

YALIN SİSTEM TASARIMI İÇİN SİMÜLASYON DESTEKLİ DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

Oğuz EMİR^{1*}, Zeynep GERGİN²

¹İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-0468-4625>

²İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-4512-0519>

Anahtar Kelimeler	Öz
Yalın üretim, Değer akış haritalama, Hızlı tüketim ürünleri, Simülasyon, Paketleme	İşletmeler, küresel rekabette hayatta kalabilmek için, üretim kaynaklarını daha iyi kullanarak verimliliklerini arttırmak zorundadırlar. Bu sebeple, katma değerli olmayan faaliyetlerinin ortadan kaldırılması ve süreçlerde sürekli iyileştirme yapılması yoluyla, değer yaratmalarına ve müşterilerinin gereksinimlerini karşılamalarına yardımcı olan yalın yönetim ilkelerini giderek daha fazla uygulamaktadırlar. Bu çalışma, hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren global ölçekteki bir üretim şirketinin, Türkiye tesisine ait paketleme hattında uygulanan bir yalın sistem tasarımı örneğidir. Firma 150'den fazla ülkeye şekerleme üretimi ve dağıtımını yapmaktadır ve söz konusu paketleme hattı bu ürünler için çalışmaktadır. Üretim sisteminde bulunan paketleme hatlarının performansını arttırmak çalışmanın ana amacıdır. Bu amaç doğrultusunda hatlar, yalın yönetimin 7 başlık altında grupladığı israf kalemleri – gereğinden fazla üretim, gereksiz işlemler, fazla stok, hatalı üretimler, taşımalar, gereksiz hareketler ve beklemler – açısından incelenerek israfları azaltacak şekilde yeniden tasarlanmıştır. Çalışmanın başlangıç kısmı, süreç adımlarının mevcut durumdaki genel hat kullanım oranları ve operasyon verimliliklerinin belirlenmesi, Mevcut Durum Değer Akış Haritası (MDAH) ile israf kalemlerinin görsel olarak tanımlanması ve istatistiksel süreç kontrol yöntemleri ile analizinden oluşmaktadır. Daha sonra, talep miktarı ve termin süresi parametrelerine bağlı olarak hat verimliliğini arttıracak iyileştirme önerileri belirlenmekte ve değerlendirilen önerilerin hesaplanan sonuçları, Gelecek Durum Değer Akış Haritası (GDAH) ile sunulmaktadır. Ayrıca bu çalışmada, Değer Akış Haritalama metodunu desteklemek ve alternatif iyileştirme senaryolarını karşılaştırmak amacıyla ARENA yazılımı kullanılarak sistemin simülasyon modeli geliştirilmiştir.

A SIMULATION-SUPPORTED VALUE STREAM MAPPING IMPLEMENTATION FOR LEAN SYSTEM DESIGN

Keywords	Abstract
Lean production, Value stream mapping, Fast moving consumer goods, Simulation, Packaging	In order to survive in the global contest, enterprises have to increase their productivity via better use of their production resources. Hence, companies are increasingly implementing lean management principles, which help them generate value and satisfy the requirements of their customers, through the elimination of non-value adding activities and pursuing continuous improvement in the processes. This study is an example of a lean system design, for the packaging line of Turkey facility of a global company operating in fast moving consumer goods (FMCG) sector. The company produces confectionery products and delivers to more than 150 countries, and the packaging line under consideration operates for these products. The main goal of the study is to improve the performance of the packaging lines in the production system. In line with this objective, the lines are redesigned to reduce wastes in the production system according to the 7 wastes groups of lean management: namely overproduction, over-processing, inventory, defects, transportation, motion, and waiting. The study begins with the determination of the current overall line utilization rates and operational efficiencies of the process steps, visual identification of waste items with the Current State Value Stream Map (CVSM) and analysis with statistical process control methods. Then, improvement suggestions to increase line efficiency are determined considering the demand quantity and lead time parameters. The evaluated results of the proposed improvements are presented with the Future State Value Stream Map (FVSM). In this study, a simulation model is also developed via Arena software to support the Value Stream Mapping method, and in order to evaluate alternative improvement scenarios.
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 08.09.2020	Submission Date : 08.09.2020
Kabul Tarihi : 24.02.2021	Accepted Date : 24.02.2021

*Sorumlu yazar; e-posta: o.emir@iku.edu.tr

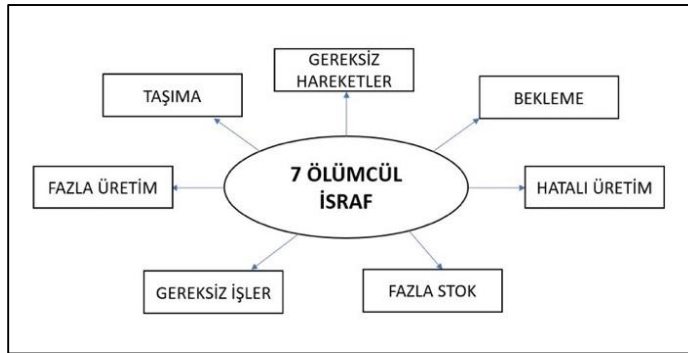
1. Giriş

Günümüzde işletmeler küresel rekabette söz sahibi olmak adına mevcut kaynaklarını daha iyi yönetmeye çalışmakta ve verimliliklerini sürekli arttırmaya yönelik yöntemleri aramaktadırlar. Bu doğrultuda, temelinde sürekli iyileşme olan ve müşteri ihtiyaçlarının karşılanması adına süreçlerin gözden geçirilmesine ve değer yaratmayan faaliyetlerin yok edilmesi yoluyla üretkenliğin artırılmasına olanak sağlayan yalın üretim felsefesi ve uygulamalarının önemi giderek artmaktadır.

Yalın üretim felsefesi, II. Dünya Savaşı sonrası Japonya'nın ekonomik olarak zor durumda bulunduğu dönemlerde ortaya çıkmıştır (Womack, Jones ve Roos, 1990). Yalın üretimin temelleri, Toyota firması tarafından 1950'li yıllarda uygulanmaya başlanan "Toyota Üretim Sistemi" ile atılmıştır. (Krafcik, 1988). Daha sonra Womack, Jones ve Roos (1990) tarafından "Yalın Üretim" adı altında batı ülkeleriyle tanıştırılmış; üretimde mükemmeliyeti ve sürekli iyileşmeyi hedef alan bir ilke ve yöntemler bütünü olarak, tüm dünyada

yaygınlaşan bir üretim sistemi modeli haline gelmiştir. Yalın üretimde temel amaç, süreçlerde bulunan israfları tespit etmek ve ortadan kaldırmak suretiyle, müşteriye sürekli değer akışı sağlamak ve verimliliği arttırmaktır. Başka bir ifade ile yalın üretim; bir müşteri siparişi ile mal veya hizmetlerin teslimatı arasındaki süreyi azaltmak için her türlü değer yaratmayan ve israf olarak adlandırılan kayıpların ortadan kaldırılmasını benimseyen bir üretim şeklidir. İsraf, müşteri bakış açısından yola çıkarak tanımlanır ve sunulan nihai üründe müşteri gözünde değer katmayan her şey olarak ifade edilmektedir. (Liker, 2004)

Şekil 1'de yalın üretim yöntemleri ile tespit ve yok edilmesi planlanan yedi israf kalemi gösterilmektedir. Bu bağlamda, yalın üretim sistemlerinde, ürüne değer katmayan her işlem adımının yanı sıra süreçlerde karşılaşılan arıza, bekleme, gereksiz hareketler, taşıma, hatalı üretim, siparişten fazla üretim ve fazla stokların belirlenerek ortadan kaldırılması gerekmektedir. (Hines ve Rich, 1997)



Şekil 1. Yalın Üretimde 7 Ölümcül İsraf

Yalın üretim anlayışı benimseyen şirketler süreçlerindeki katma değer yaratmayan operasyonları ve maliyetleri azaltarak daha rekabetçi ve daha esnek bir konuma gelmektedirler (Alukal, 2003). Bir diğer hedef ise şirketlerin daha az kusurlu ve daha geniş bir ürün yelpazesine ulaşmasını sağlamaktır. (Krafcik, 1988). Yalın üretim özetle; işletmelerde görülen yedi israfın yok edilerek, müşteriye en yüksek değeri aktarmanın bir yolu olarak tanımlanabilmektedir (Shah ve Ward, 2003). Yapılan çalışmalar, yalın üretim uygulamalarının çok çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren firmalar tarafından verimlilik artırma çabalarında en çok kullanılan teknik haline geldiğini göstermektedir (Lacerda, Xambre ve Alvelos, 2015; Meudt, Metternich ve Abele, 2017). Birçok şirket

yalın üretim anlayışını kabul ederek süreçlerinde kalite ve verimlilik artışlarını gözlemlemektedir (Wahab, Mukhtar ve Sulaiman, 2013). Süreçlerde iyileşme ve mükemmelliği hedef alan Yalın Üretim sistemi tasarımlarında, birçoğu daha önceden uygulanagelen, bir kısmı ise yalın üretim felsefesinden sonra önerilmiş çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Değer Akış Haritalama (DAH) yöntemi, Yalın Üretim felsefesinin batıya tanıtılması ile Womack, Jones ve Roos (1990) tarafından geliştirilmiştir. DAH, mevcut durumun gözlemlenmesi ve analiz edilmesi sonrası ürünlerin geçtiği her sürecin gelecek durumunun oluşturulması için kullanılan bir yöntemdir (Rother ve Shook, 2003). İsrafı tanımak ve bunları sistemden yok etmek için belirli bir amaç ile, formlardaki malzeme ve veri akışlarının

dokümantasyonunu, temsili ve bilincini güçlendiren temel ve görsel süreç tabanlı bir araçtır (Nash ve Poling, 2008). DAH yönteminde, ürün değer akışında ilerlerken malzeme ve bilgi akışını da anlaşılır kılan görsel ifadeler kullanılmaktadır (Womack, Jones ve Roos, 1990). Dolayısıyla DAH, süreçlerdeki değer akışlarının yapılandırılmasını tanımlamak için kullanılan son derece güçlü bir araçtır (Lian ve Van Landeghem, 2007).

Literatürdeki DAH uygulamaları pek çok farklı sektörde ve pek çok farklı süreç için olmak üzere oldukça çeşitlilik göstermektedir. Türkiye literatüründe 2000'li yıllar itibarıyla DAH uygulama çalışmaları görülmeye başlamıştır. Ertay, Birgün Barla ve Kulak (2001) değer akış haritalama yöntemini kullanarak bir imalat şirketinde yalın uygulamaya yönelik bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında muhtemel önerilerin şirkette uygulanması sonucunda teslim süresinin 62,2 günden 17,5 güne ve stok tutma maliyetlerinde önemli azalmanın gerçekleşeceği savunulmuştur. Birgün, Kılıçoğulları ve Özkan (2006), traktör imalatı sektöründe aktif olarak rol oynayan bir şirkette DAH ve diğer yöntemlerin yalın yönetim ilkelerine uyumlu bir şekilde gelecek durumu tasarlamak için nasıl kullanılabileceğini açıklamışlardır. Daha sonra pek çok farklı sektörde yapılmış çalışmalara literatürde rastlanmaktadır (Kaynak, Akyürek ve Karataş, 2015; Doğan ve Ersoy, 2016; Bulut ve Ulutay, 2016; Adalı, Kiraz, Akyüz ve Halk, 2017; Akburak, Gültekin ve Kara, 2017; Bilgin Sarı, 2018).

Bir sistemin anlık görüntüsünü gösteren DAH, mevcut yapısı nedeniyle tüm sorunların tespit edilmesinde tek başına yeterli değildir. Bu nedenle son yıllarda birçok araştırmacı, DAH'nın potansiyel eksikliklerini ortadan kaldırmak ve hem mevcut hem de gelecekteki durumu analiz etmek için simülasyonun DAH ile birlikte kullanılmasını önermektedirler (Behnam, Ayough, ve Mirghaderi, 2017). Lian ve Van Landeghem (2007), teslim süresini azaltmak, yarı mamul envanterini düşürmek ve darboğaz problemini ortadan kaldırmak üzere itme(push) ve çekme(pull) sistemlerine özel geliştirilmiş DAH uygulamaları ile iki adet simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Abdulmalek ve Rajgobal (2007), esas olarak değer akışı haritalama yalın aracını kullanan ve performans ölçümlerini analiz etmek için ayrıntılı simülasyon modeli ile entegre edilmiş vaka tabanlı bir yaklaşımı çelik endüstrisinde uygulamışlardır. Çalışmalarında üretim teslim süresini azaltmayı ve yarı mamul stokunu azaltmayı başarmışlardır.

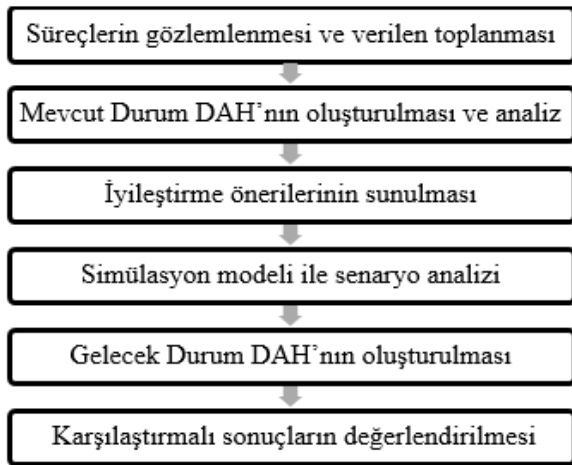
Suhadak, Amit ve Nazri Ali (2015), tüm sistemin değer akışını optimize etmek amacıyla bir kurumdaki alternatif tesis yerleşimi değişiklikleri simülasyona aktarılmışlardır. Aynı zamanda uygulanan DAH yöntemi ile sunulan iyileştirme önerileri Arena simülasyon programında değerlendirilmiştir. Steur, Wesana, Dora, Pearce ve Gellynck (2016) tarafından; gıda endüstrisinde besin kayıplarını azaltmak amacıyla tedarik zinciri boyunca yalın üretim yöntemleri, değer akış haritalama ve simülasyon kullanılmıştır. Behnam, Ayough ve Mirghaderi (2017), tekstil endüstrisinde faaliyet gösteren bir giyim şirketinin üretim sisteminde mevcut israflarını tanımlamak ve önceliklerini belirlemek için DAH kullanarak bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma da DAH ve simülasyon yöntemlerinin entegrasyonu ile literatüre katkı sağlamanın yanı sıra; gerçek üretim verileri kullanılarak yapılan uygulama ile, çalışılan firmaya sonuçları analiz edilebilir iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Bu çalışmada ise; hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin Türkiye'de faaliyette olan üretim tesisindeki paketleme hatlarında, simülasyon destekli bir değer akış haritalama metodu uygulanarak gerçekleştirilen yalın üretim çalışması ile iyileştirmeler yapılmaktadır. Son yıllarda değişen tüketici davranışları ile çeşitlenen ürün gamı ve artan talepler nedeniyle paketleme hattı termin süreleri yakın, zorlayıcı üretim çizelgelerinden etkilenmektedir. Bu çalışma kapsamında paketleme hatlarının performans değerlerini arttırmak amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, Genel Hat Verimliliği (GHV) ve Operasyonel Verimlilik (OV) performans ölçütleri tanımlanmıştır. İzleyen bölümde çalışmanın metodolojisini gösteren akış tanıtıldıktan sonra; üçüncü bölümde, çalışma kapsamında seçilen iki paketleme hattı için metodolojinin uygulama sonuçlarına yer verilmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında hazırlanan değer akış haritaları ve simülasyon modeli ile elde edilen iyileştirme değerleri karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Son bölümde ise, çalışmanın sınırları ile gelecekteki çalışmalar için öneriler aktarılmaktadır.

2. Metodoloji

Çalışmanın metodoloji akışı kapsamında ilk olarak üretim hatlarında gözlemler yapılmış ve mevcut duruma dair veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler, sürece ve hatta özel olarak tasarlanan Mevcut Durum Değer Akış Haritası (MDAH) ile

görselleştirilmiş ve süreçteki israf kalemleri bu haritaların ışığında çeşitli istatistiksel süreç kontrol araçları ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi için kullanılacak yöntemlere temel oluşturmuştur. Son aşamada, geliştirilen simülasyon modeli ile karşılaştırmalı sonuçlar irdelenmiş ve Gelecek Durum Değer Akış Haritaları (GDAH) oluşturulmuştur. Bu akış Şekil 2'de sunulmuş ve uygulamada dikkat edilecek hususlar izleyen paragrafta açıklanmıştır.



Şekil 2. Metodoloji Adımları

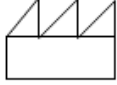

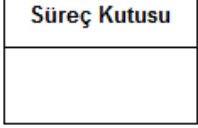
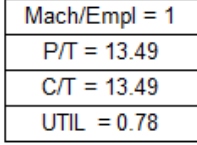
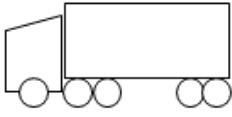

Bu çalışma araştırmacıların 2 Mart 2018 tarihinde hızlı tüketim ürünleri sektöründe aktif olarak rol oynayan bir şirket ile karşılıklı olarak iş birliği protokolü imzalaması sonucu başlatılmıştır. Bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu beyan edilmiştir.

Metodolojinin ilk adımı, Şekil 2'de de belirtildiği üzere tesisi ziyaret ederek, üretim süreçlerini gözlemlemek ve bilgi toplamaktır. Bu süre zarfında, işletmede bulunan sorunun doğru bir şekilde tespit

edilebilmesi için üç kritik unsura dikkat edilmiştir. Bunlar sırasıyla; ihtiyaç duyulacak gerekli bilgilerin belirlenmesi, dikkate alınması planlanan ürünlerin veya ürün ailelerinin seçilmesi ve son olarak iyileştirme projesinin kapsamının belirlenmesidir. Değer Akış Haritalama yönteminde, malzeme ve bilgi akışlarının üretim akışı içerisinde çizilmesi gereklidir. Paketleme hatlarında yapılacak çalışmalarda sürecin hammaddeden nihai ürüne kadar tüm adımlarını kapsayacak şekilde gözlemlenmesi, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesinde çok önemlidir. Bu nedenle, aşağıdaki bilgiler çalışma süresince toplanmış ve MDAH, toplanan veriler kullanılarak oluşturulmuştur;

- Müşteriler, tedarikçiler ve şirket içinde bulunan departmanlar arasında bilgi akışının nasıl gerçekleştiği
- Sistemde malzeme akışının nasıl gerçekleştiği
- Hatların genel süreç akışları
- Planlı duruşlar bilgisi ve kaydı (eğitim, mola, toplantı vs.)

MDAH üzerinde, her süreç adımının işlem süresi, hazırlık süresi, çevrim süresi, hat yararlanma oranı vb. gibi önemli ölçümler belirtilmiştir. Ayrıca haritalarda bilgi, malzeme ve zaman akışları gösterilerek katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan işlemler açıklanmıştır. Bilgi akışında bulunan süreçlerin manuel ya da elektronik gerçekleştiği, siparişlerin ve taleplerin zaman aralığı ve malzemelerin taşınma şekli ayrıca çizilen haritalarda DAH yöntemine özel belirlenen sembollerle ayrıca gösterilmiştir. DAH yöntemine özgü birçok sembol bulunmaktadır (Rother ve Shook, 2003). Bu çalışma kapsamında kullanılan semboller, terimler ve açıklamalar Tablo 1 ve Şekil 3'te verilmektedir.

Sembol	Tanım	Sembol	Tanım
	Müşteri/Tedarikçi Malzeme akışının başlangıç veya bitişi		Kaizen Etkinliği İyileştirme önerileri / alanları
	Süreç Kutusu Malzeme akışı arasında gerçekleşen makine, operasyon veya bölüm bilgisi		Bilgi Kutusu
	Sevkiyatlar Tedarikçiden veya müşteriye sevkiyatlar		Push (İtme) Üretim Stateji Oklarını

Şekil 3. Çalışmada Kullanılan Değer Akış Haritalama Sembolleri

Tablo 1
DAH'da Kullanılan Terimler ve Tanımları

Terim	Tanım
Mach/Emp	Makine/İşçi sayısı
P/T	İşlem süresi
St.Dev	Standart sapma
C/T	Çevrim süresi
C/O	Hazırlık süresi
UTIL	Hat yararlanma oranı
Lead Time	Teslim süresi
Takt Time	Takt süresi
VA	Katma değer üreten
NVA	Katma değer üretmeyen

MDAH oluşturulduktan sonra, israfların tespit edilmesi için tüm süreçler istatistiksel araçlar ile analiz edilmiştir. Farklı vardiyalardan örneklem almak adına kontrol sayfası oluşturulmuştur ve gerçekleştirilen ölçümler bir arada toplanmıştır. Hat belirleme ve duruş raporları analizinde Pareto analizi yöntemi kullanılmıştır. Son olarak, şirket yetkilileriyle israf analizinde Balık kılıcı diyagramı oluşturularak israf ve kök sebep analizleri gerçekleştirilmiştir. Genel Hat Verimliliği (GHV) ve Operasyonel Verimlilik (OV) süreç performans analizi için kullanılan iki göstergedir. Çalışmanın analiz aşamasında mevcut durum için bu iki gösterge değeri belirlenmiştir. Genel Hat Verimliliği planlanan üretim miktarına ne kadar ulaşıldığının yüzdesel olarak ifade edilmesidir. Gerçek üretim miktarının toplam üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanmaktadır.

$$\text{Genel Hat Verimliliği (GHV)} = \frac{\text{Gerçekleşen Üretim Miktarı}}{\text{Toplam Planlanan Üretim Miktarı}} \quad (1)$$

Operasyonel Verimlilik üretim hatlarının kullanılabilirliğini dikkate almaktadır ve gerçek

çalışma saatinin planlanan toplam çalışma saatinde bölünmesiyle hesaplanmaktadır.

$$\text{Operasyonel Verimlilik (OV)} = \frac{\text{Gerçekleşen Hat Çalışma Süreleri}}{\text{Planlanan Hat Çalışma Süreleri}} \quad (2)$$

Bu analizler neticesinde, sistemdeki darboğazlar bulunmaya çalışılmış ve belirlenen sorunlar için kök sebep analizi uygulanarak sorunun kökeni araştırılmıştır. Daha sonra, proje ekibi tarafından iyileştirme önerileri listelenmiş ve süreç paydaşlarının bulunduğu bir toplantıda, öneriler uygulanabilirlik açısından değerlendirilmiştir. Belirlenen iyileştirmelerin sürece etkileri, simülasyon yazılımına aktarılan sistem modeli ile incelenerek, senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir. Senaryo analizlerinden elde edilen en iyi sonuçlar, GDAH çizmek için kullanılmıştır. Son adımda, GDAH ile MDAH değerleri karşılaştırılarak iyileştirme sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

3. Uygulama ve Sonuçlar

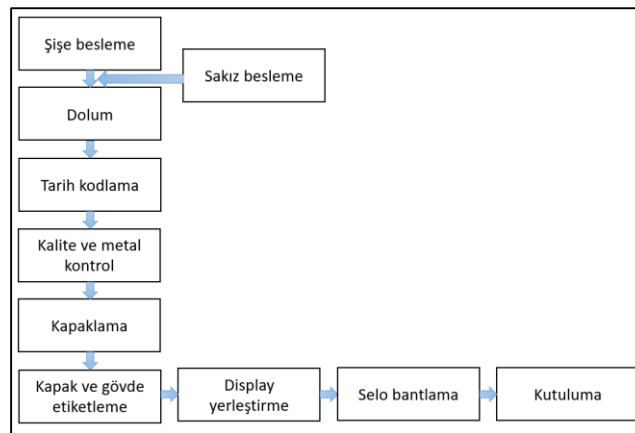
Bu çalışma hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren ve şekerleme üreten bir şirketin Türkiye üretim tesisindeki seçilen iki paketleme hattında uygulanmıştır. Uygulamanın gerçekleştirileceği hatların seçimi için, GHV ve OV analizleri yapılmıştır. 1 numaralı şişe paketleme hattı; fabrikada üretilen toplam miktarın %16'sını oluşturması ve diğer hatlar ile karşılaştırıldığında nispeten düşük GHV ve OV (GHV: %66,9; OV: %68,4) oranlarına sahip olması nedeniyle seçilmiştir. Ek olarak, kapsamlı bir yalın üretim çalışması hedefiyle, fabrikada üretilen toplam miktarın %21'ini oluşturan 5 numaralı paketleme

hattı da çalışma kapsamına eklenmiştir. Bu hatta GHV: %70,0; OV: %72,4 olarak hesaplanmıştır.

5 numaralı şişe paketleme hattında kullanılan malzemenin farklı olması sebebiyle süreç başlangıcında farklı bir işlem uygulanmasına rağmen geri kalan adımlar her iki hatta da benzerdir. 5 numaralı paketleme hattında şişe kapaklarını kaplamak üzere etiket, şişelerin gövdelerini kaplamak üzere farklı olarak 'sleeve' (giydirilmiş etiket) kullanılmaktadır. 1 numaralı paketleme hattında ise şişelerin gövde ve kapaklarını kaplamak üzere etiket kullanılmaktadır. Bu farkın, sonraki adımlarda alternatif senaryoları değerlendirirken fark edilmeyen sorunları çözme konusunda fikir verebileceği düşünülmüştür. Ayrıca seçilen hatlarda gerçekleşen paketleme işlemi, fabrikada gerçekleşen üretimin neredeyse %40'ına karşılık gelmektedir. Bu da projede sağlanan herhangi bir gelişmenin, her durumda paketleme tesisi üretim performansına önemli ölçüde katkıda bulunacağına işaret etmektedir.

3.1 Veri Toplama ve Mevcut Durum Değer Akış Haritası (MDAH) Çizilmesi

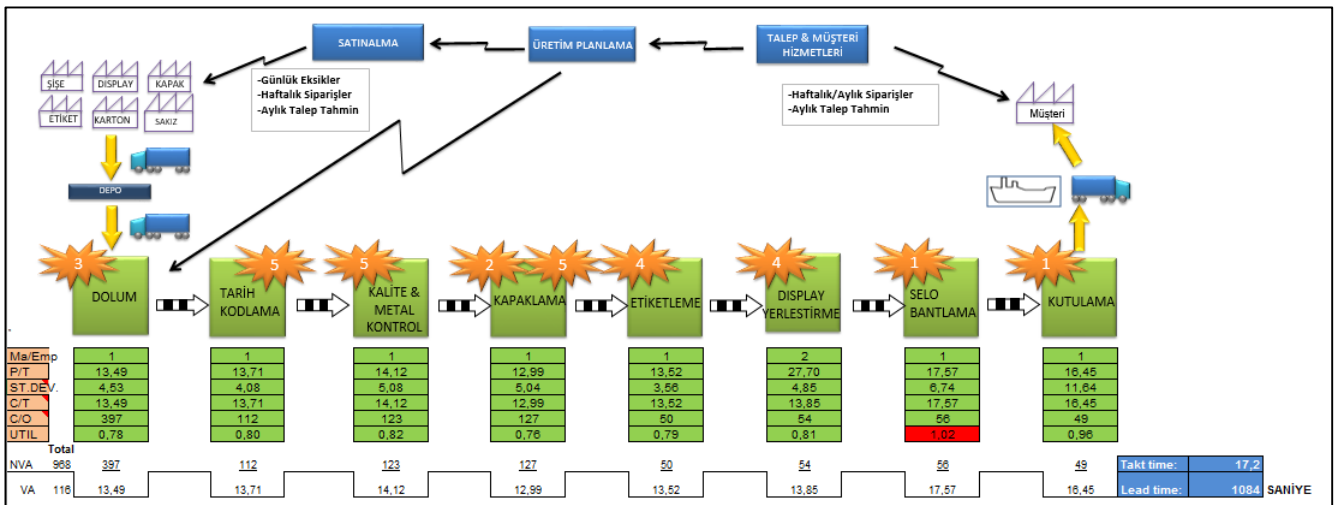
Paketleme hatlarının gözlemlenmesine bağlı olarak, Şekil 4'te gösterilen sakız şişeleme hatlarının genel süreç akışı elde edilmiştir. Her şişeleme hattında ustabaşının koordinasyonu altında beş çalışan bulunmaktadır.



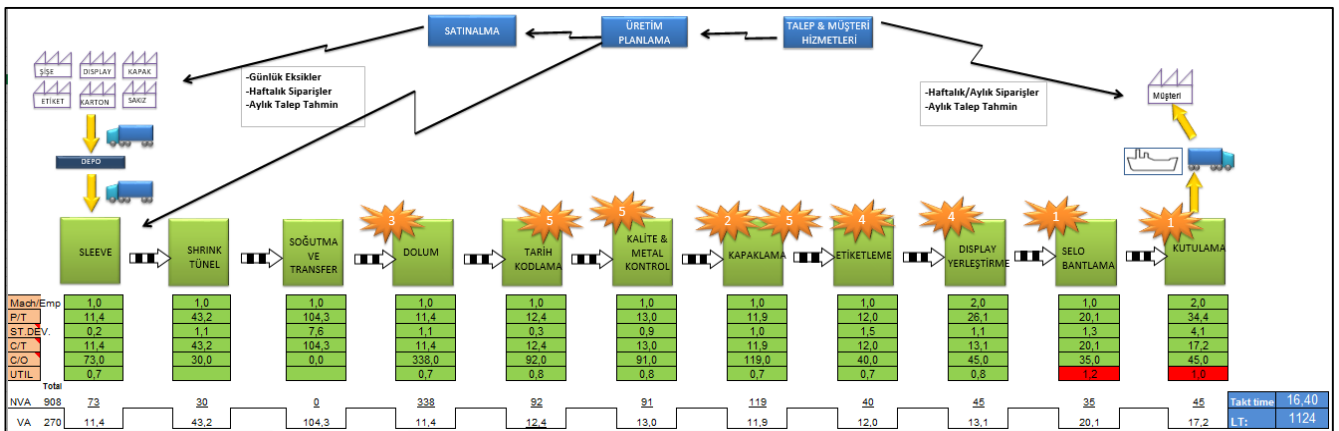
Şekil 4. Genel Şişe Paketleme Hattı Süreç Akışı

Belirlenen iki hat için gerekli tüm veriler toplanarak Şekil 5 ve Şekil 6'da verilen MDAH'lar çizilmiştir. Bu işlemler sırasında sistemi bir bütün olarak anlamak gerçekten çok önemlidir. Fabrika artan talepleri yetiştirmek adına genellikle haftanın 7 günü 3 vardiya düzeni ile çalışmaktadır. Ölçümler, üç haftalık fabrika ziyaretleri süresince farklı vardiya ve günlerden örneklemeler alınarak yapılmıştır. Böylece israfların analizi ve iyileşme önerileri sunulması için yeterli gözlem süresi sağlanmıştır. Gerçekleştirilen tüm ziyaretler sonucunda belirlenen üretim hatlarında bulunan her işlem için 200 lot'luk ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sırasında 24 adet şişe 1 parti büyüklüğü olarak kabul edilmiş ve süreçler arasında bulunan yarı mamul envanterler göz ardı edilmiştir. Bunun nedeni, şişe

paketlenme hatları sürekli bir akışa sahip olması ve süreç geçişleri arasında bulunan birikmiş envanterlerin duruş olmadığı takdirde yok denecek kadar az olmasıdır. MDAH'da müşteriler, tedarikçiler ve iç departmanlar arasındaki iletişim, bilgi akışındaki oklar ile gösterilmiş, işlem süresi, çevrim süresi ve hazırlık süresi gibi bilgiler veri hücrelerinde doldurulmuştur. Haritanın alt bölümünde, katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan aktivitelere ait süreler zaman aralığında belirtilmiştir. İyileştirmeye açık alanlar (Kaizen önerileri) yıldızlar içindeki numaralar olarak gösterilmiştir. Ayrıca analizlerde kullanılmak üzere, her ölçüm için takt süresi, ortalama teslim süresi ve hat yararlanma oranı (utilization) toplanmış ve bir ortalama alınarak belirtilmiştir.



Şekil 5. 1 Numaralı Paketlenme Hattı MDAH



Şekil 6. 5 Numaralı Paketlenme Hattı MDAH

Şekil 7'de paketleme hattının başlangıç işlemi olan dolum işleminin MDAH'daki veri hücreleri gösterilmektedir. MDAH oluşumunda 'Ma/Emp' isimli hücrede işlemi yerine getiren makine veya işçinin sayısı belirtilmiştir. Bir sonraki 'P/T' hücresinde, tüm ölçümler sonucunda 1 parti büyüklüğü olarak kabul edilen 24 şişenin ortalama dolum süresi belirtilmiştir ve bir altındaki 'ST. DEV' hücresinde dolum süresinin standart sapması gösterilmiştir. 'C/T' hücresinde dolum operasyonunun çevrim süresi yazılmıştır. 'C/O' hücresinde üretim planları değişiklikleri sonrası hattın ortalama hazırlık süresi hesaplanmıştır. 'UTIL' hücresinde çevrim süresinin, paketleme hattı takt süresine bölünmesi sonucu dolum işleminin yararlanma oranı hesaplanmıştır. Üretim planı geçişleri sırasında hesaplanan ortalama hazırlık süresi değer katmayan süre 'NVA' hücresinde, hesaplanan çevrim süresi değer katan süre 'VA' hücresinde belirtilmiştir.

Tablo 2
Örnek Ölçüm Verileri

Tarih : 09.03.2018 - 1 numaralı paketleme hattı işlem süresi ölçümleri (sn)								
1 Lot	Dolum	Tarih Kodlama	KveM Kontrol	Kapaklama	Etiketleme	Display Yer.	Selo Bantlama	Kutulama
Lot-1	13,48	13,67	14,85	10,97	22,20	32,41	21,29	8,02
Lot-2	10,57	12,47	31,57	28,09	25,85	32,21	18,89	9,34
Lot-3	11,57	11,59	11,71	10,62	18,67	15,37	16,53	9,18
Lot-4	12,19	12,17	22,47	34,70	12,22	17,33	14,05	9,17
Lot-5	11,59	12,40	25,60	11,39	12,03	12,62	14,85	6,67
Lot-6	11,08	17,87	11,89	10,97	11,57	14,10	14,92	8,05
Lot-7	10,57	11,61	11,47	10,75	11,69	9,29	23,45	40,00
Lot-8	11,12	11,31	11,35	11,37	13,39	10,41	34,73	23,23
Lot-9	11,00	10,70	12,38	23,69	12,54	9,85	14,85	8,28
Lot-10	15,99	27,43	16,51	12,21	11,89	10,61	19,87	12,33
Lot-11	16,95	10,91	11,57	11,13	12,05	11,08	15,60	13,70
Lot-12	11,68	11,77	11,51	11,56	12,17	8,63	25,35	21,67
Lot-13	10,93	19,17	11,46	10,69	12,11	9,43	20,85	19,40
Lot-14	11,57	14,41	12,51	10,91	12,03	12,39	22,28	12,49
Lot-15	11,06	11,37	12,21	13,95	12,09	12,75	16,88	15,55
Lot-16	12,75	12,01	11,84	10,81	12,75	9,00	16,27	11,14
Lot-17	26,01	11,53	11,93	14,83	11,89	11,60	25,61	7,47
Lot-18	11,56	18,90	13,20	10,92	14,05	12,49	27,47	8,37
Lot-19	11,11	11,54	11,95	12,27	12,02	11,02	18,81	8,01
Lot-20	27,76	19,32	12,94	11,14	11,89	11,63	16,43	8,03

MDAH'larda gösterilenlere ek olarak, hatlarda aşağıda sıralanan israflar tespit edilmiş ve iyileştirme önerilerinin oluşturulmasında değerlendirilmek üzere özetlenmiştir;

DOLUM	
Ma/Emp	1
P/T	13,49
ST.DEV.	4,53
C/T	13,49
C/O	397
UTIL	0,78
NVA (sn)	397
VA (sn)	13,49

Şekil 7. MDAH'da dolum işleminin veri hücreleri

Hücreleri doldurmak için farklı vardiya ve günlerde olmak üzere toplam üç hafta süresince veri toplanmıştır. Tablo 2'de bu yapılan ölçümlerden tek bir gün ve tek bir vardiya için belirli bir miktar ölçüm sayısı örnek olarak verilmiştir.

Bekleme: Şişeleme işlemi tamamlanmış paketlerin kutulama sürecinde tespit edilmiştir. Bir önceki süreç olan selo bantlama aşamasında, 1 parti (24 adet) şişenin toplanması için geçen süre, kutulamada çalışan işçilerin uzun süreler

beklemesine yol açmaktadır. Fazla bekleme, akışın ve üretim çıktısının yavaşlamasına sebep olmaktadır.

Bir diğer bekleme ise ürün geçişleri sırasında makinelerin temizlenmesi ve yeni ürüne göre kalibre edilmesi sırasında gözlemlenmiştir. Sadece bir operatörün dolum makinesi, tarih kodlama makinesi, kalite ve metal kontrol detektörleri gibi makinelerin bir sonraki üretime hazır hale getirilmesi hazırlıklarını yapmaktadır. Bu işlemi tek bir kişinin gerçekleştirmesinden kaynaklı üretim planı geçişlerinde sürecin uzadığı tespit edilmiştir.

Gereksiz Hareketler: Şişelerin “display” olarak adlandırılan kutulara yerleştirildiği süreç adımında gereksiz hareketler gözlemlenmiştir. Bir önceki süreç adımında kapakların hatalı etiketlenmesi nedeniyle display yerleştirme adımında çalışanlar etiketlerin düzeltilmesi için ekstra uğraşmak zorunda kalmaktadırlar. Bu olay neticesinde, paketleme hattında bulunan çalışanlar gereksiz işlemlerle zaman kaybetmektedirler.

Hatalı Üretim: Paketleme hatlarında sensörler aracılığıyla hatalı şişeler yeniden işlenmek üzere veya hurda olmak üzere ayrılmaktadır. Gözlemler neticesinde, hatlarda israf olarak tanımlanacak önemli bir ölçüde hurda oranı bulunmamış ve çalışma kapsamında bu israf kalemi ihmal edilmiştir.

3.2 İyileştirme Önerileri

Tanımlanan israflar sonrası, iyileştirme önerilerini sunmak ve tartışmak üzere şirket mühendislerinin de bulunduğu bir toplantı düzenlenerek olası iyileştirmeler değerlendirilmiştir. Sunulan tüm iyileştirme önerileri ve toplantıda yapılan değerlendirmeler izleyen alt bölümlerde sunulmaktadır. Toplantı neticesinde uygulanmasına karar verilen iyileştirmelerin sistemsel etkilerine dair yapılan analizler ise Bölüm 3.3 altında verilmiştir.

3.2.1 İşlem Süresi Değişkenliğinin Azaltılması (1 numaralı paketleme hattı için)

Tablo 3’te görüldüğü üzere, 1 numaralı şişe paketleme hattındaki işlem sürelerinin standart sapmalarının, 5 numaralı şişe paketleme hattındakilere kıyasla oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Süreç adımlarının ortalama standart sapması 1 numaralı paketleme hattı için 5,69 saniye, 5 numaralı hat için 1,41 saniye olarak hesaplanmıştır. 1 numaralı paketleme hattındaki yüksek sapmanın azaltılması, müşterilere sürekli bir değer akışının sağlanması konusunda gerekli bir adımdır. Standart sapmalarda ölçülen farklılıklar doğrultusunda, 1 numaralı paketleme hattının süreç adımları 5 numaralı paketleme hattını örnek alacak şekilde yeniden tasarlanması önerilmiştir. Önerilen iyileştirme ile işlem süresinin değişkenliğinin önemli ölçüde azalacağı öngörülmektedir.

Tablo 3
Süreç İşlem Süresi Ortalamaları ve Standart Sapmaları

Süreç adımları	1 Numaralı Hat		5 Numaralı Hat	
	Ortalama süre (sn)	Standart sapma (sn)	Ortalama süre (sn)	Standart sapma (sn)
Dolum	13,49	4,53	11,35	1,07
Tarih Kodlama	13,71	4,08	12,40	0,34
KaliteveMetal Kontrol	14,12	5,08	13,00	0,88
Kapaklama	12,99	5,03	11,86	1,00
Etiketleme	13,52	3,56	12,02	1,52
Display yerleştirme	27,70	4,85	26,12	1,09
Selo bantlama	17,57	6,74	20,09	1,30
Kutulama	16,45	11,64	17,20	4,10

3.2.2 Selo Bantlama Süreç Adımındaki Çevrim Sürelerinin Azaltılması (her iki paketleme hattı için)

Her iki hattın MDAH'ları analiz edildiğinde, selo bantlama süreç adımındaki çevrim sürelerinin diğer adımlara göre daha uzun olduğu görülmüştür. Ayrıca, her iki hatta selo bantlama süreç adımı için hesaplanan çevrim sürelerinin (1 numaralı hat: 17,57 saniye, 5 numaralı hat: 20,09 saniye) takt sürelerinden fazla olduğu gözlemlenmiştir (1 numaralı hat: 17,20 saniye, 5 numaralı hat: 16,40 saniye). Bu nedenle, selo bantlama süreç adımının her iki hatta sistemin darboğazı olduğu belirlenmiştir. Bu süreç adımındaki algoritmanın değiştirilmesi sistemde bulunan darboğazın ortadan kaldırılmasına olanak sağlayacaktır.

3.2.3 Hazırlık Sürelerinin Azaltılması (her iki paketleme hattı için)

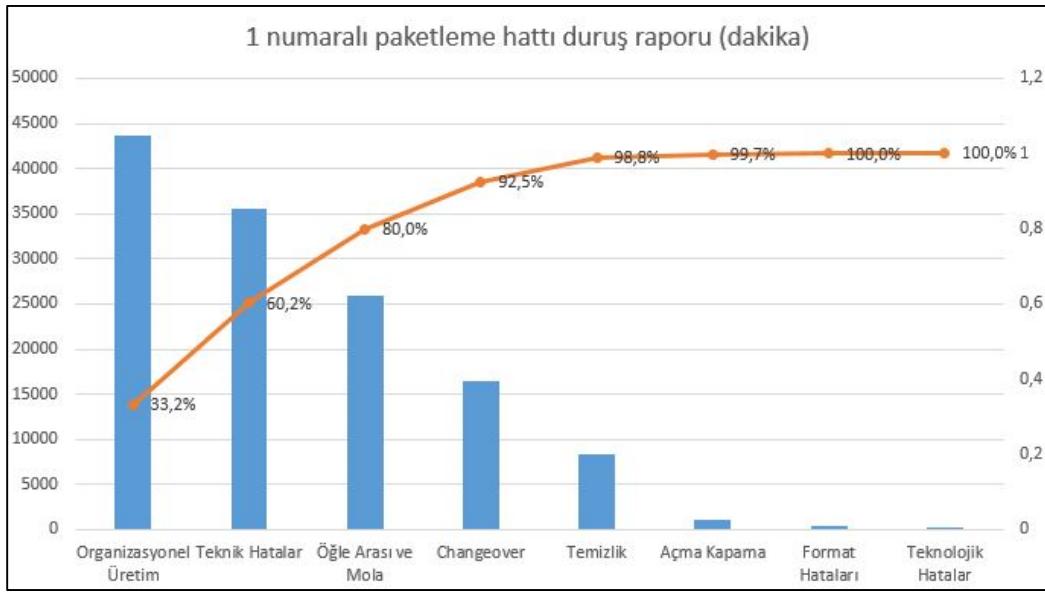
MDAH'ları incelendiğinde, 5 numaralı paketleme hattının ürün planı geçişlerinde diğer hattan daha düşük hazırlık süreleri görülmüştür. Böylelikle, 1 numaralı paketleme hattında yapılacak iyileştirmeler için, 5 numaralı hattın örnek alınması önerilmiştir. Ek olarak, dolum makinesinin kalıplarının değiştirilmesi her iki hatta da hazırlık sürelerinin uzamasına sebep olmaktadır. Bunu önlemek adına bir 5S çalışması yapmak mümkündür. Gün içindeki üretim planına göre değişimlerde kullanılacak kalıpların önceden hazır hale getirilmesi, artan hazırlık sürelerini önemli ölçüde azaltacaktır. Bu önlemin her iki hatta da uygulanabilirliği söz konusudur.

Hatlarda gerçekleştirilen ürün değişimi sonrası yetkili operatörün kritik birçok görevi bulunmaktadır. Fakat operatörün sırasıyla gerçekleştirdiği kontroller esnasında herhangi bir sorun çıkması ya da gecikmesi durumunda hazırlık süresinin de uzadığı gözlemlenmiştir. Ek olarak;

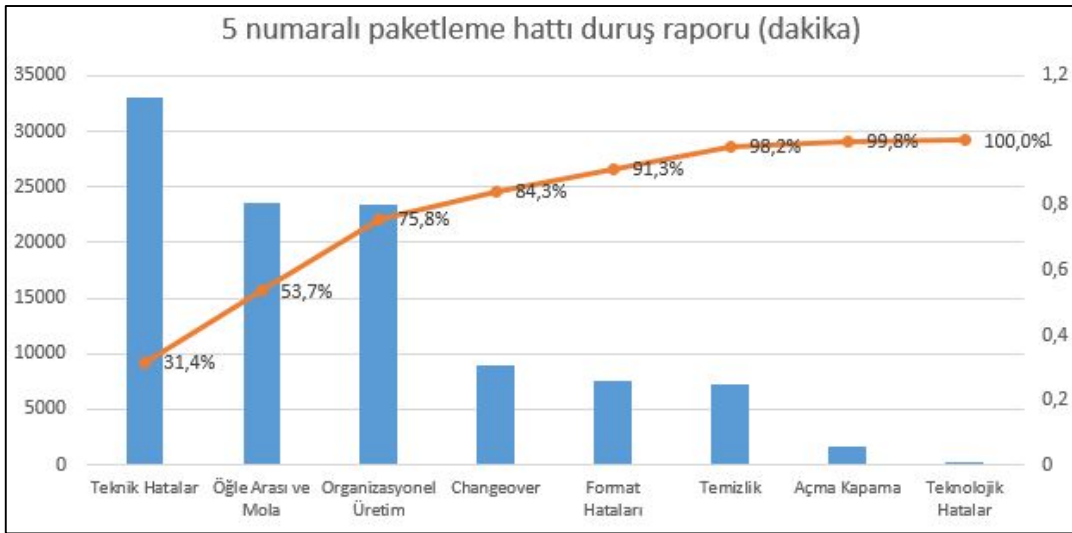
sahip oldukları yoğun iş yükü nedeniyle, paketleme hatlarında gerçekleşen herhangi bir tıkanıklık veya bozulma durumunda çalışanların aksiyon almada geç kaldıkları gözlemlenmiştir. Bu nedenle, bu tarz sorunların önüne geçilmesi adına sadece bir hat üzerinde sınırlı kalmayacak ve diğer tüm hatlara olası durumlarda desteğe gelebilecek ekstra bir çalışanın işe alınması önerilmiştir. Aynı zamanda bu gelişme, israf analizlerinde belirlenen, ürün geçişlerindeki hazırlık işlemlerini tek bir operatörün gerçekleştirmesinden kaynaklı beklemeyi azaltarak, hazırlık süresinin azaltılmasına doğrudan katkı sağlayacaktır.

3.2.4 Hat Duruş Sürelerinin Azaltılması

Yapılan gözlem ve ölçümlerden edinilen veriler sonrası hat duruşlarına dair daha fazla veri toplama ihtiyacı duyulmuş ve önceki yıla ait duruş raporları Pareto analizi ile değerlendirilmiştir. Şekil 8'de bulunan grafikten görüldüğü üzere; 1 numaralı paketleme hattında oluşan duruşların toplamda %60,20'si organizasyonel üretim ve teknik hatalar kategorilerinden oluşmaktadır. İlgili kategorilerin alt sebepleri incelendiğinde, çoğunlukla ambalaj malzemesi eksikliği ile şişe ve kapak kalitesi sorunu organizasyonel üretim duruşlarına neden olurken; kapak makinesi ve şişe besleme makinesi arızası teknik hatalar duruşlarına sebebiyet vermiştir. Şekil 9'da yer alan, 5 numaralı hatta ise 1 numaralı hatta göre organizasyonel üretim kategorisinden kaynaklı duruşların daha az yüzdelik orana sahip olduğu görülmektedir. Bu hatta en çok duruş gerçekleşme %33,20 oranı ile teknik hatalar kategorisinden meydana gelmiştir. Bu duruş sebeplerinin ortadan kaldırılması, paketleme hatlarının verimliliğini önemli derecede iyileştirecektir. Bir maliyet analizi çalışması yapılarak, yeni bir makine yatırımı ile arızalardan kaynaklı muhtemel gelir kaybının karşılaştırılması sonrası uygun bir karara varmak söz konusudur.



Şekil 8. 1 Numaralı Paketleme Hattı Duruş Raporu



Şekil 9. 5 Numaralı Paketleme Hattı Duruş Raporu

3.2.5 Uygun Etiket Spesifikasyonlarının Kullanılması

İsraf analizi bölümünde de belirtildiği üzere, kapak etiketlerinin yanlış etiketlenmesinden dolayı bir sonraki süreç adımında etiketlerin manuel olarak düzeltilmesi, bu adımın işlem süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Bu durumun yanlış spesifikasyonlu etiketlerden kaynaklı olduğu belirlenmiş ve uygun spesifikasyonlara geçilmesi öneri olarak yazılmıştır. Uygun spesifikasyonlu etiketlere geçilmesi ile, çalışanların gereksiz işlem

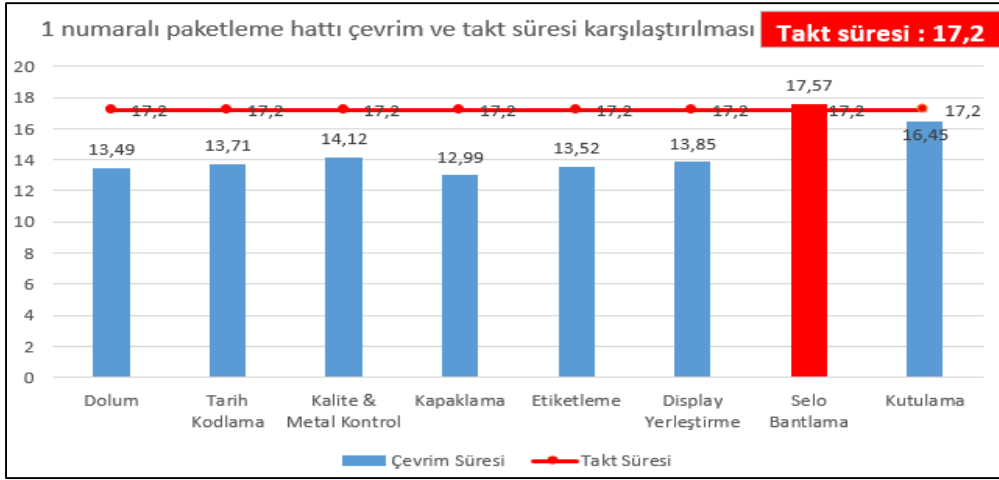
süresinin azalması ve süreç adımındaki işlemlerin çevrim süresinin artması beklenmektedir.

3.2.6 Ortalama Takt Sürelerinin Azaltılması (her iki paketleme hattı için)

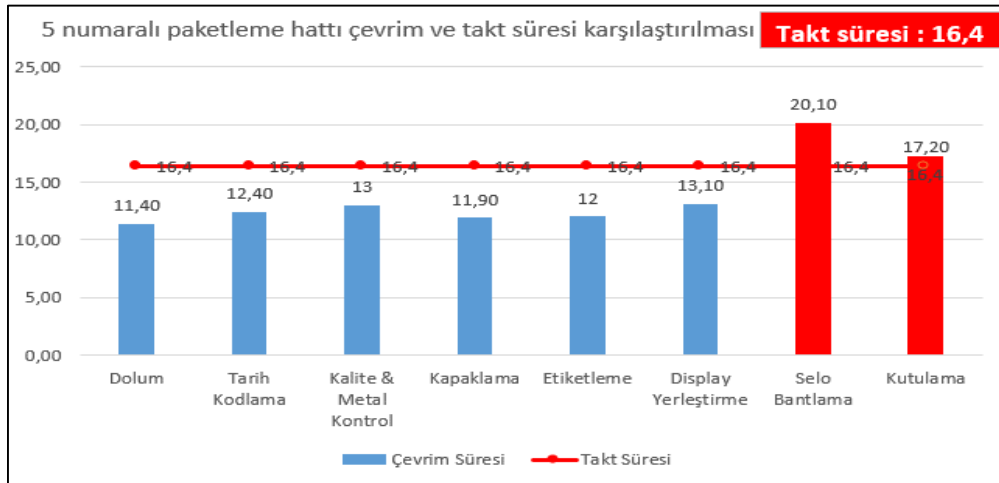
Selo bantlama süreç adımının çevrim sürelerinin her iki hatta da düzenli akış için gereken takt sürelerinden fazla olduğu gözlemlenmiştir. Selo bantlama makinesinin çalışma algoritması nedeniyle sistemin darboğazı olduğu

düşünülmektedir. Üretim oranını arttırmak hedefiyle paketleme hatlarının mevcut takt sürelerini (1 numaralı hat: 17,20 saniye, 5 numaralı hat: 16,40 saniye), olası kalite sorunları ve hat duruşları göz önünde bulundurarak uygun şekilde azaltmak mümkündür. Bu doğrultuda, takt

sürelerinin azaltılması sonrası hatların daha fazla talebi karşılanması sağlanabilecektir. Şekil 10 ve 11'de her iki paketleme hattında bulunan süreç adımlarının çevrim süresi ve takt sürelerinin karşılaştırmaları gösterilmiştir.



Şekil 10. 1 Numaralı Paketleme Hattı Çevrim ve Takt Süresi Karşılaştırması



Şekil 11. 5 Numaralı Paketleme Hattı Çevrim ve Takt Süresi Karşılaştırması

Tablo 4'te hatların ortalama çevrim süreleri ve takt süreleri gösterilmiştir. Darboğaz olarak belirlenen süreç adımı önerilen tüm iyileşmelerin uygulanması sonucu, işlem süresi diğer süreçlerin ortalamasına yaklaşacaktır ve üretim hattı sürekli

bir akışa sahip olacaktır. Bir önceki şekillerde görülen süreç adımlarının ortalama çevrim süreleri göz önüne alındığında iyileştirme için planlanan yeni takt süreleri de tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4

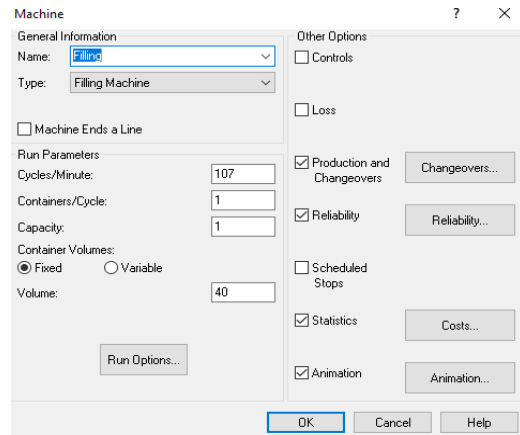
Her Hattın Ortalama Çevrim Süresi, Takt Süresi ve Yeni Atanan Takt Süresi

	Ortalama çevrim süresi (sn)	Takt süresi (sn)	Yeni takt süresi (sn)
1 Numaralı Hat	14,46	17,20	15,50
5 Numaralı Hat	13,60	16,40	15,00

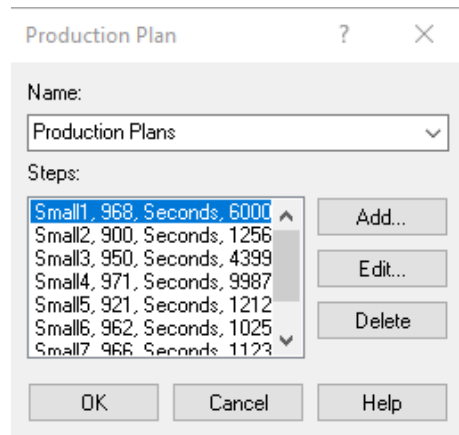
3.3 Simülasyon Modeli ile Senaryo Analizi

Bu çalışmada, saha çalışması için izin alınan süre içerisinde önerilen iyileştirmelerin uygulanmasının ve gerçek sonuçlarının gözlemlenmesinin mümkün olmaması nedeniyle ve belirlenen başlıca beş iyileştirme önerisinin bütünsel etkisinin rakamsal olarak incelenebilmesi amacıyla, sistemin simülasyon modelinden faydalanılmıştır. Paketleme hatlarının süreç adımlarının çevrim süreleri, operatör vardiyaları, ürünler ve üretim planları dikkate alınarak Arena yazılımı (versiyon 15.0) ile sistemin modeli geliştirilmiştir. Model validasyonunu sağlamak amacıyla ilk olarak üç haftalık gözlem süresince elde edilen gerçek verilere ve iş emirlerine göre toplamda 21.600 dakika (15 gün) çalıştırılmıştır.

Arena programında bulunan özel paketleme modülleri; makinelerin kurulum sürelerinin, beklenen çalışma sürelerinin, tamir sürelerinin ve güvenilirlik bilgilerinin kullanıcı tarafından atanmasına izin vermektedir. Aynı zamanda üretim planlarının programda tanımlanmasına olanak sağlayarak çalışanların ilgili görevlere atanmasını mümkün kılmaktadır. Paketleme üretim hattının modellenmesi, MDAH için yapılan ölçümlerden elde edilen veriler ile deterministik olarak kurgulanmıştır. Şekil 12'de görüleceği üzere; modelde dolum makinesi için işlem süresi, hazırlık süresi, güvenilirlik oranları tanımlanmıştır. Benzer şekilde süreç adımlarına dair diğer parametre tanımlamaları fabrika ziyaretlerinde yapılan ölçümlere göre gerçekleştirilmiştir. İş emirleri doğrultusunda seçilen üretim planları ise Şekil 13'te verildiği üzere, simülasyon modelinde üretim miktarlarına dair parametreler için kullanılmıştır.



Şekil 12. Arena dolum makinesi girdileri

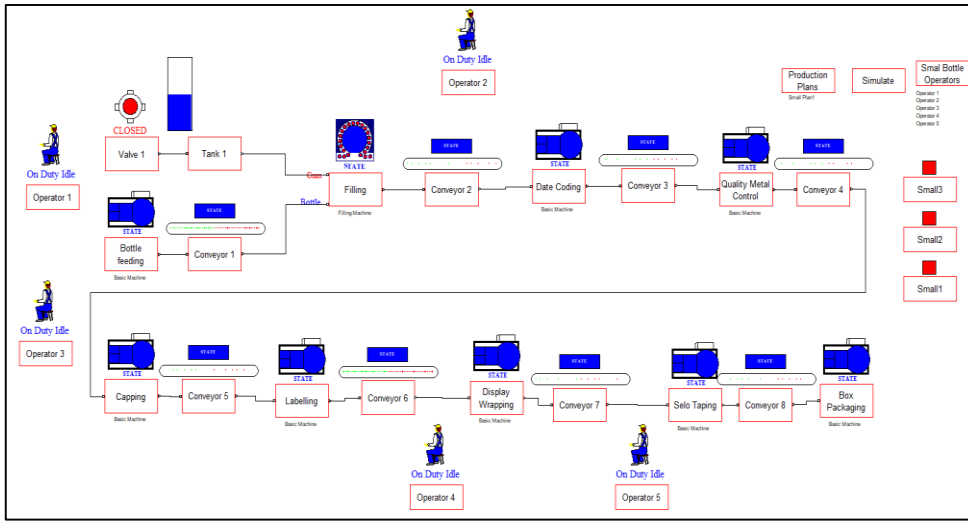


Şekil 13. Arena üretim planı girdileri

Simülasyon ortamında oluşturulan model, hattın performans değerleri göz önünde bulundurularak çalıştırılmıştır ve validasyonu sağlanmıştır. Ardından, simülasyon programı aracılığıyla önerilerin etkilerini ölçmek için çeşitli parametreler değiştirilerek senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir. GDAH'ların oluşturulması için toplamda 21.600

dakika (15 gün) ve 200 replikasyon üzerinden çalıştırılmıştır.

Şekil 14'te 1 numaralı paketleme hattı için geliştirilen simülasyon modelinin görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 14. 1 Numaralı Paketleme Hattı İçin Geliştirilen Simülasyon Modeli

Tablo 5'te listelenmiş olan senaryolar, paketleme hatlarında uygulanmak üzere belirlenmiştir. Her bir senaryonun sonucu, bir çıktı dosyasında saklanmış ve Arena programında "Output Analyzer" kullanılarak, bu çıktı dosyaları üzerinden senaryo

analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı analizler sonrasında ulaşılan en iyi sonuç ele alınarak listelenmiş iyileştirmeler, hatlarda uygulanmak üzere şirket yöneticilerine sunulmuştur.

Tablo 5
Kaizen Çalışmaları ile Beklenen İyileştirmeler

Kaizen no	Kaizen çalışmaları ile beklenen iyileştirmeler
1	Selo bantlama süreç adımının algoritmasındaki değişiklik ile selo bantlama ve kutulama işlem süresi azalacaktır. Böylece sistemde bulunan darboğaz ortadan kalkacaktır.
2	Kapaklama makinesinde yaşanan arızaların azaltılması ile işlem süresi azalacak ve müşteriye sürekli değer akışı sağlanmış olacaktır.
3	Dolum makinesinde gerçekleştirilen 5S çalışması ile hazırlık süresi önemli ölçüde kısıllacaktır. Ayrıca dolum makinesinin öncesinde bulunan şişe besleme makinesindeki arızaların azaltılması ile işlem süresi azalacaktır.
4	Etiketlerde geçilecek uygun spesifikasyon limitlerinden sonra display yerleştirme süreç adımında işlem süresi azalacaktır.
5	Ortak hatlara destek olması amacıyla işe alınan yeni çalışan ile birlikte bazı proseslerin hazırlık süresi önemli ölçüde azalacaktır.

Tablo 6'da önerilen iyileştirmelerin uygulanması ile 1 numaralı paketleme hattında edinilecek kazançlar, iyimser-ortalama ve kötümser olmak üzere 3 farklı senaryo altında tanımlanmıştır. Kötümser senaryo süreleri, mevcut durumda yapılan ölçümler

süresince elde edilen değerler olarak varsayılmıştır. Simülasyonda senaryo analizleri ile ulaşılan en iyi sonuçlar not alınarak, iyimser süreler üzerinden GDAH'ların oluşturulmasında kullanılmıştır.

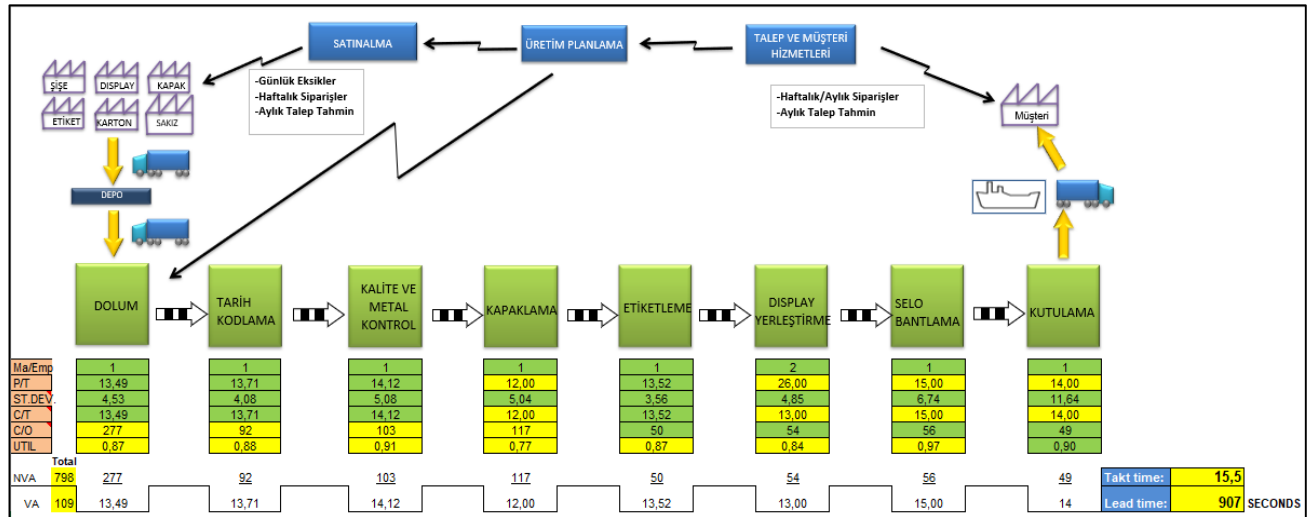
Tablo 6
Beklenen İyileştirmeler Senaryo Karşılaştırması

Kaizen no	Kaizen iyileştirme önerileri	Senaryolar				
		İyimser	%	Ortalama	%	Kötümser
1	Selo bantlama işlem süresi	15,00	14,6%	16,42	6,5%	17,57
	Kutulama işlem süresi	14,00	14,9%	15,83	3,8%	16,45
2	Kapaklama işlem süresi	12,00	7,6%	12,38	4,7%	12,99
3	Dolum makinesi hazırlık süresi	277,00	30,2%	330,00	16,9%	397,00
4	Display yerleştirme işlem süresi	26,00	6,1%	26,89	2,9%	27,70
5	Tarih kodlama hazırlık süresi	92,00	17,9%	101,00	9,8%	112,00
	Kalite ve metal kontrol hazırlık süresi	103,00	16,3%	116,00	5,7%	123,00

Sunulan iyileştirmeler ile birlikte simülasyon sonuçlarına göre 1 numaralı paketleme hattında GHV oranı %66,90'dan %70,50'ye yükselmiştir. Fabrikada bulunan paketleme hatlarının çalışma disiplini benzer olduğundan, uygulanan iyileştirmelerinin aynı zamanda diğer hatlara uygulanması sonrası genel fabrika verimlilik oranlarının da artacağı düşünülmektedir.

3.4 Gelecek Durum Değer Akış Haritası (GDAH)

Uygulamanın son aşamasında; senaryo analizleri ile elde edilen en iyi sonuçlar, GDAH'nın oluşturulmasında kullanılmıştır. Önerilen iyileştirmeler sonrası paketleme hatlarının simülasyon destekli varsayımsal sayısal sonuçlarını gösteren GDAH'ları Şekil 15 ve Şekil 16'da sunulmaktadır. İyileştirmelerin süreç adımları üzerindeki bireysel etkilerine işaret etmek üzere GDAH'da hücreler farklı renk (sarı) ile işaretlenmiştir.



Şekil 15. 1 Numaralı Paketleme Hattı GDAH

Tablo 8
Hazırlık Süresi İyileştirme Karşılaştırmalı Sonuçlar

	MDAH	GDAH	İyileşme oranı (%)
Hat No 1	968 sn	798 sn	%17,56
Hat No 5	908 sn	778 sn	%14,32

Tablo 9, simülasyon uygulaması sonucunda GHV değerinde elde edilen artışın kanıtlanması ile üretim miktarındaki artışı göstermektedir. Tabloda “mevcut durum üretim miktarı” olarak belirtilen değer, seçilen bir iş emri sonucu üretilen gerçek üretim miktarını göstermektedir. “Gelecek durum

miktarı” ise, Arena yazılımında uygulanan simülasyon modeliyle doğrulanmış iyileştirmeler sonucunda elde edilen iyileştirme oranına bağlı olarak hesaplanan üretim miktarını ifade etmektedir.

Tablo 9
Üretim Miktarı Karşılaştırmalı Sonuçlar

	Mevcut Durum Üretim Miktarı	Mevcut Durum GHV (%)	Gelecek Durum Üretim Miktarı	Gelecek Durum GHV (%)
Hat No 1	60.122	% 66,9	63.357	%70,5
Hat No 5	62.908	%70,0	65.065	%72,4

Önerilen iyileştirmelerin aynı şekilde fabrikada bulunan tüm paketleme hatlarına uygulanması sonrasında, işletme genelinde verimlilik oranlarında önemli artışların görülmesi beklenmektedir. Bu iyileşme oranları ile firma, gelişen rekabet ortamında daha fazla talebi karşılayarak rakiplerine karşı önemli bir avantaj kazanacaktır.

4. Sonuç ve Öneriler

Küresel rekabette söz sahibi olmak adına işletmeler üretim kaynaklarını daha iyi kullanarak üretkenliklerini arttırmaya hedeflemelidirler. Bu hedefe bağlı olarak şirketler, diğer organizasyonlara karşı rekabet avantajı elde etmek amacıyla yalnız üretim prensiplerini giderek daha fazla uygulamaktadırlar. Bu çalışmada da hızlı tüketim sektöründe faaliyet gösteren çok uluslu bir şirketin Türkiye tesisindeki paketleme hatlarında bir yalnız üretim uygulanması gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın amacı; sistemdeki israfları ortadan kaldırarak verimliliği arttırmak ve böylece

yükselmekte olan müşteri taleplerini daha rahat karşılayacak bir sisteme ulaşmaktır.

Çalışma kapsamında sistemdeki iki şişe paketleme hattına odaklanılarak, farklı günler ve vardiya saatlerinde yapılan ölçümler etkili yalnız üretim araçlarından biri olan DAH ile analiz edilmiştir. Ayrıca, Arena yazılımı kullanılarak seçilen hattın simülasyon modeli geliştirilerek, DAH analizleriyle tespit edilen iyileştirme önerileri simülasyon modeline entegre edilmiştir. Gerçekleştirilen senaryo analizleri neticesinde, simülasyon modeliyle doğrulanmış iyileştirmeler, GDAH'nın oluşturulmasında kullanılmıştır.

Çalışmanın sonunda önerilen iyileştirmeler bağlamında, teslim süresi, hazırlık süresi, verimlilik ve üretim oranında önemli gelişmeler elde edilmiştir; GHV'nin %66,90'dan %70,50'ye artışının sağlanabileceği kanıtlanmıştır. Dolum makinesinde gerçekleştirilen 5S çalışması ve ortak hatlara destek olması için işe alınan çalışan ile birlikte üretim geçişlerinde hazırlık sürelerinin en az %14 oranında azalacağı öngörülmüştür. Ayrıca bu iyileştirme toplam üretim süresinin azalmasına önemli bir oranda katkı sağlamaktadır. İlave olarak,

darboğaz olarak belirlenen proses haricindeki her prosesin büyük farklarla takt zamanı altında çalıştığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, darboğazın sistemden kaldırılması sonrası yeni takt zamanlarının atanması gerçekleşmiştir. Son olarak, simülasyon modeliyle elde edilen gelecek durumda GHV değerlerinin yükselmesiyle birlikte her iki paketleme hattının üretim kapasitelerinde toplamda %6 oranında bir artışın gerçekleşeceği gösterilmiştir. Bu gelişme, yüksek rekabetin yaşandığı hızlı tüketim sektöründe firmaya daha fazla müşteri talebini karşılama fırsatı sağlayacaktır.

Gelecek dönem çalışmaları için; planlanan duruşlar, kayıplar ve sensörler dahil olmak üzere stokastik veriler kullanılarak daha ayrıntılı bir simülasyon modellemesinin geliştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca, proje kapsamında ihmal edilen hatalı üretim sebeplerinin de araştırılarak kapasite analizi çalışmalarının yapılması ile zorlu piyasa koşullarında firmaya önemli bir avantaj sağlanacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Verilerin toplanması ve analizindeki desteklerinden dolayı Hümrâ Özker, Samet Karataş ve Eren Ay'a teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Oğuz EMİR, bilimsel yayın araştırması, verilerin toplanması, DAH oluşturulması ve veri analizi, simülasyon modelinin geliştirilmesi ve makalenin oluşturulması; Zeynep GERGİN, DAH oluşturulması, veri analizi ve makalenin oluşturulması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Abdulmalek, F. A. ve Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production*

Economics, 107(1), 223-236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>

Adalı, M, Kiraz, A, Akyüz, U, Halk, B. (2017). Using value stream mapping technique through the lean production transformation process: An implementation in a large-scaled tractor company. *Sakarya University Journal of Science*, 21 (2), 242-251. DOI: <https://doi.org/10.16984/soaufenbilder.283787>

Akburak, D. Gültekin, S. Kara, B. (2017). *A Value Stream Mapping Study For Ground Operations Processes İn Atlas Global Airlines*. Undergraduate Thesis, İstanbul Kültür University, İstanbul

Alukal, G. (2003). Create a Lean, Mean Machine. *Quality Progress*, 36(4) 29-34.

Behnam, D., Ayough, A. ve Mirghaderi, S. H. (2017). Value stream mapping approach and analytical network process to identify and prioritize production system's Mudra (case study: Natural fibre clothing manufacturing company). *The Journal of The Textile Institute*, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1322737>

Bilgin Sarı, E. (2018). Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (56), 67-81. Erişim adresi : <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpusbe/issue/36761/370934>

Birgün, S., Gülen, K., Özkan, K. (2006). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (9), 47-59. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd/issue/21349/229015>

Bulut, K, Ulutay, H. (2016). Value Stream Mapping: A Case Study of Furniture Industry. *International Journal of Engineering Research and Development*, 8(1), 48-55. DOI: <https://doi.org/10.29137/umagd.346143>

Doğan, N., Ersoy, Y. (2016). Hizmet Sektöründe Değer Akış Haritalama Uygulaması: Bir Üniversite Araştırma Ve Uygulama Merkezi Örneği . *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (48), 103-116. Erişim adresi : <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpusbe/issue/26800/283330>

- Ertay, T., Birgün Barla, S. ve Kulak, O., (2001), "Mapping the Value Stream for a Product Family towards Lean Manufacturing: A Case Study", CD-ROM of International Conference on Production Research ICPR-16, Prague.
- Hines, P. ve Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations ve Production Management*, 17(1), 46-64. DOI: <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Kaynak, R., Akyürek, T., ve Karataş, B. (2015). Yalınlık Yolunda Değer Akış Haritalama Yöntemi ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. 15.Üretim Araştırmaları Sempozyumu Ege Üniversitesi,14-16 Ekim 2015, 521-529.
- Krafçık, J.F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, 30, 41-52. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). Erişim adresi : <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2270906>
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R. ve Alvelos, H. M. (2015). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708-1720. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- Lian, Y.H., Van Landeghem, H. (2007). Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator, *International Journal of Production Research*, 45:13, 3037-3058, DOI: <https://doi.org/10.1080/00207540600791590>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles*. London: McGraw-Hill.
- Meudt, T., Metternich, J. ve Abele, E. (2017). Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. *CIRP Annals*, 66(1), 413-416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.005>
- Nash, M.A., Poling, S.R. (2008). *Mapping the total value stream: a comprehensive guide for production and transactional processes*. CRC Press, Productivity Press, New York
- Rother, M. ve Shook, J. (2003). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute.
- Shah, R. ve Ward, P. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/s0272-6963(02)00108-0)
- Steur, H. D., Wesana, J., Dora, M. K., Pearce, D. ve Gellynck, X. (2016). Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review. *Waste Management*, 58, 359-368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025>
- Suhadak, N. S., Amit, N. ve Ali, M. N. (2015). Facility Layout for SME Food Industry via Value Stream Mapping and Simulation. *Procedia Economics and Finance*, 31, 797-802. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01169-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01169-7)
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., ve Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292-1298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>
- Womack, J. P., Jones, D. T. ve Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: Based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates.