KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALIN YAKLAŞIMLA BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE MONTAJ HAT TASARIMI UYGULAMASI

ELEM TERZİOĞLU

KOCAELİ 2023

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALIN YAKLAŞIMLA BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE MONTAJ HAT TASARIMI UYGULAMASI

ELEM TERZİOĞLU

Prof. Dr. Gülşen AKMAN **Danışman, Kocaeli Üniv.**	**.....**
Prof. Dr. Gülşen AYDIN KESKİN **Jüri Üyesi, Balıkesir Üniv.**	**.....**
Dr. Öğr. Üyesi Hatice ESEN **Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**	**.....**

Tezin Savunulduğu Tarih: 13.10.2023

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmasında,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☒ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☐ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler ..... tarafından ..... no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
(İmza)

Elem TERZİOĞLU

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
(İmza)

Elem TERZİOĞLU

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İşletmelerin sahip olduğu üretim sistemlerinin verimliliği ve müşterinin talep ettiği ürüne karşılık verebilme kapasitesi rekabetin geliştiği bu dünyada işletmeler için kritik önem düzeyine sahiptir. Bu sebep ile işletmeler tüm süreçlerinde yalın düşünce prensibini benimsemeye ve sürekli iyileşmeye odaklanmaktadırlar.

Bu tez çalışmasında, yalın üretim sistemleri ve montaj hatları yalın bakış açısı ile incelenerek yeni bir montaj hattı kurulumunda yalın hat tasarımı prensiplerinden faydalanılmıştır. Yalın üretim teknikleri ile birlikte verimli bir montaj hattı tasarımı kurgulanmış böylelikle müşterinin talep ettiği çeşitli ürün gruplarını üretebilecek esnek bir hat kurulumu çalışması yapılmıştır.

Yüksek lisans serüvenimde benimle tecrübesini paylaşan ve destekleyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Gülşen Akman'a, tez ve iş süreçlerimde bana ayırdığı zaman ve verdiği desteği için değerli arkadaşım Sena Orhan'a, hedeflerim ve hayallerim için beni her zaman yüreklendiren ve ihtiyacım olan her anda yardım etmekten çekinmeyen aileme & arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Kasım – 2023 Elem TERZİOĞLU

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI..... ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
1. GİRİŞ.....1
2.LİTERATÜR ÖZETİ.....3
3. YALIN ÜRETİM…….....16
3.1. Yalın Üretim İlkeleri…….....17
3.2. Yalın Üretim İsrafları…….....19
3.2.1. Fazla Üretim.....20
3.2.2. Bekleme.....20
3.2.3. Taşıma…….....21
3.2.4. Gereksiz İşlem.....21
3.2.5. Gereksiz Hareket…….....22
3.2.6. Tamir ve Fireler……..22
3.2.7. Stok…… 22
3.3. Yalın Üretimde Faaliyetlerin Ayrımı…….....23
4. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA.....24
5. YALIN HAT TASARIMI.....31
5.1. Akış Odaklı Yerleşim Yaklaşımı (FOL- Flow Oriented Layout.....34
5.1.1. FOL Çalışmasında Üretim Organizasyonu.....35
5.1.2. FOL Çalışmasında Fabrika Planlaması ve Yerleşim.....36
6. UYGULAMA…….....38
6.1. Firma ve Üretim Alanı Tanıtımı……...38
6.2. Mevcut Durum Analizi……..…38
6.2.1. Mevcut Durum Müşteri Talep Zaman Hesabı……39
6.2.2. Mevcut Durum Çevrim Süresi Hesabı ve Değer Akış Haritalama……40
6.3. Yalın Hat Tasarımı…..……..…44
6.3.1. Çalışmanın Amacı…….……44
6.3.2. Gelecek Durum Müşteri Talep Zaman Hesabı……...45
6.3.3. Gelecek Durum Çevrim Süresi Hesabı ve Değer Akış Haritalama……45
6.3.4. Gelecek Durum Hat Tasarımı……...……52
6.3.5. Gelecek Durum Hat Tasarımı Maliyet Karşılaştırması……....55
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER…….56
KAYNAKLAR 57
EKLER……..... 61
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 66
ÖZGEÇMİŞ 67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Toyota yalın üretim evi…….....17
Şekil 3.2. Yalın üretim ilkeleri…….....19
Şekil 3.3. Yalın üretimde yedi israf türü…….....20
Şekil 3.4. Katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetler.....23
Şekil 4.1. Değer akış haritalama adımları…….....27
Şekil 4.2. Değer akış haritalama çalışmasında izlenen yol.....28
Şekil 4.3. Mevcut durum değer akış haritası örneği…….....29
Şekil 4.4. Gelecek durum değer akış haritası örneği.....30
Şekil 5.1. Montaj hattı tasarımı akış bilgi…….....32
Şekil 6.1. Mevcut hat tasarımı….....39
Şekil 6.2. Mevcut durum istasyon süreleri grafiği…….....42
Şekil 6.3. Mevcut durum değer akış haritası.....43
Şekil 6.4. Gelecek durum müşteri takt zamanına göre mevcut hatların değerlendirilmesi …….....46
Şekil 6.5. Gelecek durum istasyon süreleri grafiği…..…….....49
Şekil 6.6. Gelecek durum değer akış haritası ……..…….....51
Şekil 6.7. Gelecek durum hat tasarımı ……..…….....54

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 6.1. Mevcut istasyon süreleri….....41
Tablo 6.2. Gelecek durum takt zamanına ulaşmak için gerekli ilave süreler …….....47
Tablo 6.3. Gelecek durum istasyon süreleri…….....48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

sn	: Saniye
dk	: Dakika
%	: Yüzde
inç	: Inches

Kısaltmalar

FOL	: Flow Oriented Layout (Tek Parça Akış)
LLD	: Lean Line Design (Yalın Hat Tasarımı)
TPM	: Total Productive Management (Toplam Üretkenlik Yönetimi)
TPS	: Toyota Production System (Toyota Üretim Sistemi)

MONTAJ HATLARINDA YALIN HAT TASARIMI VE BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

ÖZET

Rekabet koşullarının değişmesi ile birlikte pazarda kalıcı olmanın zorlaşması, işletmeleri sistemlerini daha verimli kullanmaya, yüksek kaliteli ürün üretmeye, müşteri taleplerini doğru şekilde karşılamaya yönlendirmektedir. Farklı rekabet stratejileri ile pazarda yer alan işletmeler zamanla pazar payını genişletebilmektedir. Ancak pazar payı genişleyen işletmelerde müşteri talepleri değişmeye ve çeşitlilik göstermeye başlamaktadır. Bununla birlikte işletmeler yeni ürünlerini üretebilmek ve müşteri taleplerini tam anlamıyla karşılayabilmek adına üretim sistemlerini geliştirmeye ve optimize etmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmada, beyaz eşya sektöründe yer alan bir işletmedeki süreç ve sistemlerin yeni ürün gamına uygunluğu çeşitli yöntemlerle tartışılmıştır ve iyileştirme çalışmaları uygulanmıştır. Mevcut durum analizi ile kullanılan makine/ekipmanların kapasitesi, gerekli işgücü sayısı, ürün çeşitliliği, değer akış haritalaması ergonomik çalışma koşulları, taşıma ve otomasyon sistemleri incelenmiştir. Yeni ürünün üretilmesi için gerekli kapasitenin ve kısıtları karşılayabilecek bir hat tasarımının olmadığı analiz edilmiştir. Yeni ürünün montaj hatlarında üretiminin sağlanabilmesi için yalın hat tasarımı ve akış odaklı yerleşim yaklaşımı ile birlikte montaj hattı iç yerleşiminin yeni ürüne uygun ve esnek bir yapıda tasarlanması amaçlanmıştır. Değer akış dizaynı ile yeni ürüne dair yıllık üretim adetleri ele alınarak montaj hattı kapasitesi hesaplanmış ve darboğaz noktalar belirlenmiştir. Kapasiteyi karşılayabilmek ve müşterinin talebine cevap verebilmek için gerekli olan hedef çevrim süresi hesaplanmıştır. Hedef çevrim süresine göre yeni ürünü üretebilmek için gerekli istasyon sayıları ve işgücü hesabı yapılmıştır. Manuel üretim yapılan montaj hattında katma değersiz taşıma işlemleri belirlenerek konveyör sistemi tasarlanmıştır. Yeni konveyör hattında ihtiyaç duyulan istasyon sayıları ve operatör sayısı belirlenmiştir. Konveyör sisteminin kurulması ve yeni hat tasarımına göre katlanılacak işletme maliyeti çıkartılmıştır. Yeni ürün projesi ile birlikte işletmenin kar marjı ile katlanılacak işletme maliyeti karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışma ile birlikte mevcut final ve paketleme hatlarında toplam istasyon sayısı 15 istasyondan 21 istasyona çıkartılarak kapasite %50 oranında arttırılmıştır. Mekanik olarak max 36 inç ölçüsünde olan ürün gamı 42 inç ölçüsündeki bir ürünü üretebilecek mekaniksel ölçülere getirilmiştir. Kapasite artışı ile birlikte yeni kurulan final ve paketleme montaj hatları yeni ürün gamına uygun hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akış Odaklı Yerleşim Yaklaşımı, Değer Akış Dizaynı, Değer Akış Haritalama, Yalın Hat Tasarımı.

LEAN LINE DESIGN IN ASSEMBLY LINES AND APPLICATION IN THE WHITE GOODS INDUSTRY

ABSTRACT

The fact that it becomes difficult to stay in the market with the change of competitive conditions directs businesses to use their systems more efficiently, to produce high quality products and to meet customer demands correctly. Businesses in the market with different competitive strategies can expand their market share over time. However, customer demands are beginning to change and show diversity in businesses whose market share is expanding. However, businesses need to develop and optimize their production systems in order to produce new products and fully meet customer demands. In this study, the suitability of processes and systems in a business in the white goods sector with the new product range has been discussed with various methods and improvement studies have been implemented. With the current situation analysis, the capacity of the machinery/equipment used, the number of required workforce, product variety, value stream mapping, ergonomic working conditions, transportation and automation systems were examined. It has been analyzed that there is no capacity to produce the new product and that there is no line design that can meet the constraints. In order to ensure the production of the new product on the assembly lines, it is aimed to design the assembly line interior layout in a flexible structure suitable for the new product by using lean line design and flow-oriented layout methods. With the value stream design, the annual production numbers of the new product were taken into consideration, the assembly line capacity was calculated and bottleneck points were determined. The target cycle time required to meet the capacity and respond to the customer's demand has been calculated. The required number of stations and labor force calculations were made in order to produce the new product according to the target cycle time. In the assembly line where manual production is made, non-value-added transportation processes are determined and automation systems are designed. The number of stations and operators needed in the new conveyor line have been determined. The operating costs to be incurred according to the installation of the conveyor system and the new line design have been calculated. With the new product project, the profit margin of the business and the operating costs to be incurred are compared. With this work, the total number of stations in the existing final and packaging lines was increased from 15 to 21 stations, increasing the capacity by 50%. The product range, which has a maximum mechanical size of 36 inches, has been brought to mechanical dimensions that can produce a product of 42 inches. With the capacity increase, the newly established final and packaging assembly lines were adapted to the new product range.

Keywords: Flow Oriented Layout Approach, Value Stream Design, Value Stream Mapping, Lean Line Design.

1. GİRİŞ

Pazar payının giderek büyümesi ve rekabet koşullarının zorluğu ile birlikte işletmeler bulundukları pazardaki paylarını koruyabilmek ve müşteri taleplerini tam anlamıyla karşılayabilmek için üretim sistemlerini sürekli geliştirmek ve optimize etmek durumundadırlar. Seri üretim yapan işletmeler için müşteri talepleri oldukça önemlidir. Müşteri talepleri ile birlikte gelen çeşitli ürün grubu talebi, kapasite artışı, kompleks bir yapıyı yönetebilme becerisi, müşterinin talebine zamanında cevap verebilme isteği ve kaliteli üretim yapabilme hedefi işletmelerin mevcut üretim sistemlerini sürekli sorgulamaya ve geliştirmeye yönlendirmektedir. Üretim sistemlerini geliştirebilmek için mevcut durum analizlerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, mevcut makine/ekipman kapasitelerinin hesaplanması, değer akış haritalaması ile süreçlerin görselleştirilmesi ve yalın prensiplerinin ele alınması önem taşımaktadır. İşletmeler üretim süreçlerini ve mevcut sistem yapısını detaylı bir şekilde ele alarak, gelişim yönlerini belirlemektedirler. Bununla birlikte üretim sistemlerini verimli hale getirmek ve kaliteli üretime ulaşabilmek için işletmeler, yalın prensibini benimsemeye başlamışlardır. Yalın prensibinde yer alan yedi israf, işletmeler tarafından ele alınarak verimli bir malzeme-ürün akışı sağlanmaya çalışılır ve bununla birlikte üretim esnasında katma değer yaratmayan faaliyetler elimine edilerek müşterinin talep ettiği en kaliteli çıktı sağlanmaya çalışılır. İşletmelerin mevcut üretim sistemlerinde en kritik olan alanlar ise montaj hatlarıdır. Montaj hatlarının müşterinin talep ettiği yeni ürün gamına ve gelecek kapasiteye karşılık verebilecek bir yapıda olması beklenmektedir. Yalın üretim sistemlerini planlamak için öncelikle mevcut montaj hatları değerlendirilerek mevcut kapasite ortaya konmaktadır ve mevcut kapasitenin yetersiz kalması durumunda da mevcut montaj hatlarını revize etmek için sistematik ve planlı olarak yalın hat tasarımı çalışmaları yapılmaktadır. Bu sayede üretilebilirlikle ilgili etkileyebilecek tüm olumsuz şartlar önceden tespit edilerek yenilenmektedir ve böylece müşterinin talep ettiği ürün grupları için üretim sistemleri hazır hale getirilmektedir.

Mevcut durum analizlerinde yalın üretim çalışmaları ele alınarak üretim yapılacak hatların tasarımları, mevcut makine kapasiteleri, ürüne katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesi ile birlikte tüm akış planı detaylı bir şekilde analiz edilmektedir. Değer akış haritalama ile fabrikanın tüm akış çizgisi belirlenerek

izlenecek iyileştirme adımları oluşturulmaktadır. Mevcut durum analizlerinde teknik hesaplamalar yapılmalı ve hattın dengesi ergonomik koşulları ele alınacak şekilde değerlendirilmelidir. Tek parça akış üretimini sağlayan, katma değersiz faaliyetlerin elimine edildiği, gereksiz ara stokların olmadığı, kapasiteyi karşılayan ve müşteri taleplerine karşılık verecek kalite seviyesinde olan esnek bir yalın hat tasarımı uygunluğu değerlendirmesi yapılmalıdır.

Bu tez çalışmasında yalın üretim, yalın üretim yöntemlerinden biri olan değer akış haritalama, yalın hat tasarımı, montaj hattı, ergonomi, akış odaklı yerleşim yaklaşımı başlıklarına ait çalışmaların örnekleri literatürde araştırılmış ve ikinci bölümde kaynak incelemesi yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde yalın üretim başlığı adı altında, yalın üretim ilkeleri, yalın üretim felsefesinde yer alan israflar ve katma değerli - katma değersiz faaliyet ayrımı hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde yalın üretim tekniklerinden biri olan değer akış haritalama yöntemine ait bilgiler verilerek mevcut durumda ve gelecek durumda çizilebilecek değer akış haritalama örnek çizimleri gösterilmiştir. Bir değer akış haritalama yöntemini kullanabilmek için çalışılması gereken adımlar belirtilerek uygulamada yapılacak değer akış haritası çalışmasına rehber olması sağlanmıştır. Beşinci bölümde yalın hat tasarımının gerekliliklerinden ve tanımından detaylı bir şekilde bahsedildikten sonra akış odaklı yaklaşım yöntemine dair bilgiler paylaşılmıştır ve akış odaklı yaklaşım yönteminin işletmelerde hangi durumlarda kullanıldığı, neden ihtiyaç duyulduğu ve kullanılması durumunda sağlayacağı katkıları hakkında bilgiler verilmiştir. Son olarak, çalışmada bahsedilen bu bölümlerde verilen bilgiler ışığında altıncı bölümde uygulama çalışmasından bahsedilmiştir. Beyaz eşya sektöründe yer alan bir işletmede soğutucu ürün grubu fabrikasındaki final ve paketleme montaj hatlarına dair mevcut durum değerlendirme analizi yapılmış ve sonrasında gelecek yıllarda talep edilen yeni ürün grubu ile 2024 yılı kapasite talebine göre hatların kapasitesi, yeterliliği, ölçüsü, ergonomisi, akışı kontrol edilmiştir. Yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalama tekniği kullanılmıştır, Mevcut durum istasyonlarının çevrim süreleri hesaplanmış ve hattın maksimum kapasitesi gösterilmiştir. Tüm yapılan mevcut durum analizlerine göre mevcut final ve paketleme hatları yetersiz kalmış ve yeni bir yalın hat tasarımı çalışması yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Habib vd. (2023), çalışmalarında bir etiketleme ve paketleme şirketinde değer akışı haritalaması yoluyla yalın üretim yaklaşımını uygulamayı amaçlamışlardır. Sorunların mevcut durumunun belirlenmesi, yalının uygulanabilirliğinin gözden geçirilmesi gibi faaliyetler için sistem ve mevcut durum değer akış haritalaması ele alınmıştır. Bu sayede hem katma değerli hem de katma değerli olmayan faaliyetlerin konumlandırılması, yeni bilgilere dayalı deneyler, parametreler ve iyileştirmeler için verilerin analizi yapılmıştır. Temel performans göstergeleri dahil teslim süresinin ve müşteri şikayet oranının azaltılması, işçilik saati başına üretilen birimlerin arttırılması ve farklı süreçlerdeki üretkenlik artışını analiz etmek için ekipman etkinliğinden yararlanılmıştır. Yapılan tüm analizler ve değer akış haritalama sayesinde iyileştirme yapılacak noktalar belirlenmiş ve performans göstergelerindeki iyileştirmeler için neden-neden analizleri yapılarak problemlerin iyileştirilmesi önerilmiştir. Bu çalışma, verimlilik ve kalitenin iyileştirilmesi için etiketleme ve ambalaj endüstrisine çok sayıda katkı sağlamaktadır.

Aydın (2023), çalışmasında yalın üretim laboratuvarlarının üniversitelerde oluşturulmasını desteklemek ve araştırmak amacıyla üç turdan oluşan bir atölye çalışması gerçekleştirmiştir. Üç aşamalı bir atölye çalışması yapılmıştır. İlk aşamada, yalın olmayan bir ortamda müşteri siparişini yetiştirmeye çalışan öğrenciler değerlendirilmiştir. İkinci aşamada, yalın üretim teknikleri kullanılarak değer katmayan işler bertaraf edilmiş ve müşteri talebi karşılanmış, ancak iş yükü dengeleme sorunu yaşanmıştır. Üçüncü aşamada ise, takt süresini aşmadan iş yükünün dengelenebileceği öngörülmüştür. Bu dengeleme sürecinde Yamazumi tekniği kullanılmıştır. Standart zamanların işçilere dağılımını grafikleyen bu teknik, mevcut düzeni değerlendirmek ve alternatif dağılımlar oluşturmak için kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, öngörülen düzende işçi sayısında %40'lık azalış sağlanmış ve işçilerin iş yükleri arasında minimum farklılık gözlemlenmiştir. Bu çalışma, üniversitelerin öğrencilere pratik deneyim kazandırma ve Yalın prensiplerini uygulama fırsatı sunma konusundaki rolünün önemine işaret etmiştir.

Deshmukh vd. (2022), çalışmalarındaki temel amaç farkındalık yaratmak ve yalın aracın farklı sektörlerde uygulanma potansiyelini göstermek olmuştur. Yalın üretim ile birlikte kuruluşlar maksimum kaynak kullanıyor ve israfı en aza indirebiliyorlar. Böylelikle

katma değeri olmayan faaliyeleri ortadan kaldırabilmek için yalın üretim araçları ile birlikte çalışmalar yapabiliyorlar. Bu çalışmada da yalın üretim organizasyonunun araç ve tekniklerine vurgu yapılmış ve her üretim organizasyonunda iş süreçlerinin kalitesini sağladığı değerlendirilmiştir. Yalın üretimi başarılı bir yöntem haline getirmek ve kısıtlamalarını ortadan kaldırmak işletmeler için fayda sağlayacaktır ancak ayrıca I4.0 teknolojisini de dahil ederek üretim süreçlerindeki yaklaşımın geliştirilebileceğini yorumlamışlardır.

Gürsoy (2022), yalın üretim sistemine sahip bir otomotiv yan sanayi sektöründeki firmanın yalın üretim istasyonlarını dijitalleştirmek için çalışmalar yapmıştır. Çalışmada işletmenin toplam ekipman etkinliği yöntemini uygulamak adına elde edilen verilerin anlık olarak girişlerinin yapılması, verilerin analiz edilmesi ve takibi, sonuçların doğru yorumlanması için dijital üretim yönetimi sistemi kullanılmıştır. Üretim veri toplama ve barkodlu ürün takip otomasyonu ile üretim süreçlerinde yaşanan sorunların ve darboğazların kaynağı kolaylıkla tespit edilebilmiş, verimlilik hedef değeri ile üretimden alınan anlık veriler karşılaştırılabilmiştir. Yalın üretim sisteminde yer alan bir işletmede mevcut üretim hatlarının dijitalleşmesi ve yalın üretim prensipleri ile birlikte endüstri 4.0 uygulamalarının yapılması tüm üretim süreçlerinin iyileşmesine katkı sağlamıştır.

Kumar vd. (2022), çalışmalarında yalın üretim prensiplerinin işletmelerde uygulanmasını geliştirmek için yalın üretim yaklaşımlarını ele almışlardır. Bu yaklaşım ile birlikte yalın üretimdeki israf azaltma yöntemlerini incelemiş ve mevcut durumu açıklamışlardır. Yalın üretim teorisini ele almışlar ve yalın üretim araçlarını değerlendirmişlerdir. Yalın üretim teorisi, düşük maliyetli yüksek kaliteli ürünler ve müşteri memnuniyeti prensipleri üzerine kurulmuştur. Bu yaklaşımı, israfı mümkün olduğunca azaltma metodolojisi olarak tanımlamışlardır. Yalın üretim, doğru anlaşılırsa ve uygun koşullar sağlanırsa bir işletmeye önemli faydalar sağlayabileceğini yorumlamışlardır.

Sirajudeen ve Krishnan (2022), yalın prensiplerin uygulanmasıyla ön üretimli bileşen imalat ünitesinde işleme süresini azaltmayı ve üretimi artırmayı amaçlamaktadır. Çalışma, Chennai'deki bir ön üretimli bileşen imalat tesisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın temel amacı, yalın prensiplerin uygulanmasıyla ön üretimli bileşen imalat ünitesinde işleme süresini azaltmak ve üretimi artırmaktır. Araştırma, üretim sürecini analiz etmek için bir araç olarak Değer Akışı Haritalama (VSM) kullanmaktadır.

İncelenen iş sürecine dayanarak yedi tür israf belirlenmiştir. İşlemlerin iyileştirilmesi için üretim ünitesinin düzeni ve taşıma cihazlarında değişiklikler gibi israfı ortadan kaldırmak için öneriler sunulmuştur. yileştirilmiş üretim sürecini tasvir etmek için gelecek durum haritası oluşturulmuştur. Verimlilik ve etkinlikte %49 ve %21,2 oranında artış olduğu bulunmuştur. Çalışma, yalın prensiplerin uygulanmasıyla ön üretimli bileşen imalat ünitesinin üretiminde iyileşmelerin mümkün olduğunu göstermektedir.

Vijayakumar ve Suresh (2022), çalışmalarında Hint imalat sektöründeki şirketlerin rekabetçiliklerini artırmak amacıyla yeni ürün tasarımları geliştirmek için yenilikçi prensiplere odaklandığını belirtmişler ve bunu sağlayabilmek için işletmelerin yalın prensiplerine odaklandığını gözlemlemişlerdir. İşletmeler atığı en aza indirerek karı maksimize etme amacıyla yalın prensiplere odaklanmıştır. Bu nedenle, atık faaliyetlerin izlenmesi ve ortadan kaldırılması için çeşitli araştırmacılar yalın prensiplere dayalı çeşitli yaklaşımlar geliştirmişlerdir. İmalat sektöründe verimliliği artırmak istendiğinde, döngü süresi maliyet temeli ve müşteri yanıtı gibi önemli bir parametrenin mümkün olduğunca optimize edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu çalışmada mevcut organizasyon yapılarının durumu değer akış haritalama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Emir ve Gergin (2021), çalışmalarında hızlı tüketim ürünleri sektöründe yer alan bir işletmenin şekerleme üretimi yapan fabrikasındaki iki paketleme hattının verimliliğini ele almıştır. Şişe paketleme prosesleri yapılan montaj hattının mevcut durum analizini yaparak değer akış haritasını oluşturmuşlardır. Paketleme hattında yaşanan israfları görselleştirmişler, işlem sürelerini belirlemişler, darboğaz noktaları tespit etmişler ve iyileştirme yapılacak katma değersiz faaliyetleri belirlemişlerdir. Önerilen iyileştirmeleri Arena yazılımı ile simülasyon modelini oluşturmuşlardır. Simülasyon modeli sayesinde gelecek durum haritasını oluşturmuşlar ve gelecek durumda paketleme hattı kapasitelerinin %6 oranında artacağını tespit etmişlerdir.

Dağ ve Kara (2020), çalışmalarında düzlemsel güneş enerjisi kolektörlerinin üretimini yapan bir işletmede değer akışı haritalandırma yöntemi kullanarak işletmenin tedarik zinciri boyunca oluşan değer akışını görselleştirmiş, katma değer yaratmayan israfları belirlemiş ve bu israfların azaltılması için eylem planları oluşturmuşlardır. Yalın üretim uygulamalarına yeni başlamış olan bir işletmede değer akış yöntemi sayesinde işletmenin değer akışında kullanması gereken yalın üretim araçları belirlenmiştir. Gelecek durum

haritası oluşturularak işletmenin tedarik zincirindeki değer akışı planlanmıştır. Bu doğrultuda planlanan gelecek durumuna ulaşabilmek için montaj hattı kurulmuş ve gerekli çalışmalar tamamlanmıştır.

Narke ve Jayadeva (2020), çalışmalarında yalın üretim tekniklerinden biri olan değer kaış haritalama yöntemini ele almışlardır. Rekabetçi üretim senaryosu, işletmelerin ürünü daha az maliyetle ve en yüksek kalitede üretmesini gerektirir. Ürünleri müşteriye en yüksek kalitede ve daha az maliyetle ulaştırabilmesi için öncelikle işletmedeki kaynaklarını optimize etmesi gerekir. Organizasyonlar bu görevi başarmak için üretimin her aşamasında israfı azaltmaya çalışmaktadır. İşletmeler israfları kontrol edebilmek için yalın üretim tekniklerinden faydanalır. Değer akış haritalaması daha geniş bir resim sağlayan önemli yalın araçlardan biridir. Yapılan değer akış haritalama sayesinde katma değer yaratmayan faaliyetler belirlenerek azaltılmıştır. Sonuç olarak 47,62 vardiya tasarrufu sağlanır; yani kişi başına 336 saat tasarruf sağlanmış demektir.

Şahin ve Akolaş (2020), otomotiv sektöründe yer alan bir işletmede yalın üretim uygulamasına dair çalışmalar yapmıştır. Çalışmada yalın üretim teknikleri ve 5N1K metodu kullanılmıştır. İşletmenin kabin ve kapı imalatı yapılan montaj hattı ele alınarak yalın üretim teknikleri ile mevcut hat tasarımı değerlendirilmiştir. Kabin ve kapı imalatı montaj hattında ortak yürütülmektedir. Kabin imalatı yapılırken kapı ve kapı aksesuarları montajı da eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Ancak bu eş zamanlı üretim esnasında kapı aksesuarı montajı çalışan operatörlerin hareketliliğini kısıtlamaktadır. Bu eş zamanlı üretim işletmede zaman kaybına ve kalite problemlerine sebep olmaktadır. Bu sebep ile çalışma kapsamında kapı imalatının kabin montajından ayrı şekilde üretilmesi durumu incelenmiştir.

Zahraee vd. (2020), çalışmalarında yalın üretim araçlarını ele almış ve yalın yaklaşımın uygulanmasında kritik bir araç olan değer akış haritalama yöntemini incelemişlerdir. İşletmeler, rekabet güçlerini rakiplerine karşı korumak için yalın üretim araçlarını uygulamaktadırlar. Bu çalışmada da rekabeti koruyabilmek için küçük ölçekli bir işletmede değer akış haritalama yöntemi ile mevcut süreçler değerlendirilmiştir. Küçük ölçekli bir ısıtıcı endüstrisindeki işletmede değer akış haritalama yöntemi kullanılarak katma değer yaratmayan faaliyetler belirlenmiş, takt süresi hesaplaması yapılmıştır. Katma değer yaratmayan faaliyetler yalın üretim ilkeleri sayesinde azaltılmıştır. Geleceğe

dayalı değer akış haritalama iyileştirmeleri yapılmıştır ve bunun sonucunda üretim teslim süresinin 17,5 günden 11 güne düştüğünü ve katma değerli sürenin 3412 saniyeden 2415 saniyeye azaldığını göstermiştir. Takt süresi de 250 saniyeden 192 saniyeye düşürülmüştür.

Bulut (2019), çalışmasında beyaz eşya üretimi yapan bir işletmenin fırın üretimi yapan fabrikasındaki montaj hatlarının akış odaklı üretim ve yerleşim planını ele almıştır. İşletmenin gelecek yıllarda üretimini yapacağı yeni ürün gamını karşılayabilecek bir üretim hattı olması için yalın hat tasarımı prensiplerine göre mevcut üretim hattını değerlendirmiştir. Mevcut durum analizi için proses süreleri metot ve ölçüm yöntemleri kullanılarak ele alınmış, ürüne ait değer akış haritalama yöntemi kullanılmış, darboğaz noktaları belirlenmiş ve kapasite hesabı yapılmıştır. Mevcut durum analizi ile birlikte gelecekteki kapasite hedeflerini karşılamadığı için yeni bir yalın hat tasarımı çalışması uygulanmıştır. Ürünlerin analizleri, müşteri hedef süresi hesabı ve makine ekipman kapasiteleri hesaplanmıştır. Gerekli istasyon sayıları ve operatör sayıları belirlenmiş, gelecek duruma göre yerleşim planı oluşturulmuş ve böylelikle işletmenin mevcut durumuna göre daha iyi bir sistem ortaya konulmuştur.

Karşıyaka ve Sütçü (2019), çalışmalarında Türkiye mobilya endüstrisinde yalın üretim tekniklerini değerlendirmişlerdir. Burada asıl amaç işletmelerin pazardaki rekabetçiliklerini sürdürebilmek ve geliştirebilmek için maliyetleri düşürmek, verimliliği artırmak ve kaliteyi yükseltmek zorunda oldukları belirtmişlerdir. Bu amaçla, mobilya üretim süreçlerinde 5S tekniği gibi yalın üretim araçları kullanılarak sürekli iyileştirme çalışmaları yapıldığı ifade edilmiştir. İzmir'deki bir mobilya firmasında gerçekleştirilen 5S uygulamalarını ele almışlardır. Aksesuar hazırlık bölümünden koltuk-kanepe montaj hattına kadar tüm imalat ve montaj bölümlerinde uygulanan bu tekniklerle önce ve sonra durumları fotoğraflarla belgelenerek sektöre örnek olması amaçlanmıştır. Yapılan 5S uygulamalarıyla montaj hatlarındaki iş istasyonları esnek üretim mantığına uygun hale getirilmiş ve hat verimliliğinde önemli kazançlar sağlanmış. Ayrıca, katma değersiz faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve iş zenginleştirme uygulamalarıyla konfeksiyon bölümünde yüzde 38 oranında etkinlik artışı elde edilmiştir.

Sevgili ve Antmen (2019), bir metal işleme fabrikasında süreç iyileştirmek amacıyla değer akış haritalandırma tekniğinin uygulanmasını ele almışlardır. Değer akış

haritalandırma, iş süreçlerini görsel olarak temsil eden bir metodolojidir. Bu çalışmanın ana hedefi, iş süreçlerinin detaylı bir analizi yaparak israfın belirlenmesi ve elimine edilmesi olmuştur. Çalışma sonuçları, Değer Akış Haritalandırma uygulamasının fabrikadaki iş süreçlerinde belirgin bir iyileştirme sağladığını göstermektedir. İş süreçlerindeki verimliliğin arttığı, üretim sürelerinin kısalıp maliyetlerin düştüğü görülmüştür. Bu da Değer Akış Haritalandırmanın, metal işleme sektöründe süreç iyileştirmesi için etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Bu teknik, iş süreçlerini daha verimli hale getirmek ve maliyetleri düşürmek için etkili bir araç olarak kullanılabileceğini yorumlamışlardır.

Sarı (2018), çalışmasında yalın üretim uygulamalarını ve yalın üretim yöntemleri ile birlikte elde edilen kazanımları değerlendirmiştir. İşletmede değer katmayan faaliyetler tespit edilmiş ve ciddi oranda düşüşler sağlanmıştır. Mevcut durumdaki kalıp değişim sürelerinde iyileştirmeler yapılarak azaltılmıştır ve 5S çalışmaları ile işletmeye maddi kazanç sağlanmıştır. Bu çalışmada yalın üretim yöntemleri kullanılarak işlevsel çözümler elde edilmiş ve üretim işletmesinde meydana gelen problemlere çözüm önerileri sunulmuştur.

Correia vd. (2018), çalışmalarında işletmede yer alan farklı görevleri ve işlemleri tam olarak anlamak ve görselleştirmek için Değer Akış Haritalama yöntemini elektronik cihaz üretimi yapan bir montaj hattında kullanmıştır. Mevcut durum analizinde her iş istasyonunun işlem süresini hesaplamış ve hattın darboğazlarını belirlemişlerdir. Mevcut durum analizi ile birlikte tespit edilen darboğazları azaltmak için istasyonları dengelenmiştir. Böylece gecikmelerin önüne geçilmiş ve çalışanların yaptığı işler gereğinden fazla olmayarak dengelenmiştir. Çalışma boyunca, incelenen manuel montaj hattı için birçok fayda bulunmuş ve daha iyi hat verimliliği için Yalın Üretim araçlarının uygulanması önerilmiştir.

Sağbaş vd. (2018), çalışmasında inşaat sektöründe yer alan bir üretim işletmesi için müşteri beklentilerini karşılamak ve üretim süreçlerindeki maliyetleri azaltmak amacıyla yalın üretim projesi yapılmıştır. İşletmenin yalın üretime geçiş süreçlerinde birçok verimlilik arttırma tekniği kullanılmıştır. Mevcut durum analizi için iş etüdü ve kapasite çalışmaları, malzeme – ürün akış optimizasyonu yapılarak değer akış haritası üzerinde süreç görselleştirilmiştir. Bunun yanında 5S, Kaizen, PUKÖ döngüsü teknikleri ile üretim

süreçlerindeki verimlilik arttırma çalışmaları yapılmıştır. Toplam ekipman verimliliğinin arttırılabilmesi için mevcut üretim süreçleri için yeni bir süreç tasarımı ve iş organizasyonu çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar ile süreç iyileştiren ve geliştiren bir model sunulmuştur.

Supçiller ve Deligöz (2018), çalışmalarında bir tekstil işletmesi için tedarikçi seçimi probleminde işletmeye rehber olabilecek en iyi tedarikçi seçimini sağlamayı hedeflemek için çok kriterli karar verme yöntemlerini ele almıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak yöntemlere ait sonuçların tutarlığını değerlendirmişlerdir. Tedarikçi seçiminde Kalite, Fiyat, Teslimat, Yönetim olarak 4 ana kriter belirlemiş ve sonrasında alt kriterlerini oluşturmuşlardır. Çalışmalarında işletmede çalışan farklı tecrübe, bilgi ve eğitime sahip olan karar vericilerin düşünceleri de değerlendirilmiş ve karar aşamasında ağırlıklandırılmıştır. Bu çalışma ile birlikte işletmenin tedarikçi problemi seçimlerinde yapabilecekleri değerlendirmeler için rehber olması sağlanmıştır.

Botti vd. (2017), çalışmalarında yalın üretim ve yalın hat tasarımı konularını ele almışlardır. Bu çalışma ile birlikte yalın tasarım için yeni bir matematiksel model sunmuşlardır. Hem manuel çalışan operatörlerin olduğu hem de otomasyon ile çalıştırılan montaj makinelerinin olduğu bir hibrit montaj hattındaki süreçler ele alınmıştır. Yeni bir matematiksel model önerilmiştir ve zorlu işler için bir montaj hattı vaka çalışmasında test edilmiştir. Bununla birlikte yalın üretim ilkeleri ve ergonomi güvenli bir montaj çalışması için gereklidir, bu model için de bu prensiplere göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Stellwag (2017), çalışmasında fabrika planlaması için bir kılavuz sağlaması adına malzeme akışını ve fabrika yerleşim planını değerlendirmiştir. İşletmenin imalat bölümleri üç ayrı bölgede yer almaktadır ve bu durum da yüksek tedarik sürelerine, yüksek envantere ve büyük miktarda nakliyeye yol açmaktadır. Çalışma ile birlikte üretim süreç analizi, malzeme akış analizi, yerleşim planı ve değer fayda analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda malzeme akışına yönelik yerleşim planlarının planlanması ve buna bağlı olarak yeni bir fabrika planlaması yapılması önerilmiştir.

Gonçalves ve Salonitis (2017), iş istasyonu tasarım süreçlerini ve iş istasyonu ihtiyaçları hiyerarşisi konularını ele almıştır. Verimli bir şekilde tasarlanmış iş istasyonları, hem esnekliği hem de seri üretimi etkili bir şekilde sağlamak için gereklidir. Bundan dolayı iş

istasyonunun hem kullanıcılara hem de görev gereksinimlerine yönelik tasarımı, işletmelerin üretim göstergelerini (daha az zaman, mekan ve maliyet) ve kalite seviyelerini artırmalarını sağlamaktadır. Çalışmada her bir gereksinimi değerlendirmek için model ve bir araç, yalın ve ergonomik yönlere dayanarak ve iş istasyonu tasarımına özgü olarak geliştirilmiştir. Değerlendirme aracı bir otomotiv montaj hattında doğrulanmıştır ve elde edilen sonuçlara dayanarak iyileştirmeler yapılarak israflar azaltılmıştır.

Roriz vd. (2017), yalın üretim araçları kullanarak üretim süreçlerinin kalitesini artırmaya odaklanan bir endüstriyel vaka çalışması sunmuşlardır. Başlangıç durumunu belirlemek için nedensel-etkisel diyagramlar, Pareto analizi, kurulum sürelerinin incelenmesi ve performans göstergeleri analizi gibi araçlar kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda yüksek kurulum süreleri, düşük makine erişilebilirliği ve çalışma alanında düzensizlik gibi ana sorunlar belirlenmiştir. İyileştirme önerileri, yapıştırma bölümünde uygulanmış ve bu kapsamda SMED metodolojisi, 5S tekniği ve görsel yönetim gibi yöntemler kullanılmıştır. Sonuç olarak, kurulum süresinde ortalama %47'lik bir azalma elde edilmiş ve bu da aylık 10114€'luk bir kar artışı sağlanmıştır.

Doğan ve Ersoy (2016), çalışmalarında araştırma ve uygulama merkezi olan bir üniversitenin labaratuvar analizleri hizmetini değer akış yöntemini kullanarak ele almışlardır. Belirlenen hizmet analizi için değer akış haritalama yöntemi ile mevcut durum haritası çizilmiştir. Mevcut durum haritasında hizmet akışındaki değer katan ve değer katmayan faaliyetler tespit edilmiş ve bu kayıpları elimine edecek bir gelecek durum haritası çizilmiştir. Gelecek durum için yalın hizmet akışı önerisi yapılmıştır.

Maraşlı vd., (2016), çalışmalarında yalın üretim ve yalın düşünce ilkelerini ele almıştır. Dondurma üretimi yapan bir işletmede mevcut durum incelemesi yapmışlar ve değer akış yöntemi kullanmışlardır. Mevcut durum analizi ile birlikte işletmedeki kalıp değişim sürelerinin fazla olması ve stok miktarlarındaki fazlalık problemi tespit edilmiştir. Uygulama ile birlikte kalıp değişim süreleri ve stok miktarları en az seviyeye indirilmiştir. Gelecek durum akış haritasında bu analizler gösterilmiştir.

Nguyen ve Do (2016), makalelerinde geleneksel üretim modelinden Lean modeline geçişin bir sürecini ele almışlar ve Elektronik montaj hattını yeniden tasarlamak için

yapılan bir durum çalışması da örneklendirmişlerdir. Süreç, mevcut durumun değer akışı haritalamasından başlayarak, gelecekteki durumun değer akışı haritalamasının çizimine ve uygulama planının oluşturulmasına kadar uzanmaktadır. Yeniden tasarım, israfın azaltılması, işlerin standartlaştırılması, iç lojistik, iş yeri tasarımı ve düzen değişiklikleri gibi alanlara odaklanmaktadır. Bu durum çalışması, aynı günlük üretim çıktısını korurken neredeyse %40 iş gücü azalması, %30 yer alanı tasarrufu ve ortalama teslimat süresinin 7.5 günden 3 güne düşürülmesi gibi önemli gelişmeler kaydettiğini göstermektedir. Bu çalışma, yalın üretim tekniklerinin üretim süreçlerini geliştirmedeki etkinliğini göstermektedir.

Rathod vd. (2016), çalışmalarında yalın üretim tekniklerini ele alarak montaj hattı süreleri ele almışlardır. Bu çalışmada çevrim süresinin optimizasyonu ve katma değeri olmayan faaliyetlerin azaltılmasına odaklanılmıştır. Hedef takta göre proseslere ait çevrim süreleri hesaplanmıştır. Üretim hattındaki yürüme ve bekleme süreleri ile oluşan israflar belirlenmiştir. Bu çalışma ile çevrim süresinin optimizasyonu sağlanmış ve katma değeri olmayan faaliyetler azaltılmıştır.

Rohani ve Zahraee (2015), çalışmalarında boya üretimi yapan bir işletmede yalın üretim tekniklerini ele alarak değer akış haritalama yöntemini kullanmışlardır. Mevcut durumdaki proses sürelerini ve hedef takt süresini hesaplayarak üretim süreçlerini değer akış haritalama yöntemi ile görselleştirmişler ve katma değer yaratmayan faaliyetler ile hedef zamana ulaşabilmek için gereklilikleri belirlemişlerdir. Hedefe ulaşabilmek için gelecek duruma ait değer akış haritası oluşturarak faaliyet planlarını belirlemişlerdir. Hedefi gerçekleştirebilmek ve sürdürülebilir kılmak için yalın üretim tekniklerinden 5S, Kaizen, kanban yöntemleri de kullanılmıştır. Bu çalışma ile birlikte teslimat süresi 8,5 günden 6 güne düşürülmüştür. Katma değer süresi ise 68 dakikadan 37 dakikaya indirilmiştir.

Yang vd. (2014), çalışmalarında değer akış haritalama yönteminin üretim sürecindeki değer katan ve katmayan faaliyetleri ayırt etme konusundaki önemini vurgulamaktadır. beş faktörün (üretim birimi, ritim belirleyici işlem, parti sayısı, üretim sırası ve süpermarket boyutu) gelecek durum değer akış haritalaması tasarımında dikkate alınmasının önemi üzerinde durmuşlardır. Bu faktörlerin, yatırım yapmadan basitçe değiştirilebilecek pratik unsurlar olduğu belirtilmiştir. Deney tasarımı ve simülasyon

optimizasyon araçlarının kullanılmasıyla bu faktörler optimize edilmiştir. Bu çalışmadaki problemi çözmek için yalın ilkelerin yenilikçi bir şekilde benimsenmesini vurgulanmıştır.

Yıldız vd. (2014), çalışmalarında yalın üretimi hedefleyen Bosch Production System'in mobil hidrolik üretiminde yalın üretim çalışması yaparak seri imalata başlamadan önce proje aşamasında ve seri imalat zamanında sisteme ait maliyet, kalite çıktısı ve yapılan sevkiyat performansına etkisini değerlendirmişlerdir. Üretim sistemlerindeki süreçleri değer akışının planlamasını ve üretim sistemlerinde yer alan hat tasarımı konularını değerlendirmişlerdir. İnceleme sonucunda işletmenin sevkiyat performansı için artışı sağlamışlar, üretimdeki akış sürelerinde iyileşme gerçekleştirmişler, üretim içindeki ara stoklardaki fazla stok oranlarını azaltmışlar ve üretim sistemin sahip olduğu malzeme ve bilgi akışı için daha yalın bir sistem kurulumu sağlamışlardır. Bu çalışma ile birlikte yalın hat tasarımı sayesinde müşteri sevkiyat sürecinde iyileştirmeler sağlamışlardır.

Jalasjoki. (2014), çalışmasında yalın tekniklerini kullanarak bir işletmedeki katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetleri belirlemiştir. Değer akış haritalama yöntemini kullanarak üretim sistemlerindeki mevcut durumu görselleştirmiş, spaghetti diyagramı ile ürün akışındaki gecikmeleri, akış hareketlerini ve mevcut yerleşim düzenini incelemiştir. Yalın üretim tekniklerini kullanarak üretim süreçlerinde yapılan çalışmaların olması gerektiği gibi olup olmadığını değerlendirmiş ve değer akışında gelecek durum analizini yapmıştır.

Uçan (2014), otomotiv yan sanayiinde yer alan bir işletmenin malzeme besleme sistemini yalın üretim yaklaşımı ile ele almış ve yalın üretim anlayışına göre yeniden tasarlanması için bir uygulama yapmıştır. Çalışmanın içeriğinde yalın üretim anlayışının temellerinden bahsedilmiş ve yalın üretim sisteminin detaylı tanımı yapılmıştır. Yalın üretim sistemi anlayışı ile birlikte işletmelerde oluşan israfların türlerin ve sebepleri değerlendirilmiştir ve yalın üretim tekniklerinden olan değer akış haritalama ve çekme sistemi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Klimalarda kullanılan bakır boru ürün grubu ele alınmış ve bu ürün grubunun planlanması ile kontrolünü yapan üretim planlama departmanı değerlendirilmiştir. Üretim kontrol ve malzeme tedariği için çekme sistemi, üretim sürecindeki yarı mamül ve sabit stok, kit halinde teslimat ve döngüsel sefer gibi kısımlar detaylı olarak incelenmiştir. Bakır boru ürün grubu yarı mamül bir üründür ve bir klimada on farklı tipte bakır boru kullanılmaktadır. Yapılan çalışma ile birlikte aynı klima

ürününde ihtiyaç duyulan bakır borular kit halinde getirilerek tek kanbanlı sistem uygulaması geliştirilmiştir. Aynı zamanda klima üretim fabrikası ile bakır boru üretim tesisi arasında üretim kontrol ve malzeme besleme sisteminde hataların oluşmaması için sistem geliştirilmiştir.

Rahani ve Ashraf (2012), çalışmalarında otomotiv parça üretim tesisi süreç sektörü için yalın üretim prensiplerinin nasıl adapte edildiğini anlatan bir vaka çalışması sunmaktadır. Değer akış haritalama, çeşitli lean teknikleri için fırsatları belirlemek için kullanılan önemli bir lean aracıdır. Değer akış haritalama, tüm işlem adımlarında, değer eklenen ve eklenmeyen tüm adımları analiz eder ve gizli atık ve atık kaynaklarını görmeye yardımcı olan görsel bir araç olarak kullanılır. Mevcut durum haritası, üretim sahasında işlerin gerçekte nasıl işlediğini belgelemek için çizilir. Daha sonra, gelecek durum haritası, atık kök nedenlerinin ve süreç iyileştirmelerinin elimine edilmesi yoluyla bir yalın süreç akışı tasarlamak için geliştirilir. Bu makalede, değer akış haritalama teknikleri gösterilmiştir ve bir ürün (Ön disk, D45T) vaka çalışmasında yalın üretim girişimine uygulama üzerine tartışılmıştır.

Zhenyuan vd. (2011), çalışmalarında bir üretim hattının tesis yalın yerleşim sistemini incelemişlerdir. Tesis yerleşim sistemini etkileyen faktörler analiz edilerek optimizasyon hedefleri ve tesis yerleşim sisteminin kısıtlama koşulları belirlenmiştir. Bunlar doğrultusunda incelenen yalın tesis yerleşim sistemi için bir fonksiyon modeli ve bir tasarım yapısı modeli oluşturulmuştur. Tasarlanan yalın tesis yerleşim sistemi, üretim verimliliğini ve ekipmanların kullanım verimliliğini etkin bir şekilde arttırabileceği gözlemlenmiştir.

Shady vd. (2010), Amerika' da yer alan küçük bir işletmede yalın üretim çalışmalarına ilişkin bir vaka çalışması yapmışlardır. Mevcut durumda yapılan üretim süreçlerine dair mevcut durum verilerini toplamışlar ve değer akış haritasını oluşturmuşlardır. Gelecekteki yalın faaliyetler için bir rehber görevi oluşturabilmesi adına gelecek durum değer akış haritasını önermişlerdir. Katma değer yaratmayan ve geleceğe ilerlemekte engel olan sebepler belirlenmiştir. Bu engellerin nedenlerini daha detaylı ortaya çıkartabilmek için 5 Neden analizi kullanılmıştır. Katma değer yaratmayan sebepler için kaizen çalışmaları önerilmiştir.

Sharma ve Singh (2009), çalışmalarında değer akışı haritalamasının yalın uygulamada nasıl yardımcı olduğunu açıklamışlar ve bu analiz için bir vaka çalışması yapmışlardır. Mevcut durumu analiz ederek israf yaratan faaliyetler belirlenmiş, teslim süresi ve döngü süresi hesapları yapılmıştır. Bu çalışma ile bir imalat firmasının mevcut durumu ile gelecekte önerilen durumu arasındaki boşluğu kapatmak için iyileştirme alanlarının üstesinden gelmek için yol haritasını geliştirebilmesi önerilmiştir.

Birgün vd., (2006), çalışmalarında traktör üretimi yapan UZEL A.Ş.'de müşteri beklentilerini karşılamak ve üretim süreçlerini iyileştirmek için yalın üretim yöntemlerini ele alarak değer akış haritalama çalışması yapmışlardır. Hidrolik kapan üretimi yapılan bir montaj hattında değer akış süreçleri ele alınmış ve mevcut durum analizi yapılmıştır. Bu çalışma ile ürün akışının süreçleri görsel olarak ele alınmış, israf yaratan katma değersiz faaliyetler belirlenmiş ve buna sebep olan kaynakların neler olduğu tespit edilmiştir. Gelecek durum haritası yapılmış ve gelecek durumda sürekli akış ve çekme sistemi önerisi ile temin sürelerinde azaltma olması hedeflenmiştir. Tedarik sıklığının artmasının sistemde yaratacağı etkiyi gözlemlemek için simülasyon önerisinde bulunulmuştur.

Taj ve Berro (2006), müşteri talebini karşılamak için bir otomotiv montaj fabrikasında üretkenliği artırmak ve aynı zamanda robotik kaynak operasyon hatları için üretkenliği iyileştirmeye yönelik en iyi uygulamaları geliştirmek için yalın üretim prensiplerini ele almışlardır. İşletmede verimi sınırlayan darboğazları belirlemek için kısıtlı yönetim kullanılmıştır ve yalın üretim, kısıtlı üretim alanlarında atığın (muda) belirlenmesine yardımcı olmuştur. Kısıtlı yönetim ve yalın üretimin birlikte uygulanmasının sonucu ile işletmenin genel darboğazlarını ve iş hacmini artırmanın yolları belirlendi. Darboğazları belirleyip yönetmelerine ve üretim sistemindeki atıkları ortadan kaldırmalarına yardımcı olmak için Fabrika yönetimine öneride bulunuldu.

Özkol (2004), çalışmasında yalın düşünce felsefesini ve israfın sebeplerini değerlendirmiş ve bir işletmenin tekdüzen muhasebe sistemlerinde yapılan fonksiyonları bu bakış açısı ile incelemiştir. Yalın üretimdeki değer yaratan ve değer yaratmayan faaliyetleri, israf tanımını, israf türlerini, maliyet davranışlarını detaylı bir şekilde araştırmıştır. İşletmelerde oluşan israfların sebeplerini ele alarak bunları muhasebe sistemlerinde israf maliyetleri şeklinde hesaplamıştır. Yalın düşünce sistemine geçiş ile

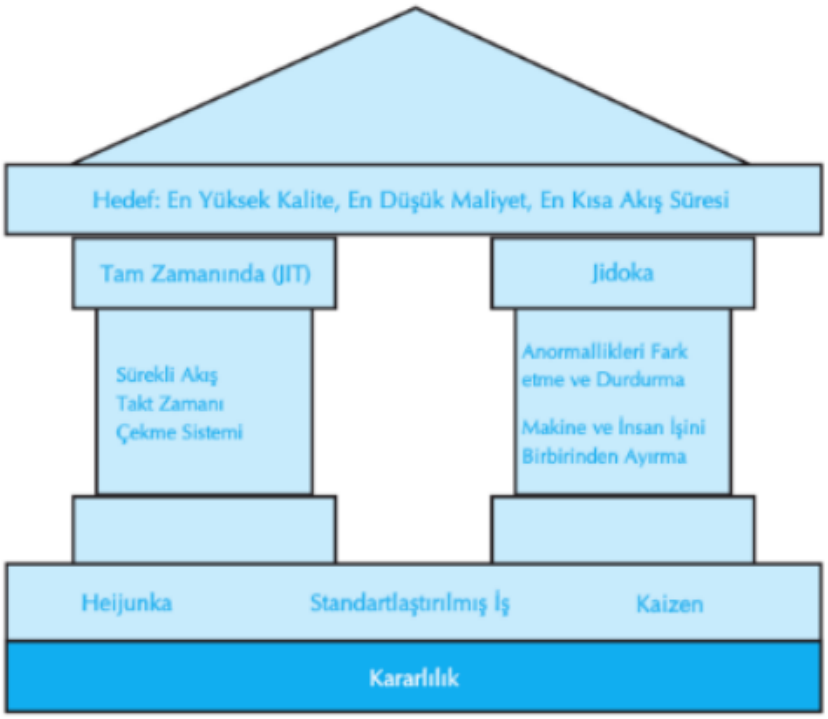
birlikte işletmelerin israflarını muhasebe kayıtlarında görebilmeyi sağlayacağını göstermiştir.

Sullivan vd. (2002), çalışmalarında yalın üretim uygulaması bağlamında bir ekipman değiştirme kararı problemini ele almışlardır. Değer akış haritalama yönteminin bir üretim hattının mevcut durumunu haritalamak ve istenen gelecek durumunu tasarlamak için nasıl kullanılabileceği detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca, değer akış haritalama yönteminin yalın üretim uygulamasında karşılaşılan ekipman değiştirme kararı sorunlarının analizi için gerekli bilgileri nasıl sağlayabileceğine dair bir yol haritası sunulmuştur.

Womack ve Jones (1998), yalın düşünce kavramını açıklamışlar ve israfı(mudayı) tanımlamışlardır. Mudaya karşı yalın düşünce anlayışını benimsemişlerdir. Yalın düşüncede değer kavramının kritik çıkış noktası olduğu söylemişlerdir. Değer kavramı ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir ve anlam taşıyabilmesi için belirli bir zamanda, belirli bir fiyatta ve müşteri ihtiyacını karşılayan bir ürün şeklinde ifade edilebilmelidir. Yalın üretim felsefesinde yer alan birçok ilke ve araçları açıklamışlardır. Yalın üretim ilkelerindeki her bir kavramı detayları ile örneklendirerek açıklamışlar ve insanlara görmeyi öğretmeyi, yalın üretimdeki değer kavramına ışık tutabilmeyi sağlamışlardır.

3. YALIN ÜRETİM

Yalın üretim, Toyota Üretim Sistemi (Toyota Production System - TPS) olarak da bilinen bir üretim felsefesidir. Bu felsefe, Japon otomotiv üreticisi Toyota'nın geliştirdiği ve uyguladığı bir yöntemdir. Japon kökenli kavram olan bu felsefe, II. Dünya Savaşı sonrasında Japon üreticilerin ABD'deki üretim tesislerinin benzerlerini yaratmak için gereken yatırımı karşılayamayacaklarını fark etmeleriyle birlikte ortaya çıkmıştır. (Rekiek ve Delchambre, 2006). Yalın üretim, 1960'ların başı ile birlikte Japonya'da ki Toyota şirketinde bulunan başmühendis Taiichi Ohno'nun liderliğinde, işletmedeki seri üretimden farklı olarak müşteri odaklılığı ve ürüne değer katmayan israfların azaltılmasını hedeflemekte olan üretim yöntemleri kullanılarak oluşturulmaya başlanmıştır. (Womack ve Jones, 1998) Yalın üretim ile ilgili çalışmalar yürüten ve öncülük eden ilk kişiler Ohno ve Shingo olarak bilinmektedir. Yalın üretim felsefesindeki ana amaç, işletmelerin temin ettikleri ilk hammaddeden, ürettikleri ve müşteriye ulaştırdıkları ürüne kadar olan tüm değer yaratma sürecindeki değeri müşteriye aktarabilmektir. İşletmelerin bu amaca ulaşabilmesi için değer yaratma zincirini genel ve bütünleyici bir resimden inceleyebilmek, israfları azaltabilmek, üretim sistemlerindeki tüm operasyon adımlarındaki süreçleri mükemmel hale getirebilmek için çalışmalar yapması gerekmektedir. (Bulut, 2019). Yalın üretim anlayışı, üretime fayda sağlamayan tüm israflardan arınmayı hedef alan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Yalın üretim, verimliliği artırmak, israfı azaltmak ve müşteri değerine odaklanmak için tasarlanmıştır. İşletmeler, yalın üretim prensiplerini benimseyerek verimliliklerini artırabilir, müşteri memnuniyetini yükseltebilir ve israfı azaltarak maliyetlerini düşürebilirler. Yalın üretim ayrıca sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyebilir ve kaynakların daha etkin kullanılmasına yardımcı olabilir. Yalın üretimin ana stratejisi kalite, maliyet ve sevkiyat performansını aynı anda iyileştirmek için üretim hızını arttırıp, akış süresini azaltarak üretim süreçlerine devam etmektir. Yalın üretim, müşterinin talep ettiği ihtiyaçları karşılayabilmek için müşteri gözünde ürüne katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan faaliyetleri birbirinden ayırarak, katma değer yaratmayan faaliyetlerin elimine edilmesini hedeflemektedir. Katma değer yaratmayan ve israf oluşturan bu kalemlerin kaldırılması veya yok edilmesi, müşterinin talep ettiği ürünü en az maliyet ile, en hızlı ve en kaliteli olarak karşılanmasını sağlamaktadır. (Womack ve Jones, 1998).



Şekil 3.1. Toyota yalın üretim evi (Ohno, 1996)

Şekil 3.1 de gösterilen Toyota'nın yalın üretim evi anlayışı, sürekli olarak iyileştirme, israfları azaltma, kalite odaklılık ve çalışanların tam katılımı gibi prensiplere dayanmaktadır. Bu prensipler de ki ana hedef üretim süreçlerindeki verimliliği artırmak, katlanılan maliyetleri düşürmek ve müşteriye ihtiyaçları doğrultusunda beklediği katma değerli değeri sunmaktır.

3.1. Yalın Üretim İlkeleri

Yalın üretimin işletmelerde gerçekleştirilmesi için öncelikle yalın düşünce anlayışının benimsenmesi gerekmektedir. Yalın düşünce ile birlikte değerin ne olduğu tanımlanmış ve katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetler birbirinden ayrılarak belirlenebilmiştir. Yalın düşünce anlayışında işletmelerde kullanılan tüm kaynakların daha az veya optimum kullanılması ile birlikte daha fazla ürün veya çıktıya ulaşabilmek ve en önemlisi müşterinin taleplerini karşılayabilmek yer alır. Bu süreçte işletmelerin yalın düşünce anlayışını benimsemesi, değer yaratan süreçleri belirleyebilmesine ve en doğru şekilde yapabilmesine ve böylelikle de sürekli daha iyiye ulaşabilmeyi sağlamaktadır. (Womack ve Jones, 1998) Yalın üretim felsefesi, birçok ilke ve araçtan oluşmaktadır. Yalın üretimin temel ilke ve araçlarından bazıları şunlardır;

Değer: Yalın üretim felsefesine göre değer kavramı müşteri tarafından belirlenmektedir ve ürünün fiyat ve diğer özellikleri açısından müşterinin ihtiyaçlarına cevap verip verememesinin ölçüsü olarak tanımlanmıştır. (Womack ve Jones, 1998).Yalın üretim sistemini benimseyen işletmeler müşterinin bakış açısına göre değeri belirlemeli ve değer yaratmaya odaklanmalıdır.

Değer Akışı: İşletmelerin sahip olduğu üretim sistemlerindeki tüm iş süreçlerinin müşteri taleplerine göre akışını sağlaması gerekmektedir. Bununla birlikte üretim süreçlerinde tespit edilen tüm katma değersiz iş adımları ortadan kaldırılmalıdır. Üretim sürecinde, malzeme ve bilginin akışını mümkün olduğunca kesintisiz ve optimize bir şekilde sağlamak ana hedeflerden bir tanesidir.

Akış: İşletmeler üretim süreçlerinde yer alan malzeme, bilgi ve iş süreçlerinin akışını düzenlemeli ve aralarında kesintisiz bir akışı sağlayabilmelidir.

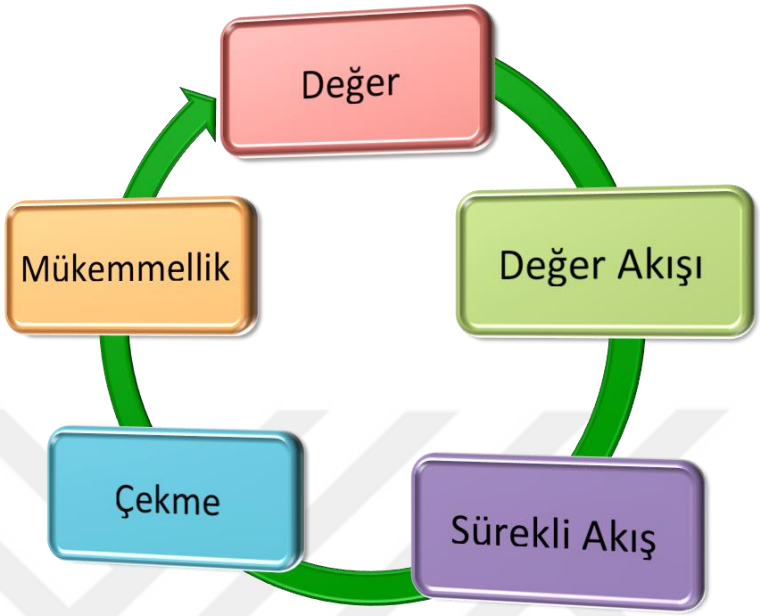
Çekme: İşletmelerin ana hedefi müşteri taleplerini karşılayabilmektir. Bu hedef doğrultusunda işletmeler, yalın üretim felsefesini benimseyerek müşteri taleplerine uygun olacak şekilde üretimi gerçekleştirebilmeli ve stokları minimize etmelidir. Gereksiz ve fazla stok yapmaktan kaçınma anlayışı işletmelerin benimsemesi gereken bir hedef düşünce olmalıdır. Bu düşünce sayesinde işletmelerin müşteri talebi doğrultusunda üretim yapması, fazla stoklardan kaynaklanan maliyetleri ve israfı azaltacaktır.

Kararlılık: İşletmelerde sürdürülebilirlik esastır; bu yüzden işletmelerin sahip oldukları üretim süreçlerinin istikrarlı olmasını sağlaması gerekir ve bununla birlikte de oluşabilecek değişkenlikleri minimize etmelidir.

Sürekli İyileştirme: İşletmelerin pazar paylarını koruyabilmesi için üretim süreçlerini sürekli olarak analiz etmeli, iyileştirmeler yapmalı ve mükemmelliği hedeflemelidir. Çalışanların tam katılımını sağlamak ve onları teşvik etmek, işletmedeki problemleri ortaya çıkarmak ve işletmedeki süreçleri sürekli olarak iyileştirmek yalın üretim anlayışında önemli bir ilke ve hedeftir.

İnsanlar ve işbirliği: İşletmeler üretim süreçlerinde yer alan çalışanlarını süreçlere katılmaya teşvik etmeli, takım çalışmalarını desteklemeli ve sahip olduğu yetenekleri

geliştirmelidir. Böylelikle işletmeler çalışanlarının düşüncelerine ve tecrübelerine değer verdiklerini gösterebilir, gelişimi sağlayabilirler.



Şekil 3.2. Yalın üretim ilkeleri

Yalın üretim ilkelerinde yer alan ve Şekil 3.2 de gösterilen değer, değer akışı, sürekli akış, mükemmelik gibi kavramlar yalın üretimin temelini oluşturmaktadır. Bu ilkelerin işletmeler tarafından benimsenmesi ve uygulanması işletmelerin süreçlerine ait verimliliğin artmasına, israfların azaltmasına, kaliteyi iyileştirmesine ve müşteri değerine odaklanmasına yardımcı olacaktır.

3.2. Yalın Üretim İsrafları

İsraf (muda), ürüne ya da müşteriye değer katmadan kaynakları tüketen faaliyetler bütünü olarak tanımlanır ve bununla birlikte israf, müşterinin talep ettiği ihtiyacının karşılanması için ödemeye gönüllü olmadığı; değer ise müşterinin bedelini ödemeye hazır olduğu her şeydir. Yalın üretim felsefesinde 7 ana israf yer almaktadır. Bunlar Şekil 3.3 de gösterildiği gibi fazla üretim, bekleme, taşıma, gereksiz işlem, gereksiz hareket, tamir ve fireler, stok olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Yalın üretimde yedi israf türü (Bulut, 2019)

3.2.1. Fazla Üretim

İşletmelerde fazla üretimin yapılmasının en büyük sebebi müşterinin talep ettiği ve ihtiyaç duyduğu ürünü en kısa sürede üreterek müşteriye teslim etmek için üretilen ürünlerin stokta bekletilmesidir. Bu durumun oluşmasının en büyük sebebi müşterinin talep ettiği siparişi her ne olursa olsun oluşabilecek tüm olumsuzluklara rağmen karşılayabilme düşüncesidir. İşletmeler olası problemler ile karşılaştığında veya üretim yapamadığında müşteri talebini karşılayamayacağı için güvenli stok alanları oluşturmak ister. Ancak yapılan fazla üretim işletmeler için en büyük maliyet kayıplarından bir tanesi olmaktadır. Bu maliyet kayıpları genel halleri ile işgücü ve makine kaynaklarının sürekli kullanılmasından dolayı oluşan bir maliyet, fazla stok bulundurmaktan dolayı oluşan bir maliyet ve üretilen fazla ürünlerin depolanması için gerekli fazla yer maliyeti olarak tanımlanabilir. (Uçan, 2014) İşletmeler için fazla üretim yalın düşüncede yer alan yedi temel israftan bir tanesidir ve işletmelerde oluşmaya başlayan bir israf zaman ile işletmenin herhangi bir fonksiyonunda süreç içerisinde ortaya çıkmaktadır.

3.2.2. Bekleme

İşletmelerin sahip olduğu ve kullandığı kaynakları olan makine veya iş gücünde oluşan zaman kaybı bekleme olarak tanımlanmaktadır. Üretim hatlarında oluşan darboğazların

neler olduğu, sebepleri ve en önemli etkenleri belirlenmelidir. Makinenin operatör tarafından daha etkin kullanılması için neler yapılacağı ve operatörün makine başında beklemesine engel olan sebeplerin nasıl ortadan kaldırılacağı araştırılmalıdır. Bekleme ile birlikte üretimin sürekliliği sağlanamayacağından dolayı kesikli bir üretimin yapılmasına sebep olmaktadır. Üretimdeki iş akışının sürekliliğinde aksamalar olması ve buna bağlı olarak darboğazların oluşması müşteriye teslim edilecek ürünün teslim süresini de etkileyen gecikme maliyetlerine sebep olmaktadır. (Uçan, 2014). Bekleme, yalın üretim anlayışı içerisinde israfa veya kayıp ürüne sebep olmaktadır. Bu israfın önüne geçebilmek için işletmelerin makine ve ekipman etkinliğini arttırması ve işgücü planlamasını doğru bir şekilde yapması gerekmektedir.

3.2.3. Taşıma

Taşıma işlemi hammadde, yarı mamul veya mamulün kendisinin bir işlem görmek için bir yerden başka bir yere aktarılması veya depolanması için başka bir noktaya taşınması olarak tanımlanabilir. Taşıma işlemi müşteri için ürüne değer katmayan bir faaliyettir ve bu sebep ile işletme için önemli bir israf kaynağıdır. Taşıma israfına sebep olan nedenlerin başında işletmedeki üretim süreçlerin kötü tasarlanmış olması ve malzeme akışında meydana gelen karmaşıklık yer almaktadır. Taşıma işlemi sırasında ürünlerin hasarlanma riski vardır ve bu durumda işletmeler için ek bir maliyete sebep olmaktadır. Taşıma israfını ortadan kaldırmak için işletmelerin tesis alan yerleşimini malzeme akışına göre belirlemesi ve tasarlaması gerekmektedir. (Uçan, 2014)

3.2.4. Gereksiz İşlem

Süreç israfı olarak tanımlanabilir ve aynı zamanda müşterinin beklediği katma değeri yaratmayan işlemlerin bütününü oluşturmaktadır. İşletmelerdeki süreç israflarının sebepleri standartların güncel olmaması, üretim süreçlerinin tam olarak anlaşılmaması, standart olarak yapılan işlem prosedürlerinin eksikliği veya gelişim eksikliği gibi sebeplerdir. Bu israfın ortadan kaldırılması için süreçlerin incelenmesi ve iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. (Uçan, 2014). Üretim süreçlerinde yapılacak iyileştirmeler üretim süresinin kısalmasını sağlayacak ve ürüne ait kaliteyi arttıracaktır.

3.2.5. Gereksiz Hareket

Üretim süreçlerinde ürünün tamamlanması için gerekli olmayan ancak yapılan hareketler ürüne değer katmadığı için israf olarak tanımlanmaktadır. Hareket israfının sebebi iyi dizayn edilmemiş montaj hatları veya üretimde bulunan ekipmanların standart yerinin olmaması kaynaklı olabilir. Gereksiz hareket üretim akışını bozması sebebi ile ürünün üretilmesindeki gerekli sürenin artmasına sebep olmaktadır. Gereksiz hareket israfının önüne geçebilmek için metot etüdünün iyi yapılması gereklidir ve aynı zamanda üretim alanında 5S çalışması yapılarak ekipman aramak için yapılacak gereksiz hareket elimine edilebilir. (Uçan, 2014).

3.2.6. Tamir ve Fireler

Yalın üretim ve sıfır hatanın temelinde ilk seferde doğru üretim prensibi yer alır. Üretim sistemlerinde ilk seferde doğru üretim yapılamaması durumu israfa yol açmaktadır. Oluşan hurda, yeniden işleme veya kusurlu, hatalı ürünlerin oluşması yalın üretimde bir israf türüdür. Hatalı parçaların yeniden düzeltilmesi için harcanacak zaman ve malzeme kalemleri işletme için kayıp bir maliyet oluşturacaktır. Tamir ve fire israfına çalışanın beceri ve eğitim eksikliği, tasarım yanlışlığı, kullanılan makinelerdeki sapmalar ve kontrol edilemeyen süreçler sebep olmaktadır. Bu israfın önüne geçebilmek için işletmelerin toplam kalite kontrol uygulamalarına ağırlık vermesi gerekmektedir. (Uçan, 2014).

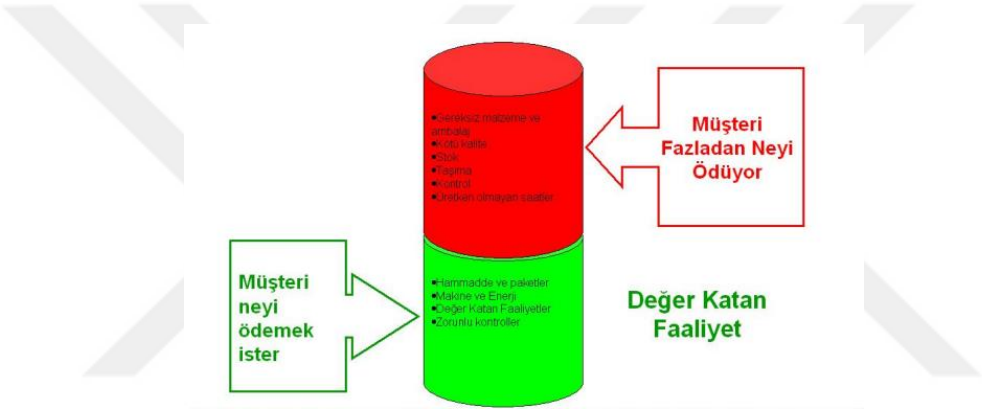
3.2.7. Stok

İşletmelerin tedarik depolarında bulunan hammaddeleri, üretim süreçlerinde bulunan ara stokları veya bitmiş ürün stokları müşteri açısından değer katmayan faaliyetlerdir ve işletme için israfa sebep olan kalemlerdir. İşletmelerin aşırı stok ile çalışmalarının sebepleri tutarlı olmayan üretim planlama tahminleri, üretim çizelgesinin olmaması veya takip edilmemesi, güvenilir olmayan tedarikçiler, ekipman arızaları kaynaklı uzun duruşlar ve üretim süreçlerindeki operasyonlar arasındaki eksik iletişim olmaktadır. Fazla stok işletmeler için stokları depolayabilmek adına fazla alan ihtiyacına veya raf ömürlerinin dolması gibi sebeplere yol açmaktadır. Fazla stok israfının önüne geçebilmek için işletmedeki problemleri stok yaparak çözmek yerine stok miktarlarını azaltarak

problemlerin görünür hale gelmesi sağlanır ve bu sayede problemlerin önüne geçmek için kalıcı çözümlere odaklanılabilir. (Uçan, 2014)

3.3. Yalın Üretimde Faaliyetlerin Ayrımı

Yalın üretimde faaliyetler temelde değer yaratan ve değer yaratmayan faaliyetler olarak ikiye ayrılmaktadır. Şekil 3.4 de katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlere örnekler gösterilmiştir. İşletmelerdeki bazı faaliyetler değer yaratmasa dahi zorunlu olarak yapılması gereken faaliyetlerdir. Bunun dışında ise kaçınabilecekler değer yaratmayan faaliyetler vardır ve işletmelerde bu faaliyetlerin yapılması kaynak kaybı olması sebebi ile israfa sebep olmaktadır. (Özkol 2004)



Şekil 3.4. Katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetler (Gökçe, 2006)

Değer Yaratan Faaliyetler: Müşterinin talep ettiği ürünün üretilmesindeki tüm süreçlere katkısı olan faaliyetler bütünüdür. Bir başka deyişle müşterinin para ödemeye razı olduğu değerler bütünüdür.

Değer Yaratmayan Kaçınılamaz Faaliyetler: Ürünün üretilmesi aşamasında yapılması gerekli olan ve yapılmaması halinde üretim duruşuna sebep olan faaliyetlerdir. Örnek olarak kalıp değişim süreleri, makine ayarları, kullanılacak gerekli ekipmanın söküp takma işlemleri gibi üretim alanında yapılması zorunlu olan faaliyetler verilebilir.

Değer Yaratmayan Kaçınılabilir Faaliyetler: Ürünün üretilmesi aşamasında yapılmasına gerek olmayan ve yapılmaması halinde üretim duruşuna sebep olmayan faaliyetlerdir. Örnek olarak bekleme, ilk anda doğru şekilde prosesi yapamama ve tekrar işlem yapma, hurda ve tamir işlemleri, ürün ve malzeme sayma işlemleri, fazla yürüme gibi zorunlu olmayan faaliyetler verilebilir.

4. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

Günümüzde gelişen piyasa koşulları ile birlikte müşteri talepleri giderek artmaktadır ve müşteriler de bu pazarda talep ettikleri değeri, işletmelerin sağlayabileceklerini görmek ve tatmin olmak istemektedirler. İşletmeler de müşterilerin bu beklentilerini karşılayabilmek ve gelişebilmek için yalın üretim araçlarından biri olan Değer Akış Haritalama tekniğini kullanarak, süreçleri görselleştirip sistemlerini geliştirmenin yollarını aramaktadırlar. Değer akış haritalama yöntemi ile işletme süreçlerindeki tüm adımlar görselleştirilmekte ve tedarikçiden müşteriye uzanan bu süreçteki ürün/hizmet akışında bulunan tüm faaliyetler değerlendirilmektedir. Yalın üretim anlayışında değer, müşterinin ödeme yapmaya razı olduğu her şey olarak nitelendirilebilir; ancak işletmelerdeki bazı faaliyetler müşteriye doğrudan değer katmayabilir. Değer akış yöntemi sayesinde ürün/hizmet akışındaki süreçlerde oluşan katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan tüm faaliyetler tespit edilebilmektedir. Böylelikle işletmeler, israf adımlarını görselleştirerek süreçlerin neresinde iyileştirme yapabileceklerini tespit ederek değer yaratan süreçler oluşturabilmektedir. Rother ve Shook (1999)' a göre Değer akış haritalama yöntemi 4 temel adamdan oluşmaktadır. İlk önce süreci değerlendirilecek ürün ailesi seçilir, sonrasında bu ürün ailesine göre mevcut durum ortaya konulur. Mevcut durum analiz yapıldıktan sonra gelecek durum tasarlaması yapılır ve son olarak faaliyet planı hazırlanarak uygulanması sağlanmaktadır.

Yalın üretim araçlarından biri olan değer akış haritalama yöntemi, işletmelerdeki süreçlerin veya süreçler içerisinde yapılan işlerin iş adımlarını ve malzeme/bilgi akışını görselleştirebilmek için kullanılmaktadır. Bir işletmede değer akış haritalama yöntemini kullanbailmek için aşağıdaki gibi süreç adımları izlenerek oluşturulmalıdır.

Başlangıç Noktası Belirleme: Değer akış haritalandırmanın yapılacağı sürecin veya işin başlangıç noktası belirlenmelidir. Bu başlangıç noktası genel olarak malzeme girişinin veya müşterinin talebinin olduğu nokta olmaktadır.

Değer Akışı Belirleme: Süreç akışı boyunca malzeme ve bilgi akışının sistem içerisinde nasıl gerçekleştiği belirlenmelidir. Malzeme akışı, üretim akışındaki proses adımlarının sırasını, gerekli malzeme hareketini ve envanterleri içermelidir; bilgi akışı ise üretim akışındaki yapılacak prosesler için gerekli iş emirlerini, talimatlarını ve üretim raporlarını

içermelidir. Bilgi akışı içerisinde bilgilerin süreç boyunca nasıl aktarıldığı gösterilmektedir.

Değerli ve Değersiz Adımları Tanımlama: İşletmelerdeki değerli adımlar, müşterinin gözünde değer yaratan faaliyetleri temsil etmektedir. Değersiz adımlar ise israftan kaynaklanan faaliyetlerdir. Değer akış haritası üzerinde, süreçteki adımların değerli veya değersiz faaliyet olduğunu belirtebilmek adına semboller veya renkler kullanılmaktadır.

Değer Akışında Bulunan Zamanları Ölçme: Üretim sürecindeki her proses adımının bir işlem süresi, bekleme süresi veya taşıma süresi gibi zamanları vardır ve bu süreler ölçülerek haritaya eklenmelidir. Zamanın ölçülmesi, süreç içerisinde yer alan farklı faaliyetlerin sürelerini belirlemeye ve faaliyetler içerisinde boşa geçen zamanı tespit etmeye yardımcı olmaktadır.

Değer Akış Haritası Oluşturma: Süreç akışı içerisinde toplanan ve gerekli olan veriler kullanılarak değer akış haritası oluşturulmaktadır. Bu harita ile birlikte süreçlerin tüm adımlarını görsel bir şekilde temsil etmesi sağlanmış olur ve malzeme ve bilgi akışını, iş sürecindeki süreleri, envanteri ve diğer tüm önemli bilgileri göstermektedir.

İyileştirme Fırsatlarını Belirleme: Oluşturulan değer akış haritası analiz edildiğinde katma değer yaratmayan ve israfa sebep olan kaynaklar belirlenmektedir. Bununla birlikte israfa sebep olan bu kaynaklar için iyileştirme fırsatları oluşturulmaktadır. Bu aşama ile birlikte işletme içerisinde oluşan değersiz adımların elimine edilmesi, iş akış süreçlerinin yeniden düzenlenmesi ve envanterin azaltılması şeklinde iyileştirme stratejileri oluşturulup geliştirilebilir.

İyileştirme Planını Oluşturma: Değer akış hairtası üzerinden belirlenen iyileştirme fırsatlarına göre bir faaliyet planı oluşturulmalıdır. Bu plan ile birlikte süreç akışı içerisindeki iyileştirmeye açık noktaların nasıl yapılacağı planlanmaktadır.

Değer akış haritalama tekniği uygulanırken kullanılması gereken temel ölçütlerin anlamlı ve doğru bilgiler üretmesi ve bununla birlikte yalın hedefler üzerinde zarara uğratabilecek ölçütler olmaması gerekmektedir. Değer akışında kullanılmak için seçilen ölçütler, doğru kararları verebilmek için yöneticilere doğru bilgi akışını sağlayıcı özelliklere sahip olması gerekmektedir. (Rother ve Shook; 1999).

Yalın bir değer akışında kullanılması gereken genel değerlendirme ölçütleri şu şekilde olmalıdır (Rother ve Shook, 1999)

Takt zamanı: Takt kelimesi ritim veya metre anlamına sahip bir Almanca sözlüktür. Takt süresi müşterinin talep ettiği hızdır ve üretim içerisinde hedeflenen süre olmaktadır. (Rother ve Shook; 1999). Takt zamanındaki ana amaç yapılan üretimin müşterinin talebini kesin olarak talep edilen zamanda karşılanmasını sağlamaktır. Bu sebep ile takt zamanı, işletmenin en büyük hedefi olduğundan dolayı yalın üretim için üretimin kalp atışları olarak da tanımlanabilir. (Marchwinski ve Shook; 2007). Üretim alanları içerisinde tek parça akış oluşturulmak istenir; üretimde yer alan bu hücrenin müşterinin talep ettiği ürünü işleyebilme süresi için hangi hıza göre makine kapasitesine sahip olmalı, üretimde kaç çalışana ihtiyaç olmalı gibi ana ölçütler takt süresine göre belirlenmektedir. Takt zamanı hesabı yapıldıktan sonra bu zamana bağlı olarak gerekli makine ve işgücü sayısı hesaplanmaktadır.

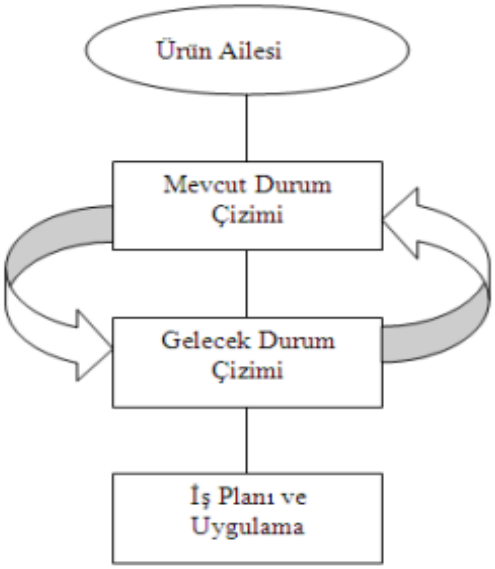
Çevrim süresi: İşletmelerde yer alan bir süreç tarafından gerekli olan parçanın veya ürünün tamamlanma sıklığıdır. Çevrim süresi, bitmiş ürünün ne sıklıkla hücrenin sonuna geldiğini ifade etmektedir. Eğer çevrim süresi, müşterinin hedef olarak belirlediği takt zamanına göre daha kısa bir sürede olursa fazla üretim olacaktır ve bu fazla üretimin oluşması durumu da üretim alanında olması gerekenden fazla operatör kullanılıyor olduğunu göstermektedir. (Rother ve Shook; 1999).

Katma değer yaratan faaliyetlere ait süre: Müşterinin talep ettiği ürüne ait faaliyetler için parasını ödemeye razı olduğu ve talep edilen ürünü üretmek için gerekli olan tüm katma değerli faaliyetlere ait süreyi kapsamaktadır. (Marchwinski ve Shook; 2007)

Katma değer yaratmayan faaliyetlere ait süre: Müşterinin gözünde talep ettiği bir ürüne ait değer katmayan ve buna rağmen ek bir maliyet ekleyen faaliyetler için harcanan süreyi kapsamaktadır. (Marchwinski ve Shook; 2007).

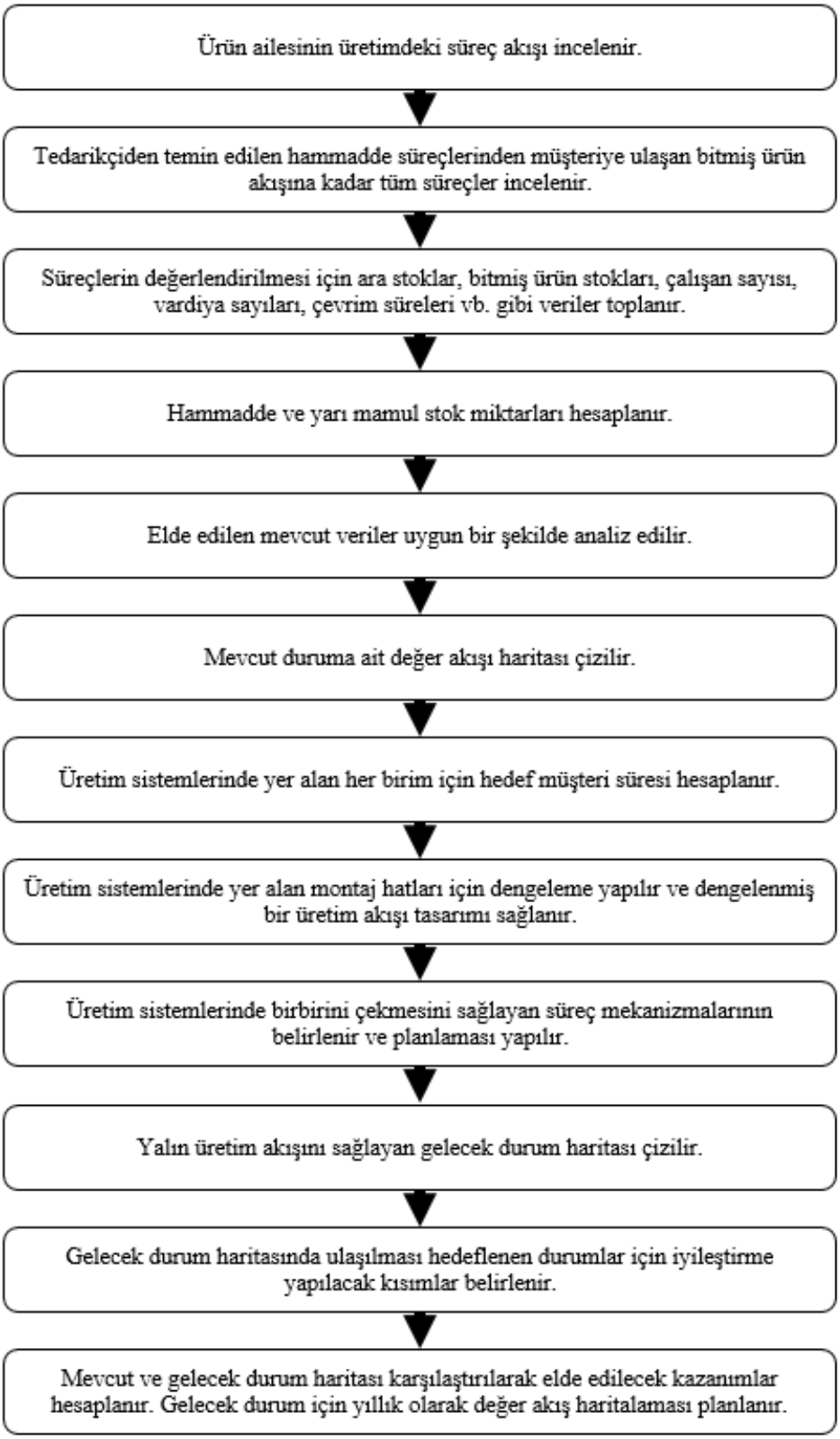
Akış süresi: Bir parçanın veya ürünün, süreç içerisinde veya değer akışında başlangıç noktasından bitiş noktasına olan hareketi boyunca oluşan toplam süredir. (Rother ve Shook; 1999)

Değer akış haritalama metodunun uygulanması için ilk adım ürün ailesinin seçilmesidir. Ürün ailesi çalışmanın sınırlarını oluşturmak için yapılır ve sonrasında süreç akışı işletmedeki tüm birimler için aynı ürün ailesi üzerinden değerlendirilebilir. İşletmedeki mevcut durum ile hedeflenen gelecek durum arasındaki bağı kurabilmeyi ve objektif olarak değerlendirme yapabilmeyi sağlamaktadır. Mevcuttaki yapıda iyileştirilmesi gereken ve gelecek duruma ulaşabilmeyi hedefleyen kısımlar belirlenir. Gelecek duruma ulaşabilme hedefleri için iş planları oluşturulur ve uygulanır. İşletmenin gelecek durumdaki hedeflerine ulaşabilmesi için mevcut durumda iyileştirme sağlaması gereken kısımların görsel olarak analiz edilmesinde öncülük sağlayan bir yöntemdir.



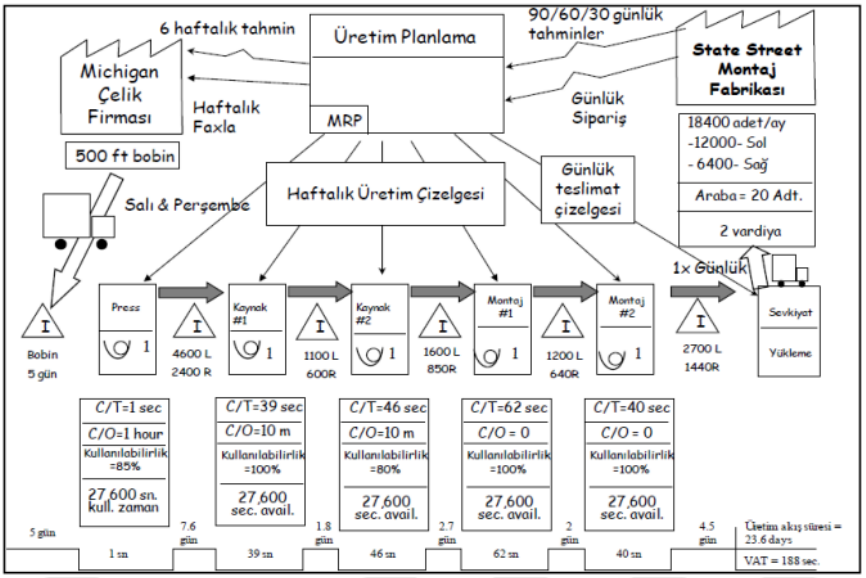
Şekil 4.1. Değer akış haritalama adımları (Rother ve Shook, 2009)

Değer akış haritalama sürecinde yapılması gereken ilk adım Şekil 4.1 de gösterildiği gibi süreç akışında incelenecek ürün ailesinin seçimi olmaktadır. Ürün ailesi seçimi ile birliktem mevcut süreçler incelenir ve gelecek durumda planlanan, hedeflenen duruma ulaşabilmek için iyileştirme adımları belirlenen bir süreç haritası oluşturulmaktadır. Şekil 4.2 de bir değer akış haritalama sürecinin hangi çalışma adımlarını içerdiği detaylı bir şekilde gösterilmektedir. İşletmeler mevcut durumlarını göstermek için ve hedefledikleri gelecek durumlara ulaşabilmek için hazırlayacakları değer akış haritalama süreçlerinde bu çalışma adımlarını göz önünde bulundurarak sırası ile çalışmayı ele alabilirler.



Şekil 4.2. Değer akış haritalama çalışmasında izlenen yol

Değer akış haritası, tedarikçiden temin edilecek hammadde sürecinden müşteriye teslim edilecek nihai ürün haline kadar tüm süreçleri görselleştirmeye yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.3. Mevcut durum değer akış haritası örneği (Rother ve Shook, 1999)

Değer akış haritası, üretim sürecinde bulunan malzeme ve bilgi akışını görselleştirmek için kullanılan bir yöntemdir ve işletmelerin sahip oldukları mevcut durumu anlamalarına ve süreçlerindeki israfları belirlemelerine yardımcı olarak iyileştirme hedeflerini oluşturabilmelerini sağlamaktadır. Şekil 4.3 de verilen mevcut durum değer akış haritası örneği de bir işletmede yer alan ürün akışının nasıl olduğu görselleştirilmiştir. Müşteriden talepler günlük, haftalık, aylık hangi zamanda ve nasıl bir talep ile geldiği belirtilerek işletmede haftalık olarak bir üretim planının üretim süreçlerinde hangi kısımlarına iletildiği gösterilmiştir. Aynı zamanda üretim planının aktif olarak tedarikçiye hangi aralıklarla tahmin raporunun gittiği gösterilmiştir. Üretim süreçlerinde bulunan montaj hatlarında ilgili proses sürelerinin ne kadar olduğu ve ara stokların veya bitmiş ürün stoklarının ne kadar olduğu belirtilmiştir. Değer akış haritalama örneği ile bir ürünün müşteriden talep edildiği süreçten başlanarak tedarikçi malzeme temini, ürünün üretilme süresi ve ürünün müşteriye teslim edilme süresine kadar olan tüm süreç görselleştirilerek işletmelerin genel resmi görmesine ışık tutmaktadır. Değer akış haritalama yönteminde mevcut durum haritası oluşturulduktan sonra gelecek durumu görebilmek adına gelecek durum değer akış haritası çizilmektedir. Gelecek durum haritası oluşturulurken rehber olabilecek sorular farklı yazar tarafından başka şekillerde geliştirilmiştir. Burada önemli nokta oluşturulmak istenen ve hedeflenen değer akışına göre sorular seçilmeli ve cevaplanmalıdır. Gelecek durum haritasını oluşturmak için rehberlik edebilecek bazı kritik sorular şu şekildedir; (Rother ve Shook, 2009)

Üretim hatlarının mevcut çevrim süresi nedir?

Müşterinin talep ettiği ürüne ait hedef müşteri zamanı nedir?

Ürünün teslimat zamanı ne olacaktır? Müşteri talep ettiği ürünü direkt sevkiyattan mı alacaktır yoksa bitmiş ürüne ait süpermarketten mi alacaktır?

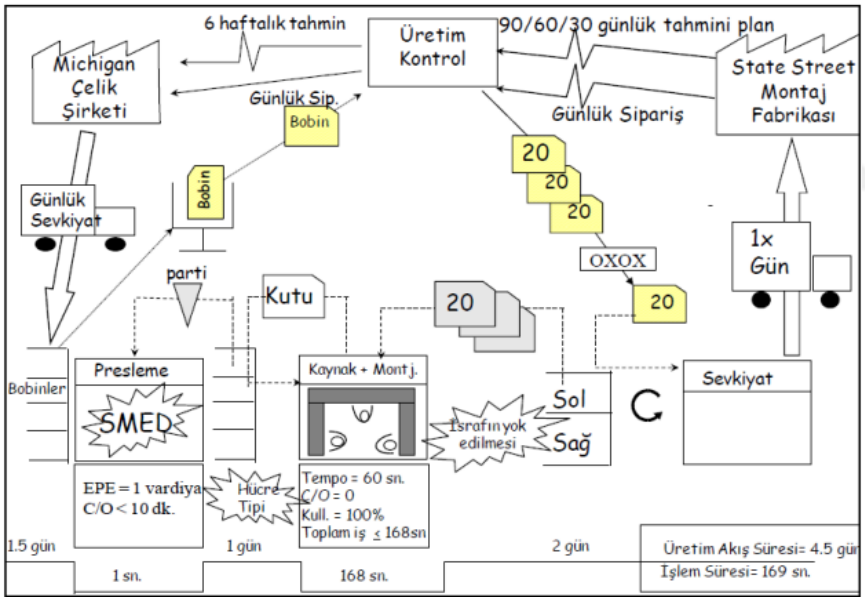
Sürekli akışın sağlanabilmesi için üretim akışı içerisinde nereye kurulması gerekir?

Değer akış içerisinde süpermarket şeklinde bir çekme sistemine ihtiyaç var mıdır?

Üretim sistemleri zinciri üzerinde üretim çizelgeleme hangi noktalarda yapılacaktır?

Üretim çizelgeleme, hangi miktarda işi gönderip çekecek?

Gelecek duruma ulaşabilmek için hangi iyileştirmelerin yapılması gereklidir?

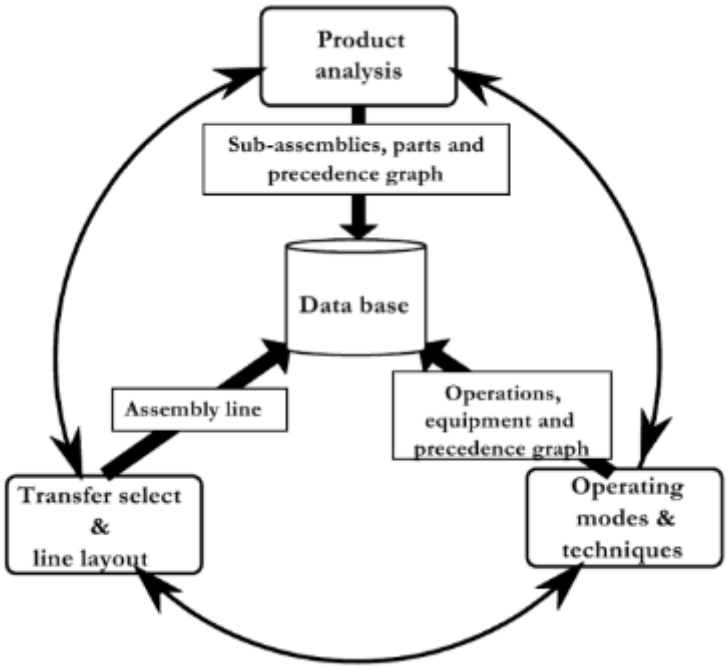


Şekil 4.4. Gelecek durum değer akış haritası örneği (Rother ve Shook, 2009)

Şekil 4.4 de gösterilen gelecek durum değer akış haritası örneğinde mevcut durumdan yola çıkarak işletmeye ait ulaşılmak istenen gelecek durum haritası oluşturulmaktadır ve mevcut durumda iyileştirilmesi istenen kısımlar belirtilerek projelendirilmektedir.

5. YALIN HAT TASARIMI

İşletmelerde yer alan montaj hatları bir üretim sisteminin temel yapı taşıdır. Montaj hatları, ürünün üretildiği yerdir ve aynı zamanda ürün akışının devam edebilmesini sağlayan sıralı bir yapıya sahip üretim sistemlerini kapsamaktadır. Verimli ve talebi karşılayan bir montaj hattı yapısı yalın hat tasarımı prensiplerine dayalı bir şekilde planlanır. Yalın bir üretimi sağlayabilmek için üretimi yapılacak montaj hattının, oluşacak akışın, gerekli tüm yatırımların ve risklerin önceden belirlenmesi yalın hat tasarımı çalışmaları ile birlikte yapılabilmektedir. Yalın hat tasarımı çalışmaları ile birlikte öncesinde simüle edilen hatta dair tüm sonuçlara ulaşılabilmektedir. Yalın hat tasarımı metotları, hattaki mevcut problemleri ve gelecekte var olabilecek problemleri göstermektedir. Yalın hat tasarımında malzeme besleme ve potansiyel hatalar ele alındığı için düşük maliyet sağlanmaktadır. Bir ürünün üretilmesi için gerekli olan çevrim zamanı ve bekleme zamanları ele alındığı için ürün veya hizmet çıktılarında dalgalanmalar yüksek oranda engellenmektedir. Yalın hat tasarım çalışmalarının detaylı bir şekilde planlanması yüksek yatırım maliyetlerinden kaçınmayı da sağlamaktadır. Gelecek durum tasarımı da yapıldığı için mevsimsel dalgalanmalar gibi müşteri taleplerindeki dalgalanmalardan kaçınmayı sağlamaktadır. Yalın üretim metotları kullanılarak katma değerli faaliyetlerin yüksek oranda olması ve katma değersiz faaliyetlerim elimine edilmesi sağlanmaktadır. Herhangi bir yalın hattın ilk odak noktası operatörlerdir. Bu yüzden operatörlerin ergonomik çalışma koşulları ve gereğinden fazla yük verilmeyecek bir çalışma ortamı sağlanması hedeflenmektedir. İş istasyonları ve iş istasyonlara dağılacak proses süreleri, ürün tasarımıyla montajı kolaylaştıracak şekilde tasarlanmaktadır. Bu sayede montaj hattı çevrim süreleri optimize edilerek maksimum katma değer sağlanmaktadır. Ürün, arada birikme olmadan akabilmelidir ve tek parça akış sağlanmalıdır. Böylece işletmelerde gereksiz stoklar görülmemektedir. Operatörler tarafından sürekli olarak basit ve geliştirilebilir, karmaşıklıktan kaçınılan, verimli ve esnek bir hat tasarımı yapılması hedeflenmelidir.



Şekil 5.1. Montaj hattı tasarımı akış bilgisi (Rekiek ve Delchambre, 2006)

Verimli bir hat tasarımını sağlayabilmek işletmeler için önemli bir hedeftir. Montaj hattı tasarımında sağlanan bilgi akışı Şekil 5.1 de verilmiştir. Yalın hat tasarımını başarılı bir şekilde yapabilmek için ilk önce ürün verilerinin analiz edilmesi gereklidir. Sonrasında ürün verilerine ait ilk hesaplamalar yapılmaktadır ve hesaplanan mevcut veriler incelenmektedir. Mevcut durumda belirlenen katma değerli ve katma değersiz faaliyetler değerlendirilerek oluşan israflar ortadan kaldırılmaktadır. Mevcut makine/kapasite hesaplamaları yapılarak toplam ekipman etkinlikleri belirlenmesi sağlanmaktadır. Her parçanın süreç akışındaki planlaması yapılmaktadır. Böylece süreçteki her bir bölümle ilgili bilgiler tanımlanarak sürdürülebilir hale getirilmektedir. Tüm analizler tamamlandıktan sonra ayrıntılı hat tasarımı yapılmaktadır ve ergonomik koşullarda çalışacak operatör sayısı belirlenerek iş istasyonları optimize edilmektedir.

Projelerin başında hat tasarımı çalışması yapılırken ergonomik koşullar ve ergonomi analizleri işletmelerin dikkat etmesi gereken bir konu olmalıdır. İşletmelerin çalışanlara ergonomik bir çalışma ortamı sağlaması en büyük görevlerinden biridir. Ergonomi, işletmedeki çalışma koşullarına ve işletmedeki çalışanların doğasına en uygun olacak halde yapılan işi ve iş yerini planlamak ve düzenlemek için kullanılan bir metot yöntemidir. Ergonomide asıl amaç çalışanların fiziksel olarak bütünlüğünü korumak ve

çalışanların sahip olduğu fiziksel özelliklerini, fizyolojik ve psikolojik yeteneklerini verimli olacak biçimde kullanabilmelerini sağlamak için uygun ortamı oluşturmaktır. Uygun çalışma koşullarının sağlanması için aydınlatma-ses-termal konfor ölçümlerinin yapılması ve takibi, ergonomik kullanıma uygun ekipmanların seçimi, çalışanın ürüne ulaşarak çalışmasını kolaylaştıran bir hat tasarımı yapılması, ergonomik çalışmayı kolaylaştıran teknolojik ekipmanların kullanımı ve yaygınlaştırılması, düzenli olarak ergonomi analizlerinin yapılması ve sistematik takibi işletmelerde ergonomi açısından verimliliği arttırabilecek anahtarlardır.

Yalın hat tasarımı, üretim akış yönünü dikkate alarak ve aynı zamanda malzeme kaybına sebep olmadan besleme noktalarına uyması gereken bir şekilde üretim hatlarını ve üretim hücrelerini doğru bir şekilde tasarlamak ve iyileştirmeler yaparak düzenlemektir. Yalın hat tasarımı çalışmaları yapılırken aşağıdaki maddelere dikkat edilebilir (Lean Line Design (LLD), 2015):

- Bitmiş ürün ve malzeme teslimat veya sevkiyat noktaları planlanırken montaj hattı teslim ve milkrun rotaları dikkate alınarak planlanmalıdır.
- Malzeme tedariği ve beslemesi üretim odaklı olmalı, üretimde kullanılan malzeme kutu boyutları küçük ve kolay kullanımlı olmalı ve aynı zamanda malzemesi bitmiş boş kutularında geri iadesi yapılacak şekilde plan yapılmalıdır.
- Kullanılan malzemelerden arta kaln kısımları için malzeme miktarları en aza indirgenerek planlanmalı ve yerinde depolama yapılmasına dikkat edilmelidir.

Üretim sistemlerine ait çalışma sistemlerinde tek parça akışın sağlanabilmesi için mümkün olan bir seviyede taşıma ve transfer miktarlarına dikkat edilmeli ve şeffaflık ilkesi ile ürün akışını kolaylaştırmayı sağlayacak şekilde hat tasarımı yapılmalıdır (Bulut, 2019):

- Üretim sistemlerindeki malzeme akışının yönü basit ve belirgin bir şekilde olmalı,
- Manuel iş istasyonları üretim sistemleri içerisinde birbirine kısa veya optimum bir mesafede olmalıdır. Birbirine yakın yerleşimde bulunan manuel iş istasyonları sayesinde esnek çalışma sağlanabilir.
- Manuel işçilikler yapılan prosesler için hat tasarımı U şeklinde olmalıdır veya prosesler birbirine yakın paralel konumlarda planlanmalıdır.

- İş istasyonlarının etrafının kapalı olması durumundan kaçınılmalıdır.
- Montaj hatlarında çalışan sayısı ve süre değişimleri montaj hatlarının mevcut durumları değerlendirilerek belirlenmektedir. Bu değerlendirmeler ile birlikte çalışan sayısı, süreleri ve ilgili iş adımlarının bulunduğı iş talimatları montaj hattının bir yapıtaşıymış gibi gösterilmelidir.

5.1. Akış Odaklı Yerleşim Yaklaşımı (Fol - Flow Oriented Layout)

İşletmeler için akış odaklı yerleşim yaklaşımı (FOL) çalışması, ekipmanların veya projeler için fabrikanın üretim sistemlerinin yerleşim planlarınn yapılmasında kullanılan bir yöntemdir. Üretim akışı içerisinde yer alan ekipmanlar veya fikstürlerin birbirlerine yakın veya optimum konumlarda bulunması önemlidir. Çünkü üretim akışı içerisinde oluşan taşıma maliyetlerini minimuma indirmek ve kaliteyi arttırmak işletmeler için ana hedeflerden biridir. Üretim akışı içerisinde yer alan ve birbirleri arasında akışı olan ekipmanların optimum alanlarda olması aralarındaki iletişimi hızlı yapacak ve aynı zaman oluşabilecek olası hataların da önüne geçilmesini sağlayacaktır. (Flow Oriented Layout (FOL), 2015). Üretim sürecinde geçen toplam sürenin minimum olması, üretim akışı içerisinde oluşacak ara stokların mümkün olduğunca az olması ve parti büyüklüklerinin azaltılması için belirlenmesi gereken malzeme akış tipi için FOL önkoşul olmaktadır. Malzeme besleme işlemi, üretimdeki ritme göre senkronize ve standart bir çalışma olmalıdır. (Bulut, 2019).

FOL çalışması ile ulaşılmak istenen amaçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- İşletmedeki çalışanlar ve birimler arasında malzeme ve bilgi akışı açısından şeffaflık sağlamak,
- İşletmedeki çalışanlar veya birimler için kısa mefalerde hızlı iletişim sağlamak,
- Üretim sistemlerinde yer alan makine ve işgücü için üretim sürelerinin kısa olması ve küçük parti boyutlarında çalışarak tek parça akışının sağlanmasını hedeflemek (kalıp değişim sürelerinin az olması, parti büyüklüklerinin küçük adette üretim sağlanması gibi)

- Üretim sistemlerindeki katma değer yaratmayan lojistik faaliyetlerinin (örneğin malzeme transferleri ve taşınması) azaltılması ve stok miktarının minimize edilerek depolama alanlarının azaltılmasını sağlamak,
- Üretim sistemlerinde mevcut olan alanların ve ihtiyaç duyulan alanların ayarlanmasını sağlamak FOL çalışmaları sonucunda elde edilmesi hedeflenen amaçlardır.

FOL çalışmasının uygulanabileceği alanlar aşağıdaki gibidir:

- İşletmelerin çalışma alanlarının (yeşil alan) ve fabrikalarının planlamasında,
- İşletmelerin üretim sistemlerinde yer alan fabrikalar ve çalışma alanlarının yerleşim planlamasında,
- Belli sınırlar içinde yer alan yerleşim planının iyileştirilmesinde,
- Mevcut durumda işletmenin sahip olduğu ve çalışır halde olduğu tesis yerleşiminde yeniden kurulacak bir üretim montaj hattının akış odaklı sistem uyumunu sağlayabilmek adına yapılacak yerleşim planlamasında FOL yöntemine başvurulmaktadır.

FOL çalışmasının yapılması için gerekli kriterler aşağıdaki gibidir:

- Üretim süreçlerindeki ana akış yönü tanımlanmalıdır.
- Kesişen malzeme akışlarından kaçınılmalıdır.
- Tedarik süreçlerinde güvenli stok (süpermarket) planı yapılmalıdır.
- Teslimat ve sevkiyat alanlarının yanı sıra üretim hatlarına erişim için ara geçişler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Hat beslemesi yalnızca bir taraftan beslenmelidir. (Büyük boyutlu malzemelerin doğrudan istasyona ulaşımını planlanmalıdır.)
- Özel gereksinimler için talep en aza indirilmelidir. (Örneğin gürültü, buhar, titreşim, temiz oda, çevre koruma, iklimlendirme odası gibi)

5.1.1 FOL Çalışmasında Üretim Organizasyonu

Üretim organizasyonu olan fabrika, belirli bir yerleşke içerisinde bulunan alanda çalışma yapabilmek için sahip olduğu makine ve ekipmanlarla birlikte üretim yapan yerleşke olarak tanımlanabilir. Üretim verimliliği işletmeler için kritik bir konudur ve üretimin

verimli bir halde olması için sürekli sistemlerini inceleyerek iyileştirmeler yapmalıdırlar. Üretim verimliliğini arttırabilmek için aşağıdaki maddeler işletmelere yardımcı olmaktadır. (Flow Oriented Layout (FOL), 2015):

Üretim sistemlerinde yer alan montaj hatları ve hat arasında yapılan taşıma işlemi için taşıma mesafesinin minimum olmasını sağlamak adına ürün odaklı yerleşim yapılmalıdır.

Üretim alanında bulunan sabit ekipman ve makineler için alternatif kullanılabilir ve hat bazlı değişen küçük ekipmanların kullanımı çözümü getirilebilir.

Lojistik işlemlerinde yapılan malzeme indirme, dağıtma ve elleçleme işlemlerinin yapıldığı alanların üretim bölgesindeki alanlara yakın olması sağlanmalıdır.

Katma değer yaratan proseslerle birlikte malzeme besleme ve taşıma işlerindeki katma değersizliğin net olarak ayrıştırılması gerekmektedir.

Değer akış süreci boyunca üretim alanında yapılan tüm imalat işlemlerinden ve sürecinden üretim organizasyonu sorumludur, bu sorumluluğun işletme tarafından kabul edilmesi ve görevlendirme planının yapılması gerekmektedir.

5.1.2 FOL Çalışmasında Fabrika Planlaması ve Yerleşim

İşletmelerdeki gerekli işgücü, malzeme ve yerleşim verimliliği, makine ekipmanların yerleşim planına göre elde edilmektedir. Fabrika planlamasında ve yerleşiminin yapılmasında dikkat edilecek bazı kriterler aşağıdaki gibi olmalıdır. (Bulut, 2019):

- Üretim akışı yönünde montaj hattını tasarlamak ve malzeme akışlarında oluşabilecek kesişimlerden kaçınmak,
- Ana montaj hattına parça beslemesi yapan ön üretim hatlarının düzenlenmesi ve yerleşim planı yapılması için parça hacmine ve varyantların önemine göre dikkat etmek,
- Malzemeleri tedarik ederken merkezi olarak kontrol stoklaması yapmadan üretim odaklı olacak şekilde yapmak (üretim süreçlerinde oluşan ara stoklar ve yerleşim planlaması yapıldığı süreçte teslimat veya sevkiyat alanlarının dışında gerekli üretim hattı malzeme besleme yollarının da hesaba katılması gereklidir),

– Montaj hattı düzeninin U şeklinde olması durumunda, beslemenin bir taraftan veya dışarıdan yapılması,
– Üretimde kullanılacak büyük boyutlu malzemelerin direkt tedarik edilmesi için malzeme taşıma rotasının doğrudan istasyona beslenmesidir.

6. UYGULAMA

FOL yaklaşımının uygulama kısmı Çerkezköy yerleşkesinde bulunan B/S/H/ ev aletleri üretimi yapan soğutucu fabrikasında final ve paketleme hatları için gerçekleştirilmiştir.

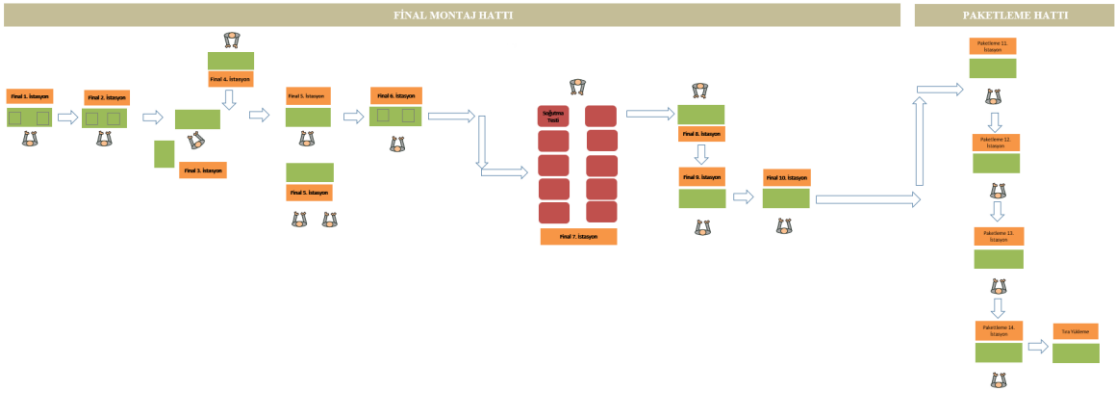
6.1. Firma ve Üretim Alanı Tanıtımı

İşletme Çerkezköy yerleşkesinde beyaz eşya üretimi yapmaktadır. Soğutucu fabrikasında ankastre özel tip buzdolabı üretimi yapmaktadır. Özel tip üretim yapmasından dolayı günlük üretim sayısı az olmaktadır. Üretim alanında 2 farklı montaj hattına sahiptir ve tek kapılı, birden fazla kapılı buzdolabı üretimi için ayrı montaj hatlarında üretim yapılmaktadır. Montaj hatlarına ürünü besleyen ve ön hazırlığını yapan ön üretim hatları, metal makineleri ve plastik makineleri bulunmaktadır. Hazırlık montajında ürünün ana çerçevesi hazırlanır ve sonrasında montaj hatlarına beslenir. Montaj hatlarında gerekli prosesler gerçekleştikten sonra final ve paketleme hatlarına ürün transfer edilir. Final hatlarında ürüne ait son test işlemleri, aksesuar montaj işlemleri, kalite kontrol işlemleri yapıldıktan sonra ürün paketleme hattına gönderilir. Paketleme hattında ürünün müşteriye teslimine kadar olan transfer süreçlerinde hasar almaması adına dolabı koruyacak iç ve dış paketleme işlemleri yapılarak üretim alanındaki ilgili proses adımları sona ermiş olmaktadır.

6.2 Mevcut Durum Analizi

İşletmenin mevcut durumda üretebildiği maksimum kapasite hesabı yapılarak müşteri talebine göre hedef sürenin belirlenmesi için takt zamanı hesaplanmıştır. Üretim alanında bulunan final ve paketleme hatları için mevcut durum analizi değerlendirmesi yapılmıştır. Mevcut istasyon sayıları ve çevrim süreleri hesabı yapılarak grafik üzerinde istasyonlara ait mevcut süreler gösterilmiştir. Yalın üretim araçlarından biri olan değer akış haritalama tekniği ile mevcut durum haritası oluşturulmuş, katma değer yaratmayan gereksiz taşıma faaliyetleri tespit edilmiş ve bununla birlikte istasyon darboğazları takt zamanı ile istasyon çevrim zamanları arasındaki kıyaslamaya göre belirlenmiştir. Gerekli iş istasyonları belirlenerek montaj hattı kapasitesi kontrol edilmiştir. İstasyonlar arası yaşanacak darboğaz noktaları ve sebepleri belirlenmiştir. Ürün tek parça akış prensibine uyacak şekilde yalın montaj hattı prensiplerine uygunluğu kontrol edilmiştir.

İşletmenin final ve paketleme hattında yer alan istasyon sayıları ve operatör sayıları mevcut yerleşim düzeninde görsel olarak Şekil 6.1 de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Mevcut hat tasarımı

Mevcut hat tasarımında 15 ana istasyon bulunmaktadır. Hazırlanmış ürün final hatlarına gelir; ürünün aksesuar ve soğutma grubu malzemeleri montajı yapılır. Aynı zamanda soğutma grubu için gerekli tüm testler ve son final kontrol prosesleri tamamlanır. Kalite hatası olmayan dolaplar paketleme hattına gönderilir ve paketleme istasyonunda transfer esnasında dolap ve dolap içindeki malzemeleri korumak için tüm paketleme işlemleri yapılır. Paketleme 11. istasyonda dolap içerisindeki malzemeler straforlar ile korunacak hale getirilir ve sonrasında dolabın dışı da Paketleme 12. İstasyon ve Paketleme 13. İstasyon bölgelerinde strafor ve karton malzemeleri ile korunarak şerit makinesi ile sabit hale getirilir. İşlemi bitmiş ürün tıra yüklenerek bitmiş ürün, müşteriye ulaşmak için depoya sevk edilir.

6.2.1. Mevcut Durum Müşteri Talep Zaman Hesabı

İşletmede 425 dk fiili çalışma süresi bulunmaktadır, yemek ve dinlenme molaları çıkartılarak fiili çalışma süresi ele alınmaktadır. İşletme, günde 2 vardiya çalışmaktadır. 2022 yılı üretim talebi 37.050 adettir ve 285 iş günü çalışma yapılacaktır.

Günlük planlanan üretim sayısı = 37050 adet /285gün = 130 adet/gün

İşletmede 2 vardiya çalışıldığı için günlük 130 adet üretimi her iki vardiyada 65 adet olarak yapmaktadır.

285 çalışma günü üzerinden yapılan hesap ile birlikte vardiyalık üretim adeti 65 adet olmaktadır. 65 adet vardiyalık üretim müşteri tarafından hedeflenen üretim miktarıdır. 65 adet vardiyalık üretim için hedef takt zaman hesabı yapılmıştır.

Müşteri hedef zamanı (Takt Time) = 425 dk x 60 sn / 65 adet = 392,31 sn olmaktadır.

Soğutucu fabrikasının mevcut durumunda 2022 müşteri talebi üzerine üretmeyi hedeflediği vardiyalık adet 65 adet/vardiya ve buna bağlı olarak hedef zamanı 392, 31 sn/adet olmaktadır.

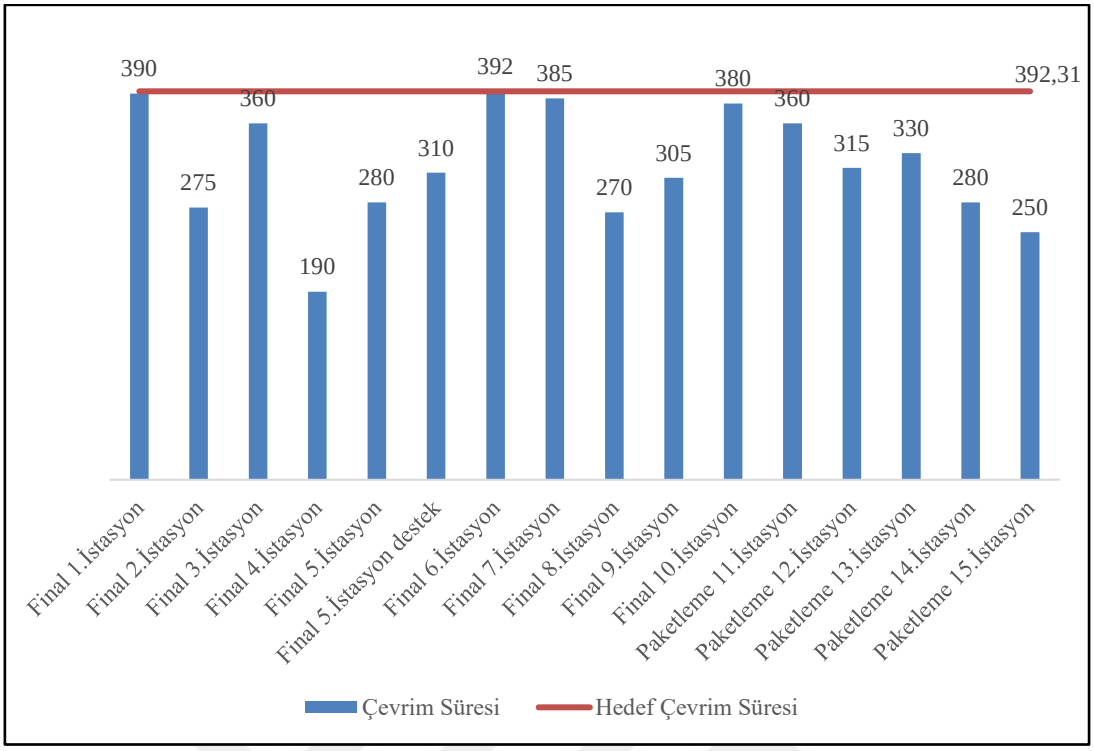
6.2.2. Mevcut Durum Çevrim Süresi Hesabı ve Değer Akış Haritalama

Final hatlarında 10 temel istasyon bulunmaktadır ve Final 6. istasyondan sonra dolap manuel olarak taşınıp soğutma test istasyonları yapılmak üzere Final 7. istasyona gelmektedir. Final 7. İstasyonda 10 adet test istasyon yuvası bulunmaktadır. Testi biten ürün Final 8. istasyona gönderilerek montaj ile ilgili tüm süreç tamamlanmaktadır. Bitmiş olan ürünün final kontrolleri tamamlandıktan sonra ürün bekleme alanına taşınmaktadır. Final 6. istasyondan Final 10. istasyona kadar tüm bu süreçler manuel taşıma yolu ile olmaktadır ve ürün otomasyon sistemi üzerinde gitmediğinden dolayı sıra disiplini sağlanamamaktadır. Bitmiş ürün bekleme alanından forklift yardımı ile Paketleme hattına taşınmaktadır. Paketleme hattında da prosesler manuel olarak tamamlanarak tıra yükleme işlemi yapılmaktadır. Tüm proses işlemleri için çevrim süreleri hesabı yapılmış ve tabloya değerler girilmiştir.

Mevcut durumda final hattı ve paketleme hattı toplamda 15 istasyondan oluşmaktadır. Mevcut istasyon sürelerine ait çevrim süresi, istasyon sayısı ve operatör sayısı bilgileri Tablo 6.1 de verilmiştir. Müşterinin talep ettiği hedef zaman takt zamanı hesabına göre 392,31 sn olmaktadır. Şekil 6.2 de mevcut durum istasyon süreleri grafik halinde görselleştrilmiştir. Analizlere göre Final 6. istasyon süresi 392 sn olarak hesaplanmıştır. Final 6. istasyon çevrim süresi takt zamanı ile neredeyse birebir bir süredir. Bu yüzden herhangi bir üretim artışı talebinde Final 6. istasyon süresi darboğaz nokta olmaktadır.

Tablo 6.1. Mevcut istasyon süreleri

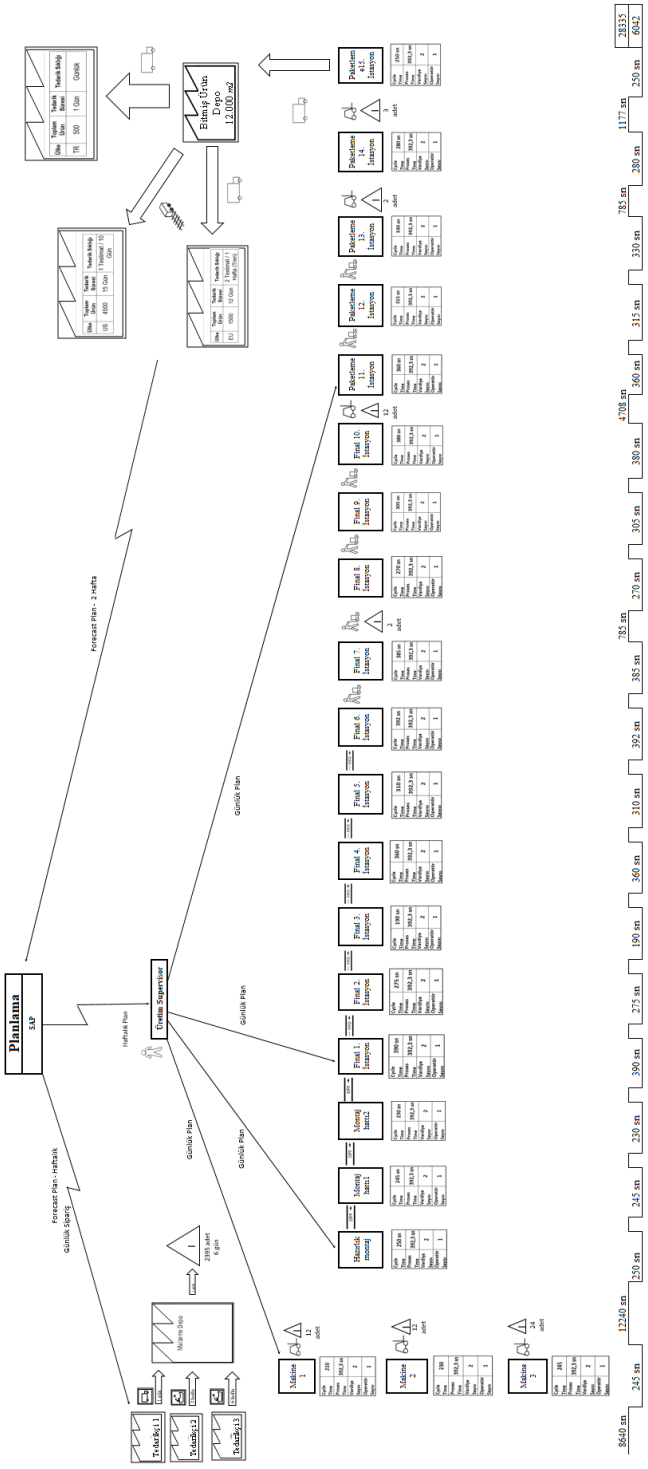
İstasyon İsmi	Çevrim Süresi (sn)	İstasyon Sayısı	Operatör Sayısı
Final 1.İstasyon	390	1	1
Final 2.İstasyon	275	1	1
Final 3.İstasyon	360	2	1
Final 4.İstasyon	190	1	1
Final 5.İstasyon	280	1	2
Final 5.İstasyon destek	310	1	1
Final 6.İstasyon	392	2	1
Final 7.İstasyon	385	10	1
Final 8.İstasyon	270	1	1
Final 9.İstasyon	305	1	1
Final 10.İstasyon	380	1	1
Paketleme 11.İstasyon	360	2	1
Paketleme 12.İstasyon	315	1	1
Paketleme 13.İstasyon	330	1	2
Paketleme 14.İstasyon	280	1	1
Paketleme 15.İstasyon	250	1	1



Şekil 6.2. Mevcut durum istasyon süreleri grafiği

İşletmeye ait mevcut durum değer akış şeması Şekil 6.3 de gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Değer akış şeması ile birlikte tüm iş akış süreçleri görselleştirilmiştir. Müşteriden gelen siparişler 2 haftalık plana göre üretim planlama tarafından oluşturulmaktadır. Malzeme planlama tarafında da haftalık olarak plan yapılarak malzeme tedariği işletmenin yerleşim tesisinde bulunan ana deposuna sağlanmaktadır. Ana malzeme depo tarafında 1 gün önceden üretimi besleyebilecek şekilde güven aralığında bir stok hesabı yapılmaktadır. Malzemeler işletmenin tesisinde bulunan ana depodan soğutucu fabrikasına beslenmektedir. Üretim planlama tarafından yapılan haftalık üretim çizelgesi supervisorlar ile paylaşıldıktan sonra üretim supervisorları günlük üretim çizelgesi halinde üretim hatları ile çizelgeyi paylaşmaktadır. Mevcut durumda Final 1. İstasyona kadar montaj hatları arasında tek ürün akış prensibine göre ürün transferi olmaktadır. Ancak final hatları iyileştirilmediğinden dolayı ürün akışı final ve paketleme hatlarında daha farklı ve eski düzende yönetilmektedir. Final 1 ve 6 arasında ürün konveyör bantı üzerinde devam ederken Final 6. ve 10. istasyonlar arasında ürün konveyörde değil taşıma arabası üzerinde zeminde operatör tarafından hareket ettirelerek taşıma işlemi yapılmaktadır. Final hattı ile paketleme hattı arasında ürün forklift ile taşınarak paketleme hattına transfer edilmektedir. Paketleme hattındaki işlemlerde operatör tarafından manuel olarak yapıldıktan sonra forklift ile son kartonlama işlemine

taşınır ve buradan da tıra yüklenerek bitmiş ürün depoya gönderilmektedir. Bitmiş ürün depodan ürünler lojistik hareketi ile birlikte müşterilere ulaştırılmaktadır. Ek-A da yer alan Şekil A.1 de mevcut durum değer akış haritalamanın ilk kısmı, Şekil A.2 de ikinci kısmı gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Mevcut durum değer akış haritası

Mevcut hat kapasitesi vardiyalık maksimum 65 adet ürün üretebilecek seviyededir. Ancak yeni ürün gamı ile birlikte müşterinin talebini karşılayabilmek için gelecek sene beklenen kapasite hedefi vardiyada maksimum 100 adet olacaktır. Bu durumda mevcut istasyonlardaki darboğazların giderilmesi için ve müşterinin talebini karşılayabilmek için mevcut montaj hattı tasarımı uygun bulunmamıştır. Mevcutta maksimum çevrim süresi 392 sn dir. Ancak müşteri gelecek yılda 100 adetlik vardiya çıktısı talep etmektedir; bununla birlikte yeni ürün gamına ait ölçüler 36 inç ürün ölçüsünden 42 inç ürün ölçüsüne çıkacaktır. Mevcut hatta yer alan konveyör uzunlukları 100 cmdir bu sebep ile mevcut konveyör uzunlukları da yeni ürün gamına ait teknik uzunluk ölçüsünü karşılamamaktadır. Aynı zamanda müşterinin talep ettiği 100 adetlik vardiyalık ürünü üretebilmek için maksimum çevrim süresi 255 sn olmalıdır. Mevcut hat sayısı ve çevrim süreleri talep edilen hedef çevrim süresini karşılamamaktadır.

Final montaj hatları ve paketleme montaj hatlarında yer alan istasyon sayıları, istasyonun mekaniksel anlamda teknik ölçümü, darboğazlar, hattın kapasitesi, talep edilen yeni ürün kapasitesi ve teknik ölçüleri kontrol edilmiştir. Mevcut durumdaki final ve paketleme hattı tasarımı bu ölçümlere göre uygun bulunamamıştır.

6.3. Yalın Hat Tasarımı

FOL yaklaşımı ile birlikte mevcut durumda oluşan kısıtların ve israfların ortadan kaldırılması, iyileştirme adımlarının belirlenmesi ve yapılabilmesi, mevcut final ve paketleme hatlarına esneklik kazandırıp müşterinin ileriki dönemlerdeki her türlü talebine cevap verilebilmesi için mevcut durumların sistematik bir şekilde analiz edilmesi ve belirlenen iyileştirme aksiyonlarının da sistematik bir şekilde planlanması hedeflenmiştir.

6.3.1. Çalışmanın Amacı

Ana amaç işletmenin 2024 yılında geçeceği yeni ürün gamına hazır olması ve kapasite artışını karşılayabiliyor olmasıdır. Bununla birlikte mevcut durumda final ve paketleme hatlarında bulunan istasyon süreleri mevcut durum takt zamanına çok yakındır. Bu sebep ile herhangi bir üretim artışı olması durumunda bu istasyonlar üretim hattı için darboğaz olacak ve olası talep artışında kapasiteyi karşılayamaz hale gelecektir. Bu çalışma ile

birlikte olası kapasite artışı içinde hatların esnek ve hazır bir halde olmasını sağlamak hedeflenmektedir.

6.3.2. Gelecek Durum Müşteri Talep Zaman Hesabı

İşletmede 425 dk fiili çalışma süresi bulunmaktadır, yemek ve dinlenme molaları çıkartılarak fiili çalışma süresi ele alınmaktadır. İşletme, günde 2 vardiya çalışmaktadır. 2024 yılı üretim talebi 56.000 adettir ve 280 iş günü çalışma yapılacaktır.

Günlük planlanan üretim sayısı = 56000 adet /280 gün = 200 adet/gün

İşletmede 2 vardiya çalışıldığı için günlük 200 adet üretimi her iki vardiyada 100 adet olacak şekilde yapılacaktır.

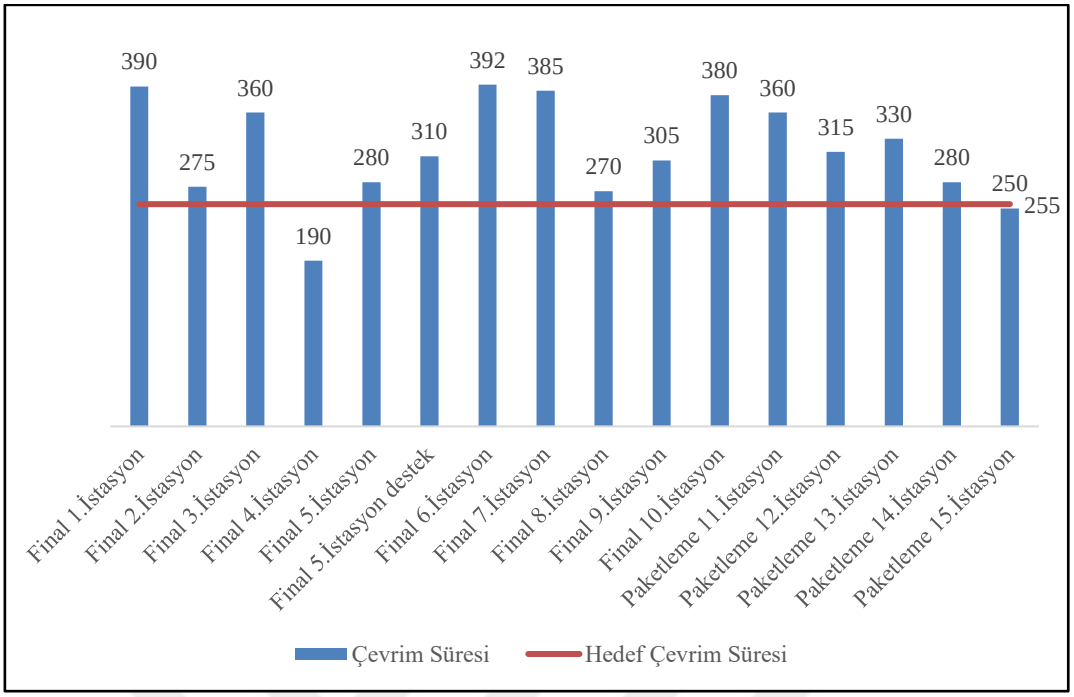
280 çalışma günü üzerinden yapılan hesap ile birlikte vardiyalık üretim adeti 100 adet olacaktır. 100 adet vardiyalık üretim 2024 yılı için müşteri tarafından hedeflenen üretim miktarıdır. 100 adet vardiyalık üretim için hedef takt zaman hesabı yapılmıştır.

Müşteri hedef zamanı (Takt Time) = 425 dk x 60 sn / 100 adet = 255 sn olmaktadır.

Soğutucu fabrikasının gelecek durumunda 2024 yılı müşteri talebi üzerine üretmeyi hedeflediği vardiyalık adet 100 adet/vardiya ve buna bağlı olarak hedef zamanı 255 sn/adet olacaktır.

6.3.3. Gelecek Durum Çevrim Süresi Hesabı ve Değer Akış Haritalama

Gelecek durumda 2024 yılı için müşteri takt zamanı 255 sn/adet olacaktır. Mevcut durumdaki final ve paketleme hattı istasyon sürelerini 255 sn hedef zamana göre hedef takt zamanı karşılayıp karşılayamadığı Şekil 6.4 de yer alan grafikte gösterilerek grafik sonucunun değerlendirmesi yapılmıştır. 255 sn hedef takt zamanı ile gösterilen sürenin altında ve üstünde kalan istasyonlar grafik üzerinde gösterilmiştir. Mevcut durumdaki istasyonların süreleri hedeflenen 255 sn üzerinde kaldığı grafik gösterimi ile birlikte belirtilmiştir.



Şekil 6.4. Gelecek durum müşteri takt zamanına göre mevcut hatların değerlendirmesi

Mevcut durumdaki final ve paketleme hatlarındaki süreler gelecek durumda talep edilen 2024 takt zamanına göre karşılaştırıldığında 14 istasyonda hedef takt zaman olan 255 sn nin üzerinde olmaktadır. 255 sn lik hedef takt zamanını mevcut istasyon süreleri ve mevcut istasyon sayıları karşılayamamaktadır. Bu yüzden final ve paketleme hatları için ihtiyaç duyulan istasyon sayıları hesaplanmıştır.

Gelecek durumda hedef takt zamanı 255 sn olacağından dolayı mevcut final ve paketleme hattı istasyonları ile gelecek durum takt zamanı arasındaki fark Tablo 6.2 de gösterildiği gibi hesaplanmıştır ve minimum gerekli ilave iş istasyonu sayısı belirlenmiştir.

Gelecek durumda oluşacak yeni takt zamanı ile birlikte bir iş istasyonunda ürünü işleme süresi maksimum 255 sn olması gerekmektedir. Bu durumda mevcut olan 15 iş istasyonunun üzerine ilave iş istasyonları açılması gerekecektir.

Gelecek durumda oluşacak yeni takt zamanı ile birlikte toplam 1062 sn lik iş yapılacak iş istasyonuna ihtiyaç olacaktır. Hedef takt zamanı karşılayabilmek için gerekli ilave süreler Tablo 6.2 de istasyon kırılımları ile birlikte belirtilmiştir.

Tablo 6.2. Gelecek durum takt zamanına ulaşmak için gerekli ilave süreler

İstasyon İsmi	Çevrim Süresi	Hedef Çevrim Süresi	Gelecek Durum Takt Zamanına Ulaşmak İçin Gerekli İlave Süreler
Final 1.İstasyon	390	255	135
Final 2.İstasyon	275	255	20
Final 3.İstasyon	360	255	105
Final 4.İstasyon	190	255	0
Final 5.İstasyon	280	255	25
Final 5.İstasyon destek	310	255	55
Final 6.İstasyon	392	255	137
Final 7.İstasyon	385	255	130
Final 8.İstasyon	270	255	15
Final 9.İstasyon	305	255	50
Final 10.İstasyon	380	255	125
Paketleme 11.İstasyon	360	255	105
Paketleme 12.İstasyon	315	255	60
Paketleme 13.İstasyon	330	255	75
Paketleme 14.İstasyon	280	255	25
Paketleme 15.İstasyon	250	255	0

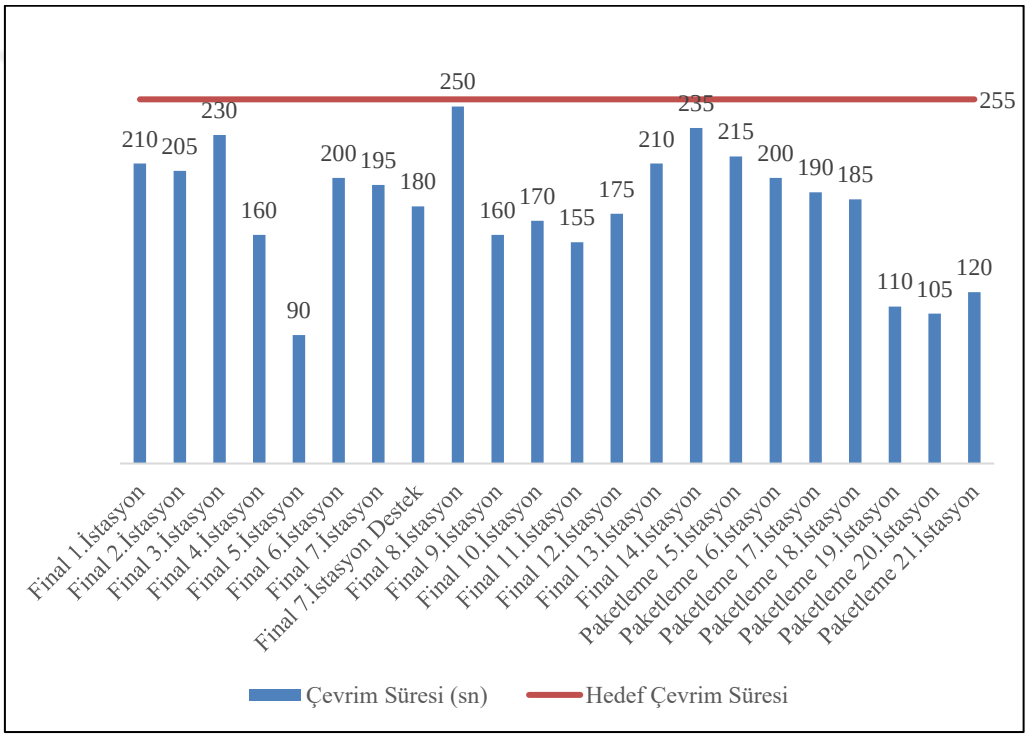
255 sn lik takt zamanına göre 1062 sn/ 255 sn = 4,2 = 5 ilave istasyona daha ihtiyaç olacaktır. Minimum +5 ilave istasyon matematiksel hesap üzerinde oluşturularak hat kapasitesi belirlenmiştir. Hat değerlendirmesi sonucu +1 ilave istasyon ile birlikte mevcut

2024 yılında talep edilen vardiyalık 100 adetlik üretimin sağlanacağı gerekli istasyon sayısı belirlenmiştir. Mevcut durumda yer alan 15 istasyonun gelecek durumda 21 istasyona çıkartılması hesaplanmıştır. Her istasyonda 1 er kişi çalışacak şekilde iş talimatları oluşturularak üretim birimleri ile koordineli olarak çalışma planı oluşturulmuştur.

Tablo 6.3. Gelecek durum istasyon süreleri

İstasyon İsmi	Çevrim Süresi (sn)	İstasyon Sayısı	Operatör Sayısı
Final 1.İstasyon	210	2	1
Final 2.İstasyon	205	2	1
Final 3.İstasyon	230	1	1
Final 4.İstasyon	160	1	1
Final 5.İstasyon	90	1	1
Final 6.İstasyon	200	1	1
Final 7.İstasyon	195	2	1
Final 7.İstasyon destek	180	1	2
Final 8.İstasyon	250	3	1
Final 9.İstasyon	160	9	1
Final 10.İstasyon	170	1	1
Final 11.İstasyon	155	2	1
Final 12.İstasyon	175	1	1
Final 13.İstasyon	210	1	1
Final 14.İstasyon	235	1	1
Paketleme 15.İstasyon	215	1	1
Paketleme 16.İstasyon	200	1	1
Paketleme 17.İstasyon	190	1	1
Paketleme 18.İstasyon	185	1	1
Paketleme 19.İstasyon	110	1	1
Paketleme 20.İstasyon	105	1	1
Paketleme 21.İstasyon	120	1	1

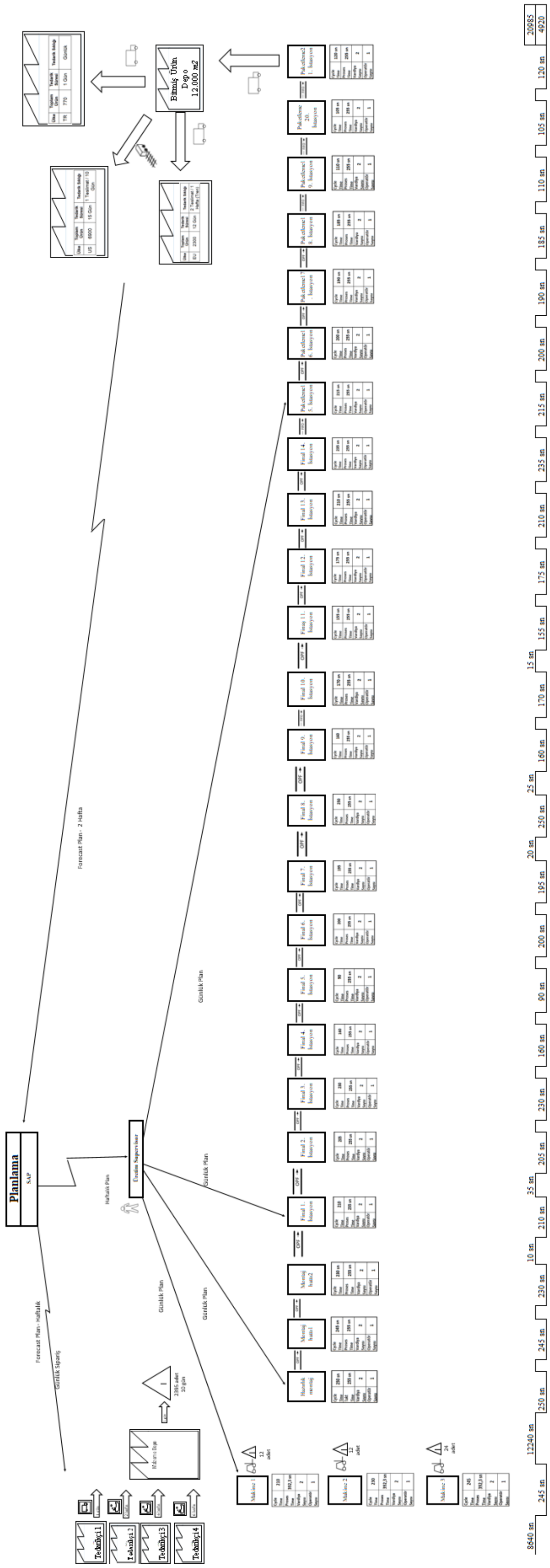
Tablo 6.3 de gelecek durumda talep edilen kapasiteyi karşılamak için gerekli 21 istasyona ait çevrim süresi, istasyon sayısı ve operatör sayısı verileri gösterilmiştir. 2024 yılındaki talepleri karşılayabilmek adına vardiyada 100 adet ürün üretilmesi gerekecektir. 2024 yılındaki hedef talepleri karşılayabilmek için final ve paketleme hatlarında ürünün bir istasyonda geçirmesi gereken gerekli hedef takt süresi 255 sn olacaktır. Hedef takt süresi ile birlikte gelecek durumdaki final ve paketleme hattı istasyonlarına ait çevrim süreleri Şekil 6.5 de yer alan gelecek durum istasyon süreleri grafiğinde belirtilmiştir. Tabloda yer alan çevrim sürelerinin hedef takt zamana göre hedef takt zamanını karşılayıp karşılamadığı grafik yardımı ile görselleştirilmiştir.



Şekil 6.5. Gelecek durum istasyon süreleri grafiği

Gelecek durum senaryosunda oluşacak istasyon süreleri, katma değer yaratmayan süreler, otomatik konveyör sistemi ile birlikte oluşacak beklemeler Şekil 6.6 da gelecek durum değer akış haritasında belirtilmiştir. Gelecek durum değer akış haritalaması üzerinde gösterildiği şekilde final hatları arasında operatör tarafından yapılan manuel işçilikler kaldırılmıştır. Mevcut durumda ürün, operatörün manuel itme işlemi ile haraket etmektedir. Ancak gelecek durum tasarımı ile birlikte ürünün manuel hareket etmemesi için konveyör sistemi uygulanması önerilmiştir. Konveyör sistemi ile birlikte operatör, ürünü manuel araba üzerinde itme işlemi yaparak götürmeyecektir. Böylece ürün,

konveyör üzerinde tek parça akış prensibine uyacak şekilde otomatik ilerleme haraketi ile birlikte istasyonlar arasında ilerleyebilecektir. Sıra disiplinini sağlayan, operatörün ürüne her noktada ergonomik çalışma koşullarında ulaşabileceği ve uygun teknik ölçülerde olan bir konveyör sistemi tasarlanmıştır. Final ve paketleme hatları arasında ürün forklift ile taşınmayacaktır; konveyör sistemi üzerinden direkt final hattından paketleme hattı konveyörlerine geçiş yapabilecektir. İstasyonlar arasında oluşan stok durumu ortadan kaldırılmış ve ürün tek parça akış prensibine göre hareket edebilecek gibi hat tasarımı oluşturulmuştur. Ancak final hatlarında yapılan test işlemleri uzun sürmektedir ve gelecek durumda talep edilen ürünleri üretebilmek için hedef takt hesabı 255 sn olacaktır. Bu sebep ile test istasyonlarının olduğu Final 1 ve Final 8 istasyonlarının konveyör sistemi üzerinde cep konveyör olarak tasarlanarak paralel istasyon haline getirilmesi önerilmiştir. Paralel istasyon sayesinde test istasyonlarından paralel zamanlarda 2 dolap alınıp test işlemleri gerçekleştirilerek ve test işlemleri sonrasında bir sonraki istasyona verilebilecektir. Burada çalışan operatörün dolabı cep istasyona alma süresi, ürün için katma değer yaratmayan bir faaliyettir. Bu sebep ile gelecek durum değer akış haritasında katma değer yaratmayan süreler gösterilmiştir. Mevcut durumda Final 9 ve Final 10 istasyonlarına ürün manuel olarak operatör tarafından taşınmaktadır ve test süresi boyunca ürün yerde beklemektedir. Final 9 ve Final 10 istasyonlarında yapılacak test işlemleri ve montaj prosesleri otomatik hareket eden taşıma arabaları üzerinde yapılacaktır. Otomatik taşıma arabaları ana konveyör sistemine ek ara bir konveyör ile bağlanacaktır. Ek ara konveyör ile yapılacak ürün geçişinde ise ürün otomatik araba sistemine aktarılırken konveyör üzerinde bekleme yaşayacaktır. Operatörün ürünü ana konveyörden otomatik taşıma arabalarına alma ve verme prosesini yapana kadar ürünün beklediği katma değer yaratmayan süre gelecek durum değer akış haritası üzerinde gösterilmiştir. Yeni final ve paketleme hattı istasyonlarının sayısı toplam 21 istasyon olacaktır ve bu durumda istasyonlar hedef takt zaman olarak hesaplanan 255 sn süresini karşılayacaktır. Gelecek durumda katma değer yaratmayan sürelerin azaltılması için ileriki dönemlerde bu istasyon sürelerinin iyileştirilmesi adına test sürelerinin azaltılması projeleri yapılması önerilmiştir. Ek-B de gelecek durum haritasının ilk kısmı Şekil B.1 de, ikinci kısmı ise Şekil B.2 de gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Gelecek durum değer akış haritası

6.3.4. Gelecek Durum Hat Tasarımı

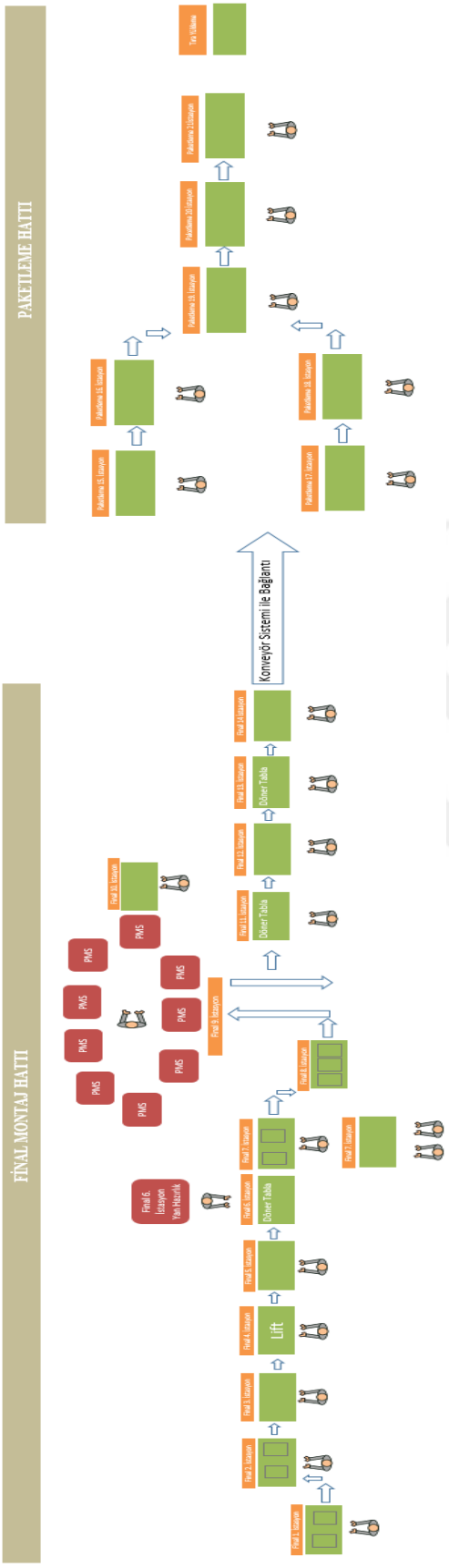
Mevcut durum ve talep edilen gelecek durum karşılaştırması yapıldığında mevcut durumdaki iş istasyon sürelerinin gelecek durumdaki hedef takt zamanını karşılamadığı ortaya konulmuştur.

- Mevcut durumda istasyonlar arası manuel veya forklift ile taşıma işlemlerinin fazla olması katma değersiz işlere yol açmaktadır.
- Yeni ürün gamına ait ürün ölçüsü 42" inç olacaktır ancak mevcut durumdaki ekipmanlar maksimum 36" inç ölçüsündeki ürünü üretebilecek yeterliktedir.
- Mevcut durumda istasyon sayısı 15 tir, hedef takt zamanı 392,31 sn dir ve 15 istasyon içerisindeki maksimum süre 392 sn dir. Gelecek durumda hedef takt zamanı 255 sn olacaktır.
- Mevcut durumda Final 6. İstasyondan sonra konveyör sistemi kullanılmamaktadır. Manuel taşıma yolu ile dolap manuel olarak istasyonlar arasında taşınmaktadır. Operatörün çalışma koşulları ergonomik halde değildir.
- Mevcut durumda final hattı ve paketleme hattını birbirine bağlayan bir sistem olmadığı için taşımalar forklift ile yapılarak paketleme hattı yanında ürün stoklanmaktadır. Bu durumda hem stok sayısı fazla olmakta hem de ürünlerin sıra disiplini sağlanamamaktadır.

Tüm bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda 2024 yılında yeni talepleri karşılayabilecek ve katma değer yaratmayan taşıma işlemlerini ortadan kaldırabilecek ergonomik, teknik ölçülere uygun, yeni konveyör sistemlerine ait teknolojilerin kullanıldığı bir hat tasarımı uygulaması yapılmıştır. Yeni hat tasarımı uygulamasına ait çalışma Şekil 6.7 de gelecek duruma ait hat tasarımı çizimi ile birlikte gösterilmiştir. Gelecek durumdaki hat tasarımında toplam 21 istasyon yer almaktadır. Final 1 ve Final 8 istasyonlarında uzun test süreli işlemler yapılmaktadır ve test işlemleri uzun sürdüğünden dolayı ürünün istasyon süresi hedef takt zamanını karşılayamamaktadır. Bundan dolayı bu istasyonlar paralel istasyonlar olarak tasarlanmıştır; ürün konveyör sistemi üzerinde ilerlediğinde cep konveyör olarak yer alan paralel konveyör bölgesine gelir ve bu sayede bu bölgelerde 2 ürün aynı zamanlarda işlem yapılabilir. Ürünün cep istasyona girmek için bekleme süresi ise gelecek durum değer akış haritası üzerinde de gösterilmiştir. Final 9

istasyonu ürünün soğutma çevrim testlerinin yapıldığı istasyondur. Bu istasyondaki soğutma testleri 25 dk sürdüğü için Final 9 ve Final 10 bölgesi ayrı bir bölge gibi loop şeklinde hareket edebilecek toplam 9 adet otomatik taşıma arabaları halinde oluşturulmuştur. Böylelikle 25 dk boyunca diğer dolapların test işlemleri devam ederken test istasyonuna birden fazla ürünün testi yapılabilecektir. Otomatik taşıma arabalarının ana konveyöre bağlanan bir ara konveyörü vardır ve ürünün bu bölgeye giriş çıkış süreleri gelecek durum değer akış haritası üzerinde katma değer yaratmayan bekleme süresi olarak Şekil 6.6 da gösterilmiştir. Gelecek durum değer akış haritası Ek B de yer alan Şekil B.1 ve Şekil B.2 de yer alan ekler kısmında da büyük ölçekte gösterilmiştir. Final ve Paketleme hattı arasında manuel taşımacılığı ortadan kaldırmak için konveyör sistemi tasarlanmıştır. Böylelikle final ve paketleme hattı arasında düzensiz stok tutma konusunun ve taşıma israfının önüne geçilebilecektir. Paketleme hattı işlemleri de manuel olarak taşıma arabası üzerinde yapılmaktadır. Bu sebep ile final hattından paketleme hattına yapılan tüm ürün hareketi operatörün itme hareketi ile birlikte manuel olarak yapılmaktadır. Paketleme hattında da konveyör sistemi kullanılmış böylelikle operatörün prosesi yaparken ürünün en uzak noktalarına ulaşabilmesini sağlayan bir hat tasarımı dizayn edilmiştir. Bu tasarım sonucunda final ve paketleme hatlarında herhangi bir manuel taşıma işlemi olmayacak ve ürün tek akış prensibine uyacak şekilde konveyör sistemi boyunca ilerleyebilecektir. 2024 yılında yeni gelecek ürün gamı mevcut ürün ölçülerinden daha büyük olacaktır. Bu sebep ile final ve paketleme hatlarına yapılacak yeni konveyör tasarımı için 2024 yılında üretime başlayacak yeni ürünün ölçüleri dikkate alınarak tasarlanmıştır.

Yeni hat tasarımı ile birlikte 2024 yılındaki talebi karşılayabilmek için toplam 21 adet istasyon oluşturulacaktır ve bu istasyonlarda çalışacak toplam 22 operatör sayısı öngörülmüştür. Mevcut durumda 16 kişi ile çalışırken yeni hat tasarımı ile birlikte üretim talebini karşılamak için ilave 6 kişi daha alınması gereklidir. İşletme 2 vardiya çalışma düzenine sahiptir, bu sebep ile her iki vardiyada da ilave 6 kişi eklenmesi gerekecektir. Hat kurulumu maliyeti dışında gerekli olan işgücü ilavesinin de işletmeye bir maliyeti olacaktır. Bu sebep ile de ilave olan 12 adet çalışana ait işgücü maliyetinin etkisi de bu çalışma yapılırken değerlendirilmiştir.



Şekil 6.7. Gelecek durum hat tasarımı

6.3.5. Gelecek Durum Hat Tasarımı Maliyet Karşılaştırması

İşletmenin 2024 yılında yeni ürün projesi ile birlikte talep miktarı artacaktır. 2022 yılında 37.050 adet olan üretim mikarı 2024 yılında 56.000 adete çıkacaktır. Mevcut durumdaki final ve paketleme montaj hatları bu talep miktarına karşılamaya yeterli bir kapasitede değildir ve mevcut durumdaki hat düzeni kapasite artışını yapabilmek için uygun düzeyde değildir. Manuel taşımaların çok olması da ürünün takibini zorlaştırmaktadır ve ilk giren ilk çıkar prensibine uygun olmamaktadır. Bu talepler doğrultusunda hattın kapasitesini arttırabilmek ve manuel taşımaların önüne geçebilmek için konveyör sisteminden oluşan yeni bir hat tasarımı önerilmiştir. Yeni hat tasarımı ile istasyon sayıları artmıştır, bununla birlikte de vardiyadaki çalışan sayısı 16 kişiden 22 kişiye çıkmıştır. Burada oluşan maliyetler ile ürünün satışından elde edilecek gelir karşılaştırılarak bu tasarımın uygunluğu maliyet açısından değerlendirilmiştir.

İşletmede 1 kişinin yıllık çalışma maliyeti 10.500 €/yıl olmaktadır. Bu çalışma gerçekleştirildiği durumda işletmeye toplam 6 kişi/vardiya olmak üzere günlük 12 kişi alınacaktır. 12 kişinin yıllık maliyeti 126.000 €/yıl olacaktır.

Konveyör sisteminin kurulması için teknik şartnameler yazılmış ve tedarikçi seçimi yapılabilmesi için ihale sürecine çıkılmıştır. İhale sonucunda konveyör sistemini kuracak tedarikçi firmanın sunduğu teklif 1.450.000 € olmuştur.

Konveyör sistemi yapıldığı durumda tedarikçiye ödenecek kurulum maliyeti ve hatta çalışacak ilave operatörlere verilecek ek işçilik maliyeti ile birlikte toplam 1.076.000 € işletmeye ait gider maliyeti olacaktır. Bununla birlikte işletme 56.000 adeti karşılayabilecek kapasite seviyesine çıkabilecektir. 18.950 adet yeni ürün gamına ait bir adettir ve mevcut ürüne göre 1,5 katı daha fazla satış fiyatına sahiptir. Mevcut ürünlerden net kazancı 250 €, yeni ürün ise 375 € olacaktır. Yeni ürün ile birlikte işletmeye sağlanacak satış geliri 18.950 adet için 7.106.250 €/yıl olacaktır. Toplam işletme maliyeti 2.526.000 € karşılığında 7.106.250 € kazanç sağlanacaktır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İşletmede yapılan uygulama kapsamında mevcut ürün akışı ve üretim süreçleri değer akış haritalama yöntemi ile görselleştirilmiştir. Bu sayede mevcut montaj hattındaki darboğazlar ve katma değer yaratmayan faaliyetler belirlenmiştir. Mevcut hattaki bazı istasyonlarda paralel üretim yapılması, aynı anda birden fazla üretim yapma, gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ancak mevcut hat tasarımından kaynaklı paralel üretim yapılamamış ve bunun sonucu olarak beklemeler ve kapasite artışlarında hat içerisinde darboğazlar ortaya çıkmıştır. Mevcut hat kapasitesi vardiyalık maksimum 65 adet ürün üretebilecek seviyededir. Ancak yeni ürün gamı ile birlikte müşterinin talebini karşılayabilmek için gelecek sene beklenen kapasite hedefi vardiyada maksimum 100 adet olacaktır. Bu durumda mevcut istasyonlardaki darboğazların giderilmesi için ve müşterinin talebini karşılayabilmek için mevcut montaj hattı tasarımı uygun bulunmamıştır. Mevcutta maksimum çevrim süresi 392 sn dir. Ancak 100 adetlik vardiyalık ürün üretebilmek için hedef takt zaman 255 sn olacaktır. Mevcut hat sayısı ve ilgili çevrim süreleri hedef takt zamanını karşılamamaktadır. 255 sn lik takt zamanını karşılayacak ilave 1062 sn lik iş için minimum ilave 5 istasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut montaj hattı değerlendirmesi ile birlikte final montaj hatları ve paketleme montaj hatlarında yer alan istasyon sayıları arttırılarak optimum 21 istasyona çıkartılmalıdır. Buna ek olarak mevcut durumda ürünün istasyonlar arasında, Final 6. İstasyonda yapılan ön elektriksel test işlemleri istasyonundan paketleme son istasyonuna kadar olan toplam 10 istasyon arasında, manuel olarak taşıma işlemi yapılmaktadır. Manuel taşımalar, istasyonlar arası gereksiz hareketlere, fazla stoklara ve sıralı üretim disiplininin bozulmasına sebep olmaktadır. Manuel taşımacılığın olduğu tüm bu işler işletmede katma değersiz faaliyetlere sebep olmaktadır. Bu yüzden tek parça akış prensibi ile üretimi sağlayabilmek için otomasyon ve taşıma sistemleri ile iyileştirmeler yapılması ve yeni bir yalın hat tasarımı çalışması yapılmıştır. Tasarlanan yeni final ve paketleme montaj hatları ile 21 istasyon oluşturulmuştur ve hedef takt zamanı olan 255 sn hedefi sağlanmıştır. Konveyör sistemleri tüm montaj hattı için planlanmıştır ve böylelikle istasyonlar arası gereksiz manuel taşıma işlemleri ortadan kaldırımıştır. Hat kurulumu sonucu ile yeni ürün gamı olan 42” inç ölçülerine uygun ve kapasiteyi karşılayan esnek bir hat çalışması sağlanmıştır. Aynı zamanda yeni ürün ile birlikte kar marjı artmış ve sektörde rekabet avantajı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Aydın, A. (2023). Yalın Üretim Oyunları: Ahşap Telefon Tutucu Yamazumi (İş Yükü Dengeleme) Simülasyonu. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi, 3*(2), 57-65.

Birgün, S., Gülen, K. G., 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.

Botti, L., Mora, C., Regattieri, A. (2017). Integrating Ergonomics and Lean Manufacturing Principles in a Hybrid Assembly Line. *Computers and Industrial Engineering, 111,* 481-491.

Bulut, T. (2020). Akış Odaklı Yerleşim Yaklaşımı ve Beyaz Eşya Sektöründeki Bir İşletmede Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 559192.

Chen, J. C., Li, Y., Shady, B. D. (2010). From Value Stream Mapping Toward a Lean/Sigma Continuous İmprovement Process: An Industrial Case Study. *International Journal of Production Research, 48*(4), 1069-1086.

Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., Ferreira, L. P. (2018). Improving Manual Assembly Lines Devoted to Complex Electronic Devices by Applying Lean Tools. *Procedia Manufacturing, 17,* 663-671.

Dağ, H. I., Kara Y. (2020). Yalın Üretime Geçişte Değer Akışı Analizi ve Haritalandırma ile İsraf Kaynaklarının Belirlenmesi: Güneş Enerjisi Kollektörleri Üreten Bir İşletmede Uygulama. *Konya Journal of Engineering Sciences, 8*(3), 652-665.

Doğan, N. Ö., Ersoy, Y. (2016). Hizmet Sektöründe Değer Akış Haritalama Uygulaması: Bir Üniversite Araştırma ve Uygulama Merkezi Örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* (48), 103-116.

Deshmukh, M., Gangele, A., Gope, D. K., Dewangan, S. (2022). Study and Implementation of Lean Manufacturing Strategies: A Literature Review. *Materials Today: Proceedings, 62,* 1489-1495.

Emir, O., Gergin, Z. (2021). Yalın Sistem Tasarımı için Simülasyon Destekli Değer Akış Haritalama Uygulaması. *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers), 32*(1), 108-126.

Bosch. (2015). Flow Oriented Layout (FOL) Implementation Guidelines Bosch Production System. Bosch GmBH.

Gonçalves, M. T., Salonitis, K. (2017). Lean Assessment Tool for Workstation Design of Assembly Lines. *Procedia Cirp, 60,* 386-391.

Gürsoy, Ö. (2022). *Yalın Üretimde Endüstri 4.0 Uygulaması: Otomotiv Yan Sanayi Örneği*. İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

Habib, M. A., Rizvan, R., Ahmed, S. (2023). Implementing Lean Manufacturing for Improvement of Operational Performance in a Labeling and Packaging Plant: A Case Study in Bangladesh. *Results in Engineering, 17,* 100818.

Jalasjoki, S. (2014). Manufacturing Process Improvement by using Lean Methods. Master's Thesis, Satakunta University of Applied Sciences Degree Programme in Business Administration, Satakunta.

Karşıyaka, O., Sütçü, A. (2019). Mobilya Üretim Süreçlerinde Verimliliği Artırmaya Yönelik 5S Uygulamaları. *Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3*(2), 87-101.

Kumar, N., Hasan, S. S., Srivastava, K., Akhtar, R., Yadav, R. K., Choubey, V. K. (2022). Lean Manufacturing Techniques and Its Implementation: A review. *Materials Today: Proceedings, 64,* 1188-1192.

Bosch. (2015). *Lean Line Design (LLD) Implementation Guidelines Bosch Production System*. Bosch GmBH.

Maraşlı, H., Akça, C., Kama, A. (2016). Yalın Düşünce ve Değer Akış Haritalamasının Dondurma Üretim İşletmesinde Uygulanması. *International Journal of Academic Values Studies,* (5), 106-120.

Marchwinski, C., Shook, J. (2007). Yalın Kavramlar Sözlüğü. (Çev. Ayşe Soydan, Regaip Baran), İstanbul: Yalın Enstitü Yayınları.

Nallusamy, S. (2016). Efficiency Enhancement in CNC Industry Using Value Stream Mapping, Work Standardization and Line Balancing. *International Journal of Performability Engineering, 12*(5), 413-422.

Narke, M. M., Jayadeva, C. T. (2020). Value Stream Mapping: Effective Lean Tool for SMEs. *Materials Today: Proceedings, 24*, 1263-1272.

Nguyen, M. N., Do, N. H. (2016). Re-engineering Assembly Line with Lean Techniques. *Procedia CIRP, 40*, 590-595.

Ohno, T. (1996). Toyota Ruhu: Toyota Üretim Sisteminin Doğuşu ve Evrimi. İstanbul: Scala Yayıncılık.

Özkol, A. E. (2004). Yalın Düşünce ve İsrafın Tekdüzen Muhasebe Sistemi Çerçevesinde Kaydı: Bir Yaklaşım ve Örnek Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19*(1), 119-138.

Rahani, A. R., Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis Through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering, 41*, 1727-1734.

Rathod, B., Shinde, P., Raut, D., Waghmare, G. (2016). Optimization of Cycle Time by Lean Manufacturing Techniques-Line Balancing Approach. *International Journal For Research In Applied Science and Engineering Technology, 4*, 224-229.

Rohani, J. M., Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing, 2*, 6-10.

Roriz, C., Nunes, E., Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing, 11*, 1069-1076.

Rother, M., Shook, J., (1999). Görmeyi Öğrenmek. (Versiyon 1.2). İstanbul: Yalın Enstitü Yayınları.

Sarı, E. B. (2018), Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 17. UİK Özel Sayısı*, 585-600.

Sevgili, A., Antmen, Z. F. (2019). Yalın Üretim Tekniklerinden Değer Akış Haritalandırmanın Bir Metal İşleme Fabrikasında Süreç İyileştirme Amacıyla Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 219-228.

Shabeen, S. R., Krishnan, K. A. (2022). Application of Lean Manufacturing Using Value Stream Mapping (VSM) in Precast Component Manufacturing: A Case Study. *Materials Today: Proceedings, 65*, 1105-1111.

Singh, B., Sharma, S. K. (2009). Value Stream Mapping as a Versatile Tool for Lean Implementation: An Indian Case Study of a Manufacturing Firm. *Measuring Business Excellence, 13*(3), 58-68.

Stellwag, B. (2017). Factory Planning The Creation and Evaluation of Material Flow-Oriented Layouts. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Sullivan, W. G., McDonald, T. N., Van Aken, E. M. (2002). Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing. *Robotics and Computer-İntegrated Manufacturing, 18*(3-4), 255-265.

Supçiller, A. A., Deligöz, K. (2018). Tedarikçi Seçimi Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Uzlaşık Çözümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 355-368.

Şahin, B. D., Akolaş, D. A. (2020). Yalın Üretim Yöntemlerinin İncelenmesi ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12*(1), 37-48.

Taj, S., Berro, L. (2006). Application of Constrained Management and Lean Manufacturing in Developing Best Practices for Productivity Improvement in an Auto-assembly Plant. *International Journal of Productivity and Performance Management, 55*(3/4), 332-345.

Uçan, K. (2014). Otomotiv Yan Sanayisinde Malzeme Besleme Sisteminin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Tasarlanması ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 349725.

Vijayakumar, S. R., Suresh, P. (2022). Lean Based Cycle Time Reduction in Manufacturing Companies Using Black Widow Based Deep Belief Neural Network. *Computers & Industrial Engineering, 173,* 108735.

Yang, T., Kuo, Y., Su, C. T., Hou, C. L. (2015). Lean Production System Design for Fishing Net Manufacturing Using Lean Principles and Simulation Optimization. *Journal of Manufacturing Systems, 34,* 66-73.

Yıldız, M., Pek, M., Uysal, U., Kılıç, D., Metin, M. (2014). Mobil Hidrolikte Yalın Üretim ve Yalın Üretime Hizmet Eden Araçlar. *Uluslararası Katılımlı VII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 727-741.

Zahraee, S. M., Tolooie, A., Abrishami, S. J., Shiwakoti, N., Stasinopoulos, P. (2020). Lean Manufacturing Analysis of a Heater Industry Based on Value Stream Mapping and Computer Simulation. *Procedia Manufacturing, 51,* 1379-1386.

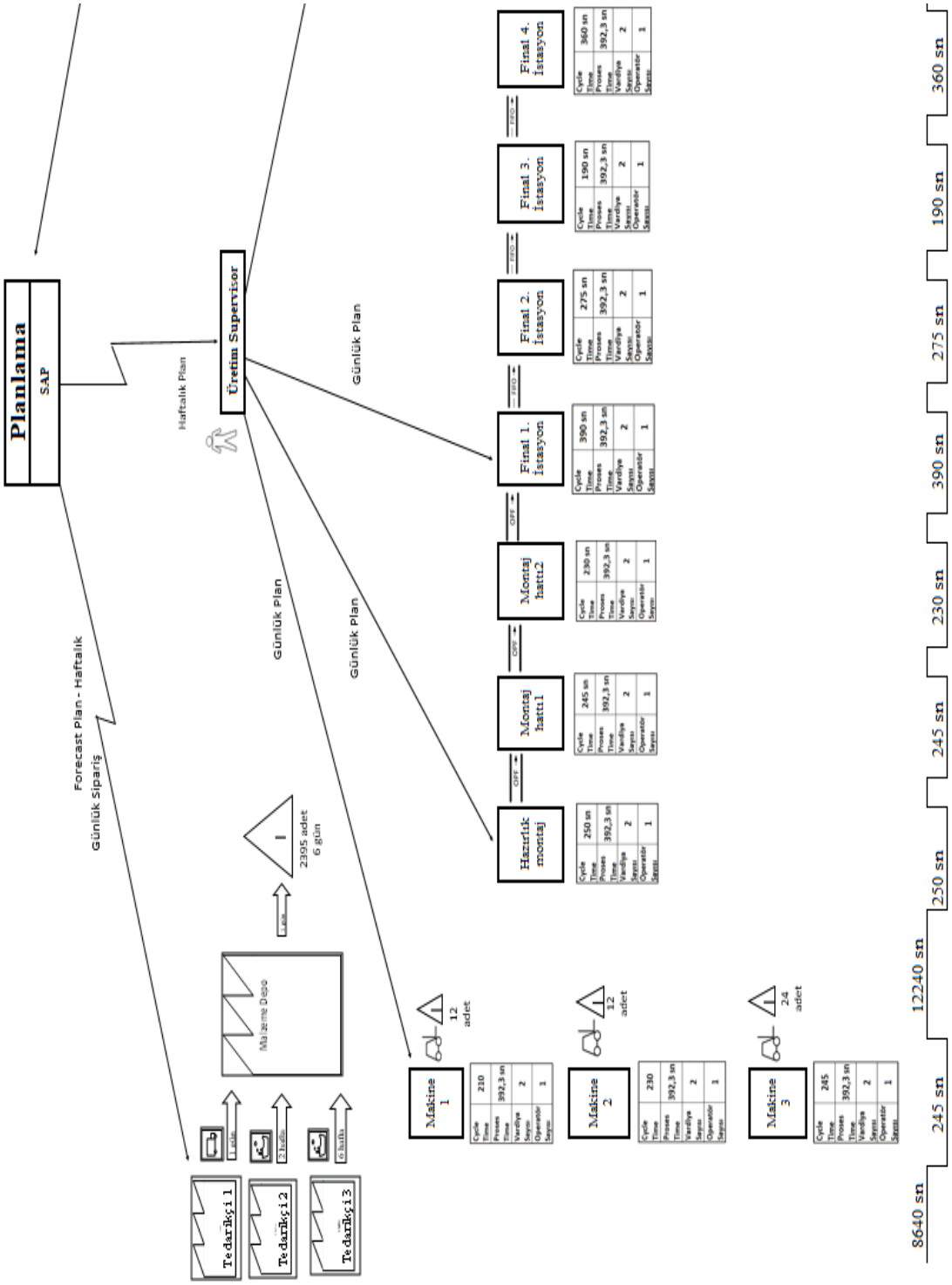
Zhenyuan, J., Xiaohong, L. U., Wei, W., Defeng, J., Lijun, W. (2011). Design and Implementation of Lean Facility Layout System of a Production Line. *International Journal of Industrial Engineering, 18*(5), 260-269.

Womack, J. P., Jones, D. T. (1998). Yalın Düşünce. İstanbul: Optimist Yayın Grubu

EKLER

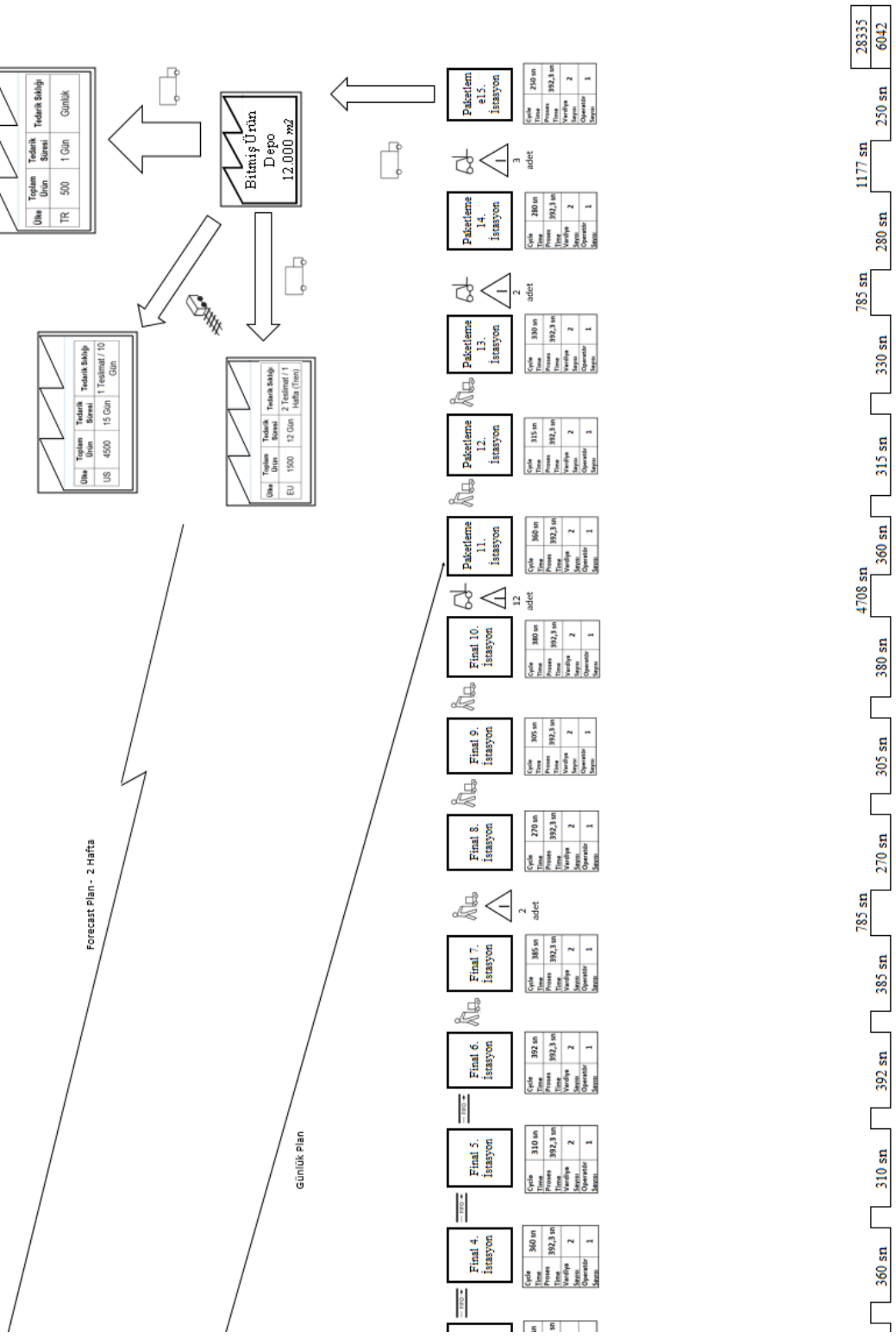
EK-A

Mevcut durum değer akış haritalama analizinin ilk kısmı Şekil A.1 de verilmiştir.



Şekil A.1. Mevcut durum değer akış haritalama sayfası 1

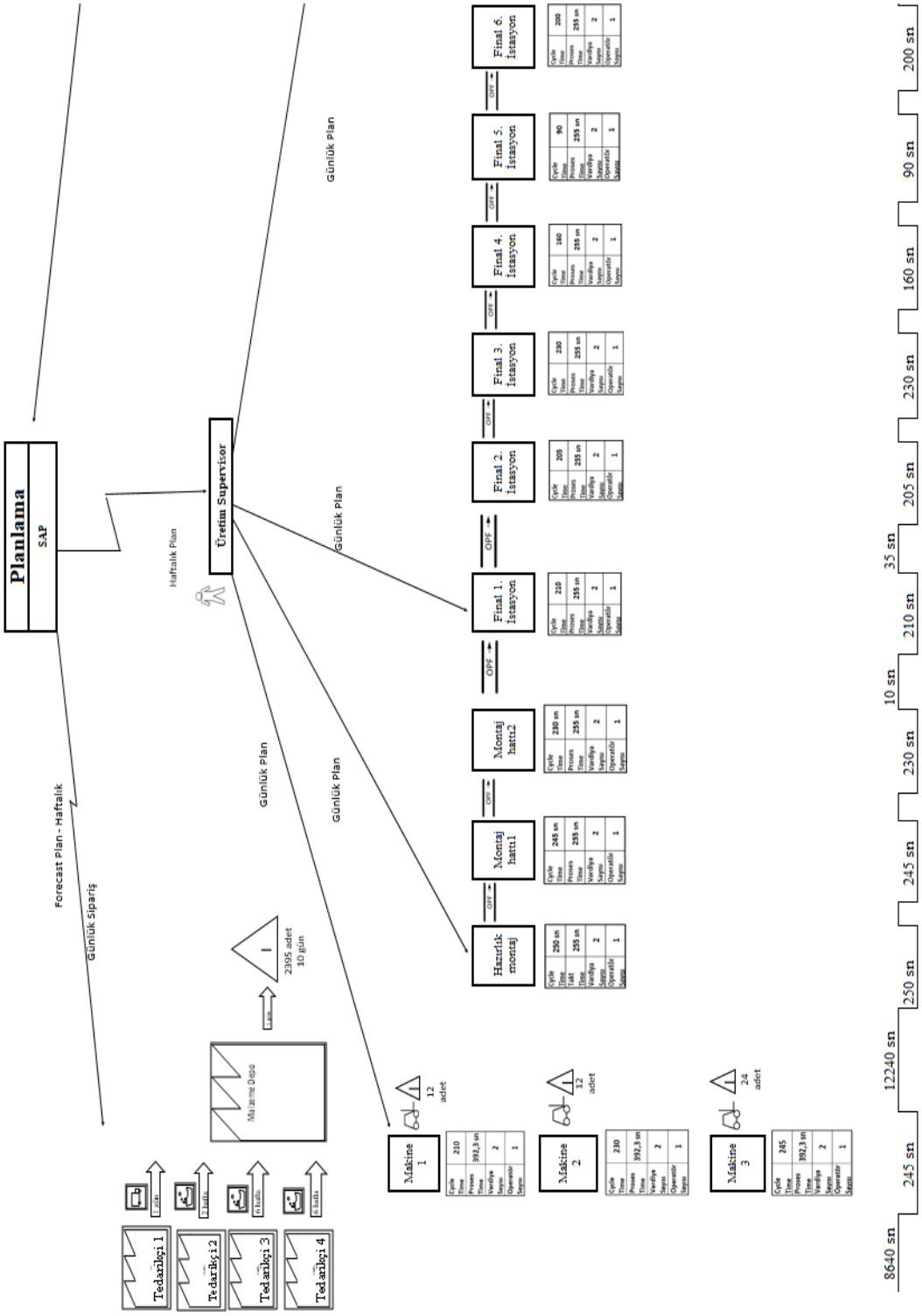
Mevcut durum değer akış haritalama analizinin ikinci kısmı Şekil A.2 de verilmiştir.



Şekil A.2. Mevcut durum değer akış haritalama sayfası 2

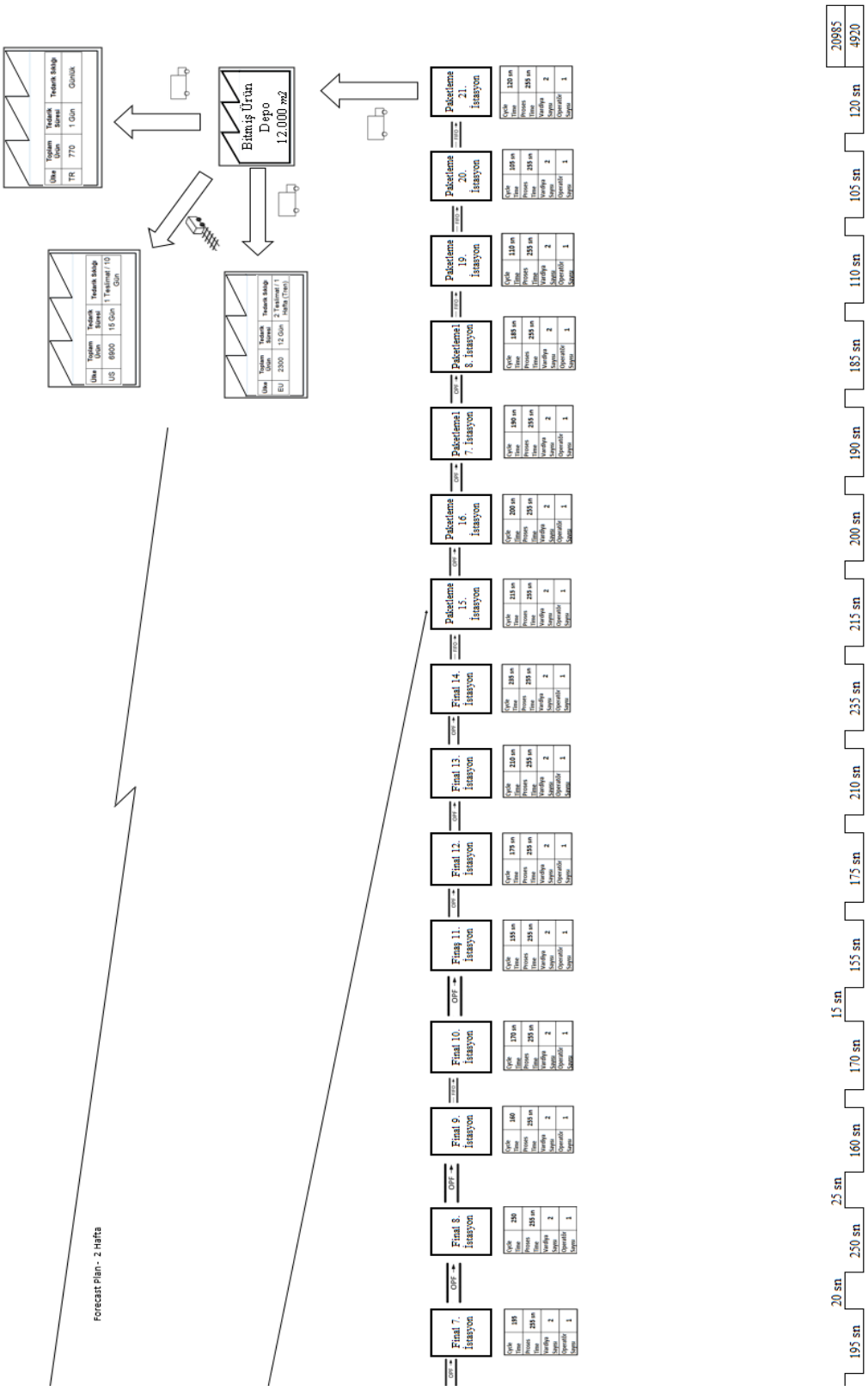
EK-B

Gelecek durum değer akış haritalama analizinin ilk kısmı Şekil B.1 de verilmiştir.



Şekil B.1. Gelecek durum değer akış haritalama sayfası 1

Gelecek durum değer akış haritalama analizinin ikinci kısmı Şekil B.2 de verilmiştir.



Şekil B.2. Gelecek durum değer akış haritalama sayfası 2

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Terzioğlu E., Akman, G. (2023). Lean Line Design in Assembly Lines and Examination in the White Goods Industry. *ICHEAS 4th International Conference on Health, Engineering and Applied Sciences*, Dubai, 14-16 April, 2023.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde tamamladı. 2014 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2018 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2019 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2020 yılından beri özel sektörde beyaz eşya ev aletleri üretimi yapan bir firmada Metod ve Proje Mühendisliği görevini sürdürmektedir.