



## Simülasyon Destekli Tesis Yerleşim Tasarımı ve İyileştirme Çalışmaları: Bir Tekstil Firması Örneği

Muhammed ORDU<sup>1\*</sup>, Emrah KORHAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 80000, Osmaniye

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri

<sup>1</sup><http://orcid.org/0000-0003-4764-9379>

<sup>2</sup><http://orcid.org/0000-0001-7685-756X>

\*Sorumlu yazar: muhammedordu@osmaniye.edu.tr

### Araştırma Makalesi

### ÖZET

#### Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 08.11.2021

Kabul tarihi: 13.01.2022

Online Yayınlanma: 23.02.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Tesis yerleşimi tasarımı

Simülasyon

Karar destek sistemi

Verimlilik

Tekstil

Günümüzde fabrikalar, rekabetçilik yeteneklerini artırmak ve kar marjlarını yükseltmek için birim zamanda daha fazla ürün üretmeyi amaçlamaktadırlar. Bu doğrultuda, daha yüksek satış gelirlerine ulaşırken gider kalemlerini de değerlendirmek zorunda kalmaktadırlar. İşletme operasyonlarından kaynaklanan maliyetler ise göz ardı edilebilmektedir. Fabrika içerisindeki gereksiz aktiviteler, tesis yerleşim planlarındaki düzensizlikler ve zaman kayıpları gibi faktörler fabrikaların üretim verimliliğini düşüren ama giderilebilecek nedenlerdir. Bu çalışmada, bir tekstil fabrikasının kesim departmanında tesis yerleşim tasarımı amaçlanmış ve bir ayrık olaylı simülasyon yöntemi geliştirilerek önerilen tasarım ile mevcut yerleşim düzeni performans ölçütleri açısından karşılaştırılmıştır. Öncelikle, ilgili departmanda proses diyagramı oluşturulmuş ve operasyon bileşenlerine ayrılmıştır. Zaman etüdü çalışması ile her bir aktiviteye ait süre ve mesafeler kaydedilmiştir. Bileşenler arasındaki günlük taşıma sayılarını gösteren from-to matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra bileşenler arasında ilişkiler diyagramı elde edilmiştir. Bileşenler hesaplanan sayısal ağırlıklarına göre yerleşim önceliklerine göre sıralanmışlardır. İkinci aşamada ise departmandaki stokastik süreçler dikkate alınarak bir simülasyon modeli kurulmuştur. Model doğrulandıktan sonra önerilen tasarım için güncellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen yerleşim planlamasına göre departmandaki üretim verimliliği yaklaşık %14 artmıştır. Bu çalışma, fabrikaların sürekli olarak yerleşim düzenlemesine ihtiyaç duyduğunu ve simülasyon yöntemi ile daha iyi bir şekilde performans ölçümü yapıldığını ortaya koymaktadır.

## Simulation Based Facility Layout Design and Improvement Studies: A Case of Textile Company

### Research Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 08.11.2021

Accepted: 13.01.2022

Published online: 23.02.2022

#### Keywords:

Facility layout design

Simulation

Decision support system

Productivity

Textile

Nowadays, factories aim to produce more products per unit time in order to increase their competitiveness and increase their profit margins. Accordingly, they have to take into account their expense items while achieving higher sales revenues. The costs arising from business operations can be ignored. Factors such as unnecessary activities in the factory, irregularities in the facility layout plans and time losses are the reasons that reduce the production efficiency of the factories but can be eliminated. In this study, facility layout design in the cutting department of a textile factory was aimed and the proposed design was compared with the existing layout in terms of performance criteria by developing discrete event simulation method. First of all, the process diagram was built in the related department and divided into operation components. The duration and distances of each activity were recorded by the time study analysis. From-to matrices showing the daily

transport numbers between the components were generated. Then, the relationship diagram between the components was obtained. Components are ordered according to their layout priorities according to their calculated numerical weights. In the second stage, a discrete event simulation model was established considering the stochastic processes in the department. After the model was validated, it was modified for the proposed design. The results show that the production efficiency in the department has increased by approximately 14% according to the proposed layout planning. This study reveals that factories always need to update facility layout design and simulation methods allows decision makers conduct better performance measurements.

**To Cite:** Ordu M., Korhan E. Simülasyon Destekli Tesis Yerleşim Tasarımı ve İyileştirme Çalışmaları: Bir Tekstil Firması Örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 5(Özel sayı):26-39.

## **Giriş**

Günümüzde işletmeler insan ve malzeme akışını kolaylaştırmak ve malzeme taşıma maliyetlerini düşürmek için uygun tesis yerleşimi yapmak zorundadırlar. Özellikle imalat sektöründe yer alan şirketler için tesis yerleşim tasarımı, rekabetçi küresel ortamda maliyetlerin kontrol edilebilmesi için önemli bir unsur haline gelmiştir (Naik ve Kallurkar, 2016). İyi bir tesis tasarımı üretim süreçlerinin etkinliğini ve verimliliğini arttırmaktadır. İşletme maliyetlerinin önemli bir kısmını malzeme taşıma maliyetleri oluşturmaktadır (Tompkins ve ark., 1996). Bu yüzden tesis yerleşiminden kaynaklı gereksiz taşımalar öncelikli olarak çözülmesi gereken sorunların başında yer almaktadır. Tesis yerleşimlerinde genellikle tasarım ihtiyacı, yeni bir tesis alanına gereksinim duyulduğunda ya da yeni ekipmanlara tesis sahası içerisinde yer verilmesi durumlarında ortaya çıkmaktadır (Baykasoğlu ve ark., 2006). Tesis yerleşimde yapılacak olan düzenlemelerin kötü olması, üretim süreçleri arasındaki stokların artmasına, gereksiz malzeme taşıma işlemlerinin yapılmasına ve iş akışının yavaşlamasına neden olmaktadır (Chiang ve Chiang, 1998).

Tesis yerleşimi tasarımına sistematik bir yaklaşımla bakmak gerekmektedir. Tasarım yapılırken sistemin içerisinde yer alan tüm unsurlar bütünsel bir bakış açısı ile değerlendirilmelidir (Yanık Uğurlu, 2013). Bu kapsamda karşılaşılan ilk problem, belli amaçlar doğrultusunda tesis içerisinde yer alan bölümlerin konumlandırılmasıdır (Lacksonen, 1994). Konumlandırma probleminin çözülmesi ile tesis içerisindeki yerleşim planı oluşturulmaktadır. Geleneksel düşünceye göre, bundan sonraki süreçte ise işletmenin ürettiği ürün tiplerine ve akış sürecine özgü olarak malzeme aktarma sistemi tasarlanmaktadır. Çağdaş düşünceye göre yerleşim planı ve malzeme aktarma sistemlerinin eş zamanlı olarak yapılması gereklidir. Çünkü aktarma donanımlarının tip ve kapladıkları alan yerleşim planını etkileyebilmektedir.

Yapılan çalışmanın amacı, bir işletmenin üretim süreçlerinin gerçekleştirildiği bir bölgede, tesis içi yerleşim planı yaptıktan sonra, yapılan iyileştirmelerin gerçek anlamda işletmeye olan katkısını simülasyon ortamında ortaya çıkarmaktır. Böylece tesis yerleşimi tasarımı kapsamında yapılan önerilerin uygulanabilirliği açısından etkinliği tespit edilmiş olacaktır. Çalışmada ilk olarak tesis yerleşim tasarımına yönelik literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Daha sonra yerleşim planı için kullanılacak olan yöntem açıklanmış ve işletmenin sayısal verileri girdi olarak bu yöntemde

kullanılmıştır. Yöntemden elde edilen sonuçlarla yeni bir yerleşim planı oluşturulmuştur. Yerleşim planı ile yapılan değişiklikler simülasyon ortamında değerlendirilmiştir ve son olarak simülasyon sonuçlarına göre yeni yerleşim planının gerçek katkısı ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmanın diğer bölümleri ise şu şekilde organize edilmektedir. İlgili literatür 2. Bölümde incelenirken çalışmada kullanılan iki aşamalı yaklaşım 3. Bölümde detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. 4. Bölümde bulgular tartışılırken 5. Bölümde çalışma sonuçlandırılmakta ve gelecek çalışmalara yönelik fırsatlar sunulmaktadır.

### **Literatüre Bakış**

Tesis yerleşim tasarımı ve planlanması üzerine literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Naqvi ve ark., (2016) tesis planlama sürecinde yalın üretim ilkelerini dikkate alarak sistematik bir yerleşim planlaması ile verimliliği artırmışlardır. Akbilek (2017) bir üretim işletmesinde tesis yerleşimini akış odaklı olarak yeniden tasarlamıştır. Li ve ark. (2018) ise dinamik bir tesis planlamada insan faktörünü dikkate almışlardır. Uluskan ve Özyalın (2021) işletmedeki süreç kalitelerine kaizen yöntemi uygulamışlar ve yapılan iyileştirmeler neticesinde ergonomik yönler dikkate alınarak tesis yerleşim tasarımı yapmışlardır.

Kapasiteli tesis yerleşim problemleri NP-Hard yapıya sahip oldukları için optimal sonuca ulaşmak adına sezgisel metotlardan faydalanılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan biri de tepetırmanma ve tavlama benzetimi metotlarıyla inceleme yapılan çalışmalardır (Yiğit ve Türkbey, 2003). Arostegui ve ark. (2006) tesis yerleşim problemini en iyi şekilde çözmeye yönelik olarak çok sayıda sezgisel yöntemi kıyaslamışlar ve çoğu durumda tabu arama algoritmasının, simüle edilmiş benzetimli tavlama ve genetik algoritmalarından daha iyi performans gösterdiklerini açıklamışlardır. Şahin (2008) dinamik tesis düzenleme problemini çözmek için bir tavlama benzetimi sezgiseli geliştirmiştir. Gülsüm ve ark. (2009) çalışmalarında, genetik algoritmadan faydalanarak tesis yerleşimi tasarımı ve bunun üzerine bir uygulama yapmışlardır. Golmohammadi ve ark. (2016) hücreli imalat sistemleri için geliştirdiği tesis planı için hiyerarşik genetik algoritma yöntemini kullanmıştır. Tefek ve Beşkirli (2019) tesis yerleştirme probleminde optimum sonuç elde edebilmek için yapay arı kolonisi algoritmasını kullanmışlardır. Aynı zamanda, Bozorgi ve ark. (2015) tabu arama, Hu ve Yang (2019) parçacık sürü optimizasyonunu ve Wei ve ark. (2019) genetik algoritmayı kullanmışlardır.

Matematiksel modelleme yöntemleri de tesis yerleşim çalışmalarında dikkate alınmaktadır. Örneğin, Akça ve Şahin (2018) çalışmalarında bir askeri tesisteki personel güvenliğini etkileyen önemli bölümlerin yerleşimini dikkate almak ve taşıma maliyetlerini azaltmak için çok amaçlı tesis tasarımı problemi kapsamında matematiksel modelleme kurmuşlardır. Allahyari ve Azab (2018) ise bir tesis yerleşim problemi için tavlama benzetim algoritmasını matematiksel modelleme ile birlikte düşünmüştür.

Bazı çalışmalar ise tesis içi yerleşim düzenlemesini simülasyon tekniğini kullanarak yapmışlardır. Örneğin, Aksaraylı ve Altuntaş (2009) bir üretim ortamının malzeme taşıma odaklı farklı tesis

planlarını ortaya koymuş ve geliştirdikleri simülasyon modeliyle performanslarını analiz etmişlerdir. Pourhassan ve Raissi (2017) simülasyon tabanlı bir optimizasyon yaklaşımı geliştirmiş ve dinamik bir tesis planlama probleminde uygulamışlardır. Chen ve Tiong (2019) ise bir modüler üretim sisteminde tesis yerleşimini tavlama benzetim algoritmasını kuyruk teorisi ile birlikte ele almıştır.

### **Materyal ve Metot**

Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, bir tekstil firmasının kesim departmanının tesis yerleşim tasarımı ve planlamasıdır. Bu aşamada, işletmenin üretim operasyonları ve malzeme akış süreci analiz edilmektedir. İş bileşenlerinin birbirleri arasındaki ilişki diyagramları çıkarılmakta ve birimler arası taşıma sayıları elde edilmektedir. Yapım şablon yöntemi ile üretimde kayıplara neden olan aktiviteler bertaraf edilerek yeni bir tesis planı oluşturulmaktadır. İkinci aşama ise departmanın mevcut ve önerilen yerleşimlerinin simülasyon yöntemiyle modellenmesidir. Bu simülasyon modeli ile önerilen tesis yerleşim planının ne düzeyde bir iyileştirme sağladığını kritik performans göstergeleri üzerinden ölçülmesini sağlamaktadır.

### **Yapım Şablon Yöntemi ile Tesis Yerleşim Planlaması**

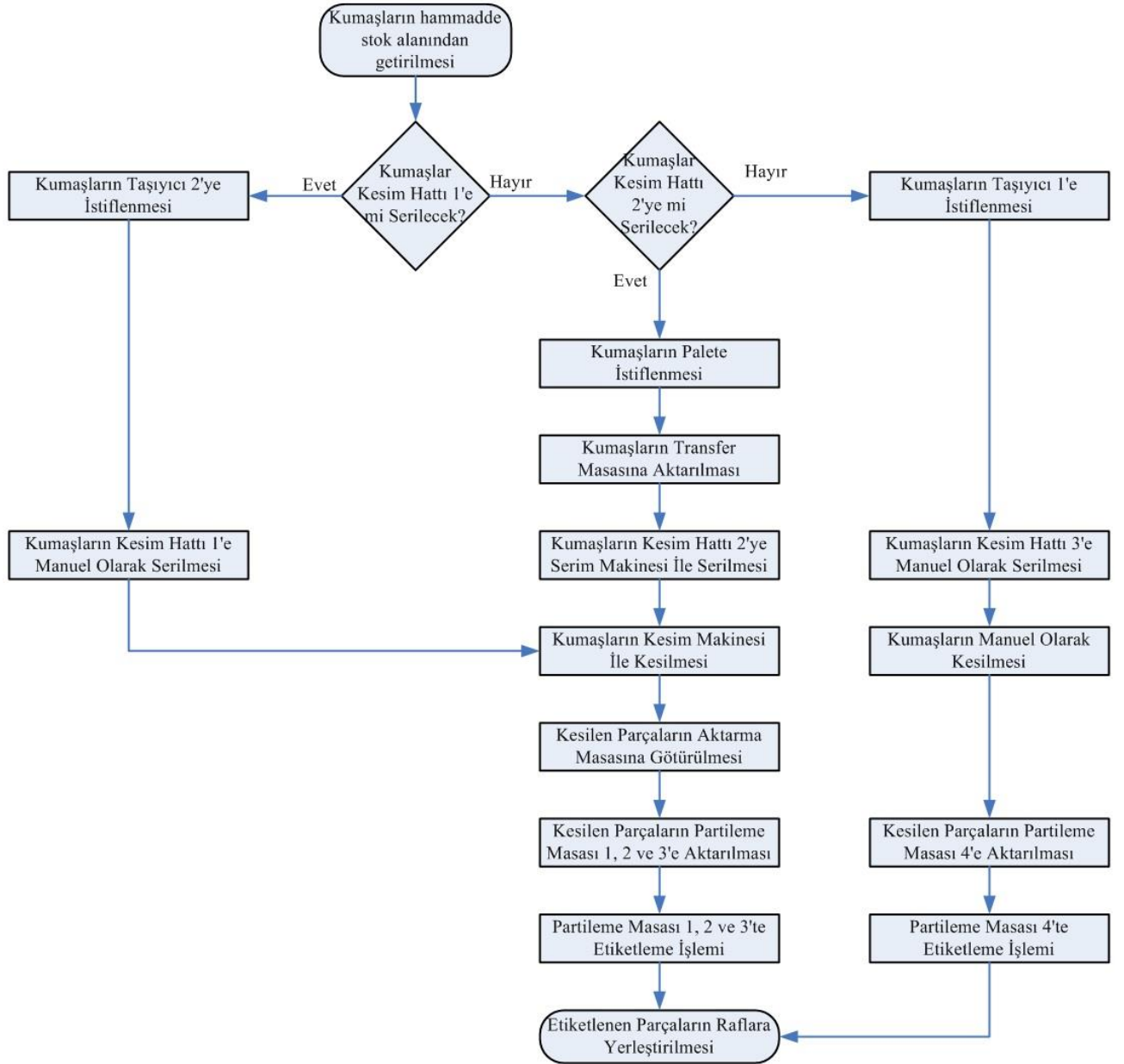
Çalışmanın ilk aşamasında yapım şablon yöntemi ile yeni bir tesis yerleşim planı belirlenmektedir. Bunun için öncelikle işletmenin kesim departmanının üretim operasyonları ve malzeme-insan hareketliliği, tesiste kullanılan ekipmanlar ve kapladıkları alanlar belirlenmektedir. Tablo 1 kesim departmanının proses diyagramını ve zaman etüdü çalışmasına ait uzaklık ve ortalama süreleri vermektedir.

**Tablo 1.** Proses diyagramı

<b>İş Tanımı</b>	<b>Uzaklık (m)</b>	<b>Ortalama Süre (dk)</b>
Kesime hazır kumaşın kesim bölümüne taşınması	10,4	3,2
Kumaş serimi	-	35,8
Çizim kâğıdının serimlerin üzerine ütü ile yapıştırılması	-	2,5
Serimlerin kesim hattının sonuna taşınması	11,6	1,9
Serimlerin otomatik kesim makinesini beklemesi	-	2,8
Serimlerin kesim makinesinin girişine yerleştirilmesi	-	2,0
Kesim süreci	-	43,5
Kesilen parçaların parti masalarına taşınması	2,0	10,2
Metolama (Etiketleme) işlemi	-	20,4
Parçaların raflara taşınması	15,1	4,8

Şekil 1 kesim departmanının üretim operasyonlarını akış diyagramı ile göstermektedir. İlgili departmanda 3 adet kesim hattı bulunmaktadır. Stok alanı 2'den gelen hammadde kumaşlar Taşıyıcı 1-2 veya Palete aktarılmaktadır. Kesim Hattı 1 ve 2'de üretim süreci insan gücü ile yürütülmekte iken Kesim Hattı 2'de serim ve kesim makineleri kullanılmaktadır. Kesim Makinesi ise Kesim Hattı 1 ve 2'de kullanılmaktadır. Kesim Hattı 3'te ise serimi yapılan kumaşlar insan gücü ile kesilmektedir. Kesim işlemi kesim makinesi ile yapılacak hatlarda çizimler ağ bağlantısı ile Kesim Makinesine gönderilmektedir. Kesim işlemi bittikten sonra kesilen parçalar Aktarma Masalarına alınmaktadır. Daha sonra Partileme Masalarına aktarılan malzemeler etiketlenmektedir. Bir sonraki departmana

gönderilmek üzere Raflara yerleştirilmektedir. Tablo 2 departmandaki iş bileşenlerini ve bunlara atanan kodları göstermektedir.



Şekil 1. Üretim operasyonlarının kavramsal haritası

Üretim prosesi analiz edildikten ve iş bileşenleri belirlendikten sonra from-to matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Bu matris ile iş bileşenleri arasındaki günlük malzeme taşıma sayıları elde edilmektedir. Günlük sefer sayılarını gösteren bu from-to matrisi Tablo 3'te verilmektedir. Buna göre, Kesim hattı (K1) 1'den Stok Alanı (S1) 1'e günlük olarak ortalama 28 defa malzeme taşıması yapılmaktadır. Üretim proseslerinden de anlaşılacağı üzere Rafa gelen sevkiyatlar sadece Partileme Masası (PM) 1-4'ten yapılmaktadır.

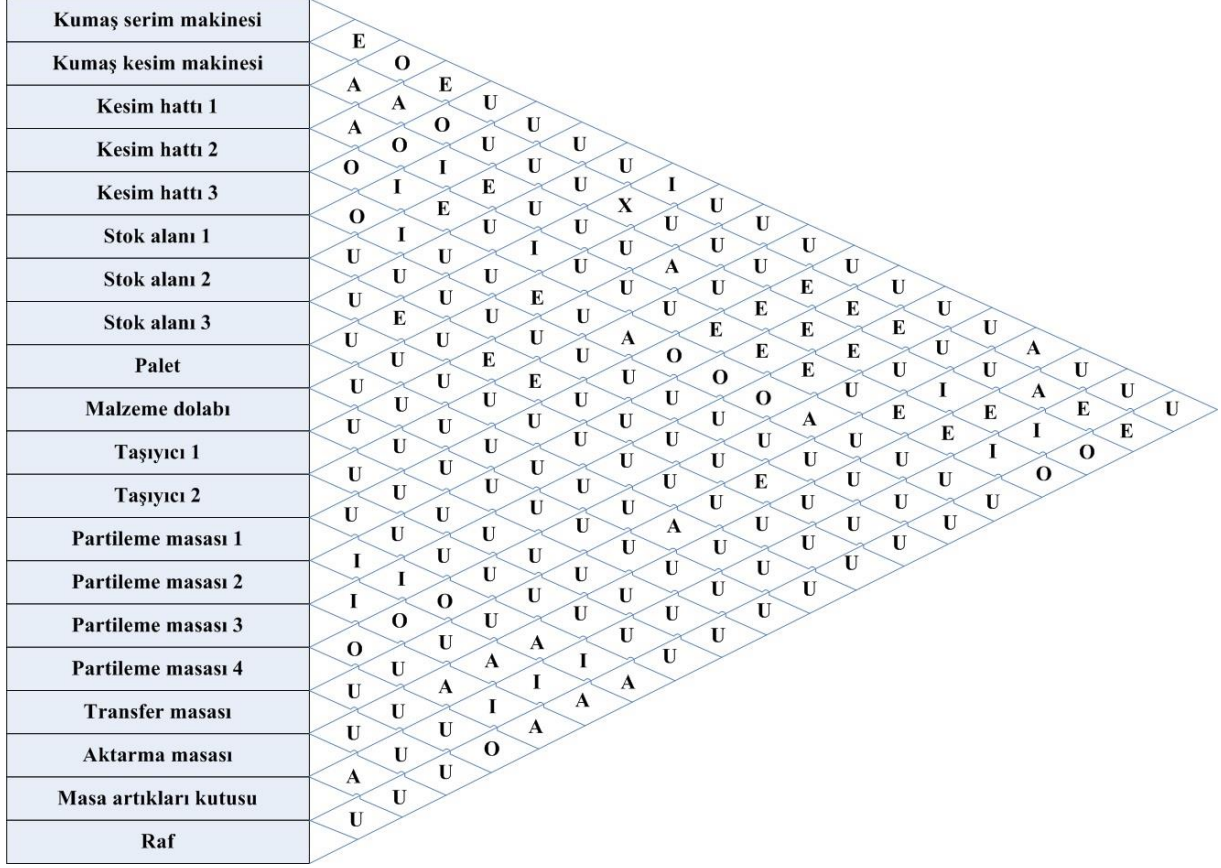
**Tablo 2.** Bileşenler ve kodları

Bileşenler	Bileşen Kodu	Bileşenler	Bileşen Kodu
Kumaş serim makinesi	M1	Taşıyıcı 1	T1
Kumaş kesim makinesi	M2	Taşıyıcı 2	T2
Kesim hattı 1	K1	Partileme masası 1	PM1
Kesim hattı 2	K2	Partileme masası 2	PM2
Kesim hattı 3	K3	Partileme masası 3	PM3
Stok alanı 1	S1	Partileme masası 4	PM4
Stok alanı 2	S2	Transfer masası	TM
Stok alanı 3	S3	Aktarma masası	AM
Palet	P	Masa artıkları kutusu	MAK
Malzeme dolabı	MD	Raf	R

**Tablo 3.** Günlük sefer sayılarını gösteren from-to matrisi

Bileşen Kodu	M1	M2	K1	K2	K3	S1	S2	S3	P	MD	T1	T2	PM1	PM2	PM3	PM4	TM	AM	MAK	R
M1		-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-
K1	-	7		-	-	28	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K2	-	5	-		-	28	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K3	-	-	-	-		11	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
S1	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-		-	28	-	11	28	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-
MD	-	-	1	1	1	-	-	-	-		-	-	1	1	1	-	-	-	-	-
T1	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
PM1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-		-	-	-	-	-	-	5
PM2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		-	-	-	-	-	3
PM3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-		-	-	-	-	4
PM4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	3
TM	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
AM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	4	-	-		-	-
MAK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Yeni tesis yerleşim planında iş bileşenlerinin en uygun bir yere atanabilmesi için birbirleriyle olan ilişkilerini iyi bir şekilde analiz etmek gerekmektedir. Bunun için kesim departmanındaki iş bileşenlerinin birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 2’de verilen ilişkiler diyagramı ile ortaya konmaktadır. İlişkiler diyagramında işaretleyici olarak harfler kullanılmıştır. Harflerin sayısal değerleri ve yakınlık derecesi Tablo 4’te gösterildiği gibidir. Kumaş kesim makinesi daha önce de belirtildiği gibi Kesim Hattı 1 ve 2’de kullanıldığı için bu iş bileşenleri arasında “Kesinlikle Gerekli (A)” ilişkisi bulunmaktadır. Kesim Hattı 3’te kullanılmadığı için “Normal (O)” ilişkisi uygun görülmüştür.



Şekil 2. İlişkiler diyagramı

İlişkiler diyagramının oluşturulmasından sonra diğer bileşenlerle en çok ilişki içerisinde olan iş bileşenin belirlenmesi gerekmektedir. Tablo 4’te verilen nümerik değerler ile her bir iş bileşenin sayısal ağırlığı hesaplanmaktadır. Örneğin, M1 kodlu iş bileşenin diğer bileşenler ile ilişkisi: “EOEUUUUIUUUUUUUAUUU”. Her bir harfe karşılık gelen nümerik değerler toplanır. M1 iş bileşenin sayısal ağırlık değeri (SAD) Eşitlik (1)’deki gibi bulunur:

$$SAD_{M1} = 3 + 1 + 3 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 + 0 + 0 + 0 = 13 \quad (1)$$

Tablo 5 ise tüm iş bileşenlerinin sayısal ağırlık değerlerini göstermektedir.

Tablo 4. İşaretçiler, sayısal değerleri ve yakınlık dereceleri (Dereli ve Baykasoğlu, 2019)		
Harf	Nümerik Değer	Yakınlık Derecesi
A	4	Kesinlikle gerekli
E	3	Özellikle gerekli
I	2	Önemli
O	1	Normal
U	0	Önemli değil
X	-1	İstenilmez
XX	-2, -3, -4?	Kesinlikle istenilmez

**Tablo 5.** Bileşenler ve sayısal ağırlıkları

Bileşen Kodu	Bileşenlerin Sayısal Ağırlıkları	Bileşen Kodu	Bileşenlerin Sayısal Ağırlıkları
M1	13	T1	7
M2	30	T2	7
K1	36	PM1	25
K2	36	PM2	25
K3	20	PM3	25
S1	5	PM4	8
S2	20	TM	16
S3	0	AM	22
P	10	MAK	17
MD	3	R	18

Bundan sonra iş bileşenlerinin yerleşim önceliklerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için, Tablo 6’da önceliği tayin edilmiş bileşenler sırasında her bir iş bileşeninin kendinden önceki iş bileşenleriyle olan ilişkisi dikkate alınmaktadır. Örneğin, M1 iş bileşeni 10. Sütunda yer almaktadır. Kendinden önceki 9 iş bileşeni ile ilişki harfleri şu şekildedir: “OEEUUUUUU”. Sayısal Ağırlık Değeri ise Eşitlik (2)’deki gibi bulunur:

$$SAD_{M1} = 1 + 3 + 3 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 7 \quad (2)$$

Tüm iş bileşenlerinin sayısal ağırlık değerleri ve yerleşim önceliği Tablo 7’de gösterilmektedir.

**Tablo 6.** Bileşenlerin yerleşim önceliklerinin tespit edilmesi

Bileşen Kodu	Önceliği Tayin Edilmiş Bileşenler																		Sayısal Ağırlık			
	K1	K2	M2	AM	PM1	PM2	PM3	R	MAK	M1	TM	P	S2	K3	PM4	TM1	TM2	S1		S3	MD	
M1	O	E	E	U	U	U	U	U	U													7
M2	A	A																				8
K2	A																					4
K3	O	O	O	U	O	O	O	U	U	U	U	U	I									8
S1	I	I	U	U	U	I	U	U	U	U	U	U	U	O	U	U	U					7
S2	E	E	U	U	U	U	U	U	U	U	E	E										12
S3	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U				6
P	U	I	X	U	U	U	U	U	U	I	A											9
MD	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	U	U	U	U	U			3
T1	A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	U	U							7
T2	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	A	U	U						7
PM1	E	E	E	A																		13
PM2	E	E	E	A	I																	15
PM3	E	E	E	A	I	I																17
PM4	U	U	U	U	O	O	O	O	U	U	U	U	U	A								8
TM	I	E	U	U	U	U	U	U	U	A												9
AM	E	E	A																			10
MAK	I	I	E	A	I	I	I	U														17
R	O	O	E	U	A	A	A															17



**Tablo 7.** Bileşenlerin yerleşim öncelik sıraları

Yerleşim Öncelik Sırası	Bileşen Kodu	Yerleşim Öncelik Sırası	Bileşen Kodu
1	K1	11	PM4
2	PM3	12	M2
3	R	13	K3
4	MAK	14	M1
5	PM2	15	S1
6	PM1	16	T1
7	S2	17	T2
8	AM	18	S3
9	TM	19	K2
10	P	20	MD

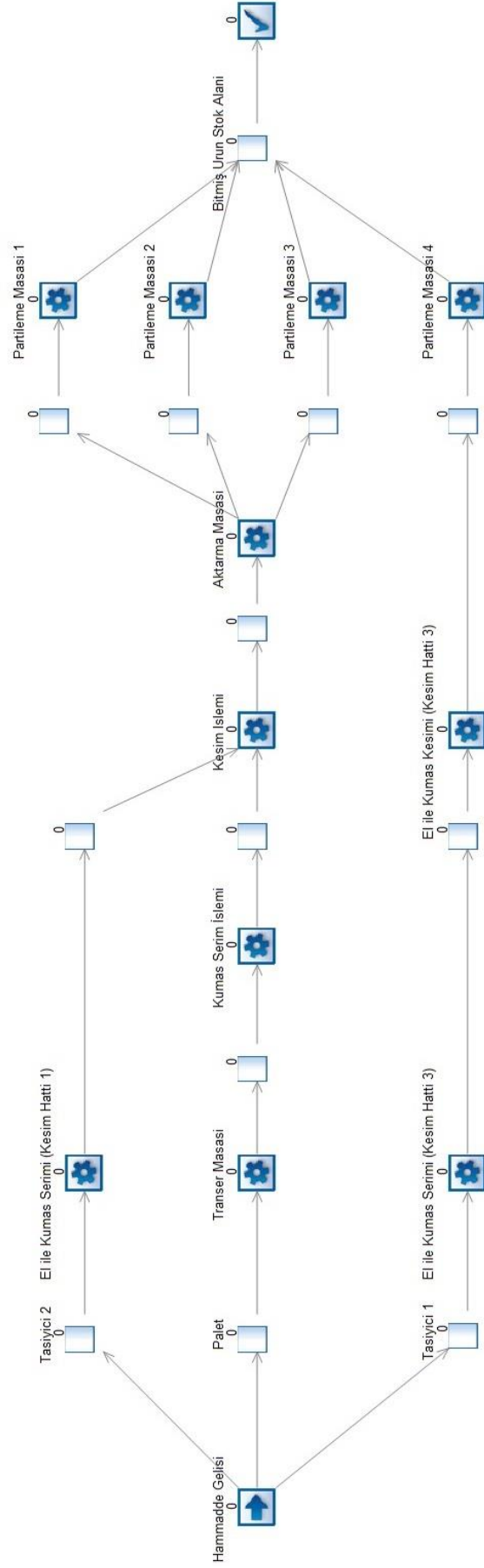
### Simülasyon Modeli

Şekil 1’de kesim departmanının üretim operasyonlarının kavramsal haritası verilmiştir. Bu üretim operasyonlarının girdi parametreleri ve bunlara bağlı istatistikî değerleri ise Tablo 1’de gösterilmektedir. Bu bilgiler ışığında ilgili departmanın ayrık zamanlı simülasyon modeli Simul8 yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir. İlgili model Şekil 3’te sunulmaktadır. Bu modele göre, kumaşlar sisteme girdikten sonra üç farklı stok alanına istiflenmektedir: Taşıyıcı 1 – 2 ve Palet. İşçiler, kumaşları Taşıyıcı 2’den alıp Kesim Hattı 1’e manuel olarak sermektedir. Paletteki kumaşlar ise transfer masasına aktarılmakta ve buradan da Kumaş Serim Makinesi ile Kesim Hattı 2’ye serilmektedir. Kesim Hattı 1 ve 2’deki serilmiş kumaşlar sırasıyla Kesim Makinesi tarafından kesilmektedir. Kesilen kumaşlar aktarma masasına istiflenmektedir. Daha sonra Partileme Masası 1, 2 ve 3’ten birine aktararak işçiler tarafından etiketleme işlemi yapılmaktadır. Diğer yandan hammadde olarak gelen kumaşlar ihtiyaç durumuna göre işçiler tarafından manuel olarak Kesim Hattı 3’e serilmekte ve yine manuel olarak kesilmektedir. Bu kesim hattında kesilen kumaşlar sadece Partileme Masası 4’e aktarılmakta ve burada etiketleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Partileme Masalarından etiketlenen kumaşlar bitmiş ürün stok alanına götürülmektedir.

Simülasyon modelimizin ısınma periyodu Welch Yöntemi (Law ve Kelton, 2000) ile 10 gün olarak bulunmuş ve optimum replikasyon sayısı Sabit Örneklem Büyüklüğü Prosedürü (Law ve Kelton, 2000) ile 20 olarak hesaplanmıştır.

Modelimizin geçerlilik ve doğruluk analizleri sırası ile yapılmıştır. Kavramsal harita ve simülasyon modelimizin nesne yerleşimi ve birbirleri arasındaki bağlantılar işletme çalışanları ile doğrulanmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları mevcut veriler ile karşılaştırılmış ve sapmalar %5’ten az bulunmuştur.

Önerilen yeni yerleşim planı simülasyon modelinde senaryo olarak uygulanmıştır. Mevcut yerleşim planı ile yeni önerilen tesis planı toplam akış şiddeti performans ölçütü üzerinden karşılaştırılmış ve bir sonraki bölümde bu sonuçlar açıklanarak tartışılmıştır.



Şekil 3. Simülasyon modeli

## Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda yapım şablon yöntemi kullanılarak ilgili tekstil firmasının kesim departmanı için önerilen yeni yerleşim planı simülasyon yöntemi ile modellenmiştir. Performans ölçütü olarak toplam akış şiddeti tercih edilmiştir. Toplam akış şiddetinin formülü Eşitlik (3) ile gösterilmektedir.

$$\text{Toplam Akış Şiddeti} = \text{Sefer Sayısı} \times \text{Mesafe} \quad (3)$$

Tablo 8, mevcut yerleşim ve önerilen yerleşim planları için hesaplanan toplam akış şiddetlerini göstermektedir. Yeni yerleşim planında Kesim Hattı 2 yer değiştirmemiştir. Stok Alanı 1, Kesim Hattı 2'ye göre biraz uzaklaşmış ve bundan dolayı, aralarındaki akış şiddeti 1176 birim artış göstermiştir. Kesim Hattı 1 ile Stok Alanı 1 arasındaki akış şiddeti %62 oranında azalmıştır. Yeni yerleşim planında Kesim Hattı 3'ün konumu Stok Alanı 1'in konumuna yaklaşmıştır. Bundan dolayıdır ki, Kesim Hattı 3 ile Stok Alanı 1'in arasındaki akış şiddeti ise 4092 birim azalmıştır. Stok Alanı 2 ile Taşıyıcı 1 arasındaki akış şiddeti %46 oranında azalırken Taşıyıcı 1 arasında ise %72'lik bir artış yaşanmıştır. Diğer yandan Kesim Hattı 3 ile Partileme Masası 4 yeni tesis planında birbirinden uzaklaşmış ve buna bağlı olarak akış şiddeti ise 0'dan 6528 birime çıkmıştır. Son olarak, Raf ile Partileme Masaları arasındaki akış şiddetleri önemli düzeyde azalmıştır. Yeni yerleşim planındaki toplam akış miktarı mevcut yerleşime göre yaklaşık %14 oranında azalmıştır.

Tablo 8. Fayda Analizi

Alternatifler	Bileşenler	S1	T1	T2	PM4	R	Toplam
Mevcut Yerleşim	K1	46452	-	-	-	-	46452
	K2	61796	-	-	-	-	61796
	K3	30217	-	-	-	-	36745
	S2	-	16016	22568	-	-	38584
	PM1	-	-	-	-	11585	11585
	PM2	-	-	-	-	7560	7560
	PM3	-	-	-	-	10884	10884
	PM4	-	-	-	-	9102	9102
Toplam Akış Şiddeti (Sefer Sayısı x Mesafe)							222708
Önerilen Yerleşim	K1	17472	-	-	-	-	17472
	K2	62972	-	-	-	-	62972
	K3	26125	-	-	6528	-	32653
	S2	-	8635	38920	-	-	47555
	PM1	-	-	-	-	8675	8675
	PM2	-	-	-	-	5709	5709
	PM3	-	-	-	-	8416	8416
	PM4	-	-	-	-	7770	7770
Toplam Akış Şiddeti (Sefer Sayısı x Mesafe)							191222
Verimlilik Oranı (%)							%14.14

## Sonuç

Bu çalışmada, bir tekstil firmasının kesim departmanının tesis yerleşiminden ve üretim akışından kaynaklanan darboğazları tespit etmek ve malzeme akışını kolaylaştırmak amaçlanmıştır. Bunun için iki aşamalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. İlk aşamada, yapım şablon yöntemi kullanılarak yeni bir tesis tasarımı planlanmıştır. Bu süreçte, departmanın iş bileşenleri tespit edilmiş, proses diyagramı çıkarılmış ve iş bileşenlerinin birbirleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Daha sonra iş bileşenleri

arasındaki günlük ortalama sefer sayıları ve mesafeler ölçülmüştür. Bileşenlerin sayısal ağırlıkları hesaplanarak yerleşimde öncelikleri tayin edilmiştir. İkinci aşamada ise, departmanın simülasyon modeli geliştirilmiştir. Doğruluğu onaylandıktan sonra model yeni yerleşim planına göre çalıştırılmıştır. Sonuç olarak, mevcut ve önerilen yerleşim planlarının toplam akış şiddetleri hesaplanmıştır. Yeni tesis planına göre verimliliğin arttığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışma, ilgili departmanda üretilen malzemelerin üretim sürelerinin ve takt zamanlarının düşmesini ve birim zamanda üretilen malzeme miktarlarının artmasını sağlamıştır. Çalışma, ilgili fabrikanın sadece kesim departmanı ile sınırlandırılmıştır. Diğer departmanlarında çalışmaya entegre edilmesi ile gelecek çalışmalara ışık tutacaktır. Ayrıca, farklı sezgisel yöntemlerinde kullanılması ile farklı tesis planlarının önerilmesi ve bununda simülasyon yöntemi ile performanslarının kıyaslanması mümkün olabilecektir. Ayrıca, yalın üretim teknikleri işletmelerin performansını arttırmada etkin yöntemlerden biridir. Fakat, bu çalışmada yalın üretim teknikleri (5S gibi) kullanılmamıştır. Bu husus, gelecek çalışmalarda dikkate alınarak daha etkin bir tesis içi yerleşim düzenlemesi yapılabilecektir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

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

M. Ordu makaleye %60, E. Korhan ise %40 oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

\* Bu çalışma, 24-26 Kasım 2021 tarihlerinde çevrimiçi olarak gerçekleştirilen International Conference on Engineering, Natural and Applied Sciences (ICENAS'21) konferansında özet bildiri olarak sunulmuştur.

### **Kaynakça**

Akbilek N. Gıda makineleri endüstrisinde akış odaklı tesis yerleşimi uygulaması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2017; 21(5): 951-960.

Akça M., Şahin R. Çok amaçlı karma tam sayılı tesis yerleşim problemi modeli ve askeri tesiste uygulama. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2018; 24(1): 117-123.

Aksaraylı M., Altuntaş S. Malzeme taşıma odaklı planlama için üretim sistemlerindeki tezgah yerleşim düzenlerinin benzetim analizi ile karşılaştırılması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2009; 15(2): 203-214.

Allahyari MZ., Azab A. Mathematical modeling and multi-start search simulated annealing for unequal-area facility layout problem. Expert Systems With Applications 2018; 91: 46-62.

Arostegui Jr MA., Kadipasaoglu SN., Khumawala BM. An empirical comparison of tabu search, simulated annealing, and genetic algorithms for facilities location problems. International Journal of Production Economics 2006; 103(2): 742-754.

- Baykasoğlu A., Dereli T., Sabuncu I. An ant colony algorithm for solving budget constrained and unconstrained dynamic facility layout problems. *Omega* 2006; 34(4): 385-396.
- Bozorgi N., Abedzadeh M., Zeinali M. Tabu search heuristic for efficiency of dynamic facility layout problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2015; 77: 689-703.
- Chen C., Tiong LK. Using queuing theory and simulated annealing to design the facility layout in an AGV-based modular manufacturing system. *International Journal of Production Research* 2019; 57(17): 5538-5555.
- Chiang WC., Chiang C. Intelligent local search strategies for solving facility layout problems with the quadratic assignment problem formulation. *European Journal of Operational Research* 1998; 106(2-3): 457-488.
- Dereli T., Baykasoğlu A. Üretim sistemleri ve tesis planlama. 5. Basım. Ercan Öztemel (ed.) *Endüstri Mühendisliğine Giriş*. İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim 2019.
- Golmohammadi AM., Bani-Asadi H., Esmaeeli H., Hadian H., Begheri H. Facility layout for cellular manufacturing system under dynamic conditions. *Decision Science Letters* 2016; 5(2016): 407-416.
- Gülsün B., Tuzkaya G., Duman C. Genetik algoritmalar ile tesis yerleşimi tasarımı ve bir uygulama. *Doğuş Üniversitesi Dergisi* 2009; 10(1): 73-87.
- Hu B., Yang B. A particle swarm optimization algorithm for multi-row facility layout problem in semiconductor fabrication. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 2019; 10: 3201-3210.
- Lacksonen TA. Static and dynamic layout problems with varying areas. *Journal of the Operational Research Society* 1994; 45(1): 59-69.
- Law AM., Kelton WD. *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw – Hill 2000.
- Li J., Tan X., Li J. Research on dynamic facility layout problem of manufacturing unit considering human factors. *Mathematical Problems in Engineering* 2018; 2018: 1-13.
- Naik SB., Kallurkar S. A literature review on efficient plant layout design. *International Journal of Industrial Engineering* 2016; 7(2): 43-51.
- Naqvi SAA., Fahad M., Atir M., Zubair M., Shehzad MM. Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering* 2016; 3: 1-13.
- Purhassan MR., Raissi S. An integrated simulation-based optimization technique for multi-objective dynamic facility layout problem. *Journal of Industrial Information Integration* 2017; 8: 49-58.
- Şahin R. Dinamik tesis düzenleme problemi için bir tavlama benzetimi sezgiseli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2008; 23(4): 863-870.
- Tefek MF., Beşkirli M. Tesis yerleştirme (p-Hub) probleminin yapay arı kolonisi kullanılarak çözülmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2019; 193-200.
- Tompkins JA., White JA., Bozer YA., Tanchoco JMA., Trevino J. *Facilities planning*. 2nd ed. USA: John Wiley and Sons; 1996.

Uluskan M., Özyalner MT. Otomotiv sektöründe kaizen yöntemi ile tesis yerleşim tasarımı ve reba analizi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi 2021; 29(1): 1-19.

Yanık Uğurlu S. Tesis planlama. Erişim adresi: [http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/endustrimuhlt\\_ue/tesisplanlama.pdf](http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/endustrimuhlt_ue/tesisplanlama.pdf), 2013.

Wei X., Yuan S., Ye Y. Optimizing facility layout planning for reconfigurable manufacturing system based on chaos genetic algorithm. Production & Manufacturing Research 2019; 7(1): 109-124.

Yiğit V., Türkbey O. Tesis yerleşim problemlerine sezgisel metotlarla yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 2003; 18(4): 45-56.