

## Hazır Giyim Sektöründe Simülasyon ile Üretim Hattı Süreç İyileştirme Çalışması

Hacer GÜNER GÖREN<sup>1\*</sup>, Duygu TOSUN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 20060, Denizli

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0297-7571>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5174-3910>

\*Sorumlu yazar: hgoren@pau.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 09.06.2023

Kabul tarihi: 09.12.2023

Online Yayınlanma: 25.06.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Üretim hattı

Simülasyon

Konfeksiyon

Süreç iyileştirme

Tekstil sektörü

### ÖZ

Günden güne hızla artan rekabet ortamı işletmelerin kaynaklarını etkin ve verimli kullanması gerekliliğini her geçen gün daha da ortaya koymaktadır. Başarılı olmak için işletmeler mevcut durumlarını sürekli analiz ederek iyileştirme çalışmaları yapmalı, üretim hızlarını artırırken maliyetlerini en azlama hedefinde olmalıdırlar. Bu çalışmada hazır giyim üretimi yapan bir işletmede üretim hattında süreç iyileştirme için simülasyon tekniğine dayalı önerilerde bulunulmuştur. Hızla büyüyen tekstil sektöründe, dikim işleminin gerçekleştiği atölyeler en yüksek direkt işçilik maliyetlerine sahiptir. Bu kapsamda ele alınan atölyede bulunan mevcut üretim hattı incelenmiş ve simülasyon yardımıyla analiz edilmiştir. Farklı senaryolar oluşturularak en uygun iş akışı belirlenmiştir. Bu çalışma, gerçekleştirilen üretim hattındaki çevrim süresini düşürmüş, kişi başına düşen üretim miktarını ve kaynak kullanım oranını artırarak boş zamanı en aza indirmiştir. Elde edilen sonuçlar simülasyonun üretim sistemlerinde etkin olarak kullanılmasının faydalı olacağını açıkça göstermektedir.

### Process Improvement Study of Production Line using Simulation in Garment Industry

#### Research Article

#### Article History:

Received: 09.06.2023

Accepted: 09.12.2023

Published online: 25.06.2024

#### Keywords:

Production line

Simulation

Garment

Process improvement

Textile sector

#### ABSTRACT

The competitive environment rapidly increasing day by day reveals the necessity of enterprises to use their resources effectively and efficiently daily. In order to be successful, businesses should constantly analyze their current situation and make improvement studies, and they should aim to minimize their costs while increasing their production speed. In this study, improvement suggestions were made based on simulation technique for process improvement in the production line in a company producing garments. In the rapidly growing textile sector, it can be seen that sewing workshops has the highest direct labor cost in garment industry. Therefore, the existing production line in the workshop was examined and analyzed using simulation. The most appropriate workflow was determined by creating different scenarios. This study reduced the cycle time in the production line, increased the production amount per person and the resource utilization rate, thus minimizing the idle time. The results obtained clearly show that the effective use of simulation in production systems will be very helpful.

**To Cite:** Güner Gören H., Tosun D. Hazır Giyim Sektöründe Simülasyon ile Üretim Hattı Süreç İyileştirme Çalışması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(3): 1242-1260.

## 1. Giriş

Simülasyon, “gerçek sistemin bir modelini oluşturmak ve sistemin davranışını anlayabilmek için oluşturulan bu modellerle denemeler yaparak gerçek sistem için çeşitli stratejileri değerlendirme süreci” olarak tanımlanabilir (Pedgen ve ark., 1995). Son yıllarda, mühendislik (Wu ve ark., 2023; Jia ve ark., 2023; Zheng ve ark., 2023), finans (Ulussever, 2011; Tacha ve ark., 2016), tıp (Zargaran ve ark., 2022; Baker ve ark., 2023), eğlence (Costanza ve ark., 2014; Valente ve ark., 2018) vs. gibi birçok alanda gerçek hayat senaryoları oluşturarak denemeler yapmayı ve sonuçları görmeyi sağlamaktadır. Üretim sistemlerinde, değişken talep karşısında işletmelerin ayakta kalabilmesi, iyileştirici faaliyetler için gerekli planlamaların oluşturulmasında da simülasyonun oldukça önemli bir rolü olduğunu söylemek mümkündür (Nwankpa ve ark., 2021; Dias ve ark., 2022). Hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren işletmeler hammaddeleri son ürüne dönüştürmek için birçok süreçten geçirmektedir (Ünal ve Bilget, 2021). Bu işletmelerdeki süreçleri iyileştirmek adına yapılan faaliyetler hem zahmetli hem de maliyetli olabilmektedir. Gerçek sistem denemeleri bilgisayar yardımıyla simülasyon modelleri sayesinde kolaylıkla yapılabilmekte ve sonuçlara göre iyileştirme faaliyetleri hayata geçirilmektedir. İyileştirme faaliyetleri süreç planlama çalışmaları altında yapılmaktadır. Süreç planlama çalışmaları süreçlerin sürekli ve düzenli olarak izlenmesi ve geliştirilmesine yöneliktir. Süreç iyileştirme çalışmaları kapsamında simülasyon, istatistiksel analiz yöntemleri, balık kılçığı diyagramı, pareto analizi gibi tekniklere başvurulmaktadır. Bu çalışma kapsamında simülasyonun bahsedilen özelliklerinden yola çıkılarak tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede simülasyon kullanarak süreç iyileştirme çalışması yapılmıştır. Bu işletmede, üretim verimliliğini artırmak, gerekli olan kaynakları tespit ederek etkin şekilde kullanımlarını sağlamak adına en çok talebi olan ürünün üretildiği ürün hattındaki sorunlar belirlenip iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Bu iyileştirme önerileri simülasyon yardımıyla analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre önerilerin işletme verimliliğinin arttığı görülmüştür.

Çalışmanın ikinci bölümünde konuyla ilgili literatür çalışmalarına yer verilerek bu çalışmanın öneminden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde bulgular tartışılmıştır. Öncelikle mevcut durum analizi yapılarak işletmede karşılaşılan sorunlar ortaya konmuş, devamında bu sorunları çözebilmek adına önerilen çözümlere yer verilmiş ve bu öneriler analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde ise çalışma sonucunda elde edilen kazanımlar özetlenmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

## 2. Literatür

Tekstil ve hazır giyim sektörü, Türkiye ekonomisi için oldukça önemli bir yer teşkil etmektedir. 2023 yılının ilk dört ayında gerçekleşen hazır giyim ve konfeksiyon ihracat oranı bu dört ayda gerçekleşen toplam ihracat değerinin yaklaşık %10'nuna karşılık gelmektedir (Türkiye İhracatçılar Meclisi, 2023). Toplam ihracat içinde yüksek oranda bir paya sahip olan sektörde kaynakların etkin ve verimli kullanılmasının işletmelerin rekabet gücünün de artmasını sağlayacağı söylenebilir. Kaynaklarını verimli kullanmak adına işletmelerin sürekli olarak mevcut durumlarını gözden geçirmeleri ve

iyileştirici faaliyetlerle rekabet avantajı kazanmaları sağlanabilir. Bu iyileştirme araçlarından biri olan simülasyonun tekstil sektöründe dokuma, örme, konfeksiyon (Rajakumar ve ark., 2005; Gürsoy, 2011; Ferro ve ark., 2021; Pirola ve ark., 2021) gibi üretim süreçlerinde planlamaya ve iyileştirmeye dayalı ya da tasarım aşamasında ürünlerin germe, yıkama (Antonietti ve ark., 2011; Zhao ve ark., 2023; Cherunova ve ark., 2023) gibi farklı durumları söz konusu olduğunda nasıl davranabileceğini denemeye olanak sağlayan başarılı uygulamalarından söz edilebilir. Ayrıca, enerji tüketimi, atık miktarını hesaplama ve su tüketimi vs. (Lee ve ark., 2012; Gao ve ark., 2013) konularında simülasyon sayesinde çevreye olan etki kolayca hesaplanabilir. Bu çalışma kapsamında ele alınan problem, işletmenin en çok talep edilen ürünün üretim hattında gözlemlendiği için tekstil sektöründe üretim hattı ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Rajakumar ve ark. (2005), bir konfeksiyon işletmesinin hat dengeleme problemini ele almışlar ve az iş yükü olan işçilere yeni işler atamak koşuluyla probleme çözüm aramışlardır. Konfeksiyon işletmesindeki başka bir çalışmada, Eryürük (2005), dikim bölümünde hat dengeleme problemine çözüm arayarak, "Konum Ağırlıklı Dengeleme Tekniği" ve "Olasılıksal Hat Dengeleme Yöntemi" ile sabit bir çevrim süresi için yüksek hat etkinliği elde etmeye çalışmıştır. Özdeş olmayan dikiş hatları için Chen ve ark. (2012) çalışmalarında gruplandırma genetik algoritma (GGA) tabanlı bir yaklaşım önermişlerdir. Gürsoy (2011), hazır giyim üreten işletmelerde kullanılmak üzere operatör başına düşen boş zamanı en küçükleyen esnek bir üretim aralığı sunan tamsayı bir matematiksel model geliştirmiştir. Çalışmada ayrıca, en düşük operatör sayısını belirleyen, her operatöre ait boş zamanı bulan sezgisel bir yaklaşım da önerilmiş, önerilen iki yaklaşımdan elde edilen hat dengeleme sonuçları sunulmuştur. Bir bluz dikim bandında Kayar ve Akalın (2014) tarafından yapılan çalışmada, dikim bandında bulunan operasyonlar incelenerek metod etüdü yapılmıştır. Etüd sonucu elde edilen işlem zamanları kullanılarak Konum Ağırlık Yöntemi ile montaj hattı dengeleme çalışması yapılmıştır. Başka bir hat dengeleme çalışmasında Güner ve ark. (2014), operasyon sürelerinin en uzununu ve en kısası dikkate alınarak dikim hattı dengelenmiştir. Stokastik karma model montaj hattı dengeleme problemi Liu ve ark. (2019) tarafından ele alınmış hat dengeleme ve tampon stok dağılımı için bütünlük bir çözüm yöntemi önerilmiştir.

Pantolon dikim hattında yaptıkları çalışmada Güner ve Ünal (2008), gerçek sistem verilerini kullanarak simülasyon ve sezgisel bir algoritma yardımıyla U-tipi ve düz hat olarak sistemi simüle ederek denemeler gerçekleştirmişlerdir. Bir konfeksiyon işletmesindeki simülasyon ile yapılan diğer bir hat dengeleme çalışması Kurşun ve Kalaoğlu (2010)'a aittir. Çalışmada öncelikle hatta iş ve zaman etüdüleri yapılmış, elde edilen verinin uygunluk testi Kolmogorov-Smirnov testi ile sağlanmıştır. Bu veriler eşliğinde model çalıştırılmış ve gerçek sistem ile modelin geçerliliği test edilmiştir. Çörekçi (2014) çalışmasında iş çizelgeleme ve üretim planlama problemleri için simülasyonu kullanarak dinamik bir model önermiştir. Önerdiği modeli 50 farklı ürün üretebilecek kapasitede olan dörder adet özdeş makineli dört iş merkezli hayali bir atölye üzerinde test etmiştir. Başka bir simülasyon çalışmasında Bilget (2015), yalın üretim felsefelerini benimsemiş bir işletmede, üretilen üç ürünün

üretim süreçlerini inceleyerek sürelerini tespit etmiş ve bu süreleri kullanarak simülasyon modelleri oluşturmuştur. Oluşturulan modeller, gerçek çıktı değerleriyle karşılaştırılarak doğruluğu test edilmiştir. Çalışmada, hat dengelemede kullanılacak “Kalp Algoritması” adı verilen bir yaklaşım önerilerek performansı test edilmiştir. Doğan ve Taccı (2015), çalışmalarında Kayseri’de faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinde süreç iyileştirme çalışması yaparak kaynak etkinliğini artırmayı hedeflemişlerdir. Simülasyon kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, önerdikleri modelin %47 oranında fazla ürün ürettiğini gözlemişlerdir. Tekstil sektöründeki başka bir simülasyon çalışmasında, Aslan ve ark. (2017), çalışmalarında simülasyondan montaj hattı dengeleme ve üretim süreçlerini iyileştirme için faydalanmışlardır. Bu sayede, işletmenin kapasite kullanım oranlarında ve aynı işçi sayısı ile üretim kapasitesinde artış gözlenmiştir. Hazır giyim sektöründe yer alan başka bir çalışmada, Sime ve ark. (2019), bayan kıyafeti üreten bir hatta simülasyon kullanarak dengeleme çalışması yaparak süreci iyileştirmeye yönelmişlerdir. Çalışma sonunda simülasyon tekniğinin bu sektörde etkin hat dengeleme yoluyla kaynaklarının kullanımını optimum seviyeye getirmeye yardımcı olacağı sonucu ortaya konmuştur.

Çalışmanın hem literatüre hem de tekstil sektörüne katkılarının olacağı düşünülmektedir. Sektörel anlamda bakıldığında, bu çalışmaya konu olan işletmede de ürünlerin birim maliyetlerinin oldukça yüksek olması sebebiyle işletmenin sürekli zarar ettiği, bu durumun büyümeyi engellediği ve çoğu siparişin fason olarak dışarıda dikildiği gözlenmiştir. Sektördeki yoğun rekabet sonucunda rakip firmaların verdikleri fiyatlar karşısında işletmenin zaman zaman zor duruma düştüğü, bazı dönemlerde sipariş olmadığından üretim hattının boş kaldığı buna karşılık bazı dönemlerde de aşırı miktarda stok tuttuğu yöneticiler tarafından tespit edilen önemli sorunlardır. Konfeksiyon dikim hattı kapsamında iyileştirme yapıldığı takdirde işçilik ve ürün birim maliyetlerinin azalacağı düşünülmektedir. Konuyla ilgili bilimsel çalışmalara bakıldığında da tekstil işletmelerinde süreç iyileştirme çalışmalarında simülasyon tekniğinden yararlanan çalışma sayısının fazla olduğu görülmüştür. Ancak, Türkiye’de bu alanda yapılan çalışma sayısının oldukça az olduğu belirlenmiş ve simülasyonun avantajlarından yararlanarak bu problemin simülasyon ile ele alınmasının hem bilimsel yazına hem de çalışmaya konu olan işletmeye faydalı olabileceği öngörülmüştür.

### **3. Materyal ve Metot**

Bu çalışmada, Denizli’de kurulu konfeksiyon ürünleri üreten bir işletmenin dikimhane bölümündeki üretim hattı ele alınmış ve simülasyon ile hat üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Simülasyon gerçek sistemin bilgisayar ortamında bir kopyasının yaratılması olarak ifade edilebilir. Bilgisayar ortamında taklit edilen gerçek sistemin davranışını anlamak veya bu sisteme ilişkin değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır (Banks, 2000). Bir simülasyon modeli geliştirirken izlenmesi gereken adımlar mevcut sistemin incelenmesi, sistemin bilgisayar ortamına aktarılması (simülasyon modelinin oluşturulması), oluşturulan modelin doğruluğunun ve

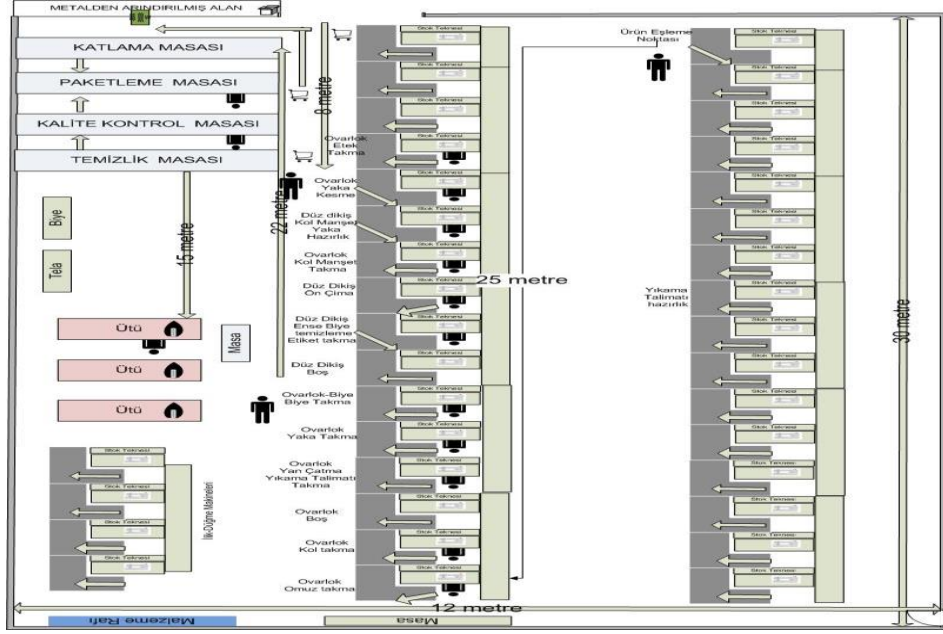
geçerliliğinin kontrol edilmesi, deneylerin planlanması, sonuçların analizi ve yorumlanması şeklindedir (Sarıaslan, 1986).

Uzun kollu erkek kazak ürünü işletmenin en çok talep edilen ürünü olması sebebiyle bu hat üzerinde yapılacak iyileştirme çalışmasının etkisinin işletmeye getirisinin fazla olacağı düşünülmektedir. Ele alınan işletmede modelhane, kesim ve dikimhane olmak üzere üç bölüm bulunmaktadır. İşletmenin ürettiği polar, bez çanta, T-shirt, eşofman altı, önlük, uzun kollu kazak ürün grupları işletmenin kendisi tarafından üretilmekte; buna karşılık yelek, gömlek, mont, pantolon gibi diğer ürünler ise fason şeklinde dışarda dikilmektedir. İşletmedeki üretim süreci kısaca şu şekilde özetlenebilir. Müşteri talebi geldiğinde tasarımcı, müşteri istekleri doğrultusunda ürün tasarımını gerçekleştirir ve müşteri onayı alındıktan sonra ürünün bilgisayar yardımıyla kalıpları çıkartılır. Bu kalıplara uygun olacak şekilde ürün özelliklerine uygun kumaştan kesim işlemi gerçekleştirilerek ürün dikilir ve bu numune müşteriye gönderilir. Ürün numunesi müşteri tarafından onaylanırsa müşteri siparişi oluşturur. Ürünün ürün grubu, bant kapasitesi, üretim planı dikkate alınarak siparişi gelen ürünün nerede kesileceğine ve dikileceğine karar verilmektedir. Siparişlerin nasıl karşılanacağına dair dört farklı durum söz konusudur. İlk olarak ürünlerin işletmede kesim ve dikimleri yapılmaktadır. İkinci olarak sadece kesim işlemi gerçekleştirilmekte, aksesuarlar ve kesilmiş parçalar fasona gönderilmekte ve son ürün haline gelmektedir. Üçüncü olarak, kumaş ve aksesuarlar fasona gönderilmekte, kesim ve dikim işlemleri fasonda gerçekleştirilmektedir. Son olarak ise tüm işlemler fasonda yapılarak son ürün oluşmaktadır (Tosun, 2020).

#### **4. Bulgular ve Tartışma**

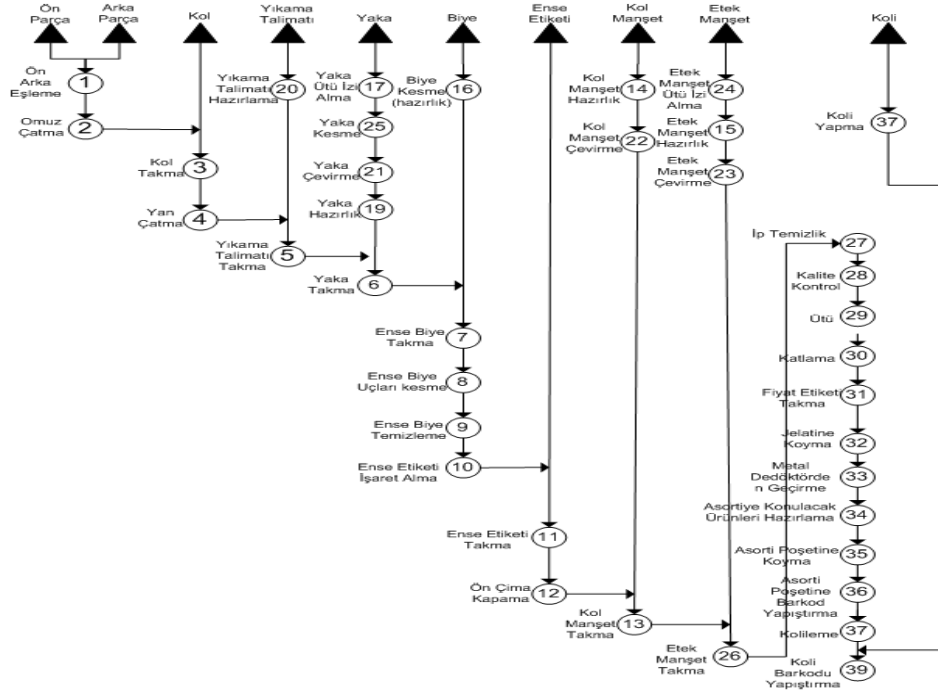
##### *4.1. Mevcut Durum Analizi*

Çalışmanın konusu olan işletmede, günde 15 dakika olmak üzere iki defa çay molası, 30 dakika olmak üzere bir defa yemek molası verilmekte olup günlük çalışma saati dokuz saattir. Toplamda 40 makine bulunmakta olup bu makineler bir çift iğne, üç adet recme, 16 adet düz dikiş makinesi, 13 adet overlok, bir adet punterez, bir adet merdaneli, sekiz adet iplik, iki adet düğme, bir adet çıt çıt, iki adet ilik makinesi şeklindedir. Mevcut durumda, tek vardiyadaki kapasite kullanım oranı %30'dur. Mevcut konfeksiyon yerleşim planı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Mevcut durumda işletmenin yerleşim planı

Çalışmaya erkek uzun kollu kazak mevcut üretim süreci incelenerek başlanmış, ürünün yapım aşaması adımları belirlenerek (Ek 1) her adımın standart süresini hesaplamak üzere zaman etüdü çalışması yapılmıştır. İş öğelerinin standart süreleri elde edilmiş, elde edilen bu standart sürelerin Arena Input Analyzer programı yardımıyla istatistiksel dağılımları belirlenmiş (Ek 2). Bir yıkama talimatı, dokuz kesilmiş kumaş parçası ve bir ense etiketi kullanılarak erkek uzun kollu kazak ürünü oluşturulmaktadır. Üretim Şekil 2’de gösterilen ve paketleme ile kolileme dahil olarak 39 operasyon ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2. Mevcut Durumdaki İş Akışı

Dikim hattında üç ayakçı, sekiz makineci, üç temizlik ve kalite, bir ütü, bir kolileme, bir ustabaşı ve bir paketleme elemanı olmak üzere 18 personel mevcuttur. Bir adet erkek uzun kollu kazak üretmek için gerekli sürenin (çevrim süresi) 12,4 dakika olduğu yapılan etüd çalışması ile hesaplanmıştır. Paketleme bölümü kayıtlarına göre günlük ortalama üretim miktarı ise 420 adettir.

Simülasyon modelini oluşturmadan önce bazı varsayımlar ortaya koyarak simülasyon modeli Arena programı yardımıyla oluşturulmuştur (Tosun, 2020). Bu varsayımlar şu şekildedir:

- Üretim kesintisiz devam etmektedir. Elektrik kesintisi, kompresör arızası gibi dış etkenler üretimi durdurmamaktadır.
- Gözlemler sırasında kişisel ihtiyaç payları ve ilik değiştirme dikkate alınmış, işlemlere ait süreler içinde bulunmamaktadır.
- Makinelere arızalar dikkate alınmamıştır.
- Üretim süresi boyunca modelde herhangi bir değişiklik yapılmamaktadır.
- Her çalışan her işi yapabilir niteliktedir.
- Model üretim bandı içindeki taşımaları kapsamamaktadır.

#### 4.2. Modelin Doğrulanması ve Geçerliliği

Oluşturulan simülasyon modelinin geçerliliğini test etmek için paketlenmiş üretim miktarı ölçüt olarak alınmıştır. Öncelikle, gerçek sistem verileri ve simülasyon modeli çıktılarının Kolmogrov-Smirnov (KS) testi ile normal dağılıma uyup uymadığı kontrol edilmiştir. %95 önem düzeyinde sistem ve modelden elde edilen çıktılar SPSS istatistik programı ile test edilmiş, sistem ve model çıktılarının normal dağılıma uygun olduğu bulunmuştur. İkinci olarak, sistem ve model verilerinin doğal eşleşmeden gelmemesi sebebiyle, sistem ve model arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark olup olmadığını anlayabilmek için SPSS programında *t*-testi uygulanmış, %95 önem düzeyinde model ile sistem arasında anlamlı bir fark olmadığı ortaya konulmuştur. Bu sonuç, modelin geçerli olduğunu göstermiştir.

#### 4.3. Çıktı Analizi

Bu bölümde, geçerliliği onaylanan simülasyon modeli ile elde edilen çıktılar analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen konfeksiyon atölyesi, dikim işlemi normal çalışma süresi sona erdiğinde durduğu ve bir sonraki gün bırakıldığı yerden devam etmesi sebebiyle sonlanmayan simülasyon modeline uygundur (Law ve Kelton, 2000). Ancak, sistemdeki günlük üretilen uzun kollu kazak miktarını hesaplayabilmek adına sistem sonlu olarak ele alınmış, *n* bağımsız tekrar yapılarak sonuçlar incelenmiştir. Modelin ısınma süresini belirlemek için model bir gün dokuz saat beş tekrar olarak çalıştırılarak her tekrardaki çıktı miktarı 1000 saniyelik süreler şeklinde kaydedilmiş ve 3500. saniyeden sonra elde edilen çıktı miktarlarında doğrusal bir eğilim olduğu gözlenmiştir. Modelin kararlı duruma ulaşması için gerekli süresinin 60 dakika olarak belirlenmesine karar verilmiş ve bir gün dokuz saat ve 20 tekrar olarak model çalıştırılmıştır. Tablo 1’de mevcut durumdaki 8400 adetlik

müşteri talebini karşılamak için 20 gün üretim yapılarak ortalama elde edilen üretim miktarları gösterilmiştir. Mevcut durumdaki personel kullanım oranları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Mevcut durumdaki üretim miktarı

Müşteri Talep Miktarı (adet)	8400
Paketlenmiş Ortalama Üretim Miktarı (gün/adet)	421
Ortalama Üretim Miktarı (gün/koli)	15
Üretim Gün Sayısı	20
Eleman Sayısı	18
Kişi Başı Günlük Üretim Miktarı	23

**Tablo 2.** Mevcut durum personel kullanım oranı

Personel	Kaynak kullanım oranı %
Ayakçı_1	99
Ayakçı_2	99
Ayakçı_3	100
DüzMakineci_1	99
DüzMakineci_2	75
DüzMakineci_4	100
Overlok_Makineci1	100
Overlok_Makineci2	98
Overlok_Makineci3	100
Overlok_Makineci4	83
Overlok_Makineci5	79
Temizlik_1	98
Ütü_1	67
Kalite_1	88
Paket_1	80
Kolici_1	13
Temizlik ve Kalite	96
Usta_baş	64

**Tablo 3.** Ürün miktarları sınıflandırması

Üretim Bandından Çıkan Ürün	648
Kalite Kontrolü Yapılmış Ürün	625
Kaliteli Ürün	421
Tamire Giden Ürün	204
Paketli Ürün	421
Kolili Ürün	417
Tamir Oranı	%31



**Tablo 4.** Ürünler arası geliş süre ortalamaları (saniye)

Dikilmiş Ürün	44,46
Paketlenmiş Ürün	68,46
Kolili Ürün	68,6

Mevcut duruma bakıldığında kişi başı üretimin 23 adet olduğu ancak bazı personellerin (ayakçı, düzmakineci vb.) kullanım oranı (Tablo 2) %100 iken kolici, ustabaşı ve üretici vb. personelin kaynak kullanım oranlarının oldukça düşük olduğu gözlenmektedir. Ürün miktarlarının kaliteli, paketlenmiş, kolilenmiş veya tamire giden ürün şeklinde sınıflandırılarak elde edilen miktarları ve tamir oranı yüzdesi Tablo 3'te sunulmuştur. Bu tabloya göre tamire giden ürün sayısı da toplam üretilen miktarın yaklaşık üçte biri kadardır. Tablo 4'te sunulan ürünlerin gelişler arası süreleri dikkate alındığında ise dikilmiş, paketlenmiş ve kolilenmiş ürün gelişleri arasındaki sürelerin oldukça yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Gözlemler ve simülasyon modeli çıktıları analizleri sonucunda hat kapsamındaki sorunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

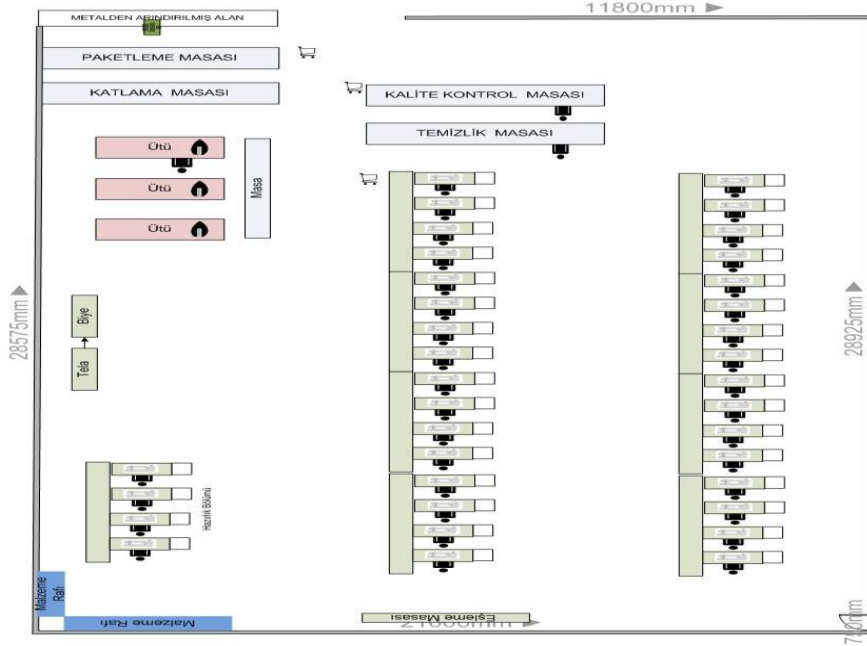
- Üretim miktarı oldukça düşüktür.
- Üretilen ürünlerin yaklaşık üçte biri (%31) kalite kontrolden sonra ayrılıp, tamir için banda geri gönderilmektedir.
- İlk adım olarak, ön ve arka beden parçaları eşleştirilmekte ve oluşan yarı mamuller omuz çatma operasyonuna taşınmaktadır. Omuz çatma operasyonundan sonra, operatör biten yarı mamulü taşımaktadır. Yapılan gözlemler sonucunda bu işlemin günde 30 kere gerçekleştiği ve gidip dönmesinin 25 dakika sürdüğü hesaplanmıştır.
- Hazırlık işlemlerinin bandın içerisinde gerçekleştiği gözlenmiştir.
- Operasyonlar arasında boş makinelerin olduğu gözlenmiştir. İşlemlerini tamandıktan sonra, her makine operatörü ürünü önündeki stok tekesine atar. Ortacı olarak adlandırılan ara elemanlar, bir stok bölgesinden yarı mamulleri alıp düzeltip diğer bölgeye sürekli ürün taşırlar.
- Temizlik, ütü, kalite kontrol, paketlenme ve katlama masaları üretim akışına uygun değildir. Ütü ile katlama masası birbirlerinden 22 metre, temizlik masası ve ütü 15 metre uzaktadır. Bu üç bölüm arasında personeller sürekli hareket halinde ürün taşımaktadırlar. Yapılan gözlemler, üretimde çalışan bir kişinin günde 60 dakikasını yürümek için harcadığını göstermiştir.

#### 4.4. İyileştirilmiş Durum ve Analizi

İşletmenin mevcut durum analizi ile ortaya çıkan sorunlar için önerilen iyileştirmeler aşağıda gösterilmiştir.

1. Önerilen yeni yerleşim düzeni iş akışı ile uyumlu hale getirilmiştir. Şekil 3 dikimhane bölümünün geliştirilmiş hat yerleşimini göstermektedir.

2. İstifleleme işlemi bandın en başındaki istifleme masasına taşınmıştır. Mevcut durumda taşıma operasyonu için 25 dakikaya ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Bu taşıma işlemi ortadan kaldırılmasıyla 25 dakikalık tasarruf sağlanmıştır.
3. İş akışına uygun olarak temizlik, ütü, kalite kontrol, paketlenme ve katlama masalarının yerleri değiştirilmiştir. Kalite kontrol masası temizlik masasının, temizlik masası ise bandın en sonunda bulunan işlemin ön tarafına alınmıştır. Kalite kontrol ve katlama masaları yakınlarına ütü masası taşınmıştır. Bu sayede ürünlerin son işleminden sonra temizlik kısmına, ütüden kalite kontrol masasına, ütüden katlamaya olan taşınma işlemleri elimine edilmiştir. Böylece, ütü, paketlenme ve katlama arasındaki katma değer sağlamayan bir saat ortadan kaldırılmış oldu.
4. Üretim bandı üzerinde yer alan her makinenin önünde bulunan ara stok alanları kaldırılmış, üretim bandı yalın bir bant haline getirilmiştir. Bu sayede, stok alanlarından sürekli yarı ürün taşıyan ortacı denilen ara elemanların iş yükleri azaltılmış ve bu elemanlar katma değer sağlayan diğer işlere yönlendirilmişlerdir.



Şekil 3. İyileştirilmiş durumda işletmenin yerleşim planı

Yukarıda önerilen iyileştirme çalışmalarına ek olarak ürün üretiminde farklı iş akışları önerilmiş ve sistem üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Önerilen iş akışlarının detayları senaryolar bazında aşağıda kısaca özetlenmiştir.

#### Senaryo 1:

Simülasyon sonuçlarına bakıldığında, ürüne yıkama talimatı takılırken iki operasyon gerçekleştirildiği görülmüştür. Yan çatma operasyonunu yapan kişi önce yıkama talimatının takıldığı bölgeyi diker, daha sonra aynı bölge yıkama talimatını diken kişi tarafından tekrar dikilir. Yan çatma işlemi sırasında yıkama talimatı parçası takılabilmektedir. Ense biye temizleme işlemi esnasında da ense etiketi takma

operasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Buradan hareketle, bundan sonra yıkama talimatı takma işlemi, yan çatma işlemi ile ense etiketi takma işlemi ile ense biye kapama işlemlerinin aynı anda gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Ütude oluşan darboğaz dikkate alınarak yaka ütü izi alma ve etek manşet ütü izi alma işlemleri de kaldırılarak deneme yapılmıştır. Bu işlemler, denemenin başarılı sonuçlanması üzerine kaldırılmıştır. Bununla birlikte temizlik operasyonu ayrıntılı incelenmiş ve makas kullanmanın vakit kaybına sebep olduğu bulunmuştur. Temizlik operasyonu süresi uzun olduğu için birden fazla kaynak kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple, ip temizleme makinesi satın alınmış ve operasyon süresi ortalama 40 saniyeye düşmüştür. Önerilen bu iyileştirme önerileri doğrultusunda erkek uzun kollu kazak çevrim süresi 11,07 dakika olarak ölçülmüştür. Özetle, birim üretim bazında 1,33 dakikalık iyileştirilme elde edilmiştir.

**Senaryo 2:**

Senaryo 2'de omuz çatma operasyonunun ardından yaka takma işlemi gerçekleştirilir. Yaka takma işlemi kol takma ve yan çatma operasyonunun önüne alınmıştır.

**Senaryo 3:**

Ense biye takma, ense biye kapama, ön çima operasyonları kol takma işleminin önüne alınmıştır.

**Senaryo 4:**

Ön çima işlemi en sona alınmıştır.

**Senaryo 5:**

Ense biye kapama ve ön çima işlemleri en sona alınmıştır.

**Senaryo 6:**

Yan çatma işleminden sonra etek manşet ve kol manşet takma işlemi alınmıştır.

**Senaryo 7:**

Etek manşet ve kol manşet işlemlerinin yerleri değiştirilmiştir.

Geliştirilen simülasyon modeli her bir senaryo için bir gün dokuz saat 20 tekrar olarak çalıştırılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir. Önerilen her iş akışı senaryosundan elde edilen sonuçlar Tablo 5- 8'de gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Senaryolar bazında girdi-çıkı miktarları

<b>Erkek uzun kollu kazak</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>
Paketlenmiş Ortalama Üretim Miktarı (gün/adet)	504	501	502	500	504	503	501
Ortalama Üretim Miktarı (gün/koli)	19	19	19	19	19	19	19
Üretim Gün Sayısı	17	17	17	17	17	17	17
Eleman Sayısı	18	18	18	18	18	18	18
Paketlenmiş Üretim Miktarı (kişi/gün)	28	28	28	28	28	28	28

İyileştirme ve farklı iş akışları dikkate alınarak elde edilen sonuçlara bakıldığında mevcut duruma göre üretim miktarlarının her senaryo bazında artmış olduğu görülmektedir. Kaynak kullanım oranları

incelendiğinde ise mevcut duruma göre düşük kaynak kullanım oranlarına sahip kaynakların kullanım oranlarının da arttığı gözlenmiştir. Tamire giden ürün oranı ise %31'den %20'lere düşmüş, üretilen kaliteli ürün sayısı ise artmıştır. Dikilmiş, paketli ve kolili ürünlerin gelişler arası sürelerine bakıldığında ise bu sürelerin her senaryo bazında mevcut duruma göre azaldığı görülmektedir. Her senaryo bazında elde edilen bu kazanımlar Tablo 8'de parantez içinde ifade edilmiştir.

**Tablo 6.** Senaryolar bazında kaynak kullanım oranları

<i>Personel</i>	<i>Kullanım oranı %</i>						
	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>
Ayakçı_1	99	99	99	99	99	99	99
Ayakçı_2	61	61	61	60	67	61	60
Ayakçı_3	87	87	87	86	87	87	87
DüzMakineci_1	80	81	80	79	86	80	79
DüzMakineci_2	91	91	90	90	96	90	91
DüzMakineci_4	81	80	80	81	80	81	80
Overlok_Makineci_1	100	100	97	97	96	100	100
Overlok_Makineci_2	98	96	91	91	90	98	97
Overlok_Makineci_3	100	100	100	100	100	100	100
Overlok_Makineci_4	91	92	93	97	96	100	99
Overlok_Makineci_5	85	85	86	83	82	89	91
Temizlik_1	63	64	64	65	65	58	59
Ütü_1	88	88	89	88	86	80	80
Kalite_1	97	97	98	97	98	90	89
Paket_1	100	100	100	100	100	97	96
Kolici_1	15	15	14	14	15	15	15
Temizlik ve Kalite	84	84	85	85	85	76	75
Usta_baş1	88	82	81	82	84	78	78

**Tablo 7.** Mevcut durum ve senaryolar bazında elde edilen ürün karakteristiklerine göre elde edilen çıktı miktarları

	Üretim Bandından Çıkan Ürün	Kalite Kontrolü Yapılmış Ürün	Kaliteli Ürün	Tamire Giden Ürün	Tamir oranı%	Paketli Ürün	Kolili Ürün
MD*	648	625	421	204	31	421	417
S1	697	693	551	142	20	504	510
S2	697	691	555	136	20	501	505
S3	710	699	560	139	20	502	508
S4	709	700	561	139	20	500	502
S5	711	699	559	140	20	504	509
S6	636	636	506	130	20	503	506
S7	635	634	505	129	20	501	508

\*MD: Mevcut Durum

**Tablo 8.** Senaryo bazında gelişler arası süre ortalaması (saniye)

	MD*	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Dikilmiş Ürün	44,46	41,34 (%-7,02)	41,2 (%-7,33)	40,57 (%-8,75)	40,61 (%-8,66)	40,47 (%-8,97)	45,29 (%1,87)	45,32 (%1,93)
Paketli Ürün	68,46	57,1 (% -16,59)	57,5 (%-16,01)	57,4 (%-16,16)	57,61 (%-15,85)	57,13 (%-16,55)	57,23 (%-16,40)	57,43 (%-16,11)
Kolili Ürün	68,6	57,1 (%-16,76)	57,6 (%-16,03)	57,4 (%-16,33)	57,6 (%-16,03)	57,1 (%-16,76)	57,3 (%-16,47)	57,6 (%-16,03)

\*MD: Mevcut Durum

Tablo 7 ve 8’de sunulan sonuçlara bakıldığında, senaryo beşte önerilen iş akışının önerilen senaryolar içinde üretim bandından çıkan en fazla ürüne sahip olduğu görülmüştür. Mevcut durumla senaryo beş sonucu elde edilen sonuçları karşılaştırdığımızda üretim bandından çıkan üretim miktarı dikkate alındığında mevcut duruma göre yaklaşık %10’luk iyileşme elde edildiği görülebilir.

## 5. Sonuçlar

Tekstil sektörü hem Türkiye’de hem de dünya çapında önemli ölçüde büyüyen öneme sahip bir sektördür. Bu pazardaki yoğun rekabetle baş edebilmek için üreticiler maliyetlerini düşürmelidir. Konfeksiyon üretimi yapan işletmelerde, dikim atölyeleri işçilik oranının çok yüksek olduğu yerlerdir. Bu çalışmada, bir konfeksiyon işletmesinin dikimhane bölümünde gözlenen sorunlarını çözebilmek adına simülasyon tekniği kullanılarak üretimin etkinliğinin artırılması hedeflenmiştir.

Bu çalışma kapsamında erkek uzun kollu kazak üretilen üretim hattı ele alınarak ve mevcut durum analizi ile belirlenen sorunlar için çeşitli iyileştirme faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Malzeme akışının düzenini sağlamak adına hat yerleşimi değiştirilmiştir. Üretime katma değer sağlamayan boş zaman yerleşim planında yapılan değişiklikler ile ortadan kaldırılmıştır. Üretim bandı boyunca her makine önünde yer alan ara stok alanları kaldırılarak üretim bandı yalınlaştırılmıştır. Mevcut durum yerleşim planındaki makinecilerin masaları, daha esnek masalar ile değiştirilerek yalın üretime uygun hale getirilmiştir. Ütü masalarının yanlarına masalar yerleştirilmiştir. Malzemeler için iki adet raf oluşturulmuş ve raflarda 5S çalışması yapılarak gereksiz malzemeler ayrılmıştır. Üretim bandı iş akışı dikkate alınarak düzenlenmiş ve atıl durumdaki makineler ortadan kaldırılmıştır. Hazırlık işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi adına hazırlık işlemleri için bir bölüm oluşturulmuştur. Mevcut durumdaki operasyon sayısı azaltılarak hat üzerinde bulunan iş istasyonu sayısı azaltılmıştır. İp temizleme işlemi için makine alınmış bu sayede temizlik operasyonunun süresi düşürülmüştür. Yapılan bu iyileştirme faaliyetleri ile erkek uzun kollu kazak çevrim süresinde iyileşme sağlanarak malzeme akışının düzenini sağlamak, kaynak kullanım oranlarını en büyükmek, işlem sürelerini en küçükmek ve verimliliği artırmak amacıyla üretim hattındaki sorunlar çözülmüştür. Çok da yatırım gerektirmeyen değişiklikler yaparak hem günlük üretim miktarlarında artış sağlanmış hem de kaynak kullanım oranları arttırılmıştır. Elde edilen sonuçlar simülasyon tekniğinin tekstil sektöründe iyileştirme faaliyetlerinde oldukça faydalı olabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın bazı kısıtları da bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında sadece bir ürün ele alınmıştır. Gelecek çalışmalarda işletme içinde üretilen diğer ürünler de dikkate alınarak uygulama yapılabilir. Çalışma kapsamında artan verim ve üretimin parasal boyutta incelemesi yapılmamıştır. İlerleyen çalışmalarda bu artış değerleri ekonomik olarak incelenebilir. Personel verimliliğini ölçmek adına akıllı sayaç sisteminden yararlanılarak verim artırılabilir. Operasyonlar bazında hedef belirlenerek personellerin verimleri artırılabilir.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Birinci yazar, yazın denetimi ve makalenin içerik açısından kontrol edilmesi, makalenin yazımı, elde edilen sonuçların analiz edilmesi; ikinci yazar, fikrin oluşması, bilimsel yazın araştırması, verilerin toplanması, deneylerin yapılması, elde edilen sonuçların analiz edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

### **Teşekkür**

Bu makale ikinci yazarın Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Uygulamanın yapıldığı işletme çalışanlarına veri paylaşımı ve yardımlarından dolayı çok teşekkür ederiz.

### **Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı**

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Kaynaklar**

- Antonietti PF., Biscari P., Tavakoli A., Verani M., Vianello M. Theoretical study and numerical simulation of textiles. *Applied Mathematical Modelling* 2011; 35(6): 2669-2681.
- Aslan Ş., Akdağ R., Yıldırım A. Bir tekstil işletmesinde benzetim yöntemiyle montaj hattı dengeleme uygulaması. *SSS Journal* 2017; 3(7): 1355-1365.
- Baker M. Katherine., Angela LQ., Shah Jaimin S., Korkidakis Ann., Sakkas Denny., Penzias Alan., Thomas TL. Simulation-based training for embryo transfer for clinicians with differing levels of expertise: an application of the American Society for Reproductive Medicine Embryo Transfer Simulator. *F&S Reports* 2023; 4(1): 29-35.
- Banks J., Nelson BL., Nicol D. *Discrete-event system simulation* 4th Edition, New Jersey, Prentice Hall; 2004.
- Bilget S. Konfeksiyonda benzetim tekniğiyle yalın üretim sistemlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2015.
- Costanza R., Chichakly K., Dale V., Farber S., Finnigan D., Grigg K., Heckbert S., Kubiszewski I., Lee H., Liu S., Magnuszewski P., Maynard S., McDonald N., Mills R., Ogilvy S., Pert L., Renz

- J., Wainger L., Young M., Ziegler C. Richard. Simulation games that integrate research, entertainment, and learning around ecosystem services. *Ecosystem Services* 2014; 10, 195-201.
- Chen JC., Chen CC., Su LH., Wu HB., Sun CJ. Assembly line balancing in garment industry. *Expert Systems with Applications* 2012; 39: 10073-10081.
- Cherunova I., Kornev N., Ia GB, Richter K., Plentz J. Development of infrared reflective textiles and simulation of their effect in cold-protection garments. *Applied Sciences Basel* 2023; 13(6) (doi:10.3390/app13064043)
- Çörekçi C. Atölye tipi üretimde simülasyon teknikleri ile dinamik çizelgeleme ve atölye simülasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 2014.
- Dias ASME., Antunes RMG., Abreu A., Anes V., Navas HVG., Morgado T., Calado JMF. Utilization of the Arena simulation software and Lean improvements in the management of metal surface treatment processes. *Procedia Computer Science* 2022; 204, 140-147.
- Doğan NÖ., Tankcı E. Bir tekstil işletmesinde simülasyon yardımıyla süreç iyileştirme. *Ege Akademik Bakış* 2015; 15(2): 185-196.
- Eryürük S. Bir konfeksiyon işletmesinde montaj hattı dengeleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- Ferro R., Cordeiro GA., Ordonez REC., Beydoun G., Shukla N. An optimization tool for production planning: a case study in a textile industry. *Applied Sciences Basel* 2021; 11(18).
- Gao L., Ding YS., Li F. Evaluating environmental strategies in a textile printing and dyeing enterprise by an agent-based simulation model. *International Journal of Systems Science* 2013; 44(5): 865-876
- Güner M., Ünal C. Line balancing in the apparel industry using simulation techniques. *Fibres&Textiles in Eastern Europe* 2008; 16, 75-78.
- Güner M., İşler M., Acar E. Bir konfeksiyon ürünü üretiminde dikim hattının farklı yöntemler ile dengelenmesi. *ISITES 2014, Karabük*, 2014.
- Gürsoy A. An integer model and a heuristic algorithm for flexible line balancing problem. *Tekstil ve Konfeksiyon* 2011; 1: 58-63.
- Jia D., Wen H., Sun F., Wang Q., Yang Q., Fu T. Dynamic modelling and engineering simulation of fluid mechanics in water injectors. *Petroleum Exploration and Development* 2023; 50(5): 1236-1245.
- Kayar M., Akalın M. A research on the effect of method study on production volume and assembly line efficiency. *Tekstil ve Konfeksiyon* 2019; 24(2): 228-239.
- Kurşun S., Kalaoğlu F. Dikim bandında benzetim ile bant dengeleme. *Tekstil ve Konfeksiyon* 2010; 3: 257-261.
- Law M., Kelton WD. *Simulation modeling and analysis*. NewYork, McGraw-Hill; 2000.
- Lee C., Park S., Won J. Jeoung J., Sohn B., Choi H. Evaluation of thermal performance of energy textile installed in Tunnel. *Renewable Energy* 2012; 42, 11-22.

- Liu X., Lei M., Zeng Q., Li A. Integrated optimization on mixed-model assembly line balancing and buffer allocation based on operation time complexity. *Procedia CIRP* 2019; 81: 1040–1045.
- Nwankpa CE., Ijomah W., Gachagan A. Design for automated inspection in remanufacturing: A discrete event simulation for process improvement. *Cleaner Engineering and Technology* 2021; 4, 100199.
- Pedgen C., Sadowski R., Shannon R. *Introduction to simulation using siman*. New York: McGraw-Hill, 1995.
- Pirola F., Zambetti M., Cimini C. Applying simulation for sustainable production scheduling: a case study in the textile industry. *IFAC-Papers OnLine* 2021; 54(1): 373-378.
- Rajakumar S., Arunachalam V., Selladurai V. Simulation of workflow balancing in assembly shopfloor operations. *Journal of Manufacturing Technology Management* 2005; 16, 265-281.
- Sariaslan H. *Sıra bekleme sistemlerinde simülasyon tekniği*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, 1986.
- Sime H., Jana H., Panghal D. Feasibility of using simulation technique for line balancing in apparel industry. *Procedia Manufacturing* 2019; 30: 300–307.
- Tacha OI., Volos CHK., Kyprianidis IM., Stouboulos IN., Vaidyanathan S., Pham VT. Analysis, adaptive control and circuit simulation of a novel nonlinear finance system. *Applied Mathematics and Computation* 2016; 276: 200-217.
- Tosun D. Hazır giyim sektöründe benzetim tekniği kullanılarak üretim hattı dengelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2020.
- Türkiye İhracatçılar Meclisi. Sektörel Bazda Rakamlar, 02.06.2023, <https://tim.org.tr/tr/ihracat-rakamlari>.
- Ulussever T. A welfare policy analysis in the Turkish economy: A simulation based macroeconomic application of the deficit financing policies. *Journal of the Franklin Institute* 2011; 348(7): 1416-1434.
- Valente L., Feijó B., Ribeiro A., Clua E. Pervasive virtuality in digital entertainment applications and its quality requirements. *Entertainment Computing* 2018; 26: 139-152.
- Wu H., Xu Y., Liu Z., Li Y., Wang P. Adaptive machine learning with physics-based simulations for mean time to failure prediction of engineering systems. *Reliability Engineering & System Safety* 2023; 240: 109553.
- Zargaran A., Houlden R., O'Neill P., Schaffer S., Chang V., Golahmadi AK., Hirniak J., Turki M., Zargaran D. Emergency medicine undergraduate simulation training during the COVID-19 pandemic: A course evaluation. *Injury* 2022; 53(10): 3191-3194.
- Zhao XQ., Yang H., Shi X., Liu KX., Wang Y., Zhang GG. CPRM: Color perception and representation model for fabric image based on color sensitivity of human visual system. *Textile Research Journal* 2023 (doi: 10.1177/00405175221150647)



Zheng Y., Lei M., Peng Y. A simulation optimization method for coordination of production. Transportation and Sales Fundamental Research 2023; In Press.

## EKLER

### EK 1: Erkek Uzun kollu Kazak Üretimi İş Öğeleri

Operasyon	Kullanılan Makine
1 İstifleme	Ortacı
2 Omuz Çatma	Overlok
3 Kol Takma	Overlok
4 Yan Çatma	Overlok
5 Yıkama Talimatı Takma	Düz Dikiş
6 Yaka Takma	Overlok
7 Ense Biye Takma	Overlok (biye)
8 Ense Biye Kesme	Ortacı
9 Ense Biye Kapama	Düz Dikiş
10 Ense Etiket İşareti Alma	Ortacı
11 Etiket Takma	Düz Dikiş
12 Ön Çıma Kapama	Düz Dikiş
13 Kol Manşet Takma	Overlok
14 Kol Manşet Hazırlık	Düz Dikiş
15 Etek Manşet Hazırlık	Düz Dikiş
16 Biye Kesme	Biye Makinesi
17 Yaka Ütü İzi Alma	Ütü
19 Yaka Hazırlık	Overlok
20 Yıkama Talimatı Hazırlık	Düz Dikiş
21 Yaka Çevirme	Ortacı
22 Kol Manşet Çevirme	Ortacı
23 Etek Manşet Çevirme	Ortacı
24 Etek Manşet Ütü İzi Alma	Ütü
25 Yaka Kesme	Overlok
26 Etek Takma	Overlok
27 Temizlik	
28 Kalite Kontrol	
29 Son Ürün Ütü	Ütü
30 Katlama	
31 Fiyat Etiket Takma	Kılıçık Tabancası
32 Jelatine Koyma	
33 Metal Dedektör Makinesinden Geçirme	Metal Dedektör
34 Asortiyeye Konulacak Ürünleri Hazırlama (9 adet)	
35 Asorti Poşetine Koyma (9 adet)	
36 Asorti Poşetine Barkod Yapıştırma	
37 Koli Yapma (1 birim ürün için)1 koli-27 adet ürün	
38 Kolileme	
39 Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	

## EK 2. İş Öğelerine Ait Sürelerin İstatistiksel Dağılımı

İş Ögesi	İstatistiksel Dağılım	İş Ögesi	İstatistiksel Dağılım
İstifleme	TRIA (33, 38.2, 42)	Yaka Çevirme	$7.56 + 0.94 * \text{BETA}(1.82, 2.11)$
Omuz Çatma	TRIA (11, 13.1, 17)	Kol Manşet Çevirme	$10.7 + 1.32 * \text{BETA}(1.44, 1.39)$
Kol Takma	23 + WEIB (5.23, 2.29)	Etek Manşet Çevirme	TRIA(11.8, 12.2, 13.4)
Yan Çatma	35 + LOGN (4.89, 3.25)	Etek Manşet Ütü İzi Alma	$10.7 + 1.27 * \text{BETA}(1.09, 1.42)$
Yıkama Talimatı Takma	NORM (13.3, 1.79)	Yaka Kesme	NORM(7.53, 0.639)
Yaka Takma	NORM (22.2, 1.42)	Etek Takma	NORM(35, 4.36)
Ense Biye Takma	$10 + 8 * \text{BETA}(5.91, 10.8)$	Temizlik	$65 + 6.67 * \text{BETA}(0.693, 0.931)$
Ense Biye Kesme	$14.1 + \text{WEIB}(4.99, 5.51)$	Kalite Kontrol	TRIA(53, 59,5, 66)
Ense Biye Kapama	$18 + \text{LOGN}(3.95, 2.07)$	Son Ürün Ütü	TRIA(59, 70.6, 77)
Ense Etiketli İşareti Alma	NORM(6.93, 0.53)	Katlama	$34 + 4.65 * \text{BETA}(0.62, 0.787)$
Etiket Takma	$10.2 + \text{LOGN}(2.44, 0.998)$	Fiyat Etiketli Takma	$5.52 + 4.48 * \text{BETA}(0.733, 0.783)$
Ön Çima Kapama	NORM (21.3, 1.67)	Jelatine Koyma	NORM(32.1, 1.63)
Kol Manşet Takma	NORM(39.3, 3.32)	Metal Dedektör	$2.17 + 2.31 * \text{BETA}(0.568, 0.457)$
Kol Manşet Hazırlık	NORM(11.2, 0.391)	Asorti Hazırlama(9 adet)	$3.36 + 2.17 * \text{BETA}(0.5, 0.698)$
Etek Manşet Hazırlık	TRIA(15, 15.6, 16.6)	Asorti Poşetleme(9 adet)	UNIF(4.34, 9)
Biye Kesme	TRIA(1.4,1.6,1.8)	Asorti Barkodlama	$1.08 + 1.16 * \text{BETA}(0.262, 0.188)$
Yaka Ütü İzi Alma	$11.4 + 5.46 * \text{BETA}(1.32, 1.06)$	Koli Yapma	TRIA(20,25,30)
Yaka Hazırlık	$15.7 + \text{WEIB}(1.91, 2.76)$	Kolileme	$2.17 + 2.31 * \text{BETA}(0.524, 0.44)$
Yıkama Talimatı Hazırlık	NORM(11.2, 1.08)	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	$2.17 + 2.31 * \text{BETA}(0.627, 0.441)$