






Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Demir-Çelik Üretim Hattında Yalın Üretim

 Taner ERSÖZ^{a,*},  Karanfil SARIZ^b,  Filiz ERSÖZ^c

^a Aktüerya ve Risk Yönetimi Bölümü, İşletme Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

^b Endüstri Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

^c Endüstri Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: tanererso@karabuk.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.571724

ÖZET

Dünyada hızla gelişen teknoloji ile birlikte firmalar artık hem ulusal alanda hem de uluslararası alanda rekabet edebilmek için kendilerini sürekli geliştirmek zorundadır. Bu anlamda kalite, maliyet ve müşteri memnuniyeti gibi kavramlar gün geçtikçe daha önemli hale gelmekte ve yalın üretim işte bu noktada modası geçmeyen bir üretim olarak karşımıza çıkmaktadır. 1950'ler de Toyota Üretim Firması ile temelleri atılan yalın üretim bugün hale güncelliğini korumaktadır. Sıfır hata ve sıfır stok ilkesini benimseyen yalın üretim hem üretim sektöründe hem de hizmet sektöründe de uygulanmaktadır. Yalın üretim uygulayan işletmeleri maliyetlerini azaltmakta ve kaynaklarını verimli kullanabilmektedir. Bu çalışmada bir demir-çelik üretim hattında yalın üretim uygulaması yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanarak işletmeye önerilerde bulunulmuştur. Araştırmada değer akış haritalama yöntemi ve sistem benzetimi ve modellemesi ile üretim sürecindeki performanslar ortaya koyulmuştur. Aynı zamanda sevkiyat bölümündeki stoklar da azaltılmış, emniyet stoku yeterli olacak şekilde süreç iyileştirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında işletmede yapabilecek iyileştirmeler önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Demir-Çelik, Yalın Üretim, Tam Zamanında Üretim, Değer Akış, Simülasyon

Lean Production in Iron and Steel Production Line

ABSTRACT

With the rapidly developing technology in the world, companies now have to continuously develop themselves to compete for both in the national and international arena. In this sense, concepts such as quality, cost and customer satisfaction are becoming more and more important and lean production emerges as a production that does not go out of fashion at this point. Lean production, which was founded in the 1950s with the Toyota Manufacturing Company, is still up to date. Lean manufacturing adopting the principle of zero defect and zero stock is applied both in the production sector and in the service sector. Lean production enterprises can reduce their costs and use their resources efficiently. In this study, lean production was applied in an iron and steel production line and the results were interpreted and recommendations were made to the company. In the research, performances in the production process were revealed by the value flow mapping method and system simulation and modeling. At the same time, inventories in the shipment department have been reduced and the process has been tried to be improved so that the safety stock is sufficient. In light of the results obtained, improvements that can be made in the enterprise are proposed.

Keywords: Iron and Steel, Lean Production, Just in Time Production, Value Flow, Simulation.

I. GİRİŞ

Günümüzde firmalar rekabette kalmak ve sürekli kâr edebilmek için maliyetleri azaltmakta kaliteyi arttırmaktadır. Geçmişten günümüze kadar müşteri memnuniyetini sağlamak için firmalar daha çok müşteriye odaklanmıştır. Tek renk aynı modelde ürün üreten seri üretimden artık müşterinin zevkine göre ürün üreten çok çeşitli üretim yapan firmalar bulunmaktadır. Yalın üretim bu konuda her daim ürün çeşidini arttırmış maliyeti sürekli azaltmayı hedeflemiştir. Yalın üretim firmaları bir adım ileriye taşımaktadır.

Emek-sanat türü üretimle başlayan üretim süreci vasıflı işçilerle kişiye özel ürünler üretilmiştir. Daha sonra Henry Ford'un seri üretim sistemi ile maliyetler düşürerek ölçek ekonomisinden yararlandığı üretim süreci başlamıştır. Bu sistem ile daha çok kitleye ulaştırılmaktadır. Seri üretimin devam ettiği bu dönemlerde yalın üretim sistemi Japonya'da temelleri atılmıştır. Çok çeşitli düşük maliyette ürün üretmektedir.

Bu çalışmanın amacı, demir çelik sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmede yalın üretim tekniklerinin uygulanabilirliğini göstermektir. İlk bölüm toplam kaliteyi açıklamakla başlamış, daha sonra yalın üretim sistemi daha detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Uygulama kısmında ise değer akış haritalamadan faydalanılmıştır. Mevcut durum haritası çizildikten sonra stok alanları belirlenmiştir. Bu stoklar israf olarak görülmektedir. Ayrıca sistemde oluşan stokları ARENA simülasyon yöntemi ile de gösterilmiştir. Sistemde yapılan iyileştirmeler hem gelecek durum haritasında hem de iyileştirilmiş durum simülasyonunda gösterilmiştir.

II. YALIN ÜRETİM

Yalın üretim firmalarda bir kurum kültürü oluşturduğu için çok önemlidir. Şahin [1] yaptığı çalışmada da yalın üretimin 1950'li yıllarda Japonya da Toyota Motor İşletmesi tarafından ortaya çıkarılan bir üretim felsefesi olduğunu belirtmiştir. II. Dünya savaşı sonrasında ekonomisi çökmüş olan bu ülkede araba üretmek bir hayalmiş gibi görünse de Toyota şirketinin dahi çocukları Eiji Toyoda ve Taiichi Ohna tarafından bu hayal olmaktan çıkmıştır. Çalışmanın devamında bir dahi olan Eiji Toyoda'nın Henry Ford'un Rogue'deki firmasında araba üretimini incelemek ve bunu kendi ülkesine uyarlamak için Amerika yolculuğu yapmış olduğu belirtilmiştir. Bu yolculukta fabrikadan elde ettiği gözlemler sonucu üretim sistemini Japonya 'da uyarlamak pek mümkün görünmemiştir. Üretim sisteminde israfların fazla olması ve Japon ekonomisinin içinde bulunduğu durum bunu yapmaya pek elverişli değildir. Bunun üzerine Eiji Toyoda Taiichi Ohno'ya fikirlerini ve gözlemlerini anlatmış ve hala günümüzde bile hayranlıkla takip edilen bir üretim felsefesinin tohumlarını yeşertmişlerdir.

Yalın üretim bir akış boyunca katma değer yaratmayan tüm adımların elimine edilmesidir. Yalın üretim sistemdeki tüm israflara adeta savaş açmaktadır. Bir işlemi yaparken daha az kaynak kullanarak müşteri ihtiyaçlarına uygun ürünler üretmektir.

Yalın üretim sisteminin yegâne amacının, değerini hammaddeden başlayarak nihai müşteriye ulaşana kadarki geçen sürenin kesintisiz bir şekilde akmasını sağlamaktır, Aksu [2]. Buna ulaşmanın temel yolu değer zincirine bir bütün olarak bakabilmek, israfları tespit edip ortadan kaldırabilmek ve müşteri için kusursuz bir süreç yaratabilmektir. Yalın üretim bir başka deyimle; daha az kaynakla, daha hızlı

bir şekilde, daha uygun fiyatlarla ve hatasız üretimle birlikte müşteri istek ve ihtiyaçlarına karşılık için en az israfla, bütün üretim kaynaklarından esnek bir şekilde faydalanmaktır. Yalın üretim mutlak doğruyu kabul etmeyen sürekli sistemi sorgulayan ve mükemmelliği arayan bir sistemdir.

Yalın üretim için süreç basit bir şekilde ilerlemektedir. Yalın üretimin uygulanması için ilk koşul, üst yönetimin süreci başından sonuna kadar desteklemesi gerekmektedir. Aynı zamanda yalın üretim iyi bir liderlik gerektirir. Yalın üretimde liderlik görevini üstlenen kişi, yalın üretim için işletmede örgüt kültürü oluşturması ve bunu işçilere empoze etmesi gerekmektedir. Yalın üretimde önemli koşullardan biri de işçinin işini kaybetmeyeceği teminatı verilerek, işçinin de bu süreçte aktif bir rol oynamasını sağlamaktır.

Kılıç ve Ayvaz [3] yaptığı çalışmada Eiji Toyoda'nın başlattığı bu devrimi Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Kiickiro Toyada takip ettiğini belirtmiştir. Amerika'ya yapılan seyahatler artırılmış sistemdeki hatalar gözlenmiştir. Asrın deha mühendisi Taiichi Ohno yalın üretimin en önemli tekniği JIT (Just in time) Amerikan süpermarketlerinden ilham alarak yapmıştır. Gözlemleri sonucu müşteriler raflardan istediği ürünleri istediği zamanda çekmekte ve tüketilen ürünler hemen raflara konmaktadır. Bu sistem pazardaki müşterinin neyi talep edip etmeyeceği konusunda çok önemli ipuçları vermektedir. Tam zamanında üretimin kullanılmasında "Kanban" adı verilen kartlarla, neyin ne zaman üretileceği işçilere bir ışık tutmuştur.

Yalın üretim aynı zamanda tedarik sürecini de dikkate almaktadır. Jones ve Womack'ın [4] yazdığı "Yalın Çözümler" adlı kitabında "Tesco" ve "Seven Eleven" adlı marketlerin tedarik sürecinde yalın üretimle nasıl başarılı olduklarını anlatmaktadır. Bu süreç boyunca gereksiz işlemlerini elimine eden bu firmalar kısa zamanda gereksiz dağıtım merkezlerinden kurtulmuş ve günlük olarak yapılan sevkiyatlar sonucu müşterilerin talep ve ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Böylelikle yalın üretim sadece Japon kültürüne ait olmadığı ve evrensel olduğu net bir şekilde anlaşılmıştır.

Yalın üretim literatürde birçok isimle anılmaktadır. Yalın üretimde kavramı literatürde; Toyoda Üretim Sistemi, Tam Zamanında Üretim, Stoksuz Üretim gibi birçok farklı şekilde kullanılmaktadır. Türkan [5] yaptığı çalışmada yalın üretim kavramı ilk defa Harward Üniversitesi araştırmacısı John Krafrick tarafından yapılmış olduğunu belirtmiştir. Krafrick, Toyota Motor İşletmesi'nde oluşturulan yeni üretim organizasyonun özünü ifade etmek amacıyla bu kavramı geliştirmiştir. Krafrick yalın üretim terimini kullanmasının nedenini, yeni sistemin Fordist üretime göre her şeyi daha az talep etmesinden kaynaklandığını belirtmiştir.

III. YALIN ÜRETİM VE GELENEKSEL ÜRETİM SİSTEMELERİ İLE KIYASLANMASI

Emek-sanat üretim türü yüksek maliyetli kişiye özel az miktarda üretimi gerçekleştirmektedir. Seri üretim ise aynı üründen düzinelerce üreterek ölçek ekonomisi sayesinde birim maliyetleri düşürmekte emek-sanat türü üretime göre daha etkin ve daha az maliyetli olmaktadır. Daha sonra gelen yalın üretim ise emek-sanat üretim türünün yüksek maliyetini azaltarak ve seri üretimin eksikliği olan ürün çeşitliliğini artırarak üretimde kolaylıklar sağlamıştır.

Seri üretimle yalın üretimin arasındaki en büyük farklardan birisi kalite anlayışıdır. Arslan [6] yaptığı çalışmada da seri üretimde “yeterince iyi” kabul edilebilir bir seviye iken, yalın üretim anlayışında; sıfır hata, sıfır stok, sıfır maliyet, çok çeşitli ürünlerin olması gerektiğini anlatan mükemmellik arayışının içindedir. Berber [7] yaptığı çalışmada yalın üretimde işçiler hatalı bir ürün gördüklerinde hattı durdurup sorunun kök nedenini araştırmakta iken, seri üretimde işçiler üründe hata görseler bile sürekli çalışmak durumdadırlar. Seri üretimde hatalar hattın sonundan düzeltilmekte kaliteye gösterilen bu özen yüksek hurda ve maliyete neden olmaktadır.

Yalın üretimle seri üretimin arasındaki diğer farklardan biri de işçiye verilen kıymettir. Seri üretimde işçi hatta sürekli çalışan bir robot gibi görünürken yalın üretimde işçiler sisteme değer katan kişiler olarak görülmektedirler. Yalın üretimde işçiler birbiriyle fikir alışverişi yapan aktif katılımcılar olurken seri üretimde üretim de hiçbir söz sahibi olamayan pasif çalışanlar bulunmaktadır. Yalın üretim işçilerine birçok eğitim vermektedir. Kaizen çalışmaları adı altında üretimde çalışanların vasıtasıyla düşük maliyet ve yüksek etkinlik oluşturulmaktadır. Yalın üretim takım çalışmalarına da olan desteği arttırırken seri üretimde bu durum mevcut değildir.

Yalın üretimle bir *çekme* sistemidir. Yani müşteri herhangi bir talepte bulunmadıkça sistemde hiçbir ürün üretilmektedir. Seri üretim ise *itme* sistemidir. Önceden yapılan tahminler sonucu yüksek miktarda ürün üretmekte ve bu ürünleri piyasaya sürmektedirler. Böylece yalın üretimde gereksiz üretimin önüne geçilirken seri üretimde gereksiz stoklar da oluşabilmektedir.

Yalın üretim yatay entegrasyona önem verirken, yani bölümlerin birbiri ile olan bağlantıları yüksek iletişim kuvvetli iken seri üretim dikey entegrasyon geçerlidir. Yalın üretimde iç müşteri ve dış müşteri kavramı geliştirilmiştir. Bir bölüm diğer bölüm müşterisi olabilir bu da iletişimin kuvvetli olması anlamına gelmektedir. Ancak seri üretimde bu mevcut değildir.

IV. YALIN ÜRETİM VE YALIN ÜRETİME İLİŞKİN KAVRAMLAR

Yalın üretim teknikleri “Yalın Düşünce” adlı kitabın yazarları Jones ve Womack [8] tarafından bir üretim sürecinde bütün israfların ortadan kaldırılması ve ürünün hammaddeden başlayarak müşteri memnuniyeti ile sonuçlanan sürecin kesintisiz işlemesi yani yalınlaşmayı gerçekleştirmek için yaptığı birçok araştırma ve gözlem sonucu elde ettikleri bilgileri damıtarak yalın üretim ilkelerini keşfetmişlerdir. Yalın üretimde değer, değer akışı, akış, çekme, mükemmellik olmak üzere beş temel ilke mevcuttur.

Yalın üretim mükemmellik arayışında israfların ortadan kaldırılması için de uğraşmaktadır. Taiichi Ohno'nun günümüzde israfı ortaya çıkarmak için temel alınan gruplandırmadaki yedi israf sınıflandırmadan bahsetmiştir [9]. Yedi temel israf üretimde katma değer yaratmayan faaliyetlerin azaltılması için işletmelerin en aza indirilmesi gereken durumlardan oluşmaktadır. Bunlar:

Fazla Üretim: Sürekli üretim yapan firmalarda müşterinin almaya istekli olmadığı her fazladan ürün firma için israftır. Fazla üretim hem stok oluşturduğu hem de makinelerin toplam verimliliğini düşürdüğü için israf oluşturmaktadır.

Bekleme: İşçilerin hammadde beklemesi, bir önceki süreci beklemesi vb. israfları oluşturmaktadır.

Taşıma: Bir ürünü veya bir malzemeyi bir yerden bir yere taşıma israfı artırmaktadır. İşletme taşıma miktarını minimum seviyeye indirgeyecek şekilde plan yapmalıdır.

Fazla İşlem: Tamir, ayar, hataları düzeltme gibi üretime ek işler ekleyen tüm faaliyetler israftır.

Envanter: Yalın üretimde her türlü stok israf olarak görülmektedir. Envanter üretim içinde hataları gizlediğinden dolayı da israf olarak görülmektedir.

Hareket: Çalışanın işine değer katmayan her türlü hareket israftır.

Hatalar: Üretilen ürünün müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılamama durumunu ifade etmektedir.

V. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

Toyota Üretim Sistemi birçok israf karşısında yalın üretim teknikleri geliştirmiştir. Bu teknikler sayesinde yalın üretim daha da yalınlaşma yolunda büyük adımlar atmışlardır. Yalın üretim sistemi, müşterinin talebinin en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuza ve hatasız olarak karşılanmasını hedefler. Yani, sıfır hatalı, tam zamanında, küçük partiler halinde ve yüksek çeşitlilikte üretim yapılması öngörülür. Yalın üretim sisteminin hedeflerinin hayata geçirilmesini sağlayan etkin yöntemler ve teknikler mevcuttur. Bu teknikler Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Yalın Üretim Teknikleri

Bu kavramlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Tam zamanında üretim (TZÜ), genellikle gerekli ürünlerin gerekli miktarda gerekli zamanda uygun kalitede elde edilmesi işlemidir. TZÜ sistemi gereksiz üretim ve stokları ortadan kaldırarak israfların önüne geçmektedir. Taiichi Ohno [10]'nun "Toyota Ruhu" adlı kitabında Toyota Üretim Sistemi'nin temel amacının bütün israfların ortadan kaldırılması olduğunu ve bunu sağlayan JIT ve Oto-Aktivasyon olarak iki önemli teknik olduğundan bahsetmiştir. Tam zamanında üretimin uygulanması çok zor olan bir sistemdir. Küçük bir hata bile sistemde birçok yanlışı beraberinde getirmektedir.

Kanban, Japonca "sinyal kartı" anlamına gelmektedir. Kanbanın işlevi fabrika içi akışı kontrol etmektir. Kanban, üretim hatları arasında çekmeyi ve tam zamanında üretimi sağlayan bir araçtır. Tam zamanında üretim içinde en büyük yardımcıdır.

5S sistemi; bir kuruluşa çalışma ortamının kalitesini arttırmak, düzeni sağlamak için kullanılan bir yöntemdir. Aksu [2]'nin de çalışmasında belirttiği gibi 5S Japonca da Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke olan beş kelimenin baş harflerinden oluşmaktadır. Ülkemizde temizlik, eğitim ve disiplin, standartlaşma, düzenleme ve yerleştirme, sınıflandırma ve ayıklama olarak telaffuz edilmektedir.

Yılmaz [11]'de yaptığı çalışmasında Poka-Yoke'nin 1961 yılında Toyota Firmasının mühendislerinden Shigeo Shingo tarafından ortaya atıldığını belirtmiştir. Poka, Japoncada dikkatsizlik, dalgınlık anlamına gelirken "Yoke" ortadan kaldırma, elimine etme anlamına gelmektedir. Shigeo Shingo elde ettiği gözlemler sonucu hata ve kusur kavramının farklı şeyler olduğu anlamış, hataların kaçınılmaz olduklarını ve kusurlarında insan kaynaklı olduğunu fark etmiştir. Ne kadar eğitim verilse de insan kaynaklı hatalar olabilmektedir. Bu hataların önüne geçilmesi gerekmekte böylece kaliteden ödün verilmemektedir. Örneğin, Toyota Firması yıllar boyunca kalitesini arttırmak için çalışmıştır.

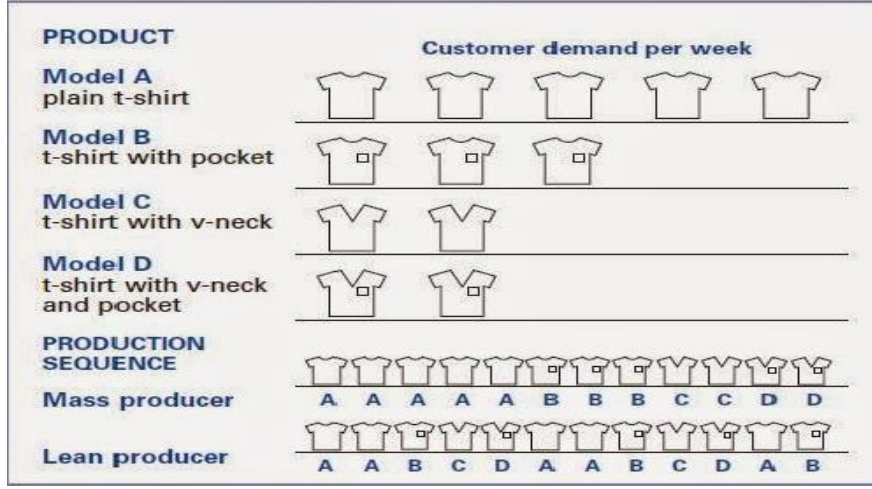
Fabrikalarda atölyeler arasında birçok stok durumu ile karşılaşılabılır. Atölyeler arasında biriken stokların miktarı artmakta, makinelerin yanında işlenmeyi beklemektedir. Buna karşın yalın üretim beklemlerin önüne geçmek, stokların miktarını azaltmak için makineleri işlem sırasına göre sıralamıştır. Hiçbir makine kendisinden önceki parçayı beklememekte ve daha sonra kendisi hızla işleyerek diğer makineye göndermektedir. Makinelerin bu şekilde art arda dizilmesine "süreç bazlı hat" ya da "süreç bazlı yerleşim" denilmekte ve parçaların art arda aktarılmasına tek parça akışı denilmektedir.

Üretimde esnekliği sağlamak ve çekme sistemini uygulayabilmek için üretim öncesi kalıp değişimi gibi birtakım hazırlık faaliyetleri standart hale getirilmelidir. Bunu sağlayan metot da SMED' dir [12]. SMED (Single Minute Exchange of Dies: Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi) tekniğini küçük partiler halinde üretim yapılması için kalıp değiştirme süresinin düşürülmesi gerekmektedir. Bu sürelerin tekli dakikalarda gerçekleşmesi sistem için daha verimlidir.

Heijunka (Karışık Yükleme), çok farklı tipte ürün üreten firmaların talepleri karşılayabilmek için ürünleri belirli sayılarda ve sırayla üretme işlemine denilmektedir. Karışık yükleme sayesinde stoklar azalır, hat dengelenir ve müşteri istediği zamanda istediği ürün rahatlıkla talep edebilir.

Şekil 2'de gösterilen haftalık müşteri talebi örneğinde bir tekstil firması A, B, C ve D olmak üzere dört farklı ürün üretmektedir [11]. Haftalık talep miktarları A modeli için 5, B modeli için 3, C ve D modeli için ikişer adettir. Seri üretim zihniyetiyle düşünürsek dört ürün tipinden büyük miktarlarda

üretilecek ölçekte ekonomisinden faydalanmaktadır. Ama yalın üretim dört farklı çeşitten az miktarda üretmek verimliliğini artırmaktadır. Aşağıdaki şekilde bu konu çok iyi bir şekilde anlatılmıştır.



Şekil 2. Kârışık Yüklemenin Üretimi Dengelemesi

Shojinka üretimdeki taleplerde artış ve azalış sonucu işgücünde yapılan değişikliklere denmektedir.

Toplam verimli bakım (TPM-Total Productive Maintenance), işletmede kullanılan araçların verimlilik ve etkinliğini artırmakta ve olası makine hatalarına karşı iskartaları ortadan kaldırmaktadır. Böylece makinelerden elde edilecek verimliliği yüksek düzeye çıkartmaktadır. TPM'in gerçek anlamda kullanmak için çalışanların katılımı gerekmektedir.

Japoncada “Kai” değişim, “Zen” ise iyi, daha iyi anlamına gelmektedir [13]. Hiçbir zaman Japonlar durağanlıkla yetinmemiş sürekli işletmelerini geliştiren ve iyileştiren yeni fikirler ortaya atmaktadırlar. Kaizen sadece iş hayatında değil yaşamlarını da birçok yerinde kullandıkları bir felsefedir. Yalın üretim de mükemmellik anlayışı içinde sürekli gelişimini devam ettirmektedir. Kaizenin en büyük avantajlarından biri de işletme de yapılan iyileştirmeler sonucu zincirleme şeklinde yeni iyileştirme alanları çıkartmaktadır.

Jidoka sistemi hatalı bir parçayı üretildiği zaman hattı durdurmakta ve insan müdahalesini beklemektedir. Herhangi bir kusurlu ürün hiçbir şekilde diğer adıma geçmemektedir. Bunun altında kusurlu ürün üretmektense hiçbir ürün üretmemek yatmaktadır. Kalite kontrol sistemine önem veren Jidoka sistemi hattı durdurma özelliğine sahiptir.

VI. LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda yalın üretim ve teknikleri konusunda yapılan bilimsel araştırmalar tablo ve metinsel olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Yalın üretim ve teknikleri ile ilgili özet literatür taramaları

Yazar	Yıl	Makale adı	Yöntem	Sonuç
Cai W. ve ark. [14]	2019	Promoting sustainability of manufacturing industry through the lean energy-saving and emission-reduction strategy	Kök neden analizi	Yalın düşüncenin dahil edildiği önerilen yeni yaklaşımın, enerji tasarrufunda ve atık emisyonunda etkili olduğu gösterilmiştir.
Orji, I. J. ve Liu, S. [15]	2018	A dynamic perspective on the key drivers of innovation-led lean approaches to achieve sustainability in manufacturing supply chain	Bulanık TOPSİS	İmalat sektöründe sürdürülebilirliği sağlamak için inovasyona dayalı yalın düşünmenin benimsenmesinde etkili olan kriterler tespit edilmiştir.
Gandhi, Thanki ve Thakkâr [16]	2018	Ranking of drivers for integrated lean-green manufacturing for Indian manufacturing SMEs	Bulanık TOPSİS	KOBİ'lerde yalın ve yeşil üretimin birlikte uygulanmasına yönelik en önemli 5 faktörün olduğu sonucuna varılmıştır.
Bummer-Cardoso vd. [17]	2019	Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean & Green manufacturing	Ayrık olay simülasyonu	Yeşil üretime yalın yaklaşımın etkisi, performans göstergelerinde pozitif sonuçlar vermiştir.
Yadav vd. [18]	2019	Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies	BAHP ve DEMATEL	Yalın üretim benimsenmesinde birimlerin etkilerini göstermeyi amaçlayan bu çalışmanın sonucu atölye yönetimi, kalite yönetimi ve üretim stratejisi geliştiricilerinin en kritik güçler olduğunu göstermektedir.
Mahajan vd. [19]	2019	Implementantion of Lean techniques for Sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit	6 Sigma DMAIC metodu	Metodun uygulanmasıyla malzeme taşıma sırasında oluşan israfın minimize edilebileceği görülmektedir.
Alhuraish vd. [20]	2016	Assessment of lean manufacturing and six sigma operation with decision making based on the analytic hierarchy process	AHP	AHP yönteminin kullanıldığı bu çalışmanın sonucu, uygulanan sektörlerde yalın üretim ve altı sigmanın birlikte uygulanması ile etkin bir performans sağlandığını göstermektedir. Sektör olarak ise otomobil sektörünün finansal, operasyonel ve inovasyon performansta en fazla etkinliğe sahip olduğu görülmektedir.

Cai W. ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları çalışmada, enerji tasarrufu ve emisyon azaltma stratejisi kapsamında imalat endüstrisindeki mevcut durum incelenmiş ve yalın üretimin dahil edildiği “Yalın enerji tasarrufu ve emisyon azaltma” başlıklı yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Verimliliği iyileştirmeyi ve atık emisyonlarını azaltmayı amaçlayan bu çalışmada, karbon ayak izi incelenmiş ve kök neden analizi yapılmıştır. Yalın düşüncenin dahil edilerek önerilen yeni yaklaşımın, enerji tasarrufunda ve atık emisyonunda etkili olduğu gösterilmiştir [14]. Orji ve Liu [15] çalışmalarında, sürdürülebilirliği sağlamak için inovasyona dayalı yalın yaklaşımın ana kriterlerini incelemiştir. Bulanık TOPSIS yönteminin kullanıldığı bu çalışmada Çin tedarikçisinin uzman görüşüne başvurulmuştur. Analiz edilen kriterlerden sürdürülebilirlik için inovasyona dayalı yalın yaklaşımların benimsenmesinde en etkili kriterlerin “devlet düzenlemeleri” ve “elverişli çalışma koşulları” olduğu sonucuna varılmıştır [15]. KOBİ’lerde yalın ve yeşil üretimin entegre edilmesine yönelik ana faktörler belirlenmeye çalışıldığı bu çalışmada ise, Bulanık Topsis yöntemi ile bu faktörlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonucu KOBİ’lerde yalın ve yeşil üretimin birlikte uygulanması için en önemli beş faktörün olduğunu göstermiştir [16]. 2019 yılında yapılan çalışmada, yalın ve yeşil yaklaşım arasındaki değişimlerin analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Yalın üretim araçlarının uygulanabilirliğinin gerçek bir işletmenin yeşil performansını nasıl etkileyeceğini görmek amacıyla Brezilyalı bir şirketin atölyesine, Ayrık olay simülasyonu modeli ile uygulama yapılmıştır. Araştırma, su, enerji ve hammadde tüketimi gibi performans göstergelerinde pozitif sonuçlar sunmuştur [17]. Üretim şirketlerinde yalın üretim süreçlerinin benimsenmesini yaygınlaştırmak amacıyla Bulanık AHP ve DEMATEL yöntemleri kullanılarak bu çalışma hazırlanmıştır. Yalın üretim benimsenmesinde birimlerin etkilerini göstermeyi amaçlayan bu çalışmanın sonucunda; atölye yönetimi, kalite yönetimi ve üretim stratejisi geliştiricilerinin en kritik güçler olduğunu göstermektedir [18]. Mahajan ve arkadaşlarının [19] çalışmasında, motor fabrikasında sürdürülebilir bir malzeme akış sürecinin iyileştirilmesi amacıyla 6 sigma DMAIC metodu uygulanmıştır. Çalışmada metodun uygulanmasıyla malzeme taşıma sırasında oluşan israfın minimize edilebileceği gösterilmiştir [19]. Alhuraish ve arkadaşlarının [20] 2016 yılında yaptıkları çalışmada, yalın üretim ve 6 sigmanın en verimli yöntemlerini belirlemek için üç farklı sektör finansal, operasyonel ve inovasyon performansları bakımından değerlendirilmiştir. AHP yönteminin kullanıldığı bu çalışmanın sonucu, uygulanan sektörlerde yalın üretim ve 6 sigmanın birlikte uygulanması ile etkin bir performans sağlandığını göstermektedir. Sektör olarak ise otomobil sektörünün finansal, operasyonel ve inovasyon performansta en fazla etkinliğe sahip olduğu görülmektedir [20].

Indrawati ve ark. [21] çalışmalarında demir çelik sektöründe yalın üretim ile üretim verimliliğinin artırılması yaklaşımını ortaya koymuştur. Çalışmada sektördeki boşa ve gecikme süresinin üretim atığı olarak sınıflandırıldığı ve atık ihtiyacı boşa kalma ve gecikme süresi nedeniyle oluşan maliyetleri optimize etmek için analiz edilmiştir. Yalın üretim bu üretim israfını en aza indirmek için yaklaşım kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda, üretim atığına yani operasyona neden olan yedi faktörün olduğu ve bunların; mekanik, ayar, elektrik, bilgisayar, alet ve yardımcıları olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada bakım üretim israfını azaltmak için iyileştirme programı geliştirilmiştir.

Daşçı [22] tez çalışmasında mobilya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin süreçlerini yalın üretim teknikleri ile simüle etmiştir. Çalışmada süreçler arasında denge ve sürekli akış sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada koltuk döşeme hattı pilot bölge olarak seçilmiştir. 5S, değer akışı haritalama, tek parça akışı ve Poka-Yoke teknikleri kullanılmıştır. Mevcut durum ve gelecek durum değer akışı haritası oluşturulduğunda 271 dakika olan tedarik süresi 114 dakikaya düşürülmüştür. Süreç çevrim ise %27,7’den %65,6’ ya yükseltilmiştir. Bunun nedeni süreç içinde tek parça akışı gerçekleşmiştir. İşgücü verimliliği ise %8,3’lere yükselmiştir.

Meriç [23] tez çalışmasında, yalın üretim tekniği ile kurumsal kaynak planlamasının benzerliklerini ve farklılıklarını açıklamıştır. Bu konuda bir anket çalışması yapılmıştır. Türkiye’deki akademisyenlerin ve uzmanların bu konuda görüşleri alınmıştır. Yapılan çalışma sonucu yalın üretim ve kurumsal kaynak planlama birbirlerine entegre bir şekilde çalışabileceği görülmüştür.

Yılmaz [11] tez çalışmasında siparişe göre üretim yapan KOBİ’lerde yalın üretim sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Talebin düzensiz olması nedeniyle bu çalışmada KANBAN yerine onun alternatifi olan POLCA ve DBR teknikleri kullanılmıştır. Hidrolif ve valf sisteminde POLCA tekniği uygulanmıştır. Simülasyon tekniği sayesinde mevcut durum ve gelecek durum oluşturulmuştur. Polca sisteminin katma değerli sürelerde ve kuyruklarda önemli iyileştirmeler yapmıştır. Siparişlerin “honlama” bölümünde geçirdiği ortalama süre boyunca darboğazlar %72 gibi bir değerle sağlanmıştır. Bekleyiş sürelerini 32 saatten 5 saat civarını indirmiştir. Böylece süreç içi stoklarda önemli azalışlar meydana gelmiştir. POLCA sistemi süreç içi stokları mevcut durumlara göre %10 iyileştirme yapmıştır. Sonuç olarak POLCA sistemi bekleme sürelerini, makine kuyruklarını, süreç içi stoklarını ve temin sürelerini siparişe göre üretim yapan firmalarda azaltmıştır.

Berber [7] tez çalışmasında yalın üretim felsefesi açıklanmaya çalışılmıştır. Kaizen, 5S ve SMED teknikleri firmada uygulanmıştır. Firmada yapılan “Dökümhaneye giden talaşların bor yağlı olması ve kurutmadaki bor yağı israfı” adlı Kaizen çalışması sonucunda yıllık 5832 kg bor yağı kazancı (43390 TL kâr) elde edilmiştir. “HT 31 tezgahında sıkma-bırakma pedallarının üzerinin açık olması ve iki pedal arasında ayıraç olmaması kaynaklı iş kazası riskli” Kaizen çalışmasında ise 26 risk puanı ile yüksek önem grubunda olan tezgâhın risk puanı 21’e düşürülmüştür. Talaş temizleme tezgahında yapılan iyileştirme sonucu ise 50 dakikadan 16 dakikaya indirilmiştir. Parasal karşılığı ise 25500 TL’dir. 5S tekniği ile temizlik ve düzen sağlanmış verimlilik artırılmıştır. SMED tekniği ile CNC tezgahlarında her ayar zamanı için ortalama 62 dakika kazanç elde edilmiştir.

Bırakmaz [24] tez çalışmasında yalın üretim sistemini uygulamaya başlayan firmaların yalın sistemi uygulama nedenleri ve karşılaştıkları sonuçlar hakkında anket yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise en büyük engelin çalışanların yalın sistemin uygulamasına karşı dirençleri olduğu belirlenmişlerdir. Stoksuz çalışacağı için talep karşılayamayacağı tedirginliği, büyük ebatlarda makinelerin yer değiştirmesinin zorluğu, sistemin firmaya uygun olmadığı fikri ve yalın üretimin gereklerini yerine getirecek bir liderin eksikliği gösterilmiştir.

Ergüneş [25] tez çalışmasında, gemi inşaat sektöründe yalın üretim sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Gemi sektöründe iki önemli noktaya değinilmiştir. Bunlardan biri teslim süresi diğeri işçi maliyetleridir. Yapılan çalışmada değer akış haritalama, 5S teknikleri kullanılmış mevcut durum ve gelecek durum haritaları oluşturulmuştur. Sonuç olarak işçilik maliyetinde (adam*saat) %8 oranında iyileştirme olmuştur. Gemi türüne göre farklılık gösteren adam*saat maliyetleri gemi, inşaatında %15-20 civarındadır. Yani toplam maliyetteki azalmalara oranı %1-2 civarındadır. Teslim süreleri ise %7 oranında bir iyileşme göstermektedir.

İpek [26] tez çalışması savunma sanayinde faaliyet sürdüren bir firmada yalın üretim teknikleri uygulamıştır. Çalışmada amaç siparişe göre üretim yapan firmanın depodan sipariş edilen malzemenin hazırlanması ve üretim hattına aktarılmasını sağlamaktır. Çalışanlara yalın üretim teknikleri anlatılmış ve yalın üretim tekniklerinin çalışanlar tarafından benimsenme süreci başlatılmıştır. Yıllık en fazla talep gören ürün pilot ürün olarak seçilmiştir. Böylece bu ürünün değer akış haritası oluşturulmuştur. Mevcut durum ve gelecek durum çizilmiş katma değer yaratan faaliyetlere odaklanılmıştır. Daha sonra

çalışma üç fazda ayrılmıştır. Burada Kaizen, 5S, Andon cihazları, Yamazumi tekniklerinden faydalanılmıştır. Sonuç olarak malzemenin depodan hatta iletim süresi 15 günden 1,84 güne indirilmiştir.

Kılıç ve Ayvaz [3] tez çalışmasında Royal Conta Sanayi ve Ticaret AŞ’de ana ürün olan contaların üretim hattında yalın üretim teknikleri uygulamıştır. Kullanılan yalın üretim teknikleri sırasıyla değer belirleme, değer akış haritası oluşturma, çekme sistemini uygulama, sürekli akışı sağlama, mükemmellik arayışı, 5S, Kaizen, Poka-Yoke, SMED, tek parça akışı, hücre modelleri ve U tipi imalat, toplam önleyici bakım, kalite çemberleri, Heijunka ve Shojinka’dır. Çalışmanın amacı israfları azaltıp verimliliği yükseltmektir. Bu çalışmanın sonucunda silindir kapak contası üzerinde değer yaratan faaliyetleri belirlemiş daha sonra “mudaları” ortadan kaldıracak fikir oluşturmuştur. Değer akışı haritalamada mevcut ve gelecek durum haritaları çizilmiş günlük talep değişimine karşı 464 adet için 68 saniyede bir conta üretimi zorunluysen, şimdi ise 700 üzeri sipariş için 60 saniye performans göstermektedir. 28 saniyede bir (yüksek parça akışı sağlamak için) conta üretilmektedir. 5S faaliyetleri ile kalıpların işlevlere göre kullanım sıklığına göre sınıflandırmıştır. Kalıbı taşıyan operatörler için rahatlık sağlamış, sık kullanılan contalar işçiler tarafından rahatlıkla görülmüştür. SMED çalışması sonucu zaman ve hareket etütlerinden faydalanılmış 60 dakika olan kalıp değiştirme süresi 9 dakikaya düşürülmüştür.

Şahin [1] tez çalışmasında bu alanda yayınlanan makaleler sistematik literatür taraması ile incelenmiştir. Literatür taraması Scopus sitesinden 1991-2008 arasında yayınlanan makaleler baz alınmıştır. 3407 makale özet, anahtar kelime, yazarların adları, yayınlandığı yıl, yayınlandığı dergi ve ülke şeklinde excel ortamına aktarılmıştır. (<https://www.elsevier.com/solutions/scopus> adresi yardımı ile). Analiz için Rapid Miner 5.0 programı kullanılmıştır. Yalın üretim çalışmalarında Amerika ve İngiltere’nin öncülük ettiğini ve yalın üretimin sadece otomobil sektöründe değil diğer sektörler tarafından da benimsendiğini belirtmişlerdir. Tedarik zinciri ile eşzamanlı olarak yalınlık kabul edilmiştir. Uygulama yapan firmaların yalın üretim tekniğinin en fazla üç tane kullanıldığı fark edilmiştir. Dönüşüm bir bütün olarak yapılması önerilmiştir. Kümeleme çalışması sonucu yapılan çalışmaların 2010’dan sonra arttığını ve birbirine benzer çalışmaların dergilerde yayınlandığı fark edilmiştir. Son yıllarda kitap yayınlarında da bir azalma olduğu gözlemlenmiştir

VII. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada yalın üretim uygulaması bir demir çelik sanayiinde faaliyet gösteren işletme üzerinde uygulanmıştır. İşletme bugün yaklaşık 15.000 m² alanda kurulmuş olan; tesis kütük sahası, mamul sahası, sıcak ve soğuk hadde üniteleri, makine, kaynak ve bakım atölyelerinden oluşmaktadır. İşletmede üretilen ürünler; yuvarlak, altı köşe, kare ve lama türündeki mamulleri sıcak, soğuk, kumlanmış, doğrultulmuş, parlatılmış, pah kırılmış, kabuk soyulmuş, taşlanmış veya otomat olarak farklı şekillerde bulunmaktadır. Gelen talepler doğrultusunda standartların dışında da üretim yapılabilmektedir. İşletme bünyesinde teknikler, demir çelik hattında ne olup bittiğini ve neye ulaşılmak istendiğini göstermek için bir rehber niteliğinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada işletmede üretilen A ürünü hat boyunca incelenmiş ve sürece ilişkin çevrim süreleri hesaplanmıştır. Süreç boyunca ilerleyerek israfların ve beklemelerin daha net bir şekilde gösterilmesi için değer akış haritalama tekniğinden faydalanılmıştır. Değer akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan

faaliyetler bütünüdür. Değer akış haritalama ise ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışını görmeye ve anlamaya imkân sunan bir “kâğıt kalem” tekniğidir, Rother ve Shook [27].

Değer akış haritalama ürünün mevcut durum ile gelecek durumunu yansıtmaktadır ve bilgiyi çok sade bir şekilde haritaya aktarmaktadır. Değer akışı haritalama tekniği üretim alanını inceleyerek ve süreçteki adımları gözlemleyerek oluşturulmaktadır. Bu yöntem aslında israfların kaynağını bularak ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Rother ve Shook [27] yazdığı kitapta da belirttiği gibi değer akışı haritalama olarak da bilinen bu teknik Toyota’da “Malzeme ve Bilgi Akış Haritalama” olarak bilinmektedir. Bu teknik görerek öğrenilen bir yöntemdir. Toyota’da da mevcut ve gelecek veya ideal durum için çizilmektedir.

Rother ve Shook [27] kitabında da yalnız giden yolun neden bu kadar zor olduğunu düşünürken, yalnız olma yolunda çok önemli bir aracı keşfetmişlerdir. Bu araç değer akış haritalamadır. Mike birçok fabrikada sahada çalışmış, birçok yalın üretim tekniklerini ve kavramlarını birbirine bağlayacak bir yöntem arayışındayken Toyota’da haritalama tekniğini fark etmiştir. Haritalamanın mevcut kullanımından daha fazla potansiyele sahip olduğunu anlamış ve şimdiki değer akış haritalamayı oluşturmuştur. John ise bu tekniği 10 yıldır kullanmakta ancak özündeki önemi fark edememiştir. John Toyota da çalışmakta haritalama tekniğini çalışanlar arasında sadece iletişim aracı olarak kullanmaktadır. Böylece “Görmeyi Öğrenme” adlı kitap oluşturulmuştur. Bu kitap değer akışı haritalama yöntemini akıcı ve anlaşılır bir şekilde anlatmaktadır.

Yöneticiler yalın üretimi sadece israfların azalması olarak anlamakta ve büyük bir yanılgıya düşmektedirler. Çünkü israfları azaltmak bir kerelik nakit ödülü sağlarken ürünü hammadden başlayarak müşterinin eline ulaşıncaya kadarki süreci izlemek daha kârlıdır. Değer akışı haritalama bu konu da büyük bir fayda sağlamaktadır. Amacı ise sadece parçaları değil, bütünü görmektir.

Değer akışı haritalama iki şekilde yapılmaktadır.

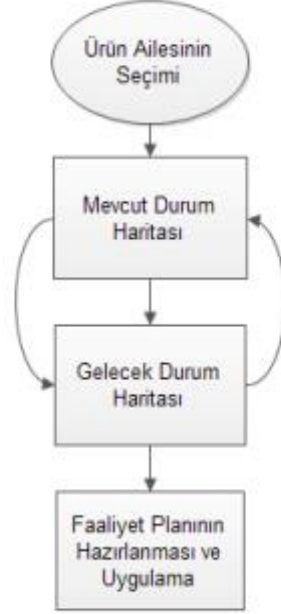
- ✓ Mevcut durum değer akışı
- ✓ Gelecek durum değer akışı

Değer akışı haritalama malzeme akışı ve bilgi akışı olmak üzere iki tür akış bulunmaktadır. Fabrika denildiğinde ilk akla gelen malzeme akışıdır. Ancak her proseste ne kadar üretilmesi gerektiğini söyleyen bilgi akışıdır. Malzeme ve bilgi akışını haritalamada gösterilmesi gerekmektedir. Yalın üretim her iki akışa aynı derecede önem vermektedir.

Rother ve Shook [27] yazdıkları kitapta da değer akışı haritalamanın faydalarını aşağıda vurgulamıştır.

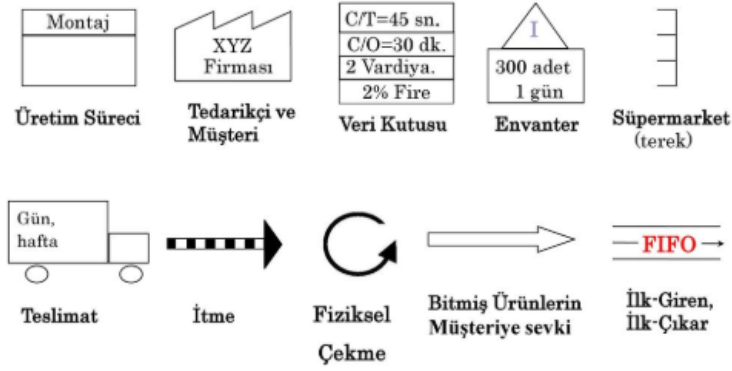
- ✓ Üretimde tek bir prosesten, montaj, kaynaktan daha fazlasını akışı görmeye yardımcı olmaktadır. Akış görülmektedir.
- ✓ Haritama tekniği israfları belirlemekten çok israf kaynaklarını ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır.
- ✓ Yalın kavramlar ve teknikleri birbirine bağlamaktadır.
- ✓ Süreçlerle ilgili ortak bir lisan oluşturmaktadır.
- ✓ Yalın uygulama için bir plan oluşturmaktadır.
- ✓ Malzeme akışı ve bilgi akışı arasındaki bağlantıyı gösterir.
- ✓ Katma değer yaratmayan adımlar, katledilen mesafe, temin süresi ve stok seviyesi gibi nicel teknik ve yerleşim planından daha faydalıdır.

Şekil 3'te değer akış haritalama adımları verilmiştir [27].



Şekil 3. Değer Akışı Haritalama Adımları

Değer akış haritalamada sık kullanılan semboller ise Şekil 4'teki gibidir [27].



Şekil 4. Değer Akışı Haritalama Adımları

İşletmelerde değer akış haritalaması sekiz temel prosesten oluşmaktadır. Bunlar;

- ✓ Sıcak Hadde,
- ✓ Kumlama,
- ✓ Soğuk Çekme,
- ✓ Doğrultma,
- ✓ Kesme ve Pah Kırma,
- ✓ Kabuk Soyma,
- ✓ Taşlama ve
- ✓ Çemberleme faaliyetidir.

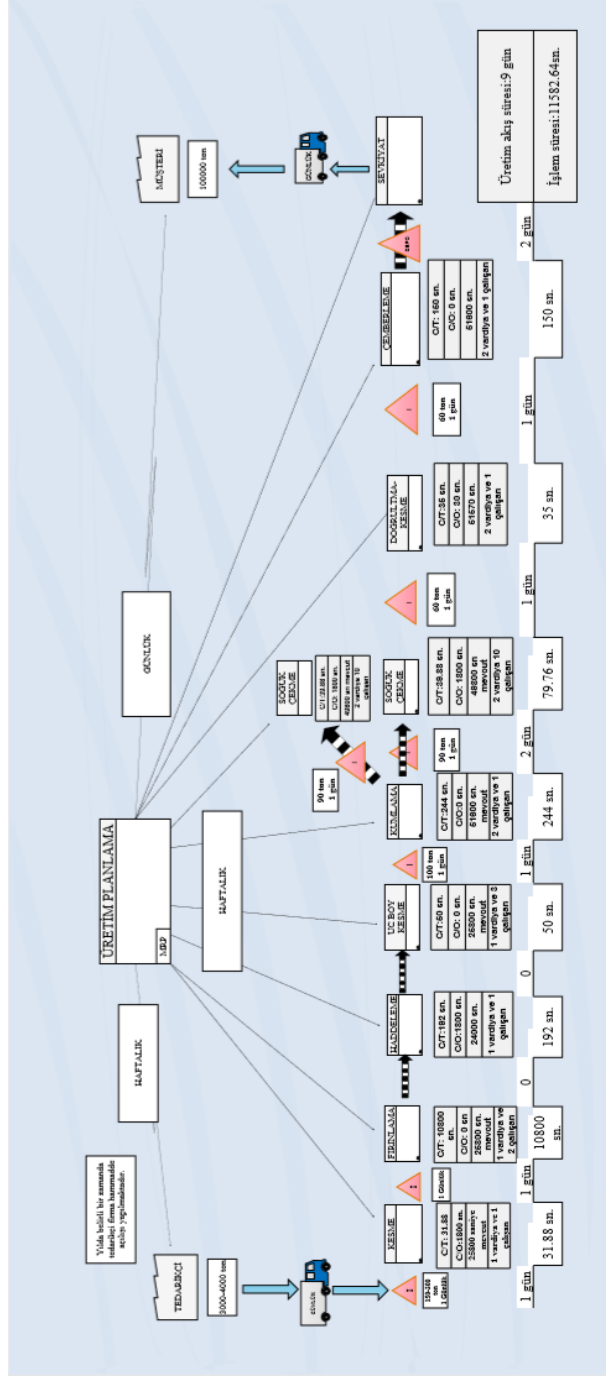
İşletme bu faaliyetleri art arda gerçekleştirerek bir üretim hattı oluşturmuştur. Değer akış haritalamanın temel amacı, mevcut durum haritası oluşturup israf kaynaklarını belirleyerek gelecek durum haritasında bu israfların ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Her prosesin sürekli akış içinde ve katma değer yaratarak müşteri istek ve arzularını gözeterek kaliteli, minimum maliyetli üretim gerçekleştirmektir.

Bu çalışmada ayrıca işletmenin üretim süreci benzetim (simülasyon) modeli ARENA simülasyon modeli ile oluşturulmuş ve sonuçları verilmiştir. Benzetim, sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Bu model, yapılması çok pahalı olan ve mümkün görünmeyen, işlemlerin yapılmasını imkân verir. Sistem ise; durum, varlıklar ve bunların özellikleri, süreçler, olaylar, faaliyetler açısından tanımlayarak yapısal, mantıksal veya matematiksel ilişkiler içeren soyut bir temsilcidir. İnsanlar, araçlar, metotlar ve parçalar gibi belirli bir amaç için birlikte çalışan organize olmuş bir grup varlık olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda sistem benzetimi, belirli bir amacı gerçekleştirmek için aralarında karşılıklı etkileşim bulunan elemanların birleşmesinden oluşan bir bütündür [28].

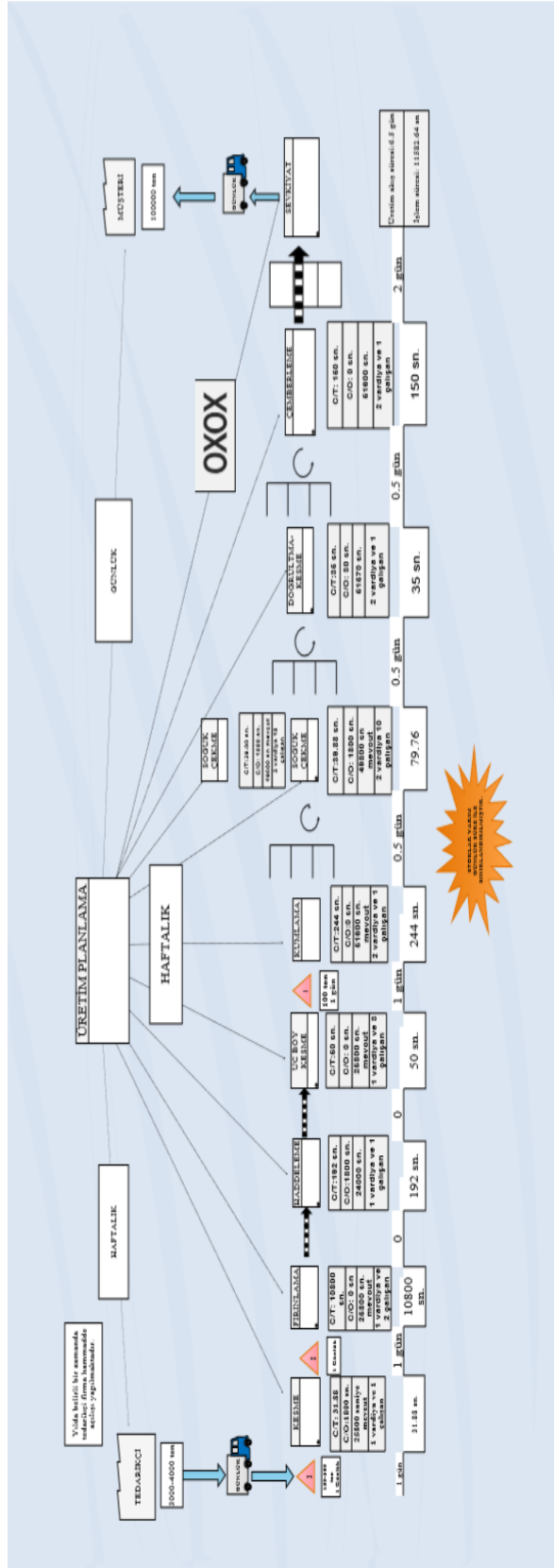
VIII.ARAŞTIRMA BULGULARI

A. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

Bu çalışmada işletmede elde edilen veriler sonucu değer akış haritası çizilmiştir. Müşteri talebi ile başlayan süreç sondan başa doğru izlenerek tedarikçi firmaya kadar çizilmiştir. Haritada çevrim süresi, vardiya sayısı, işçi sayısı ve çalışılabilir süre gösterilmiştir. Şekil 5'te de görüldüğü gibi süreç içi stok çok fazladır. Öncelikle stok miktarını ve süresini elimine etme işlemi uygulanmaktadır. Şekil 6'da ise süreçler arası stok miktarı sınırlandırılarak ve soğuk çekme hattına süpermarketler konularak süreç içinde stok miktarı azaltılmaya çalışılmıştır. Sıcak haddeleme işleminden sonra ürünün soğutulması gerektiği bilinmektedir. Böylece işletme ürünü uç boy kesmeden sonra stoklamak zorundadır. Bu süreçten sonra sistemler arası stok azaltılmak gerekmektedir. Sevkiyat işlemine gönderilen her üründen ne kadar üretileceği gösterilmektedir. Bundan sonra süreç örneğin kumlama işleminden sonra soğuk çekme hattı süpermarketten ürün çekebilmektedir. Böylece diğer hattı besleyecek ürün miktarı kadar ürün üretilecek süreçler arası stok azaltılacaktır. Bu çalışmada işletmenin üretim süreci, iyileştirme öncesi ve sonrası oluşan durumlara ilişkin değer akış haritalaması Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. İşletmede Mevcut Üretim Süreçlerinin Değer Akış Haritası



Şekil 6. İşletmede İyileştirilmiş Üretim Süreçlerinin Değer Akış Haritası

Üretim süreçlerinin değer akış haritalaması sonucunda ortaya çıkan sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Üretim Sisteminde Mevcut ve İyileştirilmiş Durum Sonuçları

	Üretim Akış Süresi (Gün)	İşlem Süresi (Dakika)
Mevcut Değer Akış Haritalama	9	193.044
İyileştirilmiş Değer Akış Haritalama	6.5	193.044

Tablo 2’ de gösterildiği gibi A ürününün işlem süresi azdır. Ama üretim akış süresi günler sürmektedir. Yapılan iyileştirme sonucunda 9 gün olan üretim akış süresi 6.5 güne düşürülmüştür. Süpermarketler gelen ürünü stoklamakta ve sonraki sürecin talebi doğrultusunda aktararak iyileştirilme yapılmıştır. En son yapılan iyileştirme üretim çeşitliliğini düzenleme işlemidir. Müşteri tarafından gelen günlük talep doğrultusunda üretim planlama üretimi ürün çeşitliliğine göre düzenleyerek üretime bildirmektedir. Her süreç kendinden önceki süreçten ürün talep ederek üretimi devam ettirmektedir. Bu durum sadece soğuk çekme kısmında uygulanmaktadır. Çünkü ürün sıcak çekme bölümünde bekletilemeyeceği için süpermarketler kurulmamıştır. Aynı zamanda uç boy kesme işleminden sonra ürün soğumaya bekletilmek zorunda olduğu için orada stok alanı oluşturmak sistem için daha uygundur. Stok miktarında azalma işletmede fazladan alan açmaktadır. Stoksuz bir üretim sistemi ise süreçleri daha rahat görmeyi sağlamaktadır.

B. BENZETİM VE MODELLEME UYGULAMASI

Bu çalışmada işletmede üretilen bir A ürününün üretilme süreci simülasyon yöntemi ile izlenmiş ve sistem performansları ortaya konulmuştur. Ürün çeşitliliği fazla olan bu işletmenin üretim sistemi sekiz procesten oluşmaktadır. Bunlar; kesme, tavlama, haddeleme, uç boy kesme, kumlama, soğuk çekme, doğrultma-kesme ve çemberlemedir. Fabrika 09.00-17.00 arasında çalışmaktadır.

Bu çalışmada sistem içinde oluşan kuyruklar sebebiyle stoklar oluşmaktadır. Bu stoklar sistemde birçok hatanın üzerini örtmektedir. Ayrıca stok tutmak ekstra yer ve zaman kaybıdır. Bu sebeple A ürününün sistemde ve kuyrukta geçirdiği süreyi azaltmak ve makinelerin kullanım oranlarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Sistemden veriler her bir süreçte ayrı ayrı incelenmiş saniye cinsinde yazılmıştır. Kronometreden yararlanılmıştır. Veriler birçok defa ölçülmüş güvenilirliği sağlanmıştır. Elde edilen verilerin girdi analizi yapılmış ve dağılım parametreleri arena simülasyon modelinde kullanılmıştır. Bir işletmenin yalın üretimi araştırılan bu çalışmada çevrim içi süreler aşağıda Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. İşletmede Çevrim Süresi

Gerçekleşen Faaliyet	İşlem Süresi (dk.)
Kesme	0.83
Tavlama	1.60
Haddeleme	3.20
Uç Boy Kesme	0.83
Kumlama	4.07
Soğutma	0.72
Doğrultma-Kesme	0.80
Çemberleme	5,00

Tablo 3’ de gösterilen faaliyetler işletmede bir gözlemcinin eşliğinde tutulmuştur. Üretim akış süresi ile işlem süresi arasındaki farkı azaltmak için işletmede Kanban sistemi, Kaizen sistemleri uygulanabilir. Kanban sistemi müşteri talebi olduğu zaman üretime geri bildirim yaparak hemen üretilebilir. Sistemi daha iyi analiz etmek amacıyla Arena Simülasyon Programından yararlanılmıştır. Sistem 09.00-17.00 arasında çalışılmaktadır. Sistemde dolaşan A demir çelik ürünüdür. Sistemde sekiz işlem noktası vardır. Sistemde tek varış noktası bulunmaktadır. Sistem 17.00 kapanmaktadır.

Üretim sisteminin kavramsal modeli oluşturulmuştur. Çalışmada yer alan kavramsal hususlar;

Varlıklar (Entities): Sistemde geçen varlıklar A ürünüdür.

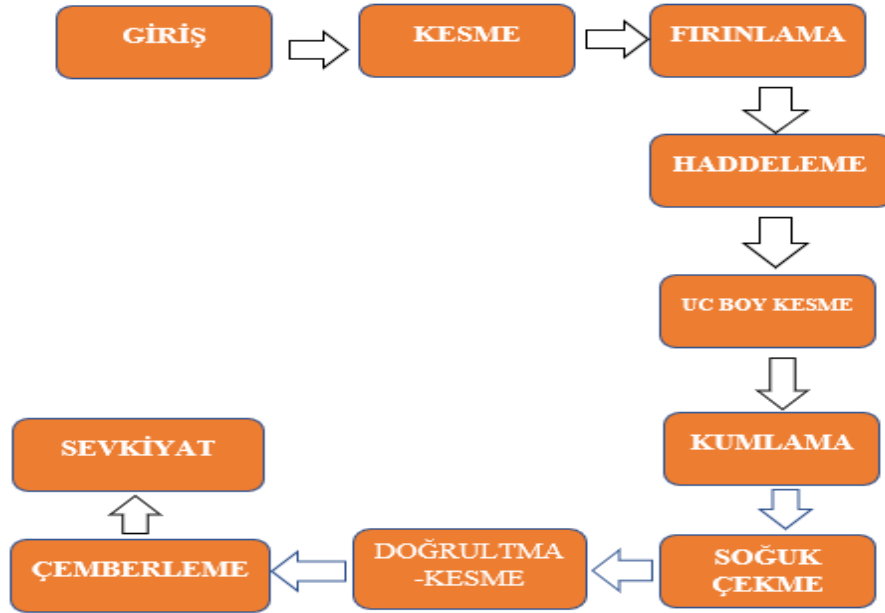
Kaynaklar (Resources): Sistemde sekiz farklı işlem türü vardır ve her bir işlemde en az bir işçi çalışmaktadır.

Kuyruk (Queue): Sistemde demir çelik firmasında fırınlama ve haddeleme önündeki kuyruk süreleri incelenmiştir.

Olaylar (Events):

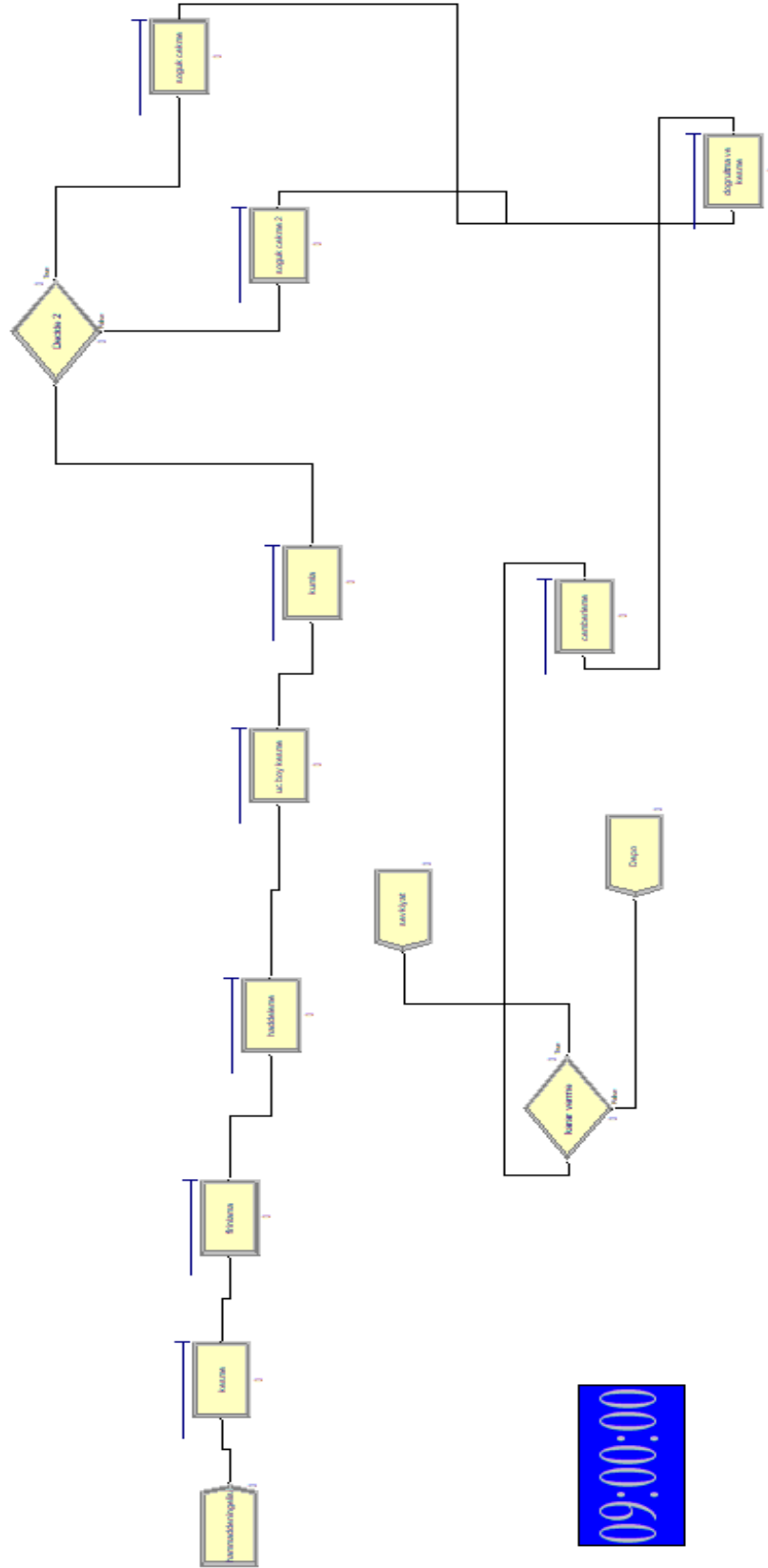
- ✓ *Varışlar (Arrivals):* Sistemde tek varış noktası bulunmaktadır. Hammaddelerin girişi ile kesme hattı beslenmektedir.
- ✓ *Ayrılış (Departure):* Sisteme tek noktadan ayrılış yapılmaktadır. Çemberleme faaliyeti sonrası ürünler ya sevkiyata gidilmekte ya da stoka alınmaktadır.
- ✓ *Bitiş (The End):* Sistemde kapanma yaşanmaktadır. 17.00’ da sistem kapanmaktadır.

Aşağıdaki şekilde süreçler adım adım çizilmiştir. Hammadde girişi ile başlayan süreç sevkiyatla son bulmaktadır. Üretim sisteminin mantıksal modeli Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Mantıksal Model

Üretim sisteminin kavramsal ve mantıksal modelinden sonra sistemin mevcut ve iyileştirilmiş simülasyon modelleri oluşturulmuş ve Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. İyileştirilmiş Durum Simülasyonu

Simülasyon modeli sonuçları aşağıda tablolarda verilmiştir.

Tablo 4. Sistemden Çıkan Ürün Miktarı

	Mevcut Durum Simülasyonu	Gelecek Durum Simülasyonu (Adet)
Sistemden Çıkan	150	150

Üretim sürecine ilişkin mevcut ve iyileştirilmiş durum sonuçları Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 5. Mevcut Durum ile İyileştirilmiş Durum Simülasyon Sonuçları

A Ürünü	Mevcut Durum Simülasyonu (dk.)	İyileştirilmiş Durum Simülasyonu (dk.)
Katma Değer Yaratan Süre	17,95	17.00
Katma Değer Yaratmayan Süre	0	0
Bekleme Süresi	40.15	5.79
Transfer Zamanı	0	0
Diğer Zamanı	0	0
Toplam Süre	58.10	22.80
Sisteme Giren	300	150
Sistemden Çıkan	300	150
Süreç İçi Stoklar	35.28	7.12

Ürünlerin sistemdeki kuyruk süreleri hesaplanmış ve Tablo 6’da sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 6. Mevcut Durum Simülasyonu ve İyileştirilmiş Durum Simülasyonu Kuyruk Süresi

	Mevcut Durum Simülasyonu (dk.)	İyileştirilmiş Durum Simülasyonu (dk.)
Çemberleme	0	0
Doğrultma-Kesme	0	0
Fırlama	37.73	0.12
Haddeleme	0	0.44
Kesme	2.42	4.74
Kumlama	0	0
Soğuk Çekme 2	0	0
Soğuk Çekme	0	0
Uç Boy Kesme	0	0.47

İyileştirilmiş durumda sisteme herhangi ek makine alınmamıştır. Bunun öncelikle sebebi çoğu sanayide faaliyet gösteren firmaların ikinci bir hadde veya tavlama makinesi alması gibi gereksinimleri bulunmamaktadır. Sistemdeki kuyruk zamanını azaltmak için tavlama ve haddeleme makinelerin kapasitesi artırılmış, böylelikle iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca ek bir haddeleme ve fırlama tezgâhı alınması sonucu sistem mevcut durumundan daha iyi iyileştirme gerçekleştiremeyeceği tespit edilmiştir.

Tablo 7’de üretim süresine ilişkin mevcut durum ile iyileştirilmiş durum arasındaki farklar verilmiştir. Mevcut durumda fırınlama kapasitesi 1 ürünü alırken iken, iyileştirilmiş durumda 3 ürünü alacak şekilde kapasite arttırılmıştır. Haddeme ise 2 üründen 4 ürünü üretecek şekilde kapasite arttırılmıştır. Böylelikle bu sistem yeni bir tavlama ve haddeme hattı kurmaktan daha mantıklı görülmektedir.

Tablo 7. Mevcut Durum ve İyileştirilmiş Durumun Kıyaslanması

	Mevcut Durum Simülasyonu(dk.)	İyileştirilmiş Durum Simülasyonu(dk.)	Mevcut süre ile iyileştirilmiş süre arasındaki fark (dk.)
Toplam Zaman	58.10	22.80	35.30
Bekleme Zamanı	40.15	5.79	34.35
Süreç İçi Stok (Work in Process)	35.28	7.12	28.16

Tablo 7’de görüldüğü gibi bekleme süreleri, süreç içi stoklar, bir ürünün sistemde geçirdiği süre azalmıştır ve iki sistem arasındaki fark tabloda verilmiştir. Aşağıda Tablo 8’de mevcut durum kuyruk süresi sonuçları verilmiştir.

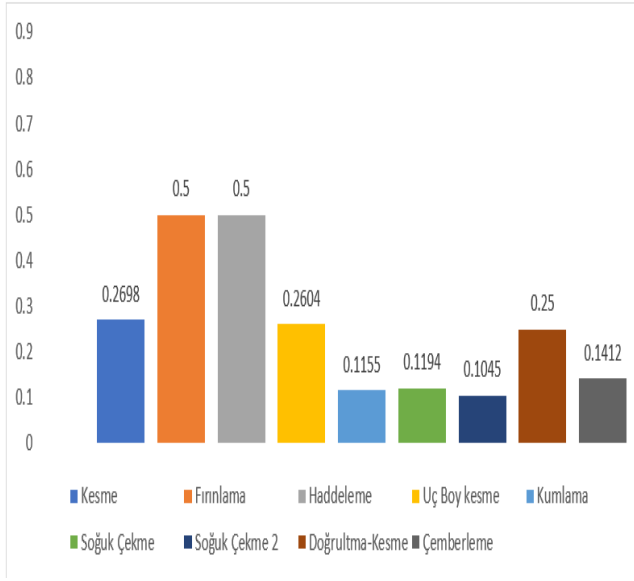
Tablo 8. Mevcut Durum Kuyruk Süresi

	Fırınlama (dk.)	Haddeme (dk.)
Mevcut Simülasyon	37.72	0
İyileştirilmiş Simülasyon	0.12	0.44

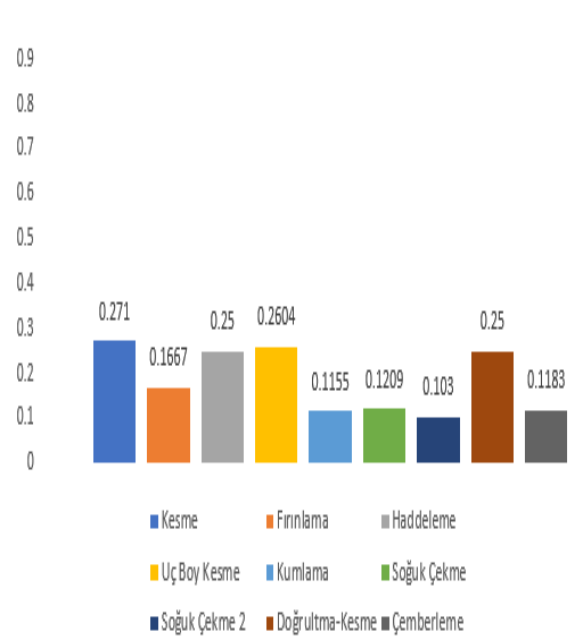
Tablo 9. Mevcut Durum ile İyileştirilmiş Durum Arasındaki Makine Kullanım Oranının Kıyaslanması

Gerçekleşen Faaliyetler	Mevcut Durum Makine Kullanım Oranı	Gelecek Durum Makine Kullanım Oranı	Aradaki Fark
Kesme	0.2698	0.2710	-0.0012
Fırınlama	0.5000	0.1667	0.3333
Haddeme	0.5000	0.2500	0.2500
Uç Boy kesme	0.2604	0.2604	0,0000
Kumlama	0.1155	0.1155	0.0000
Soğuk Çekme	0.1194	0.1209	-0.0015
Soğuk Çekme 2	0.1045	0.1030	0.0015
Doğrultma-Kesme	0.2500	0.2500	0.0000
Çemberleme	0.1412	0.1183	0.0229

Tablo 9’da makine kullanım arasındaki iyileştirmeler gözükmemektedir. Aşağıdaki grafiklerde de simülasyon öncesi ve sonrası verilmiştir. Grafikler aradaki farkı net bir şekilde göstermektedir.



Şekil 10. Mevcut Durum Simülasyonu Makine Kullanım Oranları



Şekil 11. İyileştirilmiş Durum simülasyonu Makine Kullanım Oranları

Şekil 10’ da mevcut durum simülasyonunda makine kullanım oranı verilmiştir. Fırlama ve haddeleme yüksek olan makine kullanım oranı Şekil 11’ de daha düşük seviyelere düşmüştür. Diğer proses süreçleri ise hemen hemen aynı seviyedir.

IX. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçmişten günümüze kadar geçen süreçte bütün işletmelerin temel amacı kâr elde etmektir. Rekabetin yoğun olduğu günümüzde işletmeler kâr elde edebilmek için yönlerini müşteriye doğruya çevirmişlerdir. Müşterinin istek ve arzuları doğrultusunda ürünler üreterek değerini müşteri tarafından belirlenmesine odaklanmışlardır. Kârlılığını arttırmak, öncelikle maliyetleri azaltmak ve kaliteyi arttırmakla ilişkilidir. Maliyetleri azaltmak ise etkin bir üretimle mümkündür. İşletmede verimsiz uygulamalar, israf edilen enerji ve işgücü maliyetleri arttırmaktadır. Yalın üretim bu noktada işletmelerin reçetesi konumundadır.

Yalın üretim başta uygulanması çok zor bir üretim felsefesi olarak görülse de sıkı bir yönetim desteği ve güçlü bir liderlik ile bu süreç başarı ile tamamlanacaktır. Demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde her ne kadar yalın üretim uygulanması zor görünse de aslında imkânsız değildir. Süreç için de yapılacak iyileştirmeler de işletme kârlılığını sağlayacak ve stok miktarlarını azaltacaktır.

Bu çalışmada stok miktarlarını görmede daha netlik kazanan yalın üretim tekniği için değer haritalama yöntemi kullanılmıştır. Demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren işletme, sıcak çekme ve soğuk çekme olarak iki ayrı işlem süreci uygulamaktadır. Yapılan gözlemler sonucunda sistemde süreçler arası stoğun fazla olduğu görülmüştür. Stok, yalın üretim de kabul edilemez bir durumdur. Stokların konumu ve zamanının net bir şekilde gösterilebilmesi için değer akışı haritalama ve simülasyon

yönteminden faydalanılmıştır. Sistemin ilk önce mevcut durum haritası oluşturmuş daha sonra tespit edilen israfların azaltılması için iyileştirilmiş durum haritası çizilmiştir. Simülasyon tekniği ile de kuyruk süreleri, süreç içi stok miktarları ve makine verimlilik oranları tespit edilmiştir.

Değer akış haritalama ile sistemin mevcut durum haritasına bakıldığında üretim akış süresi 9 gündür. İşlem akış süresi ise 11582,64 saniyedir (3,21 saat). Bu iki akış süresi arasındaki büyük fark stoklardan kaynaklanmaktadır. Bu süreyi azaltmak için stok süreleri yarım gün ile sınırlandırılmış soğuk çekme prosesinin arasına süpermarketler kurulmuştur. Böylelikle süreçler arası stoklar azaltılmıştır. Aynı zamanda sevkiyat bölümündeki stoklar da azaltılmış emniyet stoku yeterli olacak şekilde süreç iyileştirilmeye çalışılmıştır.

Arena simülasyon modeli ile de süreç içi stokların hangi işlemler öncesinde oluşturulduğu gözlemlenmiş, sistemde fırınlamaya ve haddelemeye ek kapasite atanmıştır. Böylelikle fırınlama önünde oluşan bekleme süresi 37 dakikadan 0,12 dakika düşmüştür. Bir ürünün sistemde geçirdiği süre ise 58 dakikadan 22 dakikaya, bekleme süresi 40 dakikadan 5 dakikaya ve süreç içi stok süresinin ise 35 dakikadan 7 dakikaya düşürülmüştür.

Araştırma sonuçlarına göre işletme talep miktarını arttırarak daha çok kâr elde edebilmesi mümkündür. Ayrıca stok alanlarındaki azalma, işletmeye yeni alanlar açmakta ve burada olan mevcut stok miktarı azalacak ve stoğa yatırılacak para nakit olarak işletme kasasına gidecektir. Ayrıca işletmede çalışan kişilerin daha çok fikrinden yararlanmak için Kaizen formları, 3M formları yerleştirilmesi sistem açısından faydalı gözükmektedir. Çünkü işletmede çalışan işçilerin çoğu uzun zamandır çalışmakta ve işletmeye katkı sağlamaktadır. Çalışanların görüşleri de işletme için çok değerli olacaktır. Gelen Kaizen formlarının sonuçları değerlendirilmeye alınmalı ve sistem için yararlı olanlar müzakere edilip, çalışanların ödüllendirilmesi gerekmektedir. Böylece hem işletme hem de çalışan için bir kazan-kazan politikası uygulanacaktır. İşletme daha çok atölye tipi olmakla birlikte otomasyon sistemine geçmesinde fayda görülmektedir. En azından belirli işlemlerde uygulanacak olan otomasyon firmanın verimliliğini arttıracak, ileride oluşabilecek talep fazlalıklarına karşı sistemi daha güvenilir kılacaktır. Örneğin kesme işlemi ilk etapta otomatik makinelerle yapılması verimlilik artışına yol açacağı değerlendirilmektedir. Vardiya artışı da bir diğer seçenektir. Talep fazlası olması durumunda ek işgücü ile vardiya sayısı arttırılabilir. Ayrıca sistemde u tipi hat kurulmakla alandan tasarruf sağlanabilir ve tek parça akışı sağlanabilir.

X. KAYNAKLAR

[1] A. Şahin, “Yalın Üretimde Analitik Hiyerarşi Modelinin Uygulanabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, İşletme Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2007.

[2] Ö. Aksu, “Bir Üretim Hattındaki Performansın Yalın Üretim Teknikleri ile İyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2013.

[3] A. Kılıç, B. Ayvaz, “Türkiye Otomotiv Yan Sanayisinde Yalın Üretim Uygulaması”, *Fen Bilimleri Dergisi*, s. 29, ss. 29-60, 2016.

[4] D. Jones, J. Womack, *Yalın Çözümler*, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye: Optimist Yayın, 2015, böl. 6, ss. 15-143.

- [5] Ö. Türkan, “Üretimde Yalın Dönüşümün Temel Performans Kriterleri”, *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 12, s. 2, ss. 28-41, 2010.
- [6] S. Arslan, “Yalın Üretim ve Man Türkiye A.Ş.’ de Örnek Bir Yalın Üretim Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [7] İ. Berber, “Yalın Üretim Teknikleri, Kaizen ve Sektörel Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Türkiye, 2013.
- [8] D. Jones, J. Womack, *Yalın Düşünceler*, 3. Baskı, İstanbul, Türkiye: Optimist Yayın, 2016, Böl. 1-9-14, ss. 21-387.
- [9] T. Ohno, (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, ISBN 0-915299-14-3.
- [10] T. Ohno, *Toyota Ruhü*, 7. Baskı, İstanbul, Türkiye: Scala Yayıncılık, 2017, Böl. 1-6, ss. 39-197.
- [11] E. Yılmaz, “Siparişe Göre Üretim Yapan Sistemlerde Yalın Üretim Uygulamaları”, Yüksek lisans tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2012.
- [12] Y. Ayvaz, A. Firuzan, “Yeni Bir Felsefe Işığında Yan Sanayilerden Beklenenler ve Tam Zamanında Üretim”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, c. 11, s. 1, ss. 20-25, 2004.
- [13] Ö. Kaymakçı, “Bir PTT Şubesinde Yalın Üretim-5S Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2012.
- [14] W. Cai, K. Lai, C. Liu, F. Wei, M. Ma, S. Jia, Z. Jiang ve L. Lv, “Promoting Sustainability of Manufacturing Industry Through the Lean Energy-Saving and Emission-Reduction Strategy”, *Science of the Total Environment*, vol. 665, pp. 23-32, 2019.
- [15] I.J. Orji, S. Liu, “A Dynamic Perspective on the Key Drivers of Innovation-Led Lean Approaches to Achieve Sustainability In Manufacturing Supply Chain”, *International Journal of Production Economics*, pp. 1-15, 2018.
- [16] N. S Gandhi, S.J. Thanki ve J.J. Thakkar, “Ranking of Drivers for Integrated Lean-Green Manufacturing for Indian Manufacturing Smes.” *Journal of Cleaner Production*, vol. 171, pp. 675-689, 2018.
- [17] L.M.S. Campos, M. Baumer-Cardoso, P.P.P. Santos, P.P.P. ve E.M. Frazzon, “Simulation-Based Analysis of Catalyzers and Trade-Offs in Lean & Green Manufacturing.” *Journal of Cleneer Production*, vol. 242, pp. 1-10, 2019.
- [18] G. Yadav, S. Luthra, D. Huisingh, S.K. Mangla, B.E. Narkhede ve Y. Liu, “Development of A Lean Manufacturing Framework to Enhance its Adoption Within Manufacturing Companies in Developing Economies.” *Journal of Cleneer Production*, 2019.

- [19] M. Mahajan, K.B. Chistopher, Harshan ve P.H.C. Shiva, “Implementation of Lean Tecniques For Sustainable Workflow Process in Indian Motor Manufacturing Unit.” *Procedia Manufacturing*, Vol. 35, pp. 1196-1204, 2019.
- [20] I. Alhuraish, A Kobi, C. Roblede, “Assessment of Lean Manufacturing and Six Sigma Operation With Decision Making Based On The Analytic Hierarchy Process.” 8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling sunuldu, France, 2016.
- [21] S. Indrawati, A. Azzam and A. C. Ramdani, “Manufacturing Efficiency Improvement Through Lean Manufacturing Approach: A Case Study in A Steel Processing Industry”, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Indonesia, 2019.
- [22] A. Daşçı, “Simülasyon Destekli Yalın Üretim Sisteminin Mobilya Sektöründe Uygulaması”, Yüksek lisans tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, 2010.
- [23] A. Meriç, “Yalın Üretim ile Kurumsal Kaynak Planlamasının Bütünleştirilmesi”, Yüksek lisans tezi, İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2011.
- [24] Ö. Bırakmaz, “Yalın Üretimde Karşılaşılan Problemler”, Yüksek Lisans Tezi, Makine Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [25] E. Ergüneş, “Gemi İnşaatında Yalın Üretim ve Değer Akış Haritalama”, Yüksek Lisans Tezi, İşletme Bölümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [26] F. İpek, “Siparişe Göre Üretimde Malzeme Hazırlama ve Üretim Hattının Beslenmesinin İyileştirilmesi: Yalın Üretim Uygulaması”, Yüksek lisans tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [27] M. Rother, J. Shook, *Görmeyi Öğrenmek*, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye: Yalın Enstitü, 1999, böl. 1-5, ss. 1-102.
- [28] F. Ersöz., *Benzetim ve Modelleme Arena ve Promodel Uygulamalarıyla*, Seçkin Kitabevi, 2. Baskı, Ankara, Türkiye: 2019, Böl.1, ss. 17-27.