



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BİR TEKSTİL FABRİKASINDA
BENZETİM YÖNTEMİYLE ÜRETİM HATTI
DARBOĞAZ ANALİZİ ÇALIŞMASI**

Sümeyye Sena İSTANBULLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ocak-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Sümeyye Sena İstanbullu tarafından hazırlanan “BİR TEKSTİL FABRİKASINDA BENZETİM YÖNTEMİYLE ÜRETİM HATTI DARBOĞAZ ANALİZİ ÇALIŞMASI” adlı tez çalışması 17/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Bilal ERVURAL

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reha BOTSALI

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Esra BOZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Sümeyye Sena İSTANBULLU

Tarih: 17.01.2025

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****BİR TEKSTİL FABRİKASINDA BENZETİM YÖNTEMİYLE ÜRETİM
HATTI DARBOĞAZ ANALİZİ ÇALIŞMASI****Sümeyye Sena İSTANBULLU****Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reha BOTSALI****2025, 30 Sayfa****Jüri****Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reha BOTSALI****Dr. Öğr. Üyesi Bilal ERVURAL****Dr. Öğr. Üyesi Esra BOZ**

Türkiye'de yapılan tekstil üretimi, Dünya pazarında önemli bir konumda bulunan bu alan, rekabetin giderek daha yoğunlaştığı bir ortamda faaliyet göstermektedir. Bu rekabetçi ortamda, Türk tekstil sanayicilerinin daha etkili ve verimli olabilmesi için maliyetlerini düşürmeleri, daha sürdürülebilir bir iş modeli geliştirmeleri büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle tekstil endüstrisi personele bağlı ve emek yoğunluğu çok olan bir sektör olduğu için iş gücü planlaması kritik bir faktör haline gelmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmanın Türk tekstil üreticilerine üretim maliyetlerini düşürme konusunda önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmadaki amacımız verimsiz çalışan bir fabrikadaki üretim hattı için montaj hattı dengeleme uygulaması yaparak verimli hale getirmek, üretim kapasitesini arttırmak ve çalışan eksikliği görünen alanlarda aslında çalışan eksikliği değil verimli çalıştırılmayan işçiler olduğunu göstermektir. Montaj hattı dengeleme çalışmalarıyla işçi maliyetleri düşürülecek ve üretim yapılan ürün adedi artacaktır. Bu çalışmada iyileştirmeler için benzetim yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışma yapıldıktan sonra fabrikanın kapasite kullanım oranı artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Benzetim Yöntemi, Üretim Hattı Dengeleme, Tekstil, Verimlilik

ABSTRACT**MS THESIS****A STUDY ON PRODUCTION LINE BOTTLENECK ANALYSIS IN A
TEXTILE FACTORY WITH SIMULATION METHOD****Sümeyye Sena İSTANBULLU****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL ENGINEERING****Advisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet Reha BOTSALI****2025, 30 Pages****Jury****Asst. Prof. Dr. Ahmet Reha BOTSALI****Asst. Prof. Dr. Bilal ERVURAL****Asst. Prof. Dr. Esra BOZ**

Textile production in Turkey, which has an important position in the world market, operates in an environment where competition is increasingly intense. In this competitive environment, it is of great importance for Turkish textile industrialists to reduce their costs and develop a more sustainable business model in order to be more effective and efficient. Since the textile industry is a sector that is dependent on personnel and has a high labor intensity, workforce planning becomes a critical factor. In this context, it is thought that this study can make significant contributions to Turkish textile manufacturers in reducing production costs. Our aim in this study is to make an assembly line balancing application for the production line in an inefficient factory, to make it efficient, to increase production capacity and to show that in areas where there is a shortage of workers, there is actually not a shortage of workers but workers who are not employed efficiently. Labor costs will be reduced and the number of products produced will increase with assembly line balancing studies. The simulation method was used for improvements in this study. After this study, the capacity utilization rate of the factory increased.

Keywords: Simulation Method, Production Line Balancing, Textile, Productivity

ÖNSÖZ

Tekstil Türkiye'de üretim ve ihracat sektörünün en önemli sektörlerinden biridir. Türkiye'de tekstil fabrikaları genel olarak ihracat yapmaktadır. Türkiye tekstil sektöründe Dünya'da önemli bir paya sahiptir. Pandemi döneminde özellikle büyük tekstil firmaları ürünlerinin üretimini Türkiye'deki tekstil fabrikalarında yaptırmaya başlamıştır. Fakat içinde bulunduğumuz dönemin maddi şartları doğrultusunda Türkiye'de tekstil fabrikaları zor duruma girmiş ve elinde olan siparişlerin birçoğunu Asya ve Afrika ülkelerine bırakmak durumunda kalmıştır. Bu nedenle sektördeki fabrikalar verimli ve planlı bir çalışma yaparak maliyeti en aza indirmek zorunda kalmıştır. Tekstil sektörü çok insanlı ve çok emekli bir sektör olduğundan dolayı maliyet düşürmek için işçiyi doğru yerde doğru zamanda kullanmak ve bunun planını iyi yapmak gerekir. Bu çalışmanın amacı, verimsiz çalışan bir fabrikanın üretim hattı üzerinde dengeleme yöntemi kullanarak verimliliği artırmak, üretim kapasitesini yükseltmek ve çalışan eksikliği yaşanan alanlarda aslında eksik olanın iş gücü değil, işçilerin daha verimli kullanılmadığı olduğunu ortaya koymaktır. Çalışmamın bu alanda yararlı bir kaynak olmasını diliyorum, lisans dönemimden bu yana hem insani hem akademik olarak bana bir çok katkısı olan Necmettin Erbakan Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Reha BOTSALI'ya, tez çalışma sürecimde benden desteğini esirgemeyen sevgili eşime, hayatımın her anında bana destek olan her zaman arkamda olan canım aileme, çalışma hayatımda bana rehberlik eden değerli meslektaşım ve eski müdürüm Numan NUSRETOĞLU'na teşekkürlerimi sunuyorum.

Sümeyye Sena İSTANBULLU
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER.....	4
1. GİRİŞ.....	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
4. UYGULAMA	14
4.1. Mevcut Sistemin Benzetim Modelinin Oluşturulması.....	15
4.1.1. Düzenlenen Sistemin Benzetim Modeli Çalışması.....	19
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	26
5.1 Sonuçlar	26
5.2 Öneriler	27
6. KAYNAKLAR	28
ÖZGEÇMİŞ	30

1. GİRİŞ

İşletmeler varlığını ve kar sağlamayı sürdürebilmek için verimli çalışmak, kapasiteyi yükseltmek ve kaliteli çalışmak, düşük maliyetle ve üretim sahasının geliştirilmesi yer almaktadır. İşletmenin hedeflerine ulaşabilmesi için üretim sürecinde iş gücü, malzeme ve makineler gibi üretim unsurlarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bunu yapabilmek için montaj hatlarının iyileştirilmesi gerekmektedir (Çantaoglu, 2009).

Montaj hatlarında birden fazla istasyon bulunmaktadır ve her bir istasyonun belirli bir zamanı vardır. Montaj hattındaki her istasyonun gereken süreyi eşit şekilde kullanması, hattın dengeli bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Üretim hattındaki istasyonların fazla zaman harcaması istenmeyen bir durumdur. Bu durumu iyileştirmek için, montaj hattındaki tüm istasyonların çalışma sürelerinin dengelenmesi hedeflenir. Bu süreç, montaj hattı dengeleme olarak adlandırılır (Tekin, 2005).

İşyeri yerleşim düzeni, işletmelerin verimliliğini ve kârlılığını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan araştırmalar, fabrika içi yerleşim düzeninin, işletme açısından kritik bir karar olduğunu göstermektedir. Mamule dayalı yerleşim düzenini ve montaj hattı sistemini ilk kez uygulayan Ford, üretim sürecini küçük parçalara ayırarak bu tekniği tanıtmış ve çok miktarda aynı tür ürünü üreterek önemli maliyet tasarrufları sağlanabileceğini kanıtlamıştır. Günümüzde hem ülkemizde hem de dünya genelinde birçok işletme üretimlerini montaj hatları üzerinden gerçekleştirmektedir. Bu üretim sistemlerinde montaj hatları, üretim sürecinin temel unsuru haline gelmiştir.

Üretim hatları, genellikle bir veya daha fazla işlem yapılan, sıralı iş istasyonlarından oluşur. İlk istasyonlardan başlayan hammadde veya yarı mamuller, üretim hattında işlendikten sonra nihai ürün haline gelir. Üretim hattı dengelemesi, iş elemanlarının iş istasyonları arasında en verimli şekilde dağıtılmasını sağlamak amacıyla, doğru istasyon sayısını tespit etmeye yönelik bir süreçtir. Bu dengeleme süreciyle, uygun işçi sayısı da belirlenerek işletmenin kapasitesinin büyük bir kısmı kullanılabilir hale gelir. Üretim hattında denge sağlandığında, hammadde, yarı mamul veya mamul birikintileri, üretimde aksama ve çalışanların âtıl kalması gibi istenmeyen durumların önüne geçilebilir.

Üretim hattı dengelemesi yapılarak, aynı ekipman ve iş gücüyle daha fazla çıktı elde edilebilir ya da daha az kaynakla, dengeleme öncesindeki üretim seviyesine

ulařılabilir. Dengenin saęlanabilmesi için, öncelikle hattaki mevcut durum tespit edilmeli ve bu duruma uygun yöntemler seçilmelidir.

Görev tanımlarının doğru yapılması, iş sıralamalarının belirlenmesi, standart süre hesabı yapılarak minimum sürelerin belirlenmesi, işçilerin yapabileceği işlerin doğru şekilde atanması, üretim sahasına malzeme akışının sağlanması ve makinelerin verimli çalışması adına kontrollerinin yapılması montaj hattını daha verimli bir hale getirir. Bu çalışmaları yaparak montaj hattı dengeleme çalışmalarına başlanabilir.

Bu çalışmanın amacı Malatya'da faaliyette olan bir tekstil fabrikasının polo yaka tişört üreten bir üretim hattını dengelemek ve üretim kapasitesini arttırmaktır. Çalışmanın başında montaj/üretim hattındaki her bir operasyonun standart sürelerini bulmak adına zaman etütleri yapılmıştır. Arena programı kullanılarak üretim hattı simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon sayesinde üretim hattındaki darboğazlar tespit edilmiştir. Tespit edilen darboğazların ortadan kaldırılması amacıyla gerekli iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak fabrikada, dengeli bir üretim hattı ile üretim kapasitesinin artırılabilceği ortaya çıkmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Montaj hattı, ilk defa 1915 yılında Ford Motor Şirketi tarafından otomobil üretiminde kullanılmaya başlanmıştır (Özcan, 2009). Ancak, montaj hattı dengeleme terimi akademik literatürde ilk kez Bryton'un 1954 tarihli yüksek lisans tezinde ele alınmıştır (Çantaoglu, 2009). Montaj hattı dengeleme konusu, derinlemesine olarak 1954 yılında Helgeson ve 1955 yılında Salveson'un gerçekleştirdiği çalışmalarda tartışılmaya başlanmış ve bu kavram matematiksel bir çerçeveye oturtularak uygulama temelleri atılmıştır. 1950'lerden günümüze kadar montaj hattı dengeleme problemleri üzerine birçok matematiksel model geliştirilmiş, sınır hesaplamaları yapılmış ve çözüm yöntemleri oluşturulmuştur (Özcan, 2009). Kurşun ve Kalaoğlu, tişört üretimi yapan bir işletmede gerçekleştirdikleri çalışmada, üretim hattı ve iş istasyonları üzerinde detaylı analizler yaparak bir model geliştirmiş ve bu modelin uygulanmasıyla üretim kapasitesinin 480.000'den 490.000'e çıkarılabileceğini göstermişlerdir. Modelin önerdiği üretim artışı, başlangıçta daha fazla zaman kaybı ve maliyet oluşturacağı izlenimi verebilirken, yapılan analizler sonucu bu artışın aslında daha düşük maliyetle ve hızlandırılmış bir üretim süreciyle gerçekleştirilebileceği ortaya çıkmıştır (Kurşun ve Kalaoğlu, 2009).

Eryürük ve araştırma ekibi etek üretimi yapan bir işletmede, Helgeson ve Birnie tarafından geliştirilen 'Konum Ağırlıklı Montaj Hattı Dengeleme' yöntemini uygulamış ve bu yöntemin, işletmenin kurumsal verimliliğini artırmada faydalı olabileceğini ortaya koymuşlardır (Eryürük, 2014). Ayrıca, Eryürük'ün 2012 yılında gerçekleştirdiği bir başka çalışmada, bir elbise modeli için montaj hattı tasarımı yapılmış ve Arena programı kullanılarak aynı çevrim süresiyle optimal makine ve iş gücü kullanımıyla maksimum verimlilik sağlamayı amaçlayan bir model geliştirilmiştir (Eryürük, 2012). Montaj hatları, benzer ya da aynı ürünlerin büyük adetlerle üretildiği süreçlerde kullanılan bir durumdur (Ayanoglu, 2004).

Taylor'un öncülüğünde, üretim süreçlerinin ayrılarak ayrı ayrı yapılmasının işlemleri kolaylaştırdığı, üretim sürecinin hızını artırdığı ve maliyetleri minimuma indirdiği görüşü gelişmiştir. Bu yaklaşım doğrultusunda üretim, hareketli bir hat etrafında iş istasyonlarının kurulduğu bir sistemde gerçekleştirilir. Ürüne ait malzemeler, hareketli hatlar üzerinde transfer edilirken, işgücü ve robotlar sayesinde ürün üzerinde yapılan işlemler arasında öncelik ilişkileri kurulur ve bu süreçle birlikte üretim tamamlanır. Bu sisteme "montaj hattı" denir (Erkut, 1997).

Montaj hattını oluşturan iş istasyonlarında çalışanlar veya makineler, sırasıyla montaj bandı etrafında yer alır. Hat boyunca giren ürünler, istasyonlar arasında yer değiştirerek çeşitli işlemlerden geçirilir (Gökçen, 1994).

Montaj hatları, işlemleri gerçekleştirecek çalışanların, makinelerin yerleştirildiği hatlar olabileceği gibi, montajın elektrikli bir motorla hareket eden bir konveyör bant üzerinde gerçekleştirildiği sistemler de olabilir. İş istasyonunda yer alan çalışanlar ya da robotlar, bant üzerinden gelen ürünü alarak, yapacakları en kısa süre içerisinde sorumluluklarındaki işlemleri gerçekleştirirler. Bu süreç, hat boyunca devam eder ve ürün, hattın sonunda tamamlanmış olarak çıkmış olur.

Bir montaj hattı, genellikle konveyör bandı ya da mekanik malzeme taşıma sisteminin üzerinde düzenlenen istasyonlardan oluşur. Konveyör sisteminin çevrim süresi, verilen bir zaman birimi içerisinde ürünün hareket ettiği süreyi belirler (Becker ve Scholl, 2006).

Her iş istasyonu, belirli bir çevrim süresi boyunca çalışır ve bu süre, istasyonun kapasitesinin aşılmaması gereken bir sınırdır. Montaj hattında mükemmel bir denge sağlandığında, her istasyonda bulunan operasyonların işlem sürelerinin toplamı, çevrim süresiyle eşit olur. Ancak, öncelik ilişkileri ve çeşitli kısıtlar sebebiyle mükemmel dengeyi sağlamak pratikte daha zordur (Baybars, 1986).

Her bir görev, belirli bir işlem süresi ve önceden tanımlanmış bir öncelik ilişkisine sahiptir. Teknolojik ve organizasyonel koşullar, görevler arasında öncelik gerektirebilir (Scholl ve Becker, 2006). Bu bağlamda, bir görev, öncülleri tamamlanmadan başlatılamaz (Ege ve ark., 2009). Ayrıca, montaj hattı dengeleme (MHD) problemlerinde, pozitif, negatif olarak iki tür kısıtlama bulunur. Pozitif kısıt, belirli görev gruplarının aynı istasyonuna atanmasını zorunlu kılarken, negatif kısıt, bazı görevlerin aynı istasyona atanmasını yasaklar (Battaia ve Dolgui, 2013).

İstasyonlarda yapılan montaj/üretim işlemlerinin dengelenmesi, belirli amaçlara ulaşmak için yapılan bir karar verme süreci olarak tanımlanır ve bu, MHD problemi olarak adlandırılır (Becker ve Scholl, 2006). MHD problemleri, endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırma alanlarında uzun yıllar boyunca araştırma konusu olmuştur (Gökçen ve Ağpak, 2006).

Montaj hattı dengeleme kavramı literatürde ilk kez 1954 yılında Bryton tarafından ele alınmıştır (Bryton, 1954), ve bu konuda yapılmış ilk tanımlama ise 1955 yılında Salveson tarafından yapılmıştır (Salveson, 1955).

Tek Modelli Stokastik (TMS) problemleri, sabit olmayan ve değişkenlik gösteren işlem sürelerinin söz konusu olduğu durumları içerir. Bu tür MHD problemleri, işlem sürelerinin farklılık gösterdiği manuel montaj hatları için daha gerçekçi bir yaklaşımdır (Ghosh ve Gagnon, 1989).

İşlem sürelerinin değişken olmasının birçok nedeni olabilir, bunlar arasında yorulma, dikkat dağılması, işçilerin beceri düzeyindeki farklar (yetenekli ya da yeteneksiz iş gücü), makine ve ekipman arızaları sayılabilir. TMS problemlerinde işlem süreleri sabit değildir ve bu süreler, belirli olasılık dağılımı kullanılarak modellenir (Derya, 2012).

Çok/karışık Modelli Deterministik (ÇMD) problemlerinde ise işlem sürelerinin deterministik olduğu varsayılır. Çok modelli montaj hatlarında, iki ya da fazla ürün, büyük adetler halinde üretilir. Karışık modelli montaj hatları ise farklı modellerin, sıraya bağlı olmadan karışık olarak üretimi yapılır. Tek modelli montaj hatlarından farklı bir şekilde, çok/karışık modelli montaj hatlarında model seçme, model sıralama, büyük adetli ürünlerin belirlenmesi gibi farklı sorunlar ele alınır. Bu tür üretim sistemlerinin en önemli avantajı, müşterinin taleplerini karşılamak amacıyla farklı modellerin üretilebilmesi ve büyük stokların birikmesinin önlenmesidir (Derya, 2012).

Çok/karışık modelli stokastik (ÇMS) montaj hattı dengeleme problemi, işlem sürelerinin değişkenlik gösterdiği bir durumu ifade eder. ÇMS problemlerinin temel özelliği, işlem sürelerinin rastlantısal bir yapıya sahip olmasıdır. Çok modelli montaj hatlarında yapılan dengeleme işlemleri, karışık modelli hatlara kıyasla genellikle daha kolaydır. Çünkü benzer tipte ürünler üretildiğinden, bir model için elde edilen dengeleme sonuçları, diğer modellerde de uygulanabilir ve bu sayede montaj hattı diğer modellere de uyarlanabilir. "Çok ve karışık modelli hatların dengelenmesi probleminin çözümünde karşılaşılan zorluklar nedeniyle, bu tür problemler için kesin çözümler yerine genellikle sezgisel yöntemler tercih edilmektedir" (Derya, 2012).

Simülasyon tekniği, üretim sisteminin bilgisayarda modellenmesini ve analiz edilmesini sağlayan önemli bir yöntemdir (Akın, 2015).

Karmaşık olan üretim sistemlerini analitik olarak çözmek için tamsayı programlama gibi yöntemler her zaman yeterli olmayabilir. Özellikle AR-GE çalışmalarında, işletmelerin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesinde simülasyon tekniği son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Simülasyon, varsayılan sistemleri modelleyerek zaman faktörünü ele alma olanağı sunar. Bunun yanı sıra, üretim sistemlerinin dinamik ve rastlantısal özelliklerini modelleme yeteneği, esneklik

ve kullanım kolaylığı gibi avantajlar sağlar. Bu sayede simülasyon, bir üretim şirketinin performansı hakkında geniş bir analiz yapma fırsatı verir.

Simülasyonun montaj hattı dengeleme sürecinde değerlendirme aracı olarak kullanılması, üretim hattının performansını gerçek hedefi bozmadan analiz etmeyi mümkün kılar. Aynı zamanda farklı alternatifleri değerlendirerek sistemin performansını iyileştirme ve uygulama öncesinde yeni alternatifleri test etme amacıyla da tercih edilmektedir (Sarıaslan, 1986).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Montaj hattı, bir ürünün bileşenlerinin birleştirilmesi sürecinde kullanılan bir sistemdir. Bu sistem, iş istasyonlarının malzeme taşıma sistemiyle entegre edilmesiyle oluşturulur. Montaj hattı, her iş istasyonunda belirli görevlerin sırasına göre çalışarak, bir ürünü tamamlamak için gereken tüm bileşenleri birleştirir. Bu sürecin en önemli unsurlarından biri, iş elemanlarının veya görevlerin sıralanarak, her iş istasyonuna uygun şekilde atanmasıdır. Bir iş istasyonunda yapılan işlem, önceden belirlenmiş olan öncelik ilişkileri doğrultusunda yapılmalıdır.

Montaj/üretim hattı dengeleme problemi, iş istasyonlarında her birinin çevrim süresinin eşitlenmesi ve her bir istasyona aynı işlem süresinin verilmesiyle ilgilidir. Bu dengeleme sürecinin temel amacı, hat üzerindeki toplam iş yükünü istasyonlar arasında dengeli bir şekilde dağıtarak, hat verimliliğini artırmaktır. Bu sayede, her bir iş istasyonunda fazla iş yükü birikmesinin önüne geçilir ve üretim sürecinde daha verimli bir iş akışı sağlanır. İstasyonlar arasındaki iş yükü farklarının minimize edilmesi, verimliliğin korunması ve üretim sürecinde kayıpların önlenmesi açısından büyük önem taşır.

Üretim süreçlerinde, bir ürünün bileşenleri farklı iş ögelerine ayrılır ve bu ögelerin her biri farklı iş istasyonlarında işlenir. Bu sayede, daha hızlı ve düşük maliyetli üretim yapılması sağlanır. Üretim hattındaki her iş istasyonu, belirli kısıtlar ve öncelik ilişkileri doğrultusunda düzenlenir. Bu düzenlemede amaç, her bir iş istasyonuna dengeli bir iş yükü dağılımı yaparak üretim sürecinin verimli bir şekilde işlenmesini sağlamaktır.

Montaj/üretim hattının tasarımındaki en önemli hedef, iş istasyonlarına eşit miktarda iş verebilmektir. Bu dengenin doğru sağlanamaması durumunda bazı iş istasyonlarında diğer istasyonlardan fazla iş kapasitesi birikebilir, bu da üretimde verimliliğin düşmesine ve kayıpların artmasına yol açabilir. Bu nedenle, montaj hattı tasarımında iş yüklerinin doğru bir şekilde dağılması kritik bir öneme sahiptir.

Montaj/üretim hatları, günümüz endüstrisinde kitle üretimi sağlamak için önemli bir yer tutmaktadır. Üretilecek ürünlerin çeşitliliği ve kitle talebini karşılamak amacıyla farklı tipte montaj hatları kullanılmaktadır. Bu hatlar, üretim sürecine ve ürün çeşidine göre çeşitli şekillerde organize edilebilir. Genellikle montaj hatları üç ana grupta sınıflandırılır. Bunlar Tek modelli hatlar, çok modelli hatlar ve karışık modelli hatlardır.

Tek Modelli Hatlar:

Tek modelli hatlar, yalnızca bir ürün ya da bir modelin üretildiği montaj hatlarıdır. Bu tür hatlar, yalnızca belirli bir ürünün seri üretimi için uygundur. Üretim süreci, belirli bir ürün tipi üzerinden yürütülür ve her bir iş istasyonu sadece bu ürünün bileşenleriyle çalışır. Bu sayede, üretim süreci daha verimli ve düzenli olur. Tek modelli hatlar genellikle ürün çeşitliliğinin az olduğu ve büyük hacimli üretim yapılan endüstrilerde kullanılır.

Çok Modelli Hatlar:

Çok modelli hatlar, farklı model veya ürünlerin üretildiği montaj hatlarıdır. Bu tür hatlarda, üretim belirli zaman dilimlerinde ayrı ayrı yapılır. Bir zaman diliminde bir modelin üretimi tamamlanır ve ardından başka bir modelin üretimine geçilir. Her model, belirli bir parti şeklinde üretilir ve modeller asla birbirlerine karıştırılmaz. Çoğunlukla, çok modelli hatlar, farklı ürünlerin üretiminin gerektiği durumlarda tercih edilir, ancak her bir modelin üretimi sırasıyla yapılır.

Karışık Modelli Hatlar:

Karışık modelli hatlar, birden çok ve aynı tarzdaki modellerin karışık bir şekilde üretildiği montaj hatlarıdır. Bu tür hatlar, esnek üretim süreçlerine olanak tanır ve müşteri taleplerine daha hızlı cevap verebilmek amacıyla kullanılır. Karışık modelli üretimin önemli avantajlarından biri, çeşitli modellerin sürekli olarak üretilebilmesi ve büyük miktarda bitmiş mamul stoğu bulundurulmasına gerek olmamaktır. Ancak, bu tür üretimde bazı dezavantajlar da vardır. Farklı modellerin işlem sürelerinin farklı olması nedeniyle iş akışı düzenli olmayabilir, bu nedenle daha fazla istasyon bekleme süresi ve yarı bitmiş mamullerden stoklar oluşabilir. Bu durum, üretim sürecinde verimliliği azaltabilir ve organizasyonu zorlaştırabilir.

Montaj hatlarının farklı türleri, üretim gereksinimlerine ve üretilecek ürünlere göre seçilir. Tek modelli hatlar büyük hacimli ve tek bir ürün üretimi için uygunken, çok modelli hatlar farklı modellerin sırasıyla üretildiği sistemlerde kullanılır. Karışık modelli hatlar ise, aynı anda birden fazla modelin üretilebilmesi için esneklik sağlar. Ancak, karışık modelli üretimin zorlukları da dikkate alınmalıdır, çünkü bu tür hatlar genellikle iş akışında düzensizlikler ve verimlilik kayıpları gibi problemlere yol açabilir. Bu nedenle, montaj hattı tasarımında en uygun sistemin seçilmesi önemlidir.

Bu araştırmada, konfeksiyon ürünü üreten bir tekstil fabrikasında tişört dikim hattı dengelemesi çalışılmıştır. Tek modelli olan bu hat dengelemesi dengeleme

probleminin çözümü ve kapasitenin artırılması amacıyla benzetim yönteminden yararlanılmıştır.

Benzetim yönteminin kullanıcılara ve işletmelere sağladığı başlıca avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Halaç, 1982).

Bir sistemde modele aşına olunduğunda, farklı senaryolar için çeşitli analizler yapılabilmektedir.

Benzetim yöntemleri, sistem verilerinin eksik veya belirsiz olduğu durumlarda daha etkili bir çözüm sunar.

Benzetim modeli üzerinden elde edilen veriler, gerçek dünyadaki verilere göre genellikle daha düşük maliyetlerle elde edilebilir.

Benzetim, karmaşık sistem etkileşimlerini incelenmesi ve etkileşimler üzerinde deney yapma olanağı sağlar.

Benzetilen sistemin detaylı analizi, sistemin daha iyi anlaşılmasına, gözden kaçan eksikliklerin giderilmesine ve daha verimli bir operasyonel yapı oluşturulmasına olanak tanır.

Benzetim, henüz hakkında çok az veya hiç veri bulunmayan yeni durumlarda, değişik koşullar altında sistemin nasıl işlediğini test etme imkânı sunar.

Benzetim, analitik problemlerin çözümlerinin doğruluğunu doğrulamak amacıyla kullanılabilir.

Benzetim ile dinamik sistemlerin gerçek zamanlı olarak, ya da zaman dilimleri daraltılarak veya genişletilerek incelenmesi mümkündür.

Benzetim, teknik uygulamalara yönelik analistleri daha geniş ve kapsamlı düşünmeye yönlendirir.

4. UYGULAMA

Bu çalışma, Malatya'da faaliyet gösteren bir tekstil firmasında gerçekleştirilmiştir. Firma, çoğunlukla büyük tekstil şirketlerine fason üretim hizmeti sunmaktadır. İşletmede tişört, şort, hoodie, pantolon gibi örme konfeksiyon yapılmaktadır. Üretim süreci, kesim, baskı, nakış, dikim ve ütü paket bölümlerinden oluşmaktadır. Dikim bölümü, diğer üretim alanlarına göre daha fazla iş gücü gerektiren bir alandır ve burada iş gücünün verimli kullanılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Dikim bölümü, tüm istasyonların birbirine bağlı olduğu montaj hattı gibi değerlendirilebilir. Her bir istasyon, bir operatör ile donatılmıştır. Ancak, istasyonlardaki işlem sürelerinin farklılık göstermesi nedeniyle bazı istasyonlarda stoklar oluşmakta ve bu da üretim verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Bir kısım operatörler tam kapasiteyle çalışırken, diğerleri ise daha düşük bir kapasiteyle işlem yapmaktadır. Bu durum, hattın genel üretim kapasitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Hattın üretim kapasitesini arttırmak ve iş yükü dengesini sağlayabilmek için benzetim yöntemi kullanılmıştır. Benzetim modelinin oluşturulabilmesi için, her bir istasyonun işlem sürelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, 'Tişört' üretimi yapan bir hat için montaj hattı dengeleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Montaj hattının iş akış şekli, her bir istasyonun alınan işlem süreleri ve operatör sayıları Çizelge 1'de sunulmaktadır. Çizelge 1'de işlem süreleri operatörlerden süre alınarak minimum, ortalama, maksimum süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 1. Operasyon Bilgileri

İstasyon	Operasyon	Operasyon Süresi	Kişi Sayısı
1	Yaka Açma	(27-28-30)	1
2	Cep Flota Regule	(10-12-17)	1
3	Yaka Regule	(9-10-16)	1
4	Pat Çizme	(11-13-17)	1
5	Cep Çizme	(11-12-18)	1
6	Pat Takma	(22-23-26)	1
7	Pat Yarma	(19-20-25)	1
8	Cep Takma	(16-17-20)	1
9	Torba Dikme	(26-28-30)	1
10	Cep Torbası Takma	(15-18-22)	1
11	Cep Yanı Kapatma	(15-16-18)	1
12	Cep Çıma	(16-17-20)	1
13	Yaka Hazırlık	(20-23-25)	1
14	Omuz Çatma	(15-17-23)	1
15	Omuz Çıma	(15-18-22)	1
16	Kol Takma	(23-28-30)	1
17	Yaka Takma	(16-17-20)	1
18	Biye Takma	(13-14-17)	1
19	Pat Alt Kapama	(17-18-22)	1
20	Pat Üst Kapama	(17-18-23)	1
21	Pat Zarf Yarma	(9-10-12)	1
22	Pat Zarf Dikişi	(25-29-31)	1
23	Biye Kapama	(17-20-24)	1
24	Yan Çatma	(38-40-41)	2
25	Kol Lastik Takma	(21-28-29)	1
26	Etek Reçme	(15-18-24)	1
27	İlik Açma	(11-14-18)	1
28	Düğme Yeri İşaret	(17-20-22)	1
29	Meto Temizleme	(10-12-15)	1
30	Düğme Takma	(15-16-22)	1
31	Düğme Kapama	(23-25-26)	1
32	Pat Hazırlık	(9-10-11)	1
33	Ara Eleman	(9-10-11)	1

4.1. Mevcut Sistemin Benzetim Modelinin Oluşturulması

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda, mevcut sistem için bir benzetim modeli oluşturulabilir. Bu çalışmada, benzetim modelinin kurulumu için Rockwell Software firmasının geliştirdiği **ARENA 16.20** benzetim yazılımı kullanılmıştır. Modelin oluşturulabilmesi için bazı varsayımlar kabul edilmiştir:

İstasyonlar arasındaki geçişlerin süreleri dahil edilmiştir.

Makine arızaları göz önünde bulundurulmamıştır.

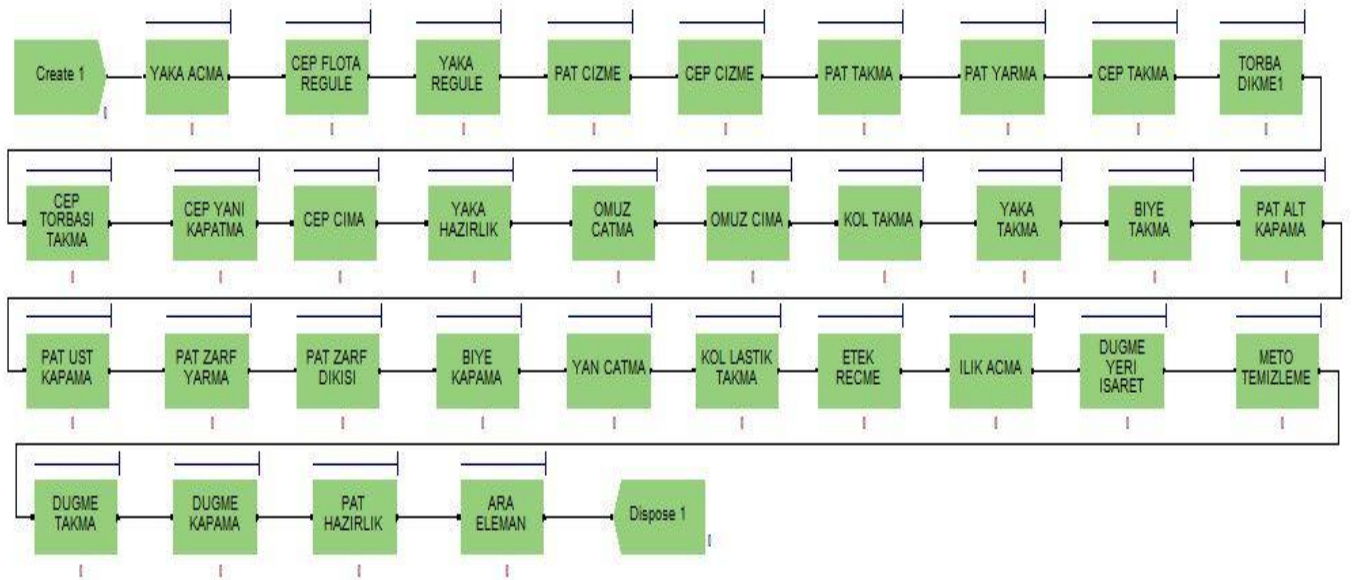
İstasyonlara paralel yeni istasyonlar eklenebilme imkânına sahiptir.

İşletme, günlük 10 saat 15 dakika çalışmakta olup, bu sürenin 1 saat 15 dakikası yemek ve molalar için ayrılmaktadır. Bu nedenle, işletmenin günlük net çalışma süresi 9 saattir. Bu çalışmada yalnızca 'polo yakalı tişört' ürünü için üretim hattı dengelemesi yapılacaktır. Problem, tek modellenli montaj hattı dengeleme problemi olarak ele alınmaktadır.

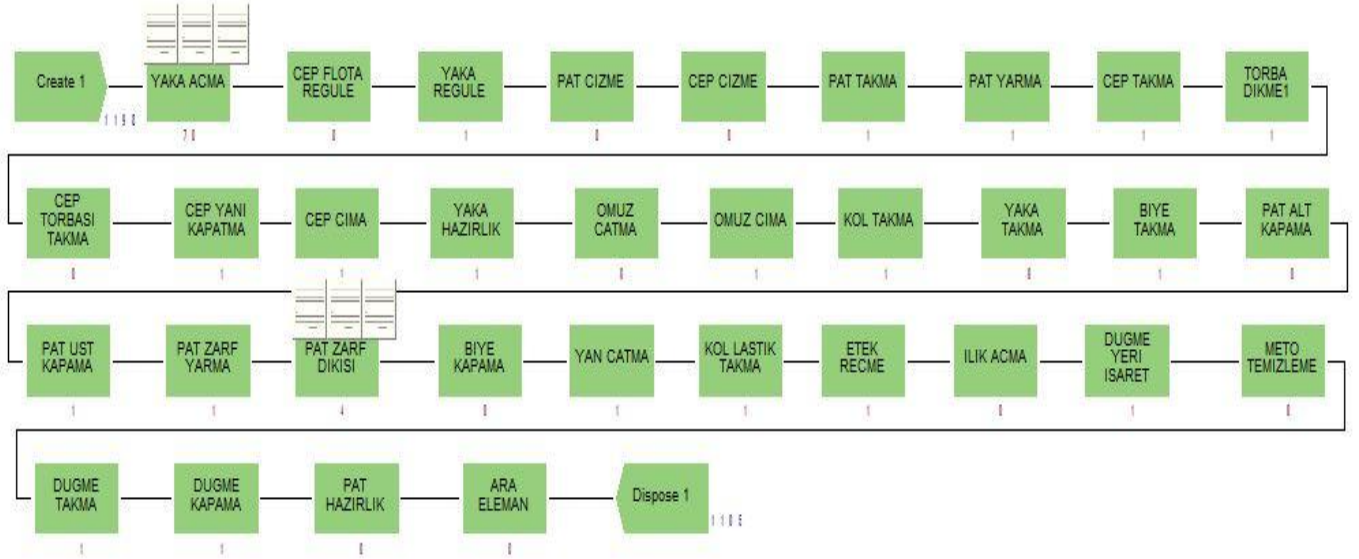
Arena benzetim programında iş istasyonu süreleri tanımlanırken, Çizelge 1'de verilen minimum, ortalama ve maksimum operasyon süreleri TRIANGULAR dağılım parametreleri olarak tanımlanmış ve sistem çalıştırılmıştır.

Yerleşim durumuna göre U tipi montaj hattı olarak çalışılmıştır. Üretim hattı 33 istasyondan oluşmaktadır. Hatta toplam 34 çalışan bulunmaktadır. Üretim ütü-paket-kontrol sistemi bu hat dışında yapıldığı için montaj hattı dengeleme çalışmasında bu operasyonlar eklenmemiştir. Çizelge 1'de belirtilmiş operasyonlar ve işlem süreleri

Şekil 1. Sistem Benzetim Modeli



Arena programına aktarılarak Şekil 1'de görüneceği gibi bir ara yüz oluşmuştur. Şekil 2'de ise mevcut işlem süreleri ile çalıştırılmış benzetim modeli ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalıştırılmış Sistem Benzetim Modeli

Model 9 saat (32.400 sn) için 10 defa çalıştırılmıştır. Modelin çıktıları Çizelge 2'de verilmiştir

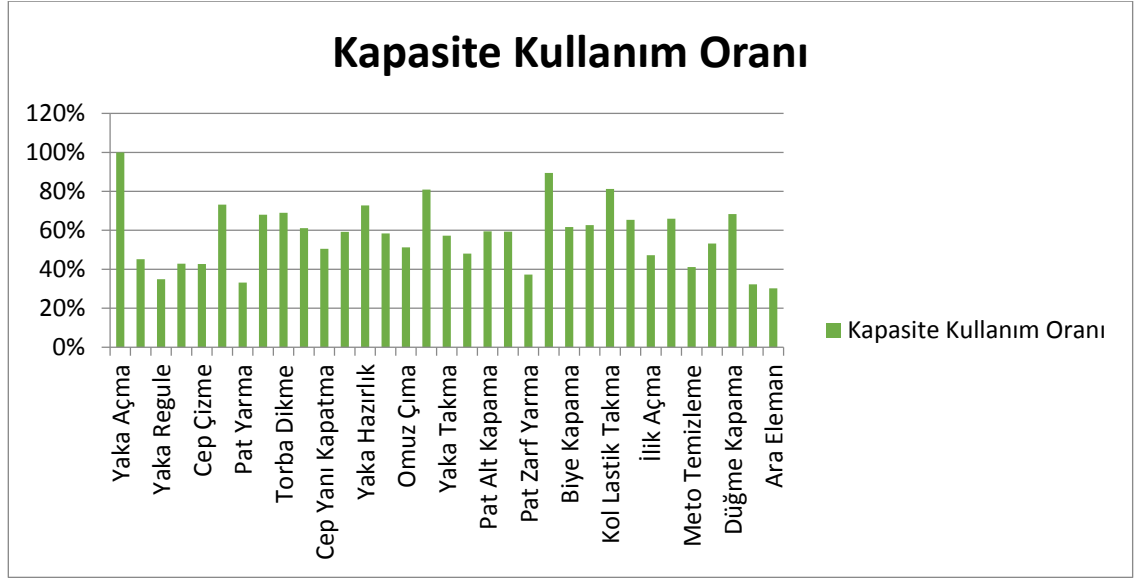
Çizelge 2. Benzetim Modeli Sonuçları

Üretilen Tişört Sayısı	Kuyrukta Bekleme Süresi(sn)	Kapasite Kullanım Oranı	Cycle Time(sn)
1.105	1.044,02	62%	29,321

Sistemle ilgili detaylı analizde darboğaz oluşan operasyonlar ve operasyonların kapasite kullanım oranları incelendiğinde Yaka Açma ve Pat Zarf Dikişi operasyonlarında kuyruklar olduğu gözlemlenmiştir. İstasyonların kapasite kullanım oranları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'teki oranlar Şekil 3'te de grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 3. İstasyon Kapasite Kullanım Oranları

Operasyon	Kapasite Kullanım Oranı
Yaka Açma	100%
Cep Flota Regule	45,20%
Yaka Regule	34,90%
Pat Çizme	42,90%
Cep Çizme	42,70%
Pat Takma	73,20%
Pat Yarma	33,20%
Cep Takma	68,01%
Torba Dikme	69,02%
Cep Torbası Takma	61,10%
Cep Yanı Kapatma	50,52%
Cep Çıma	59,20%
Yaka Hazırlık	72,81%
Omuz Çatma	58,41%
Omuz Çıma	51,21%
Kol Takma	80,88%
Yaka Takma	57,22%
Biye Takma	48,02%
Pat Alt Kapama	59,45%
Pat Üst Kapama	59,32%
Pat Zarf Yarma	37,25%
Pat Zarf Dikişi	89,46%
Biye Kapama	61,68%
Yan Çatma	62,65%
Kol Lastik Takma	81,25%
Etek Reçme	65,40%
İlik Açma	47,25%
Düğme Yeri İşaret	65,97%
Meto Temizleme	41,11%
Düğme Takma	53,20%
Düğme Kapama	68,32%
Pat Hazırlık	32,25%
Ara Eleman	30,25%



Şekil 3. Kapasite Kullanım Oranı Grafiği

Çizelge 3'te gözlemlenen verilere göre kapasite kullanımı oranı en yüksek olan istasyonlar Yaka Açma, Torba Dikme, Pat Takma, Kol Lastik Takma, Pat Zarf Dikişi ve Kol Takma istasyonlarıdır. En düşük kapasite kullanımı olan istasyonlar ise Ara Eleman, Pat Hazırlık, Pat Yarma, Meto Temizleme, Pat Zarf Yarma ve Yaka Regule istasyonlarıdır. Çizelge 4'te en düşük ve en yüksek kapasite oranı ile çalışan istasyonlar verilmiştir.

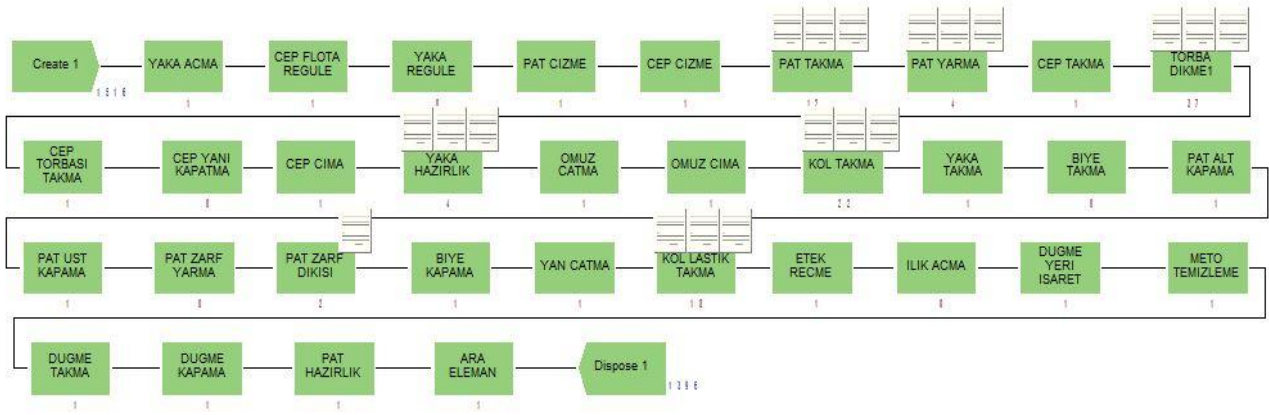
Çizelge 4. Yüksek ve Düşük Kapasite Kullanımlı İstasyonlar

Yüksek Kapasite		Düşük Kapasite	
Yaka Açma	100%	Ara Eleman	30,25%
Torba Dikme	69,02%	Pat Hazırlık	32,25%
Pat Takma	73,20%	Pat Yarma	33,20%
Kol Lastik Takma	81,25%	Meto Temizleme	41,25%
Pat Zarf Dikişi	89,46%	Pat Zarf Yarma	37,25%
Kol Takma	80,88%	Yaka Regule	34,90%

4.1.1. Düzenlenen Sistemin Benzetim Modeli Çalışması

Çizelge 1'de belirtildiği gibi, istasyonlar arasındaki işlem koşulları arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum, bir istasyonun işlemi bittiğinde önceki istasyonun işini bitirmesini beklemesine neden olmaktadır. Sonuç olarak, Çizelge 3'te yer alan bazı istasyonlarda darboğazlar meydana gelirken, diğer istasyonlarda ise fazla boş bekleme odalarından oluşmaktadır. Bu nedenle, montaj hattının verimli

çalışabilmesi için istasyonlar arasındaki işlerin daha düzenli bir şekilde dağıtılması gerekmektedir.



Şekil 4. Düzenlenmiş Sistem Benzetim Modeli

Operatörler tüm istasyonlarda çalışabilecek kapasiteye sahip olduğu için paralel istasyonlar açılması gerek görülmüştür. Bu koşullar altında, Çizelge 3'te kapasite kullanımı düşük olan istasyonlardaki operatörlerin, darboğazda gerçekleşen istasyonlarda da görev olarak yardımlaştırılması kararlaştırılmıştır.

Böylece Yaka Açma, Torba Dikme, Pat Takma, Kol Lastik Takma, Pat Zarf Dikişi ve Kol Takma istasyonlarına ek istasyonlar açılmış ve bu istasyonlarda Ara Eleman, Pat Hazırlık, Pat Yarma, Meto Temizleme, Pat Zarf Yarma ve Yaka Regule istasyonlarında çalışan operatörler kendi yaptıkları operasyonlar dışında bu operasyonlara da yardım ederek çalışacaklardır. Bu operatörlerin birbirlerine olan uzaklıkları göz önüne alınarak süreleri belirlenmiştir. Sistem bu şartlara uygun olarak tekrar düzenlenerek 9 saat tekrar çalıştırılmış ve Şekil 4 de görüleceği şekilde sonuçlar alınmıştır. Sistem düzenlenen şekilde çalıştırıldığında Çizelge 5'te verilen aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

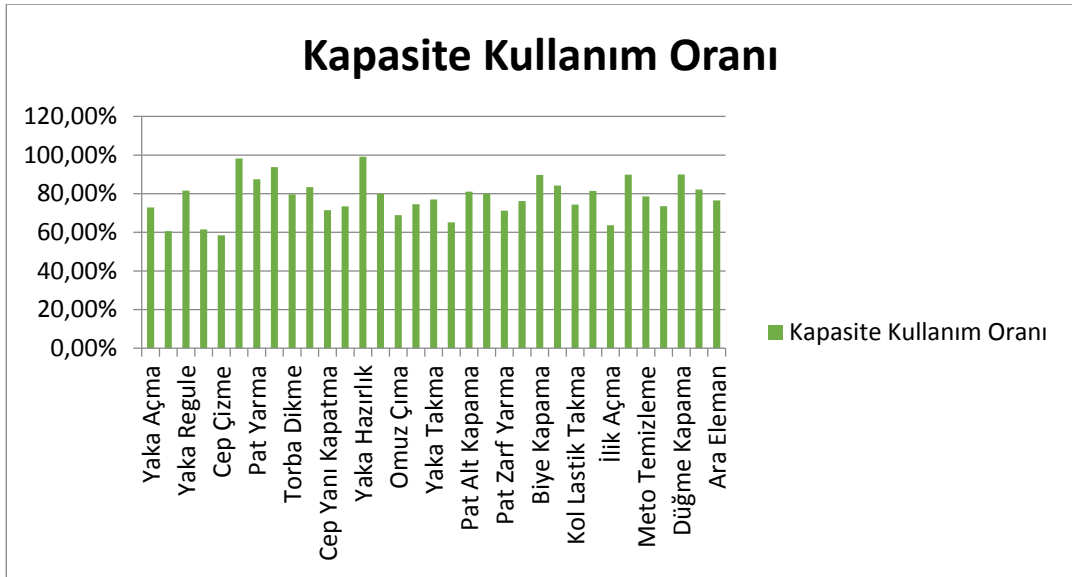
Çizelge 5. Revize Benzetim Modeli Sonuçları

Üretilen Tişört Sayısı	Kuyrukta Bekleme Süresi(sn)	Kapasite Kullanım Oranı	Cycle Time(sn)
1.396	122,33	78%	23,209

Operatör sayısında bir değişiklik yapmadan sadece yüksek kapasiteyle çalışan 6 istasyona, düşük kapasiteyle çalışan 6 istasyonun yardım etmesiyle Üretim adeti 1.105 adetten 1.396 adete çıkmış. Bekleme Süresi 1.044,02 saniyeden 122,33 saniyeye düşürülmüştür. Kapasite kullanım oranı %62'den %78 oranına yükselmiş ve döngü zamanı 29,321'den 23,209'a düşmüştür. İstasyonlarda yeni duruma göre oluşan operatörlerin kapasite kullanım oranları Çizelge 6'da verilmiştir. Şekil 5'te yeni benzetim modelindeki kapasite kullanım oranları grafik olarak da verilmiştir.

Çizelge 6. Revize Model İstasyon Kapasite Kullanımları

Operasyon	Kapasite Kullanım Oranı
Yaka Açma	72,88%
Cep Flota Regule	60,59%
Yaka Regule	81,58%
Pat Çizme	61,47%
Cep Çizme	58,45%
Pat Takma	98,22%
Pat Yarma	87,45%
Cep Takma	93,75%
Torba Dikme	79,66%
Cep Torbası Takma	83,38%
Cep Yanı Kapatma	71,48%
Cep Çıma	73,45%
Yaka Hazırlık	99,15%
Omuz Çatma	79,88%
Omuz Çıma	68,90%
Kol Takma	74,49%
Yaka Takma	76,99%
Biye Takma	65,18%
Pat Alt Kapama	81,03%
Pat Üst Kapama	79,99%
Pat Zarf Yarma	71,21%
Pat Zarf Dikişi	76,20%
Biye Kapama	89,68%
Yan Çatma	84,22%
Kol Lastik Takma	74,32%
Etek Reçme	81,38%
İlik Açma	63,68%
Düğme Yeri İşaret	89,88%
Meto Temizleme	78,59%
Düğme Takma	73,52%
Düğme Kapama	89,90%
Pat Hazırlık	82,14%
Ara Eleman	76,49%



Şekil 5. Düzenlenmiş Sistem Kapasite Kullanım Oranı Grafiği

4.1.1.1. Mevcut Sistem ve Düzenlenen Sistemin Karşılaştırılması

Bir tekstil üretim fabrikasının polo yaka tişört üretimi yapan dikimhanesinde, başlangıçta 33 iş istasyonu ve 34 personel görev yapmaktadır. Düzenlenen sistemde ise, 6 paralel istasyon eklenmesi öngörülmüştür. Personel sayısında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Hem mevcut sistem hem de önerilen sistem, Arena benzetim programı ile modellenmiştir. Bu modeller karşılaştırıldığında elde edilen bazı önemli sonuçlar şunlardır:

Çizelge 7 göz önüne alındığında sistemde üretilen tişört adeti 1.105 adetten 1.396 adete çıkmıştır. Mevcut sistemde döngü zamanı 29,321 saniyeden 23,209 saniyeye düşmüştür. Kapasite kullanım oranı %62 den %78 e yükselmiştir. Bu değerlendirmeye göre, mevcut sistemin verimsizliğinin temel nedeni, istasyonlar arasındaki işlem sürelerinin dengesizliğidir. Her bir istasyonun işlem süresi farklı olduğunda, bazı istasyonlar daha hızlı çalışırken diğer istasyonlar geride kalır, bu da operatörlerin bazı istasyonlarda boşa beklemesine yol açar. Bu tür bir dengesizlik, hattın genel kapasitesini düşürür ve verimliliği olumsuz etkiler. Ayrıca, darboğaz olan istasyonlarda kuyrukların birikmesine neden olur, bu da üretim sürecinde tıkanıklıklara yol açar. Önerilen sistemin getirdiği iyileştirmeler, bu dengesizliği ortadan kaldırmaya yöneliktir. Paralel istasyonlar eklenmesi ve darboğaz noktalarına takviye yapılması, istasyonlar arasındaki işlem sürelerini daha dengeli hale getirmiştir. Bu sayede, her bir istasyonun işlem süresi daha eşit dağılmış ve dolayısıyla her istasyon daha verimli

çalışmaktadır. Ayrıca, paralel istasyonlar sayesinde bazı istasyonlar daha fazla yük olarak boşta bekleme sürelerini azaltmıştır. Bekleme sürelerindeki düşüş, sistemin verimliliğini artıran önemli bir göstergedir. Kuyrukta bekleme süresinin ortalaması 1.044,02 sn iken, düzenlenen sistemde bu süre azalarak 122,03 sn düşmüştür. Bu büyük düşüş, darboğazların ve bekleme sürelerinin azaltılmasının, üretim hattının verimliliği üzerinde ne kadar olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. İstasyonlar arasındaki işlem sürelerinin birbirine yakınlaştırılması, hattın daha dengeli çalışmasını sağlayarak üretim hızını artırmıştır. Bu iyileştirmeler, sistemdeki genel verimliliği artırarak, çıktı sayısının ve üretim kapasitesinin önemli ölçüde artmasına olanak sağlamaktadır.

Sonuç olarak, düzenlenen sistemde yapılan iyileştirmeler, mevcut sistemdeki verimsizlikleri ortadan kaldırmış ve üretim hattını daha dengeli, verimli hale getirmiştir.

1. Üretim Hızı ve Kapasite:
 - Mevcut sistemde, üretim hızını belirleyen faktörler istasyon sayısı, iş gücü ve istasyon başına düşen işlem süresidir.
 - Önerilen sistemde, paralel istasyonların eklenmesi, üretim hızını artırmaya yardımcı olabilir. Paralel istasyonlar sayesinde iş yükü daha dengeli bir şekilde dağıtılabilir, bu da üretim kapasitesinin artmasına yol açabilir.
2. İşlem Süresi ve Maliyet:
 - Mevcut sistemde, polo yaka tişört üretimi için harcanan toplam zaman ve maliyet gözlemlenir.
 - Paralel istasyonların eklenmesi, her bir ürünün işlenme süresini kısaltabilir, ancak istasyon eklenmesi, bazı ekstra maliyetleri de beraberinde getirebilir. Bu nedenle, zaman ve maliyet arasındaki denge önemlidir.
3. Personel Verimliliği:
 - Mevcut sistemde 38 personel, 43 istasyon üzerinde çalışırken, önerilen sistemde paralel istasyonların eklenmesiyle personel verimliliği artırılabilir. Aynı personel sayısı ile daha fazla istasyon çalıştırılması, iş gücünün daha verimli kullanımını sağlayabilir.
4. Darboğazların İyileştirilmesi:
 - Mevcut sistemde darboğazlar, genellikle yoğunlaşan işlemler veya aşırı yüklenmiş istasyonlar nedeniyle ortaya çıkar.
 - Paralel istasyonların eklenmesi, bu darboğazları ortadan kaldırabilir ve üretim sürecinde daha hızlı bir akış sağlanabilir.
5. Bekleme Süreleri:
 - İstasyonlar arasındaki bekleme süreleri, üretim verimliliğini etkileyen önemli bir faktördür.
 - Paralel istasyonlar önerilen sistemde, bu bekleme sürelerinin kısalmasına yol açabilir, çünkü üretim yükü daha etkili bir şekilde dağıtılabilir.
6. Genel Performans Değerlendirmesi:
 - Her iki sistemin performansları, üretim kapasitesindeki artış, iş gücü verimliliği ve süreçlerin hızlanması gibi faktörlerle karşılaştırılabilir.

- o Bu analiz, hangi sistemin daha verimli olduğunu ve hangi modelin işletmeye en iyi faydayı sağlayacağını belirlemek için kullanılır.

Çizelge 7. Benzetim Modellerinin Kıyaslanması

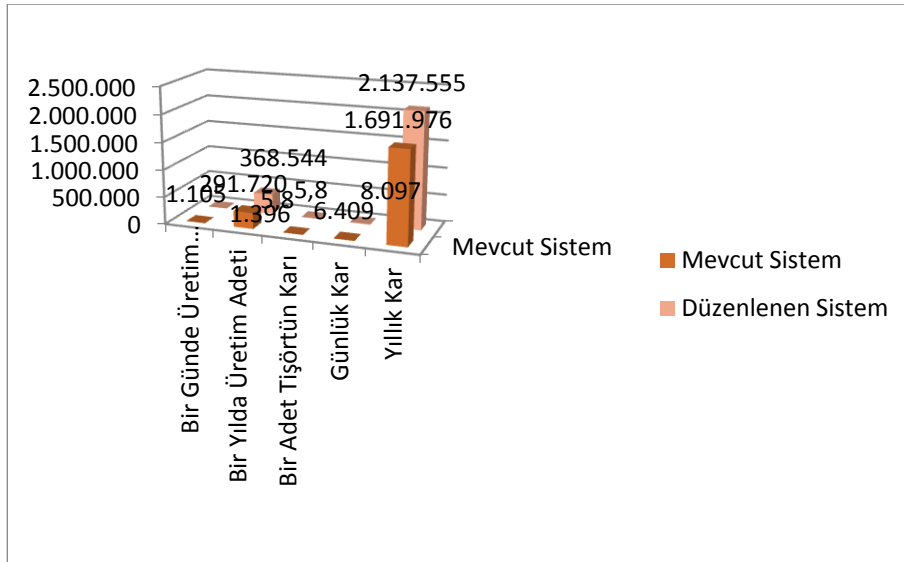
	Üretilen Tişört Sayısı	Kuyrukta Bekleme Süresi(sn)	Kapasite Kullanım Oranı	Cycle Time(sn)
Mevcut Sistem	1.105	1.044,02	62%	29,321
Düzenlenen Sistem	1.396	122,33	78%	23,209

Yeni sistemin montaj hattındaki üretim artışı, yıllık olarak firmaya büyük kazanç sağlayabilir. Eğer eski sistemde düşük verimlilik ve darboğazlar nedeniyle üretim kapasitesi sınırlıysa, önerilen sistemin iyileştirmeleriyle bu kapasite önemli ölçüde artacaktır. Bu artış, daha kısa işlem süreleri, daha verimli personel kullanımı ve darboğazların ortadan kaldırılmasıyla sağlanacak.

Çizelge 8’de eski sistemle yeni sistemin yıllık net kâr karşılaştırması yapılmaktadır. Yine Şekil 6, eski ve revize sistemin kıyaslamasını grafik olarak da vermektedir. Bu tür karşılaştırmalar, yeni sistemin finansal etkilerini net bir şekilde ortaya koyar ve işletmeye potansiyel kazançları göstermektedir.

Çizelge 8. Eski ve Revize Sistem Kıyaslanması

	Mevcut Sistem	Düzenlenen Sistem
Bir Günde Üretim Adeti	1.105	1.396
Bir Yılda Üretim Adeti	291.720	368.544
Bir Adet Tişörtün Kârı	5,8	5,8
Günlük Kâr	6.409	8.097
Yıllık Kâr	1.691.976	2.137.555



Şekil 6. Mevcut Sistem ve Düzenlenen Sistem Karşılaştırma Grafiği

Düzenlenen sisteme geçiş yaparak, firma günlük **1.688 TL** ekstra kar ve firma yıllık **445.579 TL** ekstra kâr elde edebilecektir. Bu artış, üretim kapasitesinin ve verimliliğin artması ile sağlanmıştır. Bu, firmanın finansal durumuna önemli bir katkı sağlayabilir ve üretim süreçlerinin daha kârlı hale gelmesini sağlayabilir. Yeni sistemin, eski sisteme kıyasla yıllık net kâr üzerinde önemli bir artış sağlaması beklenmektedir. Bu artış, üretim verimliliği, işlem sürelerinin kısalması, darboğazların giderilmesi ve personel kullanımının iyileştirilmesi ile elde edilecek tasarruflardan kaynaklanacaktır. Firma, yıllık bazda bu iyileştirmelerle önemli kazançlar elde edebilir. Bu tür verimlilik artışları, uzun vadede firmanın rekabet gücünü artırabilir ve pazar payını genişletmesine olanak tanır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Türkiye'de tekstil üretim sektörü, Dünya üretim sektöründe önemli bir yere sahiptir ve rekabetin giderek arttığı bir ortamda yer almaktadır. Bu rekabetçi ortamda, Türk tekstil sanayicilerinin daha etkili ve verimli olabilmesi için maliyetlerini düşürmeleri, daha sürdürülebilir bir iş modeli geliştirmeleri büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle tekstil endüstrisi yoğun emekli bir sektör olduğundan dolayı iş gücü planlaması kritik bir faktör haline gelmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmanın Türk tekstil üreticilerine üretim maliyetlerini düşürme konusunda önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, montaj hattı dengesizliği sorununa odaklanılmıştır. Montaj hattı dengelenerek, iş gücünün daha verimli kullanılması sağlanmıştır. Literatürde, montaj hatlarının dengelenmesi için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olan benzetim (simülasyon) yöntemi de tercih edilmiştir. Bu yöntem, üretim süreçlerini sanal ortamda modelleyerek, potansiyel sorunları ve verimsizlikleri önceden tespit etmeye imkân verir. Arena sisteminde başlangıçta 6 istasyonda yüksek kapasitede çalışarak dar boğaz oluşmasına neden olan operasyonlara 6 adet düşük kapasiteyle çalışan operasyonda çalışan istasyonların yardım etmesi için ek istasyonlar açılmıştır. Bu şekilde sistem tekrar çalıştırılmış ve kapasite kullanım oranının ve günlük üretilen adet arttığı, çevrim süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu değişikliklerle sistem daha dengeli hale gelmiştir. Yukarıda belirtilen değişikliklerin uygulanmasıyla, işletmedeki üretim kapasitesi ve kârı artacaktır. Ayrıca, benzetim programının kullanımı, her bir operatörün çalışma kapasitesini belirleyerek iş gücü dağılımı yapmayı mümkün kılacaktır. Örneğin, kapasitesi yüksek bir istasyonda sürekli işlem yapan bir operatör, bazı günlerde düşük kapasiteli istasyonlara yönlendirilerek, operatörler arasında daha dengeli bir görev paylaşımı sağlanabilir ve verimlilik artırılabilir. Mevcut sistemde, montaj hattı düzenlemeleri üretim mühendisleri tarafından Microsoft Excel yardımıyla manuel olarak yapılmaktadır. Ancak bu yöntem, çevrim zamanları ve üretim çıktı sayıları hesaplanırken hatalara yol açabilmektedir. Bu da firmanın üretim planlamasında yanlış sonuçlarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Ancak, benzetim yöntemleri kullanılarak, daha doğru üretim planlamaları yapılabilir ve bu da firmanın verimliliğini artırarak daha sağlıklı kararlar alınmasına olanak sağlar. Bu sayede, daha etkin bir iş gücü yönetimi ve üretim süreci planlaması gerçekleştirilebilir. Üretim sürecinde fabrikada gerçekleştirilen

bu iyileştirme çalışmaları, önemli bir gelişim kaydetmiştir. Çalışan kaynaklı ve makine kaynaklı bazı duraklamalar yaşanmış olsa da, genel üretim adetlerinde ve verimlilikte gözle görülür bir artış sağlanmıştır. Başlangıçta yalnızca bir üretim hattında uygulanan bu yenilikçi yaklaşım, başarıyla sonuçlandıktan sonra, fabrikadaki tüm hatlara yayılma sürecine girmiştir. Böylece fabrikanın genel verimliliği ve kârlılığı artırılmak üzere kapsamlı bir çalışma başlatılmıştır. Bu adım, sadece üretim süreçlerini optimize etmekle kalmayıp, aynı zamanda işletmenin genel performansını önemli ölçüde güçlendirmeyi hedeflemektedir.

5.2 Öneriler

Bu bulgulara dayanarak, üretim hattındaki darboğazların giderilmesi ve operatörlerin daha dengeli çalışması sağlanarak verimliliğin artırılması hedeflenmiştir. Arena benzetim modeli, işletmeye üretim süreçlerini daha verimli hale getirme fırsatı sunarak iş gücü planlaması ve montaj hattı dengelenmesi konusunda işletmelere önemli bilgiler sağlamaktadır. Benzetim ile ortaya çıkan verimsizliklerin giderilmesi, iş gücünün daha etkin kullanılmasını ve üretim kapasitesinin artırılmasını sağlayacaktır. Bu iyileştirmeler, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, iş gücü verimliliğinin artırılması ve genel işleme süresinin kısaltılması gibi birçok önemli fayda sağlayacaktır. Sonuç olarak, bu tür simülasyon tabanlı çalışmalar, Türk tekstil sanayisinin uluslararası rekabet gücünü artırarak daha sürdürülebilir bir üretim modeli oluşturmasına yardımcı olabilir.

6. KAYNAKLAR

Çantaoglu, M. (2009). "Çift Taraflı Montaj Hattı Dengeleme: Benzetim Destekli Endüstriyel Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Çerçioğlu, H. (2009). "Stokastik Paralel Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Yeni Modeller", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Erkut, H. (1992). Yönetimde Benzetim Yaklaşımı (2. Baskı). İrfan Yayımcılık, İstanbul.

Eryürük, S.H. (2012). "Benzetim ve Sezgisel Hat Dengeleme Teknikleri Kullanarak Konfeksiyon Montaj Hattı Tasarımı", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 360-368.

Kurşun, S. (2007). "Tekstil Endüstrisinde Benzetim Tekniği ile Üretim Hattı Modellemesi ve Uygun İş Akış Stratejisinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurşun, S., & Kalaoğlu, F. (2009). "Simulation of Production Line Balancing in Apparel Manufacturing", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(4): 68-71.

Karabay, G., (2010). "Bir Konfeksiyon İşletmesinde Üretim Planlaması ve Optimizasyonu", Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Özcan, U., (2009), "Çift Taraflı Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Yeni Çözüm Önerileri", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Baybars, I. (1986a) A Survey Of Exact Algorithms For The Simple Assembly Line Balancing Problem, *Management Science*, 32, 909–932.

ORBAK, A. Yurdun, ÖZALP, B. Türker, KORKMAZ, Pınar, YARKIN, Nilay, AKTAŞ Nagihan, DİNÇER, Aylin (2009). "Karışık Modelli Bir Montaj Hattında Hat Dengeleme Çalışmaları", *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi*, Ankara

ALTUNTAŞ Serkan, İŞLİER, A. Atilla (2010). "Birliktelik Kısıtları Altında Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Bir Çözüm Yaklaşımı Önerisi ve Bir İşletmede Uygulama", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 1, 29-44.

Şehmus ARSLAN, Recep AKDAĞ, Aydın YILDIRIM (2017). "BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE BENZETİM YÖNTEMİYLE MONTAJ HATTI DENGELEME UYGULAMASI" , *Social Sciences Studies Journal*

Derya, T. 2012. Maliyet Tabanlı Paralel Montaj Hattı Dengeleme Problemleri: Yeni Modeller. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ghosh, S., Gagnon, Roger J. 1989. A comprehensive literature review and analysis of the design, balancing and scheduling of assembly systems. *International Journal Production Research*, 27(4): 637-670

Salveson, M. E. 1955. The assembly line balancing problem. *The Journal of Industrial Engineering*, 18-25.

Becker, C., Scholl, A. 2006. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European journal of operational research*, 168(3): 694-715.

Battaia, O., Dolgui, A. 2013. A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches. *International Journal of Production Economics*, 142(2): 259-277

Baybars, I. 1986. A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management science*, 32(8): 909-932.

Sariaslan, H. 1986. Sıra Bekleme Sistemlerinde Simülasyon Tekniği. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, Ankara. 155.

Akın, Nalan G. 2015. Kanepe Montaj Hattının Dengelenmesi ve Benzetim Yöntemi İle Sınanması. *İİBF Dergisi*, 5(1): 95-120.

