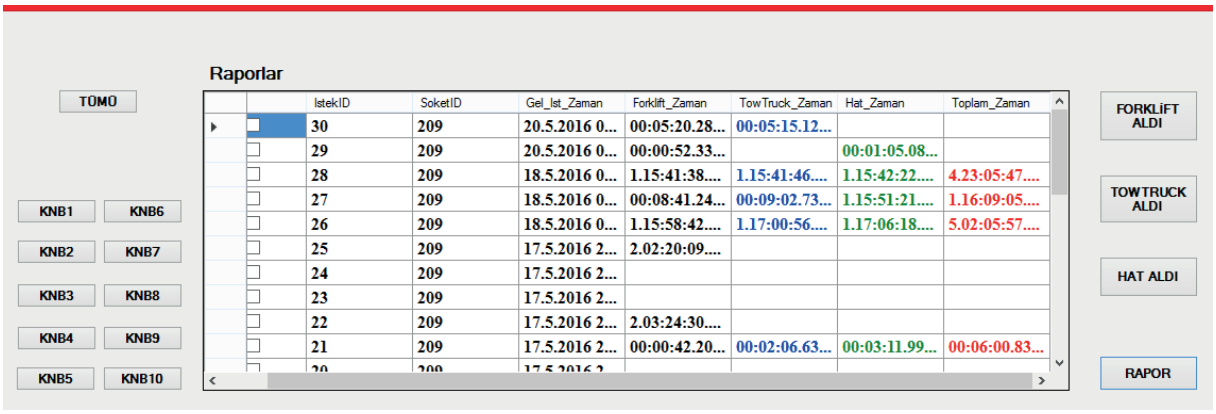
Bu kısımda sisteme herhangi bir sinyal düştükten sonra, forklift operatörü ekranına yansıyacak bilgiler belirlenmiş ve bu bilgilerin ekranda görüntülenmesi amaçlanmıştır. Verilerin tutulması için MS SQL Server 2015 veritabanı yönetim sistemi kullanılmıştır. MS SQL Server ile Entity Framework kullanılarak bağlantı kurulmuş ve C# kullanılarak arayüzler programlanmıştır.

Forklift, Forkliftless Delivery ve diğer malzeme taşıma işinde görevli operatörlerin kullanması için geliştirilen arayüz Şekil 6'da gösterilmiştir. Ekranın ortasındaki alanda hat kenarlarından ve Jundate alanlarından gelen istekler listelenmektedir. Bu alanda malzeme isteklerine ilişkin İstek ID, Soket ID, Kanban No, Durum, Parça Kodu, Parça İsmi, Lot Miktarı, Gönderileceği Adres'e ait veriler gösterilmektedir. Bu listede Durum alanı 4 farklı değer (0, 1, 2, 3) alabilmektedir. Durum = 0 olması, isteğin yeni bir istek olduğunu Durum = 1 olması, istenilen malzemenin Forklift Operatöründe olduğunu Durum = 2 olması, malzemelerin towtruck operatörleri tarafından teslim alındığını Durum = 3 olması ise parçanın ilgili adrese teslim edildiğini göstermektedir.



Şekil 6: Ekran görüntüsü

Geliştirilen yazılım aracılığı ile sistemin ihtiyaç duyacağı temel bir raporda üretilebilmektedir. Rapor butonu aracılığı ile rapora ulaşılmaktadır. Bu ekranda gelen her bir malzeme isteği ile ilgili olarak gelen istek zamanı, forklift alma zamanı, towtruck alma zamanı, hat alma zamanı verileri tutulmaktadır ve birbirini takip eden işler arasındaki sürelerle toplam sürelerin verilerini hesaplayarak raporlamaktadır. Şekil 7'de rapor ekranı gösterilmiştir.

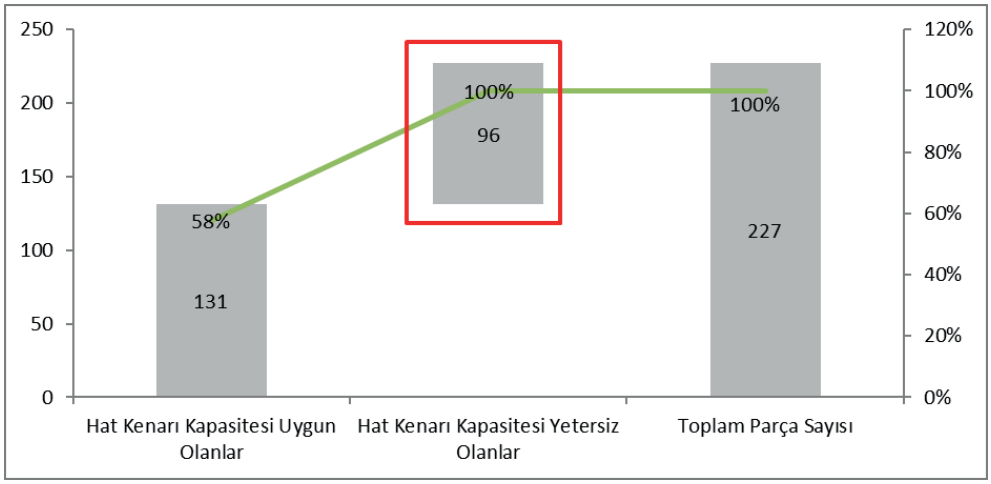


Şekil 7: Rapor ekran görüntüsü

5. YENİ DURUMUN ANALİZİ

Bu bölümde probleme önerilen çözüm uygulandığında elde edilen sonuçlar analiz edilerek gerçekleşen iyileştirmeler anlatılmıştır.

1.Hat kenarı kapasitesi NG (yetersiz) olan parçalar nedeniyle overflow olan parçaların sayısında azalma ve kapladığı alandan kazanç sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan analiz neticesinde toplam 227 parça içerisinden 96 adet parçanın hat kapasite durumu NG (yetersiz) olarak belirlenmiştir.



Şekil 8: 87 Dock hat roller kapasite analizi

Bu uygulama sonucunda hat kenarı kapasitesi NG olan parçaların tamamında iyileştirme sağlanıp, 87 p-lane alanında hat kapasite probleminin çözüleceği öngörülmüştür. P-lane alanı olarak 777 m^2 alan belirlenmiş ve olası overflow durumları için 22 m^2'lik firmanın kabullendiği yönetilebilir problem olarak nitelediği bir alanda kullanıma ayrılmıştır. Fakat 96 adet NG parça dolayısıyla 54 m^2 ekstra alanı işgal etmektedir. Kablosuz Acil Parça İstek Sisteminin uygulamaya geçilmesiyle 54m^2'lik taşıntıların işgal ettiği alandan kazanç sağlanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmayla firmanın yönetilebilir problem olarak katlanmayı kabul ettiği 22 m^2'lik alan kaybı kazanca dönüştürülmüştür. Böylece 76 m^2 net alan kazancı sağlanmıştır. Firmanın yıllık depolama maliyeti m^2 başına gideri 1000 Euro olarak hesaplanmıştır. 20 yıllık amortisman bedeliyle hesaplama gerçekleştirildiğinde 54 m^2'lik alandan 2700 Euro, 22 m^2'lik alandan 1100 Euro yıllık kazanç sağlanmıştır.

2.Overflow parçaların neden olduğu elleçleme ve taşıma israfları (muda) ekstra işgücüne neden olmaktadır. Extra işgücü de firmaya adam/saat bazlı maliyet olarak yansımaktadır. 96 adet kanbanın yani farklı parçanın Türkiye firmalarından getirildiği bilinmektedir. Firma, lojistiği lokal firmalardaki tedarik sürecini verimliliği yüksek, sık sipariş getirme politikasına dayandırmaktadır. 87 P-lane alanındaki parçalarında firmaya tedarik frekansı oldukça yüksektir. Bu da gün içerisinde bu parçalardan en az 24 frekansa sahip olunduğunu yani 2 sipariş periyodunda bir geldiğini göstermektedir. Bu

durum gün içerisinde bu paletlerden istek geldiğinde yapılacak olan israfın (muda) fazlalığını göstermektedir. İncelenen birim iş formlarından ve yapılan zaman etütlerinden bir paletin elleçleme süresi 10 saniye olarak kabul edilmiştir. Bir paletin ortalama bir rotada taşınma israfı (muda) ise hatta gidiş ve dönüş olmak üzere 12 dakika olarak hesaplanmıştır.

1 palet elleçleme süresi= 10 sn

1 palet ortalama taşıma israfı (muda)=720 sn

Palet başına yapılan israf (muda) = 730sn / 60 = 12,2 dk adam/saat kaybı söz konusudur.

Aylık 96 parçada kapasite problemi olduğu görülmektedir. Gün içerisinde bu parçalardan ortalama 36 adet istek gelebildiği gözlemlenmiştir. 36*12,2=439,2 dk 7,32 saat operasyon kaybına neden olmaktadır.

3.Sistem incelendiğinde ve araştırma yapıldığında forkliftless delivery isteklere zamanında cevap verememesi nedeniyle hat duruşlarının gerçekleştiği ya da hatta sonradan parça götürülüp takıldığı belirlenmiştir. Bu durum SPS-Jundate hatlarının verimliliğini dolayısıyla Final hatlarının da verimliliğini etkileyerek toplam montaj fabrikasının çalışmasında verimlilik düşüşüne neden olmaktadır. Geçmiş veriler incelendiğinde bu nedenle Mart ayında 4, Nisan ayında 14, Mayıs ayında 12 araç duruşlar nedeniyle üretilememiştir. Bu üretilemeyen araçların maliyetleri oldukça yüksek maliyet oluşturmaktadır. Ayrıca firma için ideal üretim verimliliği %97.5 kabul edilmektedir. Proseslerin bu duruşlara bağlı verimlilikleri hesaplandığında Tablo 1' de görüldüğü gibi SPS operasyonlarında verimsiz çalışma söz konusudur. İdealde olan verimliliğin sistemin kullanılmasıyla yakalandığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. SPS Prosesleri Verimlilikleri

AY	DURUŞ	ÜRETİLEMEYEN ARAÇ SAYISI	VERİMLİLİK
MART	10 dk	4	%96,60
NİSAN	18 dk	14	%94,60
MAYIS	16 dk	12	%96,10

4. Ölçülemeyen kazançlara bakıldığında ise çalışan moral-motivasyonunda artış söz konusu olacaktır. Lojistik akışında trafikte azalma meydana gelecektir. Malzeme bulunabilirliği kolaylaşacaktır. Fabrika içi malzeme istek iletişiminde iyileşme sağlanmış olacaktır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüz küresel piyasasında yoğun rekabet, kısa yaşam eğrisine sahip ürünler ve müşterilerin artan beklentileri, üreticileri dağıtım sistemlerine yatırım yapmalarına ve gereken önemi vermelerine zorlamıştır. Bu durum, iletişim ve ulaşım teknolojilerindeki değişimle birlikte lojistik yönetiminin sürekli gelişimine neden olmuştur. Lojistik yönetimi, malzeme yönetimi, fiziksel yaşam eğrisi ve fiziksel dağıtım bileşiminden oluşmaktadır (Çoban & Güven, 2011). Bu çalışmada günümüz rekabet koşullarında lojstiğin önemi göz önüne alınarak lojistik yönetiminin materyal yönetimi ve fiziksel dağıtım bileşimi üzerine odaklanılmıştır. Yalın üretim ve Kaizen felsefesini benimsemiş olan fabrikada mükemmelliği yakalamak için her işlem, her akış iyileştirilmeye açıktır. Bu doğrultuda fabrikadaki mevcut durum analiz edilmiş ve fabrika içinde lojistiği sağlayan taşıma operatörlerinin isteklere cevap vermeleri hedeflenen sürede gerçekleşemediği gözlenmiştir. Fabrika içi lojistik ağındaki aksaklıkların ortadan kalkması için sistem yaklaşımıyla tüm lojistik ağı için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Bu öneriler kapsamında yenilikçi bir sistem tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Üretim lojistiğinde başarı faktörleri; operasyon, bilgi akışı, insan kaynakları ve teknik donanımdır. Şirketlerin, üretim lojistiklerinde yapacakları değişiklikler, yeni çalışma ve üretim modelleri getirebilir. Bu çalışmada üretim lojistiği içinde değişiklikler gerçekleştiren yeni çalışma ve model sunulmuştur. Üretim Lojistiğinde, ürün ve süreçlerin dağıtım ağı içerindeki yapılanmaları ve döngünün çok iyi kurulmuş olması gerekmektedir. Firmada bu noktada bazı problemler saptanmıştır ve iyileştirmeler yapılmaya çalışılmıştır. İyileştirme kapsamında Kablosuz Acil Parça İstek Sistemi oluşturulmuştur.

Bu sistem ile büyük hacimli işler gerçekleştiren firmaların üretim lojistiğinde kullanabileceği stok kontrolüne, araç takibine, elektronik ortamda bilginin elde edilmesine ve iş süreçlerinin elektronik ortama taşınmasına olanak sağlanmıştır.

Bu büyük hacimli işler gerçekleştiren firmaların toplam ve birim maliyetlerini azaltarak başarılı olabilmeleri için, bilgi işlem teknolojilerinden yalnızca üretim sürecinde değil, lojistik ve dağıtım gibi değer katan işlerde de kullanmaları gerekmektedir. Fakat yapılan araştırmalar sonucunda bu durumun yaygınlaşmadığı ve bilişim teknolojilerinin dış lojistik olarak kullanımının henüz mevcut olduğuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma çok yaygın olmayan bir alan olan üretim lojistiğinde bilgi teknolojileri uygulamaları ortaya koymaktadır. Bir nevi hareket işleme sistemi niteliği taşıyarak malzemenin hareketine ait olan bilgiyi toplar, depolar ve aynı zamanda hareketin belirli bazı yönlerini kontrol eder. Karşılanması geciken isteğin hesaplamasını yaparak, insana bağlı karar mekanizmasını saf dışı bırakıp sistematik olarak bir karar mekanizması ortaya koyar ve böylece ilk karşılanacak isteğin seçimini yapar.

Bu sistemin birincil amacı hat kenarına yani müşteriye tam zamanında sevkiyatın yapılmasını sağlamakken ikincil olarakta hareketlerin verimli bir şekilde işlenmesini sağlamaktır. Arka planında süreleri kayda alarak rapor sayfasında bunları sunması özelliğiyle, süreçteki darboğaz noktaların ve gecikmeye sebep olan sürecin belirlenmesini kolaylaştırır. Böylece çözüm amaçlı aksiyon alınabilmesini sağlamaktadır. Çalışma öncesi malzemelerin hiçbir şekilde izlenebilirliği mevcut değildi.

Kuruluşlar gerçek zamanlı ya da yığınlar şeklinde hareket işlemenin yapılmasını tercih edebilirler. Uygulaması yapılan sistem yığın şeklinde hareketlerin elde edilmesine de olanak verirken anlık-gerçek zamanlı hareketlerin elde edilmesini de sağlamaktadır. Yığın şeklinde tabiri ile analtılmak istenen, belirli bir periyoda dair verilerin sistemde kayıtlı tutulmasıdır. Genel olarak elde edilmesi zor olan ve günümüz teknolojisinde müşterilerin hızına bağlı takt time denilen proses hızları bu kadar düşmüşken gerçek zamanlı hareket izleme sistemlerinin önemi artmıştır. Bu sistem ile parça istek yapıldıktan sonra hangi süreçte olduğunu izlemek mümkündür. Daha önceden telsizle yapılan parça istenmesi ile kayıt altına alınamayan parça istek zamanı, hat kenarına sevk zamanı ve teslim zamanı gibi verilerin kayıt altına alınması hangi parça ne zaman istenmiş ne kadar sürede hazırlanarak sevk edilmiş ve sonrasında hatta teslim edilmiş benzeri bilgiler elde edilebilmektedir. Ayrıca bu sistem sayesinde tutulan kayıtlarla yapılan isteklerin analiz edilmesi ile hangi parçalarda sorun oluyor bu sorunun nedeni nedir vb sorulara cevap alınabilmektedir. Bu noktada saniyenin bile önemli olduğu bir üretim ortamında malzeme eksikliği nedeniyle hat duruşlarının yok edilmesi amaçlanmıştır.

Malzemenin hareketinin izlenmesi dışında sistem lojistiğin en köklü konularından olan stok yönetimine de hizmet etmektedir. Kurumsal bilgi anlamında malzeme hareketini sağladıktan sonra stok yönetimine de yardımcı sistem olmayı başarmıştır. Kısıtlı alanlara sahip üretim noktalarında, uzun lojistik süreçlerinin olduğu fakat haberleşmesi zor olan bölgelerdeki kısıtlı alan ve işgücünün verimliliğini artırmada bir araç olarak kullanılabilmektedir.

Kablosuz Acil Parça İstek Sisteminin kullanılması ile kurumsal bilgi sistemine sağlanılan kazançlar dışında işletmenin sağladığı avantajlardan bazıları da aşağıda belirtilmiştir:

- Fabrika içi lojistik aksaklıkları nedeniyle parçanın geç teslim edilmesinden doğan hat duruşları ve Jundate proseslerindeki iş kesintilerini ortadan kalkması,
- İstek sayılarının azalmasıyla materyal ve varlık kullanımının artması,
- İstek yapılan parçalara ait çevrim sürelerinin azalması ve verimlilik artışı,
- İşletme tarafından fazla envanter, en büyük maliyet ve israf olarak görülmektedir. Envanter azaltarak fabrika içi depolama alanını boşaltarak alan kazancı,
- Malzeme bulunabilirliğinin kolaylaşması, taşıma araçları için işlemlerin standartlaşması,
- Overflow alanının ortadan kaldırılmasıyla birlikte alanın oluşturduğu maliyetin ortadan kalkması,
- Üretilen ürün başına yapılan elleçleme ve taşıma israflarıyla (muda) işçilik maliyeti oluşmaktadır. Bu mudaların elimine edilmesiyle adam/saat bazlı maliyetlerde azaltma sağlama,
- Firma içerisinde 76 m^2 alan kazancı ve %6 oranında 87 P-lane mevcut alanın veriminin artması gibi yan kazançlarda ortaya çıkmıştır.

Teşekkür: Bu çalışma için verdikleri destekten dolayı Toyota Otomotiv A.Ş. Montaj ve Lojistik Bölümüne teşekkür ederiz.

Finsansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almamıştır.

KAYNAKLAR

Blöchl, S.& Schneidr, M. (2016). Simulation Game for Intelligent Production Logistics – The PuLL® Learning Factory, Procedia CIRP 54,130 – 135, https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.031

CSCMP. (2017). *Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)*. https://cscmp.org/ adresinden edinilmiştir.

Çoban, G., & Güven, T. (2011). *Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Fabrika İçi Lojistik Sürecinin İyileştirilmesi.* (Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,İzmir). https://docplayer.biz.tr/2149630-Otomotiv-sektorunde-faaliyet-gosteren-bir-firmada-fabrika-ici-lojistik-surecinin-iyilestirilmesi.html adresinden edinilmiştir.

Erdumlu, R. (2006). *Kentsel Lojistik ve Lojistik Köy Uygulaması.* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul .https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ adresinden edinilmiştir.

Gecü, B. (2008). İç Lojistik Sistemlerinin Yalın Üretim Bakış Açısıyla Yeniden Tasarlanması ve Otomotiv Sektöründe Örnek bir Uygulama, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ adresinden edinilmiştir.

Gülenç, İ., & Karagöz, B. (2008). e-Lojistik ve Türkiye'de e-Lojistik Uygulamaları. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (15), 73-91.

Kılıç, H. (2011). *Yalın Üretim Ortamında İç Lojistik Sisteminin Tasarımı.* (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ adresinden edinilmiştir.

Koçan, A. (2014). *İç Lojistikte Setleme/Sıralama Sisteminin Tasarımı ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ adresinden edinilmiştir.

Kulaç, S., (2019). *Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada İç Lojistik Sisteminin Tasarımı.* (Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ adresinden edinilmiştir.

Küçükoğlu, İ., Yağmahan, B., Çağlıyan, M. S., Yıldız, A, Aktokluk, A. (2018) İç Lojistik Sisteminde Malzeme Tedariği İçin Geliştirilmiş Matematiksel Modelleme Yaklaşımı: Bir Uygulama, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(4), 159-176. https://dx.doi.org/10.17482/uumfd.455198

Olivares,V., Cordava, F., Sepulveda, J. M., Derpich, I. (2015). Modeling Internal Logistics by Using Drones on the Stage of Assembly of Products, Procedia Computer Science, https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.132

Sol. E. (2011). *Set Şeklinde Teslimat ile hat kenarı besleme sisteminin karşılaştırılması, yalın lojistik bakış açısıyla iç lojistik faaliyetlerin tasarlanması ve örnek bir uygulama* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ adresinden edinilmiştir.

Sürmen, Y., & Aygün, D. (2006, Nisan). Türkiye'de lojistik faaliyetler ve muhasebe işlemleri-I. *MUFAD Muhasebe ve Finansman Dergisi,* (30), 54–55.

Tansel, B., Çay, S. B., Bilgin, E., Çakır, C., Arslan, Y. ve Cabıoğlu, M. F. (2010). Çamaşır makinesi fabrikası iç lojistik aktivitelerinin optimize edilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, *21*(3), 25–38.