

## Hazır giyim üretim işletmesinde simülasyon kullanımı ve hata oranlarının azaltılması: Gömlek üretimi örneği

### Use of simulation and reduction of error rates in ready-made garment manufacturing business: Shirt production example

Hacer Yücel<sup>1</sup> 

Fevzi Diker<sup>2</sup> 

#### Öz

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Hitit Üniversitesi Çorum, Türkiye, [hacerolcer@hitit.edu.tr](mailto:hacerolcer@hitit.edu.tr)

ORCID: 0000-0003-2254-137X

<sup>2</sup> Öğr. Gör. Dr., Hitit Üniversitesi Çorum, Türkiye, [fevzidiker@hitit.edu.tr](mailto:fevzidiker@hitit.edu.tr)

ORCID: 0000-0002-8885-9463

#### Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Hacer Yücel,

Hitit Üniversitesi Çorum, Türkiye

[hacerolcer@hitit.edu.tr](mailto:hacerolcer@hitit.edu.tr)

Hazır giyim sektöründe üretim süreçlerinde yaşanan hatalar, kalite problemleri, zaman kayıpları ve maliyet artışları gibi sorunlar, işletmelerin rekabet gücünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, bir hazır giyim işletmesinin gömlek üretimi sürecinde meydana gelen hataların azaltılmasına yönelik çözüm önerileri geliştirmektir. Araştırmada bu giyim firmasının verileri Arena Simülasyon Programı ile modellenmiş ve operasyonlara ilişkin gözlem verileri kullanılarak hazırlanan mevcut durum simülasyonunda %97,5 oranında genel benzeşme, gömlek özelinde ise %99,1 oranında uyum elde edilmiştir. Hataların kaynakları incelendiğinde, malzeme seçimi ve kullanımı, makine arızaları, yetersiz bakım, insan kaynaklı dikkatsizlik, eğitimsizlik, yöntem planlamasındaki zayıflıklar, çevresel faktörler ile tedarik zinciri ve lojistik sorunlar görülmüştür. Bu kapsamda dijital model ve pastal kesim planı hazırlanması ve ürünlerin üzerine meto basılması gibi çözümler önerilmiştir. İyileştirme senaryosu kapsamında dijital pastal kesim ve parçaların işaretlenmesine yönelik uygulamalar simüle edilmiş; hatalı gömlek üretim oranı %17'den %0,4'ye düşürülmüştür. Bulgular, simülasyon destekli süreç iyileştirmenin işletmelere maliyetleri azaltma, kaliteyi yükseltme, kaynak kullanımını optimize etme ve müşteri memnuniyetini artırma konularında önemli katkılar sunduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Yönetimi ve Pazarlama, Operasyon Stratejisi, Hazır Giyim, Simülasyon, Süreç İyileştirme, Mal ve Hizmet Kalitesi

**Jel Kodları:** M20, L67

#### Abstract

Errors, quality problems, time losses, and cost increases in production processes of the ready-made garment sector adversely affect the competitiveness of enterprises. This study aims to develop solution proposals to reduce the errors occurring in the shirt production process of a ready-made garment company. In the research, the company's data were modelled using the Arena Simulation Program, and operational observation data were utilised. The current state simulation prepared in this context achieved an overall similarity of 97.5% and a conformity of 99.1% specifically for shirt production. The sources of errors were identified as material selection and usage, machine failures, insufficient maintenance, human-related negligence and lack of training, weaknesses in method planning, environmental factors, as well as supply chain and logistics problems. Within this scope, solutions such as preparing digital models and marker plans, as well as printing labels/barcodes on product parts, were proposed. In the improvement scenario, applications such as digital marker cutting and labelling of parts were simulated, resulting in a reduction of the defective shirt production rate from 17% to 0.4%. The findings indicate that simulation-based process improvement provides significant contributions to enterprises in reducing costs, improving quality, optimising resource utilisation, and increasing customer satisfaction.

**Keywords:** Operations Management and Marketing, Operations Strategy, Ready-Made Garment, Simulation, Process Improvement, Goods and Service Quality

**Jel Codes:** M52, M31, E24

**Atf/Citation:** Yücel, H., & Diker, F, Hazır giyim üretim işletmesinde simülasyon kullanımı ve hata oranlarının azaltılması: Gömlek üretimi örneği, bmij (2025) 13 (3): 1550-1570 doi: <https://doi.org/10.15295/bmij.v13i3.2588>

**Başvuru/Submitted:** 25/05/2025

**1. Revizyon/ 1<sup>th</sup> Revised:** 22/08/2025

**2. Revizyon/ 2<sup>nd</sup> Revised:** 10/09/2025

**Kabul/Accepted:** 13/09/2025

**Yayın/Online Published:** 25/09/2025

## Extended Abstract

### Use of simulation and reduction of error rates in ready-made garment manufacturing business: Shirt production example

#### Literature

The ready-made garment industry holds a significant place in the global economy and features a highly competitive structure. The success of companies operating in this sector largely depends on the efficiency and optimisation of production processes. In this context, simulation techniques are a powerful tool for analysing production processes, identifying bottlenecks, and evaluating opportunities for improvement. Studies in the literature (Sabadka, 2017; Negahban and Smith, 2014; Ingalls, 2011) reveal that simulation not only saves time and reduces costs in production processes but also improves product quality. Especially in areas with complex production lines such as the ready-made garment industry, the use of simulation models can significantly increase operational efficiency.

#### Research purpose and importance

Operational disruptions in the ready-made garment industry decrease production efficiency and product quality, resulting in time losses, increased costs, and reduced customer satisfaction. To address these challenges, this study employs simulation as an effective analytical tool. Using the Arena Simulation Program, the shirt production process of a garment company was modelled to identify problems, reduce defective production, and propose improvement scenarios to enhance operational efficiency. The research provides a process-based simulation analysis using real field data, classifies the causes of defective output, and tests improvement scenarios. The findings demonstrate a reduction in defect rates and highlight simulation as a valuable decision-support tool. Thus, the study contributes to the academic literature and offers ready-made garment companies a practical roadmap for continuous improvement and sustainable competitiveness.

#### Design and method

In this study, the production processes of a garment company were modelled using the Arena Simulation Program. Within the scope of the study, the current situation was first analysed, and the operational processes and error rates in the production line were examined. Then, the performance of the production processes was evaluated by running improvement scenarios on the simulation model. To test the accuracy of the model, comparisons were made with real production data, ensuring its reliability and validity.

#### Research type

This study is applied research and is based on quantitative data analysis. In the research, a simulation model was developed using measurable data, including operation times and error rates in production processes.

#### Research problems

The ready-made garment industry faces persistent operational disruptions that negatively affect both production efficiency and product quality. These disruptions lead to time losses, increased costs, and decreased customer satisfaction. In particular, high defective production rates create serious financial and operational challenges for enterprises. Although literature emphasises the link between such inefficiencies and reduced competitiveness, sector-specific and data-driven solutions remain limited. Therefore, the main research problem addressed in this study is the lack of effective strategies to minimise production errors and optimise operational performance in ready-made garment manufacturing.

#### Data collection method

The data for this study were collected from a garment company operating in Çorum. Order quantities and operational data from production processes for the period January–June 2023 were used. During the data collection process, the company provided detailed information on operation times, personnel numbers, and error rates for each process in the production line.

#### Quantitative/qualitative analysis

Quantitative analysis methods were mainly used in the study. Time distributions, error rates, and resource utilisation data in production processes were statistically evaluated.

#### Research model

In the research, a simulation model was used. Production processes were modelled and analysed according to different statistical distributions. The model was created with the Arena Simulation Program, and the reliability of the results was ensured by running it 300 times.

#### Research hypotheses

Hypothesis testing was not applied in the study.

#### Findings and discussion

This study demonstrates that simulation techniques are an effective tool for enhancing efficiency in garment production processes. The implementation of digital marker cutting and labelling practices reduced the defective shirt production rate to approximately 0,4%. These findings confirm that simulation can significantly contribute to both cost reduction and quality improvement.

From a broader perspective, the results are consistent with similar studies in the literature. For instance, Doğan and Takcı (2015) highlighted how simulation improved denim production efficiency by addressing bottlenecks and resource imbalances, while Sağlamcı and Aslan (2022) showed its effectiveness in reducing workforce inefficiencies in blouse production. More recently, Tosun and Güner Gören (2024) also confirmed the role of simulation in decreasing repair rates and balancing resource utilisation in sweater production. In line with these studies, the current research shows that digital transformation and continuous improvement practices, supported by simulation, provide substantial operational and strategic benefits for the ready-made garment industry.

It should also be emphasised that the discussion part of the study needs to be expanded further by not only presenting the reduction in defective production but also linking the implications of these findings with long-term competitiveness, sustainability, and digital transformation in the ready-made garment industry. This gap can also be addressed in the conclusion section by reinforcing the broader industrial relevance of the results.

#### **Findings as a result of analysis**

According to the simulation results, the defective production rate in the current state ranged between 15–18%, while after the implementation of the improvement scenario, this rate decreased to around 0,4%. The use of digital modelling and cutting technologies substantially reduced the defect rate and shortened production times. Additionally, the enhancement of quality control processes allowed for the earlier detection of production errors, thereby minimising rework and waste.

These outcomes are consistent with the literature. For example, Doğan and Takcı (2015) reported improvements in line balancing and efficiency through simulation in denim production, while Özcan and Yıldırak (2020) found significant reductions in cycle time and increases in output in packaging operations. Similarly, Sağlamcı and Aslan (2022) demonstrated efficiency gains in ready-made garment manufacturing through improved workforce allocation, and Tosun and Güner Gören (2024) confirmed the role of simulation in reducing repair rates and enhancing line efficiency. The alignment of this study's findings with previous research strengthens the evidence that simulation-based improvement strategies are reliable and applicable across different contexts, including the ready-made garment and manufacturing industries.

#### **Hypothesis test results**

Hypothesis testing was not applied in the study.

#### **Discussing the findings with the literature**

The findings of the study are in line with the studies conducted by Negahban and Smith (2014). Similarly, Ingalls (2011) reported that simulation provides cost savings in production processes. This study supports these findings in the literature and offers new improvement suggestions specific to the ready-made garment industry.

#### **Conclusion, recommendation and limitations**

This study has demonstrated that simulation techniques are an effective tool for improving efficiency in ready-made garment manufacturing processes. Improvement scenarios have shown that defect rates can be significantly reduced.

#### **Results of the article**

The research has shown that simulation-based improvements have delivered significant benefits in the garment industry. The improvement scenarios reduced the defective production rate to 0,4% and significantly increased production efficiency.

#### **Suggestions based on results**

It is of great importance for businesses to invest in digital transformation processes and, in particular, to use simulation technologies actively. These technologies support decision-making processes by enabling more efficient and effective production management. In addition, production processes should be regularly reviewed and optimised through the implementation of continuous improvement programs. This approach can both reduce costs and improve quality. Finally, critical operational areas such as supply chain management and inventory control should be supported by simulation models to ensure greater accuracy and predictability. Such practices will contribute to competitive advantage by increasing efficiency in resource utilisation.

In future studies, simulation models focused on environmental sustainability could be developed. Additionally, similar studies could be conducted in various sectors and with larger sample sizes. In this way, the impact of simulation techniques in industrial applications can be evaluated more comprehensively.

#### **Limitations of the article**

The data used in the study were obtained from only one firm. This limits the generalizability of the findings and overlooks practices or conditions in other firms. In addition, the study focuses on short-term effects, and long-term results were excluded from the evaluation. This makes it challenging to assess the sustainability of the results over time. Finally, the study did not analyse different product types separately but made an overall assessment. This prevented the observation of potential differences across product categories.

## Giriş

Günümüzün küreselleşen ve dijitalleşen iş dünyasında, işletmelerin sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmesi büyük ölçüde üretim süreçlerinin verimliliği, esnekliği ve optimizasyon düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle üretim sektörü için bu unsurlar hem maliyetleri azaltmak hem de müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilmek açısından kritik öneme sahiptir (Sabadka, 2017, s. 175). Bu bağlamda, üretim sistemlerinin daha etkin yönetilebilmesi için modern analiz ve karar destek araçlarına olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu araçlardan biri olan simülasyon, gerçek bir sistemin matematiksel ve görsel temsili aracılığıyla modellenmesini ve çeşitli senaryolar altında test edilmesini mümkün kılar (Negahban ve Smith, 2014, s. 242). Simülasyon, işletmelerin üretim süreçlerinde karşılaştıkları darboğazları, verimsizlikleri ve kaynak israfını önceden belirleyip iyileştirme fırsatları sunarak hem zaman hem de maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Ingalls, 2011, s. 1374). Özellikle değişken talep koşulları, sınırlı kaynak kullanımı ve kısa teslimat sürelerinin ön plana çıktığı günümüz üretim ortamında, simülasyon tabanlı analizler stratejik karar alma süreçlerinde firmalara rehberlik etmektedir.

Hazır giyim sektörü, emek yoğun yapısı, kısa ürün yaşam döngüleri ve hızla değişen moda trendleri nedeniyle operasyonel açıdan oldukça dinamik ve karmaşık bir yapıdadır. Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de tekstil ve hazır giyim sektörü hem istihdam hem de ihracat açısından ekonomiye önemli katkı sağlamaktadır. Ancak bu sektördeki firmalar sıklıkla sipariş bazlı üretim, kısa teslim süreleri, kalite standartları ve maliyet kısıtları gibi bir dizi zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Bu noktada, üretim süreçlerinin hataya açık yapısı ve operasyonel verimsizlikler firmaların rekabet gücünü olumsuz etkileyebilmektedir. İşte bu nedenle simülasyon, hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin üretim süreçlerini analiz etmeleri, darboğazları belirlemeleri ve iyileştirme stratejileri geliştirmeleri açısından oldukça değerli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Öndoğan, 2018, s. 98-99).

Simülasyon uygulamaları; hatalı üretimin önlenmesi, stok fazlalıklarının azaltılması, enerji ve atık yönetiminin optimize edilmesi, üretim hattı kapasitesinin etkin kullanımı gibi birçok operasyonel fayda sağlayarak firmaların hem kaliteyi hem de verimliliği artırmasına katkı sunar (Sağlamcı, 2021, s. 486). Ayrıca yeni ürünlerin üretim süreci önceden test edilebilir; böylece pazara sunma süresi kısaltılır ve maliyetli yatırım kararları daha bilinçli alınabilir (Li vd., 2009, s. 1137-1138).

Hazır giyim sektöründe karşılaşılan operasyonel aksaklıklar, üretim süreçlerinin verimliliğini düşürmekte ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda, literatürde söz konusu aksaklıkların zaman kaybı, artan maliyetler ve azalan müşteri memnuniyetiyle doğrudan ilişkili olduğuna dair çok sayıda bulgu bulunmaktadır (Çoruh, 2010, s. 11-12; Uyanık ve Oğulata, 2013, s. 62-65; Yücel ve Tiber, 2018, s. 372-375). Ancak bu sorunlara yönelik somut çözüm önerileri geliştirmek için sektöre özgü süreçlerin derinlemesine analizi gerekmektedir. Bu analizlerin en etkili yollarından biri olan simülasyon, bu çalışmada temel araç olarak kullanılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, bir hazır giyim işletmesinin gömlek üretimi sürecini Arena Simülasyon programı ile modellemek, üretim sürecindeki sorunlar ortaya konularak hatalı üretim sayılarının azaltılması ve iyileştirme senaryoları oluşturarak operasyonel verimliliğin artırılmasına yönelik öneriler geliştirilmesidir. Ayrıca hazır giyim sektörüne özgü ayrıntılı üretim operasyonlarının süreç bazlı simülasyon analiziyle modellenmesi, gerçek saha verilerine dayalı olarak üretim hattındaki işlem sürelerinin belirlenmesi ve istatistiksel dağılımlarının analiz edilmesi, hatalı üretim nedenlerinin sistematik şekilde sınıflandırılması ve iyileştirme önerilerinin bilimsel temellere dayandırılması, süreç iyileştirme senaryosunun uygulanarak hatalı üretim oranlarında gözlemlenen düşüşün simülasyon verileri ile ortaya konulması, gelecekteki benzer uygulamalara rehberlik edebilecek nitelikte uygulamalı bir örnek vaka çalışması sunulması hedeflenmektedir. Bu yönüyle çalışma hem akademik literatüre katkı sunmakta hem de hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren firmalara karar destek sistemleri geliştirme ve üretim süreçlerini sürekli iyileştirme noktasında uygulamalı bir yol haritası önermektedir.

## Kavramsal çerçeve ve literatür taraması

Simülasyon, gerçek dünya sistemlerinin veya süreçlerinin modellenmesi ve bu modellerin bilgisayar destekli olarak çalıştırılması yoluyla, sistemin davranışını ve performansını analiz etmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, çeşitli alanlarda karmaşık sistemlerin anlaşılmasına ve yönetilmesine yardımcı olmak amacıyla kullanılır. Simülasyon, mühendislik, ekonomi, tıp, sosyal bilimler, üretim ve lojistik gibi birçok disiplinde geniş bir uygulama alanına sahiptir (Xu-ping vd, 2007, s. 796). Simülasyon modelleri genellikle matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanılarak oluşturulur. Bu modeller, belirli girdiler ve parametreler altında sistemin nasıl davrandığını öngörmek için kullanılır. Simülasyonun temel amacı, gerçekte yapılması zor veya maliyetli olan deneyleri bilgisayar ortamında

gerçekleştirerek, sistemin performansını değerlendirmek ve iyileştirme fırsatlarını belirlemektir (Ingalls, 2014, s. 50).

Simülasyonu; Ayrık Olay Simülasyonu, Sürekli Simülasyon ve Hibrid Simülasyon olarak üç türde sınıflandırmak mümkündür. Ayrık Olay Simülasyonu, sistemdeki olayların belirli zaman dilimlerinde gerçekleştiği durumları modellemek için kullanılır. Üretim hatları, hizmet sistemleri ve bilgisayar ağları gibi sistemlerin analizinde yaygın olarak tercih edilir. Sürekli Simülasyon, sistem değişkenlerinin zaman içinde sürekli olarak değiştiği durumları modellemek için kullanılır. Fiziksel ve biyolojik sistemler, ekonomik modeller ve mühendislik süreçleri bu tür simülasyonlarla incelenebilir. Hibrid Simülasyon hem ayrık olay hem de sürekli simülasyon tekniklerini birleştirir. Bu sayede, karmaşık sistemlerin daha gerçekçi ve kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi sağlanır (Jovanovski vd, 2012, s.135).

Simülasyonun avantajları arasında risk azaltma, verimlilik artırma, maliyetleri düşürme, eğitimi destekleme ve karar vermeyi kolaylaştırma gibi unsurlar yer almaktadır. Simülasyon, karmaşık sistemlerin anlaşılması, analiz edilmesi ve optimize edilmesi için güçlü bir araçtır. Gerçek dünya sistemlerini bilgisayar ortamında modelleyerek, deneysel analizler yapma imkânı sunar. Bu sayede, sistemlerin performansını iyileştirmek, maliyetleri düşürmek ve riskleri azaltmak mümkün olur. Simülasyon, çeşitli disiplinlerde geniş uygulama alanlarına sahip olması nedeniyle, modern araştırma ve uygulama süreçlerinde vazgeçilmez bir yöntem haline gelmiştir (Valentin vd, 2003, s. 1-2). Simülasyon uygulanarak üretim süreçlerini iyileştirmeyi ele alan çok sayıda akademik çalışma bulunmaktadır.

Ferraris ve Morini (2004) çalışmalarında üretim sistemlerinde görevlerin uygun birimlere atanması ve önceliklerinin belirlenmesi gibi karmaşık planlama sorunlarına çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle tekstil endüstrisinde, müşteri memnuniyeti, maliyet kontrolü ve kaynak israfını azaltma gibi konular bu planlamaların başarısına bağlıdır. İnsan planlamacılara dayalı geleneksel yaklaşımların yetersiz kalabildiği durumlarda, bu çalışma yapay zekâ destekli, otomatik bir sistem önererek yenilik getirmektedir.

Doğan ve Takcı (2015) çalışmalarında, Kayseri’de faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinde pantolon üretim sürecini Arena 10.0 programı kullanarak simüle etmiş ve kaynakların etkin kullanılamaması, darboğazlar, hat dengesizliği ve yerleşimden kaynaklanan iş akışı sorunlarına yönelik iyileştirme önerileri geliştirmiştir. Mevcut durum analizi sonrası paket bölümünün zemin kata taşınması, etkin kullanılmayan insan kaynağı ve cihazların darboğaz noktalarına aktarılması, düşük verimle çalışan joker bantların ana bantlara dönüştürülmesi gibi düzenlemelerle gelecek durum modeli oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ek kaynak kullanılmadan mevcut kaynaklarla üretim akışı dengelenmiş, zaman kayıpları azaltılmış ve yıllık nihai ürün sayısında %47 artış sağlanmıştır. Çalışma, tekstil sektöründe süreç iyileştirme amacıyla simülasyon kullanımının verimlilik artışı ve yönetsel karar destek açısından etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

Aldas vd. (2018) çalışmasında bir tekstil üretim endüstrisinin süreçleri Promodel yazılımı ile simüle etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, belirlenen üretim parametreleri açısından en iyi performansı gösteren strateji Kanban olmuştur. Bu strateji ile ortalama 4 parti envanteri elde edilmiş, yani mevcut sisteme göre %79,8 oranında bir stok azaltımı sağlanmıştır. Ayrıca, 6,11 saatin altında ortalama çevrim süresi ile %61,1’lik bir azalma ve 0,65 parti/saat üretim hızı elde edilmiştir.

Gökarp, Gökarp ve Eren (2019) çalışmalarında, hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe Endüstri 4.0 devriminin etkilerini inceleyerek “Akıllı Konfeksiyon Fabrikası” konseptini önermiştir. Çalışmada öncelikle mevcut üretim sistemi analiz edilmiş, konfeksiyon fabrikalarında yürütülen geleneksel üretim süreçleri ortaya konulmuştur. Ardından, Endüstri 4.0 teknolojilerinin (siber-fiziksel sistemler, Nesnelerin İnterneti, RFID, büyük veri, robot teknolojisi, sanal/ arttırılmış gerçeklik, bulut bilişim, makine öğrenmesi ve siber güvenlik) entegrasyonu ile tasarlanan yeni üretim modeli tanıtılmıştır. Önerilen Akıllı Konfeksiyon Fabrikası kapsamında müşteri sipariş yönetiminden, tedarik zinciri ve depo yönetimine, üretim hattı dengelemeden kalite kontrol ve bakım süreçlerine kadar birçok yenilikçi yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışmada ayrıca önerilen sistemin sağlayacağı faydalar (artan verimlilik, azalan maliyetler, artan kalite, şeffaflık, sipariş teslim süresinde kısalma ve müşteri memnuniyetinde artış) ile karşılaşılabilecek zorluklar (yüksek ilk yatırım maliyeti, gizlilik ve güvenlik sorunları, teknik yetersizlikler, küresel standart eksikliği ve sosyal etkiler) analiz edilmiştir. Uygulama planı olarak PUKÖ (Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem AI) döngüsü temel alınarak aşamalı bir geçiş modeli önerilmiş, işletmelerin en faydalı teknolojilerden başlayarak kademeli şekilde dijital dönüşümü hayata geçirmeleri gerektiği vurgulanmıştır. Sonuç olarak, çalışma konfeksiyon sektörünün sürdürülebilir rekabet avantajı elde edebilmesi için akıllı fabrikalara geçişin zorunluluğunu ortaya koymakta ve literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Özcan ve Yıldırak (2020) çalışmalarında, bir üretim işletmesinin ebat-ambalajlama süreci Arena 14.0 programı kullanılarak simüle etmiş ve darboğazlar, ara stoklar ile üretim karmaşıklığından kaynaklanan sorunlara yönelik iyileştirme senaryoları geliştirmiştir. Mevcut durum analizi sonrası hazırlık sürecine ek operatör atanması ve kullanılmayan makinelerin devreye alınması gibi dört alternatif senaryo test edilmiş, senaryo sonuçları çevrim süresi, çıktı miktarı ve kaynak kullanım oranları açısından karşılaştırmıştır. Sonuç olarak çevrim süresinde %46,15 azalma, çıktı sayısında %66,6 artış ve kaynak kullanımında %10'luk iyileşme sağlandığını göstermiştir. Çalışma, üretim sistemlerinde maliyetli ve riskli değişiklikler yapılmadan önce simülasyon yoluyla alternatiflerin test edilmesinin etkin bir karar destek aracı olduğunu ortaya koymaktadır.

Sağlamcı ve Aslan (2022) çalışmalarında, hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir tekstil fabrikasının dikim ve sonrası operasyon süreçlerini Arena simülasyon programı ile modellemiş ve üretim hattında yaşanan darboğazlara yönelik iyileştirme önerileri geliştirmiştir. Araştırmada 3927 nolu bluz üretim hattı ele alınmış, operasyon süreleri Arena Input Analyzer yardımıyla analiz edilerek simülasyon modeli oluşturulmuş ve doğrulanmıştır. Mevcut durumda kol beden birleştirme, yıkama talimatı takma, etek recme, yaka lastik biye ve bağcık ucu zikzak operasyonlarında ciddi darboğazlar tespit edilmiş; kaynak kullanım oranlarının bazı noktalarda %100, bazı operasyonlarda ise %0'a kadar düştüğü görülmüştür. Alternatif iyileştirme önerisi kapsamında başlangıçtaki işçi yoğunluğu darboğaz noktalarına kaydırılmış, bazı düşük verimle çalışan işçiler farklı operasyonlara aktarılmış ve toplam işçi sayısı 41'den 36'ya düşürülmüştür. Simülasyon sonuçlarına göre mevcut durumda 1054 olan toplam çıktı, iyileştirilmiş durumda %41 artışla 1482'ye yükselmiş, kaynak kullanımında ise %12 oranında tasarruf sağlanmıştır. Çalışma, herhangi bir ek yatırım yapılmadan yalnızca iş gücü planlaması ve kaynak dağılımının yeniden düzenlenmesiyle üretim verimliliğinin artırılabilirliğini ortaya koymakta ve simülasyonun tekstil sektöründe uygulanabilir bir karar destek aracı olduğunu göstermektedir.

Tosun ve Güner Gören (2024) çalışmalarında, hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir konfeksiyon işletmesinin erkek uzun kollu kazak üretim hattını Arena programı kullanarak simüle etmiş ve düşük üretim miktarı, yüksek tamir oranı, dengesiz kaynak kullanımı ile gereksiz taşıma faaliyetlerinden kaynaklanan sorunlara yönelik iyileştirme senaryoları geliştirmiştir. Mevcut durum analizi sonrası hat yerleşiminin yeniden düzenlenmesi, ara stok alanlarının kaldırılması, temizlik-ütü-paketleme süreçlerinin yeniden konumlandırılması ve ip temizleme makinesi kullanılması gibi yedi alternatif senaryo test edilmiş, senaryo sonuçları çevrim süresi, çıktı miktarı, tamir oranı ve kaynak kullanım oranları açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çevrim süresinde 1,33 dakikalık iyileşme, günlük üretim miktarında yaklaşık %10 artış, tamir oranında %31'den %20'ye düşüş ve kaynak kullanımında denge sağlandığı görülmüştür. Çalışma, konfeksiyon üretim sistemlerinde düşük maliyetli değişikliklerin simülasyon ile test edilmesinin, verimliliği artırmada etkili bir karar destek aracı olduğunu ortaya koymaktadır.

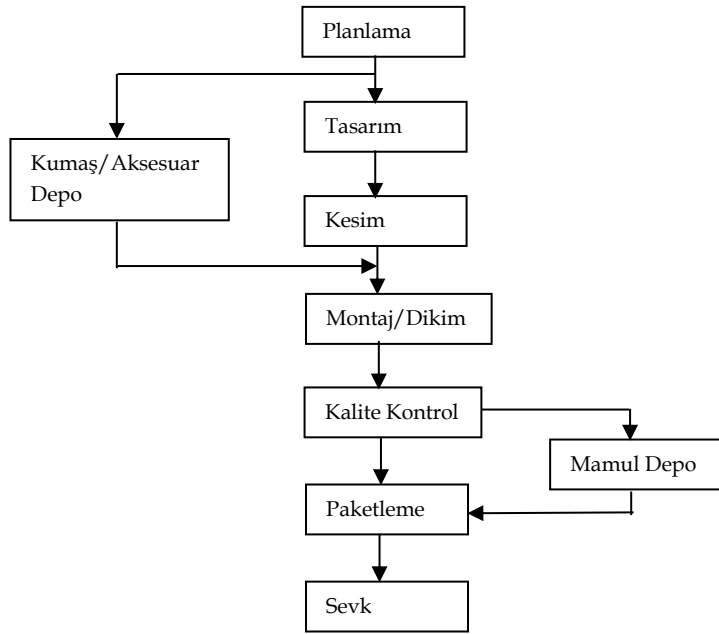
Kaya (2025) çalışmasında, bir işletmede yalın üretim uygulamaları destekli bütünsel bir üretim yönetim sistemi geliştirilmiş ve Arena simülasyon yazılımı kullanılarak uygulanabilirliği test etmiştir. Çalışmada mevcut durumda yaşanan üretim planlama, depo yönetimi, satın alma ve lojistik kaynaklı sorunlar tespit etmiş; Netsis ERP ve MES entegrasyonu ile süreçler yeniden yapılandırmıştır. Simülasyon sonuçları, uygulama sonrası verilerle karşılaştırıldığında temin süresinde %36,3, ürün başına hatalı/eksik parça sayısında %54 azalma ve çalışan verimliliğinde %27-37 artış elde edildiğini görmüştür. Simülasyon ile gerçek uygulama sonuçları arasında yalnızca %4-5'lik bir fark bulunması, doğru verilerle yapılan simülasyonların gerçek üretim çıktılarıyla yüksek uyum sağladığını göstermektedir. Çalışma, yalın üretim ve simülasyon entegrasyonunun üretim verimliliğini, kaliteyi ve süreç etkinliğini artırmada kritik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Kins, Möbitz ve Griez (2025) çalışmalarında, üretim süreçlerinin yüksek boyutluluğunun ve eksik problem tanımının neden olduğu model belirsizliklerine dikkat çekilerek, bu sorunların otonom öğrenme ajanlarıyla aşılabileceği öne sürülmektedir. Python tabanlı bir simülasyon ortamında, yüksek boyutlu üretim süreçleri için olasılıksal optimizasyon modeli geliştirilmiş; süreç davranışı hem endüstriyel verilerle eğitilmiş GPR modelleri hem de fizik tabanlı modellerle yaklaşık olarak temsil edilmiştir.

#### **Materyal metot ve verilerin toplanması**

Bu çalışmada Arena Simülasyon Programı kullanılmıştır. Arena Simülasyon Programı, karmaşık sistemlerin modellenmesi, analizi ve iyileştirilmesi için kullanılan bir simülasyon yazılımıdır. Rockwell Automation tarafından geliştirilen Arena, özellikle üretim, lojistik, sağlık hizmetleri ve hizmet sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Arena, ayırık olay prensiplerine dayanarak, kullanıcıların sistemlerin davranışını detaylı bir şekilde analiz etmelerine olanak tanır (Kelton vd, 2002, s. 15).

Hazır giyim ürünlerinin üretiminde simülasyon, üretim süreçlerinin modellenmesi ve analiz edilmesi amacıyla kullanılan önemli bir yöntemdir. Simülasyon, üretim hattının işleyişini anlamak, performansı değerlendirmek ve verimliliği artırmak için güçlü bir araçtır. Bu yöntem, özellikle karmaşık üretim süreçlerinin yönetilmesi ve optimize edilmesi açısından büyük avantajlar sunar (Keckeisen vd, 2003, s. 71). Hazır giyim üretim süreci, hammadde temininden nihai ürünün paketlenmesine kadar birçok adımı içerir. Bu süreçler arasında kesim, dikim, ütüleme ve paketleme gibi çeşitli işlemler yer alır (şekil 1). Simülasyon, bu işlemlerin her birini detaylı bir şekilde modelleyerek, süreçlerin nasıl işlediğini ve birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğini anlamaya yardımcı olur.



**Şekil 1:** Hazır Giyim İşletme Üretim Süreci

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Simülasyonun uygulama aşamaları veri toplama, modelleme, simülasyonun kurulması ve analiz ile iyileştirme olarak sıralanabilir. Toplanan veriler kullanılarak, simülasyon yazılımı aracılığıyla üretim sürecinin bir modeli oluşturulur. Bu model, üretim hattındaki her bir işlemi ve bu işlemler arasındaki ilişkileri temsil eder. Arena gibi simülasyon yazılımları, kullanıcıların süreçleri grafiksel olarak modellemelerine ve parametreleri ayarlamalarına olanak tanır (Ardiansyah vd, 2024, s. 1754-1755) Model oluşturulduktan sonra simülasyon çalıştırılır. Bu aşamada, farklı senaryolar ve üretim koşulları test edilerek, sistemin nasıl tepki verdiği gözlemlenir. Örneğin, işgücü sayısının artırılması veya makinelerin bakım periyotlarının değiştirilmesi gibi değişiklikler simüle edilebilir. Simülasyon sonuçları, üretim sürecinin performansını değerlendirmek için analiz edilir. Verimlilik, kaynak kullanımı, işlem süreleri ve bekleme süreleri gibi performans ölçütleri incelenir. Bu analizler sonucunda, darboğazlar tespit edilir ve süreçlerin iyileştirilmesi için öneriler geliştirilir (Byrne vd, 2010, s. 253).

Hazır giyim üretiminde simülasyon, süreçlerin anlaşılması, analizi ve iyileştirilmesi için vazgeçilmez bir araçtır. Üretim hattındaki her bir işlemin detaylı bir şekilde modellenmesi ve simülasyonunun yapılması, verimliliğin artırılmasına, maliyetlerin azaltılmasına ve risklerin yönetilmesine önemli katkılar sağlar. Simülasyon, hazır giyim sektöründe rekabet avantajı elde etmek ve üretim süreçlerini sürekli olarak iyileştirmek isteyen firmalar için kritik bir yöntemdir.

Simülasyon modelinin oluşturulabilmesi için öncelikle mevcut üretim sürecine ait verilerin toplanması gerekmektedir. Bu veriler, işlem süreleri, kaynak kullanımı, kuyruk uzunlukları ve geçiş zamanları gibi bilgileri içerir. Örneğin, kesim işleminde kullanılan makinelerin performansı, dikim hattındaki işgücü verimliliği ve ütüleme süresi gibi detaylar kaydedilir.

Bu çalışmada kullanılan veriler, Çorum ilinde faaliyet gösteren bir hazır giyim işletmesinden elde edilmiştir. Söz konusu işletmenin verileri yalnızca bilimsel amaçlarla değerlendirilmiş olup, işletmenin kimlik bilgileri gizli tutulmuştur. İşletme bilgisi belirtilmeksizin verilerin kullanılabilmesi için gerekli izin alınmıştır. Çalışma herhangi bir kişisel veri veya katılımcı bilgisi içermediğinden etik kurul onayı gerektirmemektedir.

İşletme, gömlek, pantolon, kaban, mont, yelek, hırka, tişört, bere gibi çeşitli ürünler üretmektedir. İşletmenin üretim süreci; Modelhane, Kesim, Üretim Montaj, Kalite Kontrol, Son Ütü, Paketleme ve Sevkiyat olmak üzere yedi ana aşamadan oluşmaktadır.

Modelhane aşamasında kalıp hazırlama, serileme ve pastal kesim planı oluşturma işlemleri gerçekleştirilir ve burada bir personel çalışmaktadır. Kesim aşamasında ise kumaş serimi ve pastal kesimi yapılır ve bu aşamada iki personel görev almaktadır.

İşletmede iki ayrı montaj hattı bulunmaktadır. Bu hatlardan biri gömlek, mont, yelek, kaban gibi ürünlerin üretimi için, diğeri ise pantolon, bere, boyunluk ve tişört gibi ürünlerin üretimi için kullanılmaktadır. Sipariş durumuna göre montaj hatları düzenlenmekte ve ilgili ürünün üretimine uygun hale getirilmektedir. Bu araştırma verileri alınırken gömlek üretimi yapılmış olup, dolayısıyla veriler gömlek üretimi için kullanılmıştır (Şekil 2).



**Şekil 2:** Gömlek Teknik Çizimi

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Gömlek üretim sürecindeki montaj hattı, beş ana başlık altında incelenebilir: Bunlar; sabit operasyonlar, hazırlık operasyonları, yaka operasyonları, ön cep operasyonları ve kol operasyonlarıdır. Sabit operasyonlar; ön üst ve alt birleştirme, ön roba birleşimi, ön birleşim çift iğne, arka roba takma, omuz birleştirme, kol birleştirme, omuz ve kol çift iğne, yan dikiş birleştirme, sol arma dikimi, ön pat hazırlık birleştirme, gömlek etek ucu kıvrırma, ön pat çift iğne, ön pat üst çift iğne, bedene yaka takma, yaka üst kapama, ilik açma, düğme dikme ve ip temizleme işlemlerini kapsamaktadır. Hazırlık operasyonları; üretimi desteklemek amacıyla bandın dışında gerçekleştirilen yaka, manşet, pat tela yapıştırma ve yardımcı ütüleme işlemlerini içermektedir. Burada hazırlanan yaka ve yaka ayağı, yaka operasyonuna gönderilmek üzere üretim bandını beslemeye hazır hale getirilir. Yaka operasyonları; yaka ve yaka ayağını birleştirme, yaka çevirme, kenar regüle, yaka ayağı kenar dikişi, yaka-yaka ayağı orta çıma dikişi, yaka üst dikişi ve yaka üst çift iğne işlemlerini kapsamaktadır. Ön cep operasyonları; göğüs cep ağzı dikişi, ön göğüs cebi aplike, cep kapağı regüle, cep kapağı çıma, ön göğüs cebi çift iğne, cep kapağı takma, fileto cep dikimi, fileto açma, kesme ve çevirme, sol yan fileto cep ve fileto torba dikimi işlemlerinden oluşmaktadır. Kol operasyonları ise; kol arma montajı, kol üst bant birleştirme ve uzun tek parça dikiş, kol üst bant katlama dikişi, kol üst bandın kola dikimi, kol kalemlik, kol ağzı apar tura, manşet dikişi, manşet birleştirme, manşet takma ve manşet çift iğne işlemlerini içermektedir. Üretilen ürünler, kalite kontrol aşamasında kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Bu bölümde iki personel çalışmakta, ihtiyaç halinde diğer birimlerden üç personel daha destek vermektedir. Ürünler, son ütü aşamasında son kez ütülenir ve paketleme ile sevkiyat süreçleri kalite kontrol aşamasındaki personel tarafından gerçekleştirilir. Tablo 1’de görüldüğü üzere işletme Ocak-Haziran dönemi boyunca toplam 150.663 adet sipariş almıştır. Sipariş miktarları ürün türlerine göre çeşitlilik göstermektedir ve bu çeşitlilik, üretim planlaması ve kapasite yönetimi açısından dikkatle değerlendirilmelidir. Gömlek üretimi toplam üretimin yaklaşık %28,4’ünü oluşturmaktadır. Bu oran, gömlek üretiminin işletme için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Gömlek, mont, yelek ve tişört gibi ürünler yüksek adetlerde sipariş edilmiştir, bu da bu ürünlerin üretiminde daha fazla kaynak ayrılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, belirli ürünlerin belirli aylarda yoğun sipariş alması, mevsimsel taleplerin dikkate alınarak üretim ve stok yönetimi yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın simülasyon verileri üretim analizi bölümünde belirtildiği gibi Ocak-Haziran dönemi için sipariş miktarları işletmeden elde edilmiştir. Gözlemin yapıldığı dönemde üretim hatlarında gömlek üretildiği

için 300 gömleğin üretim süreci tek tek incelenmiş ve operasyon süreleri aritmetik ortalamaları alınmak suretiyle tespit edilmiştir.

**Tablo 1:** Sipariş Miktar ve Süreleri Tablosu

| No | Sipariş Tarihi | Adet  | Tür      | No | Sipariş Tarihi | Adet          | Tür           |
|----|----------------|-------|----------|----|----------------|---------------|---------------|
| 1  | 5.Oca          | 3500  | Bere     | 16 | 11.Nis         | 4701          | Pantolon      |
| 2  | 11.Oca         | 3500  | Boyunluk | 17 | 18.Nis         | 382           | Pantolon      |
| 3  | 15.Oca         | 3400  | Gömlek   | 18 | 25.Nis         | 1618          | Hırka         |
| 4  | 21.Oca         | 2659  | Gömlek   | 19 | 31 Nisan       | 10150         | Yelek         |
| 5  | 25.Oca         | 1498  | Elbise   | 20 | 7.May          | 902           | Gömlek        |
| 6  | 31.Oca         | 4662  | Mont     | 21 | 12.May         | 5303          | Sweat         |
| 7  | 7.Şub          | 8982  | Gömlek   | 22 | 18.May         | 4500          | Kar pantolonu |
| 8  | 15.Şub         | 460   | Önlük    | 23 | 21.May         | 1000          | Polar takım   |
| 9  | 21.Şub         | 2500  | Tişört   | 24 | 28.May         | 601           | Pantolon      |
| 10 | 28.Şub         | 5966  | Sweat    | 25 | 4.Haz          | 18000         | Gömlek        |
| 11 | 8.Mar          | 2659  | Boyunluk | 26 | 9.Haz          | 500           | Tulum         |
| 12 | 15.Mar         | 11150 | Yelek    | 27 | 15.Haz         | 7500          | Mont          |
| 13 | 23.Mar         | 12000 | Tişört   | 28 | 22.Haz         | 4171          | Pantolon      |
| 14 | 30.Mar         | 1123  | Kaban    | 29 | 27.Haz         | 7532          | Pantolon      |
| 15 | 5.Nis          | 12212 | Mont     | 30 | 30.Haz         | 7532          | Gömlek        |
|    |                |       |          |    | <b>Toplam</b>  | <b>150663</b> |               |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Üretim süreci; model hane aşamasında, kalıp hazırlama, serileme ve pastal kesim planı oluşturma işlemleri gerçekleştirilmesiyle başlamaktadır. Bu süreç, gömlek üretimi için toplamda yaklaşık 4,5 saat sürmektedir ve model hanede bir personel çalışmaktadır. Kesim aşamasında ise kumaş serimi ve pastal kesimi işlemleri yapılmaktadır. Kumaş serme işlemi, sipariş sayısına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, ortalama olarak 1 saatlik bir süreyi kapsamaktadır. Kesim hattında iki personel görev almakta olup, bir beden kesim süresi ortalama 20 dakika sürmektedir.

**Tablo 2:** Sabit Operasyon Süreleri

|    | Sabit Operasyonlar                         | Süre (sn)      |
|----|--------------------------------------------|----------------|
| 1  | Ön üst ve alt birleştirme (Roba vb)        | 14,07          |
| 2  | Ön roba birleşimi                          | 33,82          |
| 3  | Ön birleşim çift iğne                      | 50,56          |
| 4  | Arka roba takma (İki kat roba birleştirme) | 38,62          |
| 5  | Omuz birleştirme                           | 132            |
| 6  | Kol birleştirme                            | 122,74         |
| 7  | Omuz ve kol çift iğne                      | 69,67          |
| 8  | Yan dikiş birleştirme                      | 132            |
| 9  | Sol arma dikimi                            | 38,67          |
| 10 | Ön pat hazırlık birleştirme                | 20             |
| 11 | Gömlek etek ucu kıvrma                     | 128,67         |
| 12 | Ön pat çift iğne                           | 119            |
| 13 | Ön pat üst çift iğne                       | 70,66          |
| 14 | Bedene yaka takma                          | 127,33         |
| 15 | Yaka üst kapama                            | 178,33         |
| 16 | İlik açma birim süre                       | 5              |
| 17 | Düğme dikme                                | 7              |
| 18 | İp temizleme                               | 134            |
|    | <b>Toplam Süre</b>                         | <b>1422,14</b> |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Sabit operasyon sürecinde çalışan 6 personelin toplamda 300 ürün üzerinde gerçekleştirdiği işlemlerin aritmetik ortalamalarının alınması suretiyle oluşturulmuştur. Tablo 2' de görüldüğü üzere, sabit operasyonda gerçekleştirilen 18 farklı işlemin toplam ortalama süresi 1422,14 saniye olarak hesaplanmıştır. Bu işlemler arasında, en uzun süre 178,33 saniye ile "Yaka Üst Kapama" işlemine, en kısa süre ise 7 saniye ile "Düğme Dikme" işlemine aittir.

**Tablo 3:** Yaka Operasyon Süreleri

|   | Yaka Operasyonları                    | Süre (sn)     |
|---|---------------------------------------|---------------|
| 1 | Yaka ve yaka ayağı birleştirme        | 24,13         |
| 2 | Yaka çevirme, kenar regüle            | 41,72         |
| 3 | Yaka ayağı kenar dikişi               | 20,79         |
| 4 | Yaka yaka ayağı orta çıma dikişi      | 13,77         |
| 5 | Yaka üst dikişi, (telaya göre regüle) | 35,27         |
| 6 | Yaka üst çift iğne                    | 53            |
|   | <b>Toplam Süre</b>                    | <b>188,68</b> |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Yaka operasyon sürecinde çalışan 2 personelin toplamda 300 ürün üzerinde gerçekleştirdiği işlemlerin aritmetik ortalamalarının alınması suretiyle Tablo 3 oluşturulmuştur. Tablo 3'te görüldüğü üzere, yaka operasyonunda gerçekleştirilen 6 farklı işlemin toplam ortalama süresi 188,68 saniye olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, yaka operasyonlarındaki en uzun işlem 53 saniye ile "Yaka üst çift iğne" olup, en kısa işlem ise 13,77 saniye ile "Yaka ve yaka ayağı orta çıma dikişidir.

Tablo 4'te görüldüğü üzere Hazırlık operasyonlarında, ütü ve telalama işlemleri, işleme nakış ve işaret işlemleri yapılmaktadır. Ütü ve telalama işlemi, toplam tela süresinin ortalama 35,03 ütü işlemi 25,02 saniye olarak gözlemlenmiştir. Telalama işlemi içerisinde cep kapağı telalama, kol manşeti telalama, fileto cep telalama, yaka tela ve kol bant bulunmaktadır. İşleme/nakış işlemi olarak da gömleğe eklenecek nakış işlemi olmaktadır ve ortalama 40,18 saniye sürmektedir. İşaretleme işlemlerinde ise cep yeri çizimi süresi 40,26 saniye olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4:** Hazırlık Operasyon Süreleri

|   | Hazırlık Operasyonları | Süre (sn)     |
|---|------------------------|---------------|
| 1 | Ütü ve Telama          | 60,05         |
| 2 | İşleme/Nakış           | 40,18         |
| 3 | İşaretleme             | 40,26         |
|   | <b>Toplam Süre</b>     | <b>140,94</b> |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 5'te, her bir ön cep operasyonunun tamamlanması için gereken süreler detaylandırılmıştır. Operasyonların süreleri, süreç optimizasyonu ve verimlilik analizi için önemli veriler sunmaktadır. Özellikle, en uzun süren işlemler "Fileto torba dikimi" (173,34 saniye) ve "Fileto açma kesme ve çevirme" (145,34 saniye) olarak dikkat çekmektedir. Bu işlemler, toplam süreye önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır ve bu işlemlerin süresinin azaltılması, genel operasyon verimliliğini artırmak için fırsatlar oluşturabilecektir.

**Tablo 5:** Ön Cep Operasyon Süreleri

|   | Ön Cep Operasyonları                     | Süre (sn)     |
|---|------------------------------------------|---------------|
| 1 | Göğüs cep ağzı dikişi                    | 23,16         |
| 2 | Ön göğüs cebi aplike                     | 107,8         |
| 3 | Cep kapağı regüle                        | 62            |
| 4 | Cep kapağı çıma dikişi                   | 40,08         |
| 5 | Ön göğüs cebi çift iğne cep kapağı takma | 89,18         |
| 6 | Fileto cep dikimi                        | 51,76         |
| 7 | Fileto açma kesme ve çevirme             | 145,34        |
| 8 | Sol yan fileto cep                       | 69,42         |
| 9 | Fileto torba dikimi                      | 173,34        |
|   | <b>Toplam Süre</b>                       | <b>762,08</b> |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Kısa süren işlemler arasında "Göğüs cep ağzı dikişi" (23,16 saniye) ve "Cep kapağı çıma dikişi" (40,08 saniye) bulunmaktadır. Bu işlemler, sürecin daha hızlı ilerlediği aşamaları temsil etmektedir. Toplamda, ön cep operasyonlarının tamamlanması 762,08 saniye sürmektedir. Bu sürelerin analizi, üretim sürecindeki darboğazları belirlemek ve iyileştirme alanlarını tespit etmek için kullanılabilir. Süreç iyileştirme çalışmaları, eğitim, ekipman yenileme veya iş akışlarının optimizasyonu yoluyla bu sürelerin azaltılmasına odaklanabilmek mümkündür.

**Tablo 6:** Kol Operasyon Süreleri

|   | Kol Operasyonları                                                             | Süre (sn)     |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | Kol arma montaj                                                               | 79,33         |
| 2 | Kol üst bant birleştirme (uzun tek parça hazırlanıp boyu regüle edilmektedir) | 7             |
| 3 | Kol üst bant katlama dikişi (telalı)                                          | 29,31         |
| 4 | Kol üst bandın kola dikimi                                                    | 19,75         |
| 5 | Kol kalemlik                                                                  | 49,01         |
| 6 | Kol ağzı apar tura Manşet dikişi                                              | 56,8          |
| 7 | Manşet birleştirme                                                            | 62,02         |
| 8 | Manşet takma                                                                  | 115,33        |
| 9 | Manşet çift iğne                                                              | 49,33         |
|   | <b>Toplam Süre</b>                                                            | <b>467,88</b> |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 6'da her bir kol operasyonunun tamamlanması için gereken süreler ayrıntılı olarak sunulmuştur. Operasyonların süreleri, süreç optimizasyonu ve verimlilik analizi için önemli bilgiler sağlamaktadır. Özellikle, en uzun süren işlem "Manşet takma" (115,33 saniye) olarak dikkat çekmektedir. Bu işlem, toplam süreye önemli ölçüde katkıda bulunur ve bu işlemin süresinin azaltılması, genel operasyon verimliliğini artırmak için önemli bir fırsat olabilecektir. Diğer önemli süreler arasında "Kol arma montaj" (79,33 saniye) ve "Manşet birleştirme" (62,02 saniye) bulunmaktadır. Daha kısa süren işlemler arasında ise "Kol üst bant birleştirip uzun tek parça" (7 saniye) ve "Kol üst bandın kola dikimi" (19,75 saniye) yer almaktadır. Toplamda, kol operasyonlarının tamamlanması 467,88 saniye sürmektedir. Bu sürelerin analizi, üretim sürecindeki darboğazları belirlemek ve iyileştirme alanlarını tespit etmek için kullanılabilir. Süreç iyileştirme çalışmaları, eğitim, ekipman yenileme veya iş akışlarının optimizasyonu yoluyla bu sürelerin azaltılmasına odaklanabilir.

Kalite kontrol ve son ütü sonrası paketleme işlemleri, iki sabit personel tarafından yürütülmektedir. Gerektiğinde, diğer hatlardan üç ek personel ile destek sağlanmaktadır. Kalite kontrol sürecinde, üretilen ürünlerin yaklaşık %15 ila %18'inde hata tespit edilmektedir. Bu hatalı ürünler, kalite kontrol işleminden sonra yeniden üretime gönderilerek hataların düzeltilmesi sağlanmaktadır. Kalite kontrol işlemi, 300 ürün üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, ortalama 134 saniyede tamamlanmaktadır.

Son ütü işlemi beş personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu personellerin gerçekleştirdiği ütüleme işlemleri gözlemlenmiş ve 300 ürün üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, ütüleme işleminin

ortalama olarak 89,33 saniyede tamamlandığı belirlenmiştir. Paketleme işlemi ise sevkiyat durumuna göre gerçekleştirilmektedir.

## Bulgular

### Mevcut durum simülasyonunun oluşturulması

Gözlemler sonucunda elde edilen değerleri Arena Input Analyzer kullanılarak üretim sürecindeki çeşitli operasyonların istatistiksel dağılımları ve uygun modelleri Tablo 7’de ki gibi belirlenmiştir. Bu dağılımlar, üretim süreçlerinin analizi ve simülasyonu için kullanılmıştır.

**Tablo 7:** Dağılım Türleri

|    |                        | Dağılım Türü | Arena Uygun Model                    |
|----|------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 1  | Sipariş Miktarları     | Exponential  | 382 + EXPO(4.64e+003)                |
| 2  | Sipariş Süreleri       | Triangular   | TRIA(3.5, 6.4, 8.5)                  |
| 3  | Modelhane              | Poisson      | POIS(5.06)                           |
| 4  | Kesim                  | Normal       | NORM(121, 10.7)                      |
| 5  | Sabit Operasyonlar     | Triangular   | TRIA(1.4e+003, 1.42e+003, 1.46e+003) |
| 6  | Hazırlık Operasyonları | Poisson      | POIS(140)                            |
| 7  | Yaka Operasyonları     | Poisson      | POIS(188)                            |
| 8  | Ön Cep Operasyonları   | Normal       | NORM(709, 27.4)                      |
| 9  | Kol Operasyonları      | Normal       | NORM(471, 22.3)                      |
| 10 | Kalite Kontrol         | Normal       | NORM(134, 11.8)                      |
| 11 | Son Ütü                | Triangular   | TRIA(86, 86.8, 95)                   |
| 12 | Paketleme              | Beta         | BETA(1.19, 1.85)                     |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Sipariş Miktarları için elde edilen gözlemler exponential dağılım göstermektedir. Exponential dağılım, sürekli bir olasılık dağılımıdır ve genellikle bekleme süreleri veya olaylar arasındaki zaman aralıklarını modellemek için kullanılır. Bu dağılımın temel özelliği, belleksiz olmasıdır; yani, gelecekte bir olayın gerçekleşme olasılığı, geçmişte ne kadar süre geçtiğinden bağımsızdır (Rasekhi vd, 2017, s. 383-384). Exponential dağılım, özellikle ATM makinelerine gelen müşteriler arasındaki bekleme süreleri veya bir cihazın arıza yapma süresi gibi durumları modellemek için idealdir. Bu çalışmada elde edilen verilerden elde edilen bulgulara göre sipariş miktarlarının dağılımı  $382+EXPO(4.64e+003)$  olarak tespit edilmiştir.

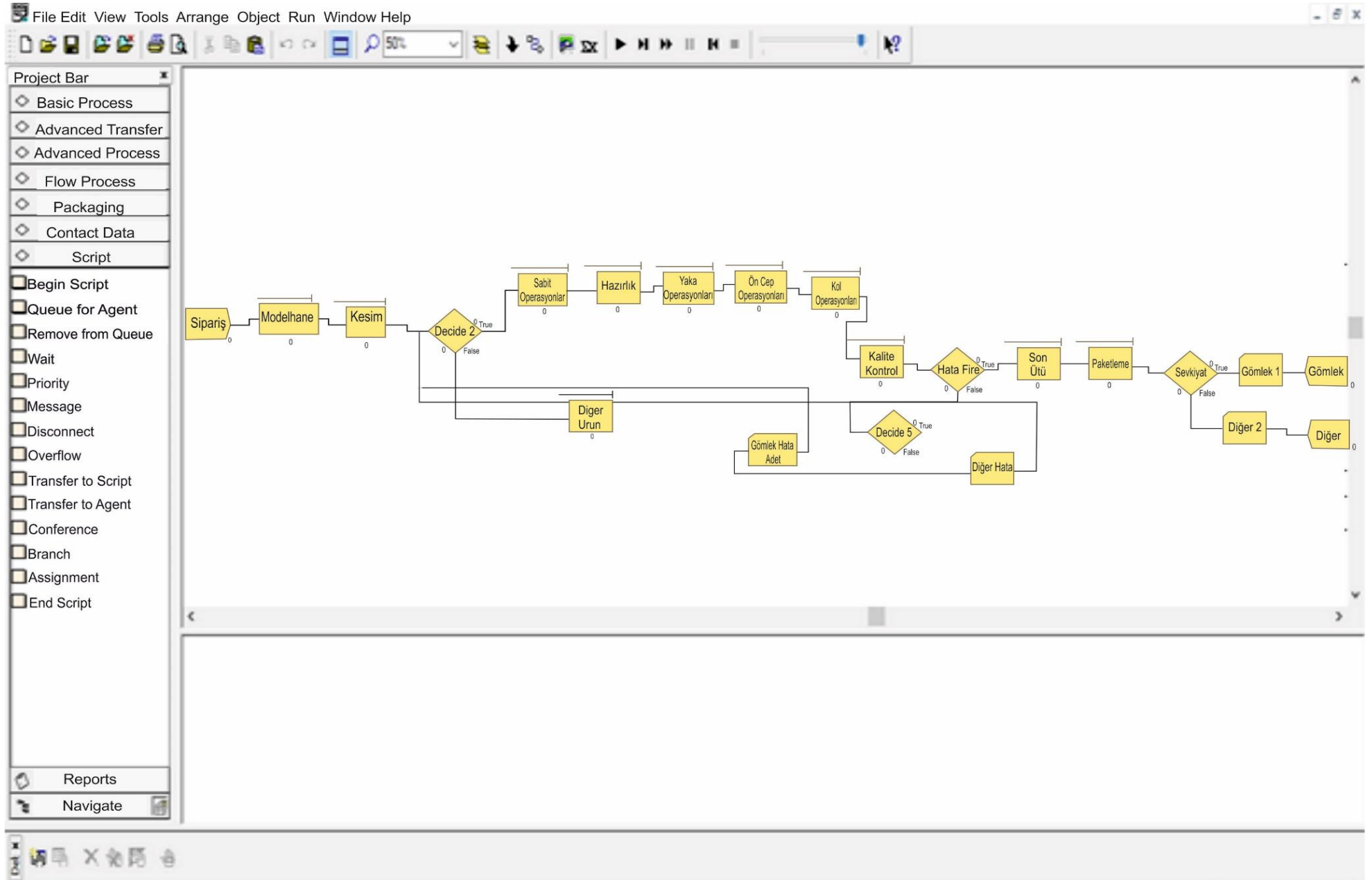
Sipariş Süreleri, Sabit operasyonlar ve son ütü üçgen dağılım göstermektedir. Üçgen dağılım, belirli bir minimum, maksimum ve mod arasındaki değerleri modellemek için kullanılan sürekli bir olasılık dağılımıdır. Üçgen şeklindeki bu dağılım, üç parametre ile tanımlanır. Bunlar, minimum değer, mod ve maksimum değerdir. Triangular (Üçgen) dağılım, verilerin doğası hakkında sınırlı bilgiye sahip olduğumuz durumlarda, ancak belirli sınırlar ve en olası bir değer hakkında bilgi sahibi olduğumuzda kullanılır (Fairchild, Misra ve Shi, 2016, s.320). Sipariş süreleri, minimum 3,5 gün, mod 6,4 gün ve maksimum 8,5 gün olacak şekilde üçgen dağılıma sahiptir. Sabit operasyonlar, minimum 1400 saniye, mod 1420 saniye ve maksimum 1460 saniye ile üçgen dağılıma sahiptir. Son ütü işlemi, minimum 86 saniye, mod 86,8 saniye ve maksimum 95 saniye ile üçgen dağılıma sahiptir.

Model hane, hazırlık operasyonları ve yaka operasyonlarında Poisson dağılım gerçekleşmiştir. Poisson dağılımı, belirli bir zaman diliminde veya alanda belirli bir olayın gerçekleşme sayısını modellemek için kullanılan bir olasılık dağılımıdır. Bu dağılım, olayların bağımsız olarak ve sabit bir ortalama hızda meydana geldiği durumlar için uygundur. Tek bir parametre olan  $\lambda$  (lambda) ile tanımlanır; bu parametre, belirli bir zaman diliminde veya alanda beklenen ortalama olay sayısını temsil eder. Poisson dağılımının ortalaması ve varyansı her ikisi de  $\lambda$  ya eşittir. Bu dağılım, çağrı merkezine gelen çağrı sayısı, belirli bir bölgede meydana gelen trafik kazası sayısı veya bir web sitesine belirli bir süre içinde gelen ziyaretçi sayısı gibi durumları modellemek için sıkça kullanılır (Consul ve Jain, 1973, s. 791). Model hanedeki olayların sayısı, ortalama 5,06 ile Poisson dağılımına göre dağıtılmaktadır. Hazırlık işlemlerinin sayısı, ortalama 140 ile Poisson dağılımına göre dağıtılmaktadır. Yaka operasyonlarının sayısı, ortalama 188 ile Poisson dağılımına göre dağıtılmaktadır.

Kesme, ön cep operasyonları, kol operasyonları ve kalite kontrol normal dağılım göstermektedir. Normal dağılım, istatistikte en yaygın kullanılan sürekli olasılık dağılımlarından biridir ve genellikle

"Gauss dağılımı" olarak da bilinir. Bu dağılım, verilerin çoğunun ortalama etrafında yoğunlaştığı ve simetrik olarak dağıldığı bir çan eğrisi şeklindedir (Johnson, Kotz ve Balakrishnan, 1987, s.3-7). Kesme işlemi, ortalama 121 saniye ve standart sapma 10,7 saniye ile normal dağılım göstermektedir. Ön cep operasyonları, ortalama 709 saniye ve standart sapma 27,4 saniye ile normal dağılım göstermektedir. Kol operasyonları, ortalama 471 saniye ve standart sapma 22,3 saniye ile normal dağılım göstermektedir. Kalite kontrol işlemi, ortalama 134 saniye ve standart sapma 11,8 saniye ile normal dağılım göstermektedir.

Paketleme süreci Beta dağılım göstermektedir. Beta dağılım, 0 ile 1 arasında değer alan sürekli bir olasılık dağılımıdır ve özellikle oranlar, başarı olasılıkları ve yüzdeler gibi sınırlı aralıktaki değişkenleri modellemek için kullanılır. Bu dağılım, iki pozitif parametre olan  $\alpha$  (alfa) ve  $\beta$  (beta) ile tanımlanır (Johnson, Kotz ve Balakrishnan, 1994, s. 1-6). Bu parametreler, dağılımın şeklinin esnek bir şekilde değişmesine olanak tanır. Paketleme süresi, BETA (1,19, 1,85) dağılımlı bir varyasyon ile hesaplanmaktadır.



Şekil 3: Mevcut Durum Simülasyonu

**Kaynak:** Yazar tarafından Arena Simülasyon Programı kullanılarak üretilmiştir.

Şekil 3'te gösterildiği gibi bir simülasyon modeli kurulmuştur. Simülasyon 300 kez çalıştırılmıştır. Sonuçlara göre, ortalama 146,835 adet ürün çıktısı elde edilmiştir. Mevcut sipariş miktarının 150,663 adet olduğu göz önüne alındığında, yaklaşık %97,5 oranında bir benzeşme olduğu görülmektedir. Simülasyon sonuçlarına göre gömlek üretim adedi 41,127 olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleşen sipariş miktarının 41,475 olduğu dikkate alındığında, yaklaşık %99,1 oranında uyum göstermiştir. Model akışının doğrulanması amacıyla temsili partiler üzerinde iz sürme uygulanmış, hatalı geçiş ya da atlama tespit edilmemiştir. Ayrıca temel performans göstergeleri için %95 güven aralığı kapsamında yapılan karşılaştırmalar model-gerçek sistem tutarlılığını desteklemiştir. Sonuçlar, 7,251 adet hatalı gömlek ve 18,653 adet diğer hatalı ürün üretildiğini göstermekte; buna göre gömlek üretimindeki hata oranı %17,6, toplam üretim genelindeki hata oranı ise %12,7 olarak hesaplanmaktadır.

## Süreç iyileştirme simülasyonu

İşletmede hatalı üretim miktarı oldukça yüksektir. Bu hatalar; malzeme kaynaklı, makine kaynaklı, insan kaynaklı, yönetsel nedenler, çevresel faktörler ve tedarik zinciri yönetimi gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Hatalı üretimler, işletmenin verimliliğini düşürmekte, maliyetlerini artırmakta ve müşteri memnuniyetini olumsuz etkilemektedir.

Malzeme kaynaklı hatalar malzeme seçimi ve malzeme kullanımı gibi iki kategoride değerlendirilebilir. Malzeme seçimi kaynaklı hatalar, kalitesiz kumaş seçimi, uygun olmayan malzeme kullanımı ve kumaşın yapısal kusurlarından kaynaklanmaktadır. Maliyeti düşürmek amacıyla kalitesiz kumaş kullanılması, kumaşa dokuma hataları, renk solmaları, yırtıklar veya iplik hataları gibi sorunlara yol açarak üretimde hatalara neden olabilmektedir. Üretim için uygun olmayan malzemelerin kullanımı, ürün kalitesinin düşmesine yol açmaktadır. Ayrıca, kumaşın doğal ya da üretim hatalarından kaynaklanan kusurlarının fark edilmemesi de hatalı üretimle sonuçlanabilmektedir. Uygun malzeme seçimi kadar malzemeyi doğru kullanmak da üretimi etkilemektedir. Kesim işleminde parçanın kusurlu kesilmesi parça başı üretimi aksatmakta, hatanın düzeltilmesi için ilave malzemeye ihtiyaç duyulmakta ve yeni iş adımları oluşmaktadır.

Makine kaynaklı hatalar, makine arızaları, yetersiz bakım ve makine ayarlarının yanlış yapılması gibi nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Kesim, dikim ve ütüleme gibi süreçlerde kullanılan makinelerdeki arızalar, hatalı üretime sebep olabilmektedir.

İnsan kaynaklı hatalar ise genellikle eğitim eksikliği, dikkatsizlik ve iletişim sorunlarından kaynaklanmaktadır. Personelin yeterli eğitim almaması, hatalı kesim, dikim ve kalite kontrol hatalarına neden olabilmektedir. Üretim sürecinde çalışanların dikkatsizliği ve iş disiplinine uymamaları da hatalı üretimin sık görülen nedenlerindendir. Ayrıca, ekip içindeki yetersiz iletişim, yanlış anlaşılmalara ve dolayısıyla hatalı üretime yol açabilmektedir.

Yöntem kaynaklı hatalar, yetersiz planlama ve kalite kontrol süreçlerinin zayıflığından kaynaklanmaktadır. Hazır giyim sektöründe montaj hattında, parçadan bütüne üretim planlandığı için her iş adımı bir sonraki adımı etkiler ve operasyon adımları birbirini kontrol eder niteliktedir. Üretim süreçlerinin yanlış veya yetersiz planlanması, işin uzamasına, hatalı ürünlerin dikilmesine neden olmaktadır. Ayrıca belirlenen standartlara uygun üretim yapılmaması, hatalı üretime yol açan bir diğer faktördür.

Çevresel faktörler, özellikle sıcaklık ve nem gibi koşulların üretim süreci üzerindeki etkisi ile ortaya çıkmaktadır. Bu durum, özellikle kumaşın boyanması ve kurutulması gibi işlemlerde hatalara yol açabilmektedir. Ayrıca, yetersiz aydınlatma ve kötü havalandırma gibi iş ortamı koşulları da çalışanların performansını olumsuz etkileyerek hatalara neden olmaktadır.

Tedarik zinciri ve lojistik sorunları nadiren yaşansa da zaman zaman karşılaşılan durumlardır. Geç teslimatlar veya yanlış malzeme tedariki, belirli dönemlerde hatalara yol açabilmekte, ürün sevkiyat süresini geciktirmektedir.

Şekil 4'te gösterildiği gibi iyileştirme simülasyon modelinde, dijital olarak pastal kesiminin planlanması ve kesim aşamasında parçalara meto basılması işlemleri uygulanmıştır. Dijital pastal kesim planı yapay zekâ destekli olarak hazırlanmakta ve bu işlem bir model için yaklaşık 2 dakika sürmektedir. Ardından hazırlanan kesim planının büyük yazıcıdan (plotter) çıktısı 8 dakikada alınmaktadır. Sipariş sayısına uygun olarak serilmiş kumaşların kesim işlemi ortalama 15 dakika içerisinde tamamlanmaktadır. Kesim öncesine eklenen bu dijital süreç sayesinde kumaş yerleşim düzeni bilgisayar destekli olarak optimize edilmekte ve kesim hatalarının önüne geçilmektedir. Kesim işlemini takiben, her parçanın üzerine model bilgilerini içeren meto basımı yapılmaktadır. Meto basılması, parçaların sonraki operasyonlarda doğru şekilde eşleştirilmesini ve izlenebilirliğini sağlamaktadır. Meto basımı her parça için ayrı ayrı yapılmaktadır. Bu işlem, siparişin kesim adedine bağlı olarak değişmekle birlikte, parça

başına ortalama 2 saniye sürmektedir. Meto işleminde, parça bloklarının taşınması için ilave olarak yaklaşık 1-2 dakika süre gerekmektedir.

Bu iyileştirme adımlarının uygulanmasıyla simülasyon yeniden 300 kez çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre ortalama 172,608 adet ürün çıktısı elde edilmiştir. Gömlek üretim adedi 48,526 olarak gerçekleşmiş; 200 adet hatalı gömlek ve 493 adet diğer hatalı ürün tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Tablo 8’de görüldüğü gibi gömlek üretiminde hata oranı yaklaşık %0,4’e, toplam üretimde ise hata oranı %0,4 seviyesine gerilemiştir.

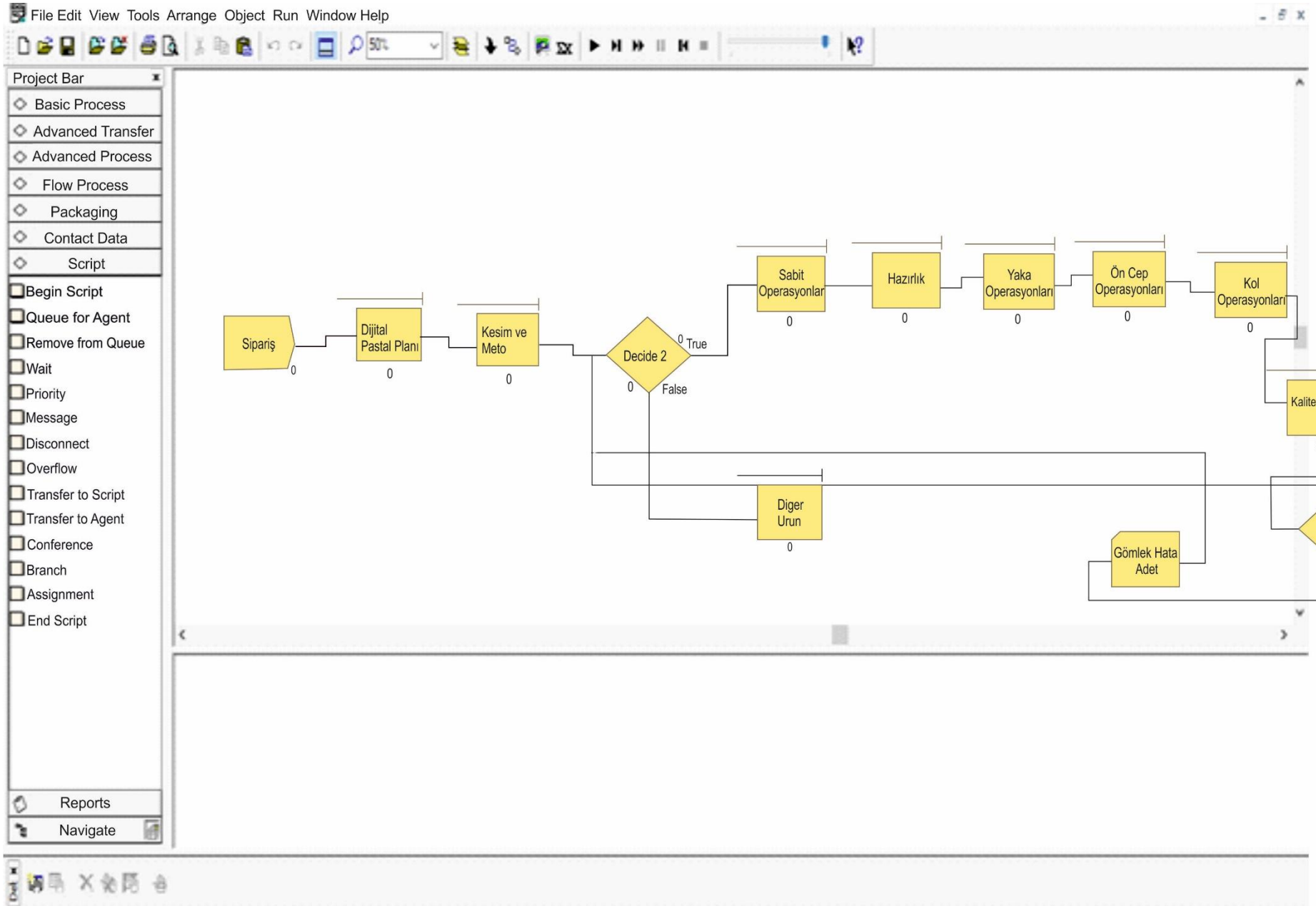
**Tablo 8:** Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırma Tablosu

| Durum               | Toplam Ürün | Gömlek Üretimi | Hatalı Gömlek | Diğer Hatalı Ürün | Toplam Hata | Hata Oranı (Gömlek) | Hata Oranı (Genel) |
|---------------------|-------------|----------------|---------------|-------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| Mevcut Durum        | 146,835     | 41,127         | 7,251         | 18,653            | 25,904      | %17,6               | %12,7              |
| İyileştirme Sonrası | 172,608     | 48,526         | 200           | 493               | 693         | %0,4                | %0,4               |

**Kaynak:** Yazar tarafından üretilmiştir.

Bu kapsamda işletmeye hata miktarını ve oranını ciddi seviyede azaltacak bazı tavsiyeler sunulmaktadır. Bu tavsiyeler şu şekildedir:

- Dijital model hane uygulamaları ile model standartlarının sağlanması,
- Dijital pastal kesim gibi ileri teknoloji çözümlerinin kullanılması,
- Giysilerin kesim sürecinde üzerine özel işaretler, etiketler veya barkodlar basılarak, ürünlerin takibinin sağlanması,
- Aydınlatma, havalandırma gibi iş ortamı koşulları, çalışanların performansını artıracak şekilde düzenlenmesi,
- Ekip içi iletişim güçlendirilerek, yanlış anlaşılmalara ve hatalara önüne geçilmesi,
- Çalışanların iş disiplinine uygun davranış sergilemeleri teşvik edici prim ve ödüller verilmesi,
- Çalışanlara düzenli aralıklarla teknik eğitimler verilmesi,
- Üretimde kullanılacak kumaş ve diğer malzemelerin yüksek kalitede olmasına dikkat edilmesi,
- Üretim süreçleri dikkatli bir şekilde planlanması ve yönetilmesi,
- Gerçekleşen hatalar sistematik olarak analiz edilmeli ve tekrarlanmasını önlemek için iyileştirici önlemler alınması,
- Kalite kontrol süreçleri sıkı tutulması, üretimin her aşamasında denetimler yapılması
- Malzemeye uygun kullanım ve bakım talimatlarının planlanmasıdır.



**Şekil 4:** İyileştirme Simülasyonu

**Kaynak:** Yazar tarafından Arena Simülasyon Programı kullanılarak üretilmiştir.

## Sonuç

Hazır giyim üretimlerinde hataları en aza indirmek ve üretim süreçlerini optimize etmek amacıyla önerilen bu stratejiler, işletmenin verimliliğini ve kalite standartlarını yükseltmede önemli rol oynayacaktır. İlk olarak, dijital pastal kesim gibi ileri teknoloji çözümlerinin benimsenmesi, üretim sürecinde yüksek hassasiyet ve hız sağlayarak hataların azalmasına katkı sağlayacaktır. Bu tür teknolojilerin kullanımı hem iş gücünden hem de malzemedan tasarruf edilmesine olanak tanırken, aynı zamanda üretim sürecinin daha izlenebilir ve yönetilebilir olmasını sağlayacaktır.

Giysilerin kesim sürecinde üzerine özel işaretler, etiketler veya barkodlar basılması, üretim aşamalarının izlenmesini kolaylaştırmakta ve olası yanlışlıkların önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır. Bu uygulama, ürünlerin hangi aşamada olduğunu ve kim tarafından işlendiğini takip edebilme imkânı sunarak, hatalı ürünlerin hızlı bir şekilde tespit edilmesine olanak tanır. Böylece, hata oranlarının azaltılması ve üretim sürecinin daha akıcı bir şekilde ilerlemesi mümkün olur.

İş ortamı koşullarının, özellikle aydınlatma ve havalandırma gibi unsurların, çalışanların performansını artıracak şekilde düzenlenmesi de verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır. Uygun çalışma koşulları, çalışanların konsantrasyonunu ve motivasyonunu artırarak hataların minimumda tutulmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda, bu düzenlemeler iş yerinde genel bir memnuniyet yaratır ve çalışanların iş disiplinine olan bağlılıklarını güçlendirir.

Ekip içi iletişimin güçlendirilmesi, yanlış anlaşılmalara ve hataların önüne geçilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Açık ve etkili iletişim, bilgi akışını hızlandırarak ekip üyelerinin birbirlerini daha iyi anlamalarını sağlar ve böylece iş süreçlerinde daha az hata yapılmasına yol açar. Bu bağlamda, ekip içi iletişim stratejilerinin güçlendirilmesi, işletme içi koordinasyonu ve uyumu artıracak önemli bir faktördür.

Çalışanların iş disiplinine uygun davranış sergilemelerini teşvik eden prim ve ödül sistemleri, motivasyonu artırarak verimliliği olumlu yönde etkiler. Bu tür teşviklerin uygulanması, çalışanların işlerine olan bağlılıklarını pekiştirir ve üretim süreçlerine daha dikkatli ve özenli yaklaşmalarını sağlar. Bu, hataların azalması ve genel üretim kalitesinin yükselmesi açısından önemli bir etkidir.

Hazır giyim üretiminde, çalışanların teknik bilgi ve becerilerinin sürekli güncellenmesi gerekmektedir. Düzenli aralıklarla verilen teknik eğitimler, çalışanların bilgi seviyesini yükseltmekte ve hatasız bir üretim süreci sağlamak için gerekli yetkinlikleri kazandırmaktadır. Bu eğitimler, yeni teknolojilerin ve yöntemlerin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak, işletmenin rekabet gücünü artıracaktır.

Üretimde kullanılacak kumaş ve diğer malzemelerin yüksek kalitede olmasına dikkat edilmesi, üretim sürecindeki hataların önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Kaliteli malzemelerin kullanımı, nihai ürünün kalitesini doğrudan etkiler ve hataların minimumda tutulmasına katkı sağlar. Aynı zamanda, bu durum, müşteri memnuniyetini artırarak, işletmenin pazar payını korumasına ve genişletmesine yardımcı olur.

Üretim süreçlerinin dikkatli bir şekilde planlanması ve yönetilmesi, hataların önlenmesinde ve üretim verimliliğinin artırılmasında önemli bir faktördür. İyi planlanmış üretim süreçleri, kaynakların verimli kullanılmasını sağlar ve olası aksaklıkların önüne geçer. Bu, işletmenin genel performansını ve karlılığını olumlu yönde etkiler.

Gerçekleşen hataların sistematik olarak analiz edilmesi ve bu hataların tekrarlanmaması için iyileştirici önlemlerin alınması, sürekli bir gelişim sürecinin önemli bir parçasıdır. Bu analizler, hataların nedenlerini ve bu nedenlerin ortadan kaldırılması için gerekli adımları belirlemeye yardımcı olur. Sistematik hata analizi, işletmenin kalite standartlarını koruması ve geliştirmesi için kritik bir uygulamadır.

Son olarak, kalite kontrol süreçlerinin sıkı tutulması ve üretimin her aşamasında denetimlerin yapılması, hatasız bir üretim süreci için olmazsa olmaz bir adımdır. Kalite kontrol, üretimin her aşamasında potansiyel hataları tespit etmek ve bunların düzeltici önlemlerle giderilmesini sağlamak için gereklidir. Bu, nihai ürünün kalitesini artırarak müşteri memnuniyetini en üst seviyeye çıkarır ve işletmenin itibarı açısından hayati bir rol oynar. Bu öneriler, tekstil işletmelerinde üretim süreçlerini daha verimli ve hatasız hale getirmek için kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, hammadde kullanımı, üretim süreçleri ve üretim sonrası atıkların optimize edilmesi amacıyla simülasyon yöntemlerinin uygulanması önerilmektedir. Bu yaklaşım, hazır giyim işletmelerinin çevresel etkilerinin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesi ve minimize edilmesine olanak tanıyacaktır. Böylelikle, çevre sağlığına duyarlı üretim süreçlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlanabilir.

## Hakem Değerlendirmesi / Peer-review:

Dış bağımsız

*Externally peer-reviewed*

## Çıkar Çatışması / Conflict of interests:

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

*The authors have no conflict of interest to declare.*

## Finansal Destek / Grant Support:

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

*The authors declared that this study has received no financial support.*

## Yazar Katkıları / Author Contributions:

Fikir/Kavram/Tasarım - *Idea/Concept/Design*: **H.Y.** Veri Toplama ve/veya İşleme - *Data Collection and/or Processing*: **H.Y.** Analiz ve/veya Yorum - *Analysis and/or Interpretation*: **F.D.** Kaynak Taraması - *Literature Review*: **F.D.**, Makalenin Yazımı - *Writing the Article*: **F.D.** Eleştirel İnceleme - *Critical Review*: **H.Y.** Onay - *Approval*: **F.D.**, **H.Y.**

## Kaynakça / References

- Aldas, D. S., Reyes, J. P., Morales, L. A., Álvarez, K. M., Portalanza, N. D. J., & Amán, R. J. (2018, October). Manufacturing Strategies for an optimal pull-type production control system. Case study in a textile industry. In 2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONITI) (pp. 1-6). IEEE.
- Ardiansyah, D. P., Reynaldi, F. A. O., & Widaningrum, D. L. (2024). Improving warehouse layout effectiveness and process picking efficiency with the discrete event system simulation approach. *Procedia Computer Science*, 234, 1753-1760. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924005416>
- Byrne, J., Heavey, C., & Byrne, P. J. (2010). A review of web-based simulation and supporting tools. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(3), 253-276. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569190X0900149X>
- Consul, P. C., & Jain, G. C. (1973). A generalisation of the Poisson distribution. *Technometrics*, 15(4), 791-799. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00401706.1973.10489112>
- Çoruh, E. (2010). Hazır giyim endüstrisi için üretim sistem yaklaşımları. *Tekstil ve Mühendis*, 17(80), 11-19.
- Dogan, N. Ö., & Takci, E. (2015). Bir tekstil işletmesinde simülasyon yardımıyla süreç iyileştirme [Process improvement in a textile firm using simulation]. *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 185.
- Fairchild, K. W., Misra, L., & Shi, Y. (2016). Using triangular distribution for business and finance simulations in Excel. *Journal of Financial Education*, 42(3-4), 313-336. <https://www.jstor.org/stable/90001156>
- Gökarp, E., Gökarp, M. O., & Eren, P. E. (2019). Hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe Endüstri 4.0 devrimi: Akıllı konfeksiyon fabrikası önerisi. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 10(37), 73-96.
- Ingalls, R. G. (2011). Introduction to simulation. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference* (pp. 1374-1388). IEEE. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/324138.324142>

- Ingalls, R. G. (2014). Introduction to supply chain simulation. In Proceedings of the Winter Simulation Conference (pp. 36-50). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7019876>
- Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1987). Normal distributions. Continuous univariate distributions (Vol. 1, pp. 156-157). John Wiley & Sons. <https://pj.freefaculty.org/guides/stat/Distributions/DistributionWriteups/Normal/Normal-01.pdf>
- Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1994). Beta distributions. Continuous univariate distributions (Vol. 2, pp. 210-275). John Wiley & Sons.
- Jovanovski, B., Minovski, R., Voessner, S., & Lichtenegger, G. (2012). Combining system dynamics and discrete event simulations-overview of hybrid simulation models. Journal of Applied Engineering Science, 10(3), 135-142. <https://www.aseestant.ceon.rs/index.php/jaes/article/view/2512>
- Kaya, T. (2025). Yalın üretim uygulamaları destekli bütünleşik bir üretim yönetimi sistemi: Bir simülasyon uygulaması. Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 12(2), 207-227. <https://doi.org/10.17541/optimum.1537409>
- Keckeisen, M., Stoev, S. L., Feurer, M., & Straßer, W. (2003). Interactive cloth simulation in virtual environments. In IEEE Virtual Reality, Proceedings (pp. 71-78). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1191123>
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sadowski, D. A. (2002). Simulation with ARENA. McGraw-Hill. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/940602>
- Kins, R., Möbitz, C., & Gries, T. (2025). Towards autonomous learning and optimisation in textile production: data-driven simulation approach for optimiser validation: R. Kins et al. Journal of Intelligent Manufacturing, 36(5), 3483-3508.
- Li, W., Joós, G., & Bélanger, J. (2009). Real-time simulation of a wind turbine generator coupled with a battery supercapacitor energy storage system. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 57(4), 1137-1145. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5342521>
- Negahban, A., & Smith, J. S. (2014). Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. Journal of Manufacturing Systems, 33(2), 241-261. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612513001301>
- Öndoğan, E. N. (2018). Hazır giyim sektörü ve yeşil pazarlama. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 27(2), 97-110. <https://dergipark.org.tr/en/pub/cusosbil/issue/39773/471260>
- Rasekhi, M., Alizadeh, M., Altun, E., Hamedani, G. G., Afify, A. Z., & Ahmad, M. (2017). The modified exponential distribution with applications. Pakistan Journal of Statistics, 33(5), 383-398. <https://l24.im/FvKowA>
- Sabadka, D., Molnár, V., Fedorko, G., & Jachowicz, T. (2017). Optimisation of production processes using the Yamazumi method. Advances in Science and Technology Research Journal, 11(4), 175-182. <https://www.astrj.com/Optimization-of-Production-Processes-Using-the-Yamazumi-Method,80921,0,2.html>
- Sağlamcı, Y. (2021). Simülasyon. In A. Tüzemen & E. Aslan (Eds.), Karar vericinin el kitabı: Yöneticiler için karar verme teknikleri ve örnek problem çözümleri (pp. 483-508). Seçkin Yayınevi.
- Sağlamcı, Y., & Aslan, E. (2022). Simülasyon ile darboğazların tespit edilmesi ve süreç iyileştirme: Bir tekstil işletmesi örneği. Journal of Academic Opinion, 2(1), 27-39.
- Tosun, D., & Güner Gören, H. (2024). Hazır giyim sektöründe simülasyon ile üretim hattı süreç iyileştirme çalışması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3), 1242-1260. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1309884>
- Uyanık, S., & Oğulata, R. T. (2013). Türk tekstil ve hazır giyim sanayiinin mevcut durumu ve gelişimi. Tekstil ve Mühendis, 20(92), 58-78. <https://doi.org/10.7216/130075992013209206>
- Valentin, E. C., Verbraeck, A., & Sol, H. G. (2003). Advantages and disadvantages of building blocks in simulation studies: A laboratory experiment with simulation experts. In Simulation in Industry 15th European Simulation Symposium. SCS-European Publishing House. <https://l24.im/TPSPwk>
- Xu-ping, W., Hai, Z., & Hong-yan, S. (2007). Simulation and optimisation of a production/inventory system based on immune evolutionary algorithm. In International Conference on Management

Science and Engineering (pp. 796-801). IEEE.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4421943>

Yücel, S., & Tiber, B. (2018). Hazır giyim endüstrisinde sürdürülebilir moda. *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 370-380.