

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ALİAĞA'DA KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR PORSELEN ATÖLYESİNİN
YERLEŞİM PLANLAMASINA ANALİTİK YAKLAŞIMLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah Mesih SEZER

2100000892

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Programı: Mühendislik Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe Tülin AKTİN

Eylül 2025

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ALİAĞA'DA KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR PORSELEN ATÖLYESİNİN
YERLEŞİM PLANLAMASINA ANALİTİK YAKLAŞIMLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah Mesih SEZER

2100000892

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Programı: Mühendislik Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe Tülin AKTİN

Jüri Üyeleri: Dr. Öğr. Üyesi İlayda ÜLKÜ

Doç. Dr. Batin Latif AYLAK

Eylül 2025

TEŞEKKÜR

Başta saygıdeğer Prof. Dr. Ayşe Tülin AKTİN’e zarif ve aydınlatıcı tavrı ile çalışmaya kıymetli katkılar sağladığı için şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, Lemniscate Porselen Atöylesine bu tez çalışmasına ellerinden gelen desteği verdikleri için teşekkür ederim.

Son olarak, her ahvali paylaştığımız sevgili annemin, ailemin, biricik eşim ve gözümün nuru oğlumun varlık ve hatıraları için Allah’a şükrederim.

Eylül 2025

Abdullah Mesih SEZER

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Porselen	4
2.1.1. Porselenin Ortaya Çıkışı ve Tarihsel Gelişimi	4
2.1.2. Porselenin Başlıca Kullanım Alanları	5
2.1.3. Porselenin Temel Özellikleri	5
2.1.4. Porselenin Üretim Aşamaları	6
2.2. Tesis Yerleşimi	8
2.2.1. Tesis Yerleşimi Planlamasının Faydaları	10
2.2.2. Sistematik Yerleşim Planlaması	11
2.2.3. Sistematik Yerleşim Planlama Modeli	12
2.2.4. BLOCPLAN Yöntemi	15
2.2.5. Hollier Metodu	15
2.2.6. PLANET Yöntemi	16
2.2.7. Tesis Yerleşimi Literatüründeki Bazı Çalışmalar	16
2.3. Literatürün Genel Değerlendirmesi	22
3. METODOLOJİ	24
3.1. Yaklaşım ve Yöntem	24
3.2. Çalışma Verilerinin Elde Edilmesi	24
3.3. Yöntemlerin Kullanılma Nedenleri	25
3.4. Çalışmanın Kısıtları	25
3.5. Çalışmanın Geçerliliği	26
3.6. Çalışmanın Olası Geleceği	26

4. FAALİYET İLİŞKİSİNE GÖRE YERLEŞİMİN PORSELEN ATÖLYESİNDE UYGULANMASI.....	27
4.1. Atölyenin Yapısı ve İş Akışı	27
4.2. Porselen Üretimi İş Akışında ve Yerleşiminde Önemli Unsurlar	32
4.3. Yerleşim İçin Toplam Yakınlık Puanı (TYP) Hesaplama.....	33
4.4. Ağırlıklı Yerleştirme Değeri (AYD) Hesaplama ve Yerleşim	36
4.5. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	43
5. BLOC PLAN PROGRAMININ KULLANILMASI	46
5.1. BLOC PLAN Yöntemi ve Adımları.....	46
5.2. BLOC PLAN Programı Kullanımı.....	47
6. HOLLIER METODU KULLANILARAK ATÖLYEDEKİ İSTASYONLARIN SIRALANMASI.....	58
6.1. Hollier Metodu Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi	61
7. PLANET YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRME	62
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	67

KISALTMALAR

AYD	: Ağırlıklı Yerleştirme Değeri
BPY	: BLOC PLAN Yerleşim
°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
FİGY	: Faaliyet İlişkisine Göre Yerleşim
GA	: Genetik Algoritmalar
HSGY	: Hollier Sıralamasına Göre Yerleşim
IPS	: Indoor Positioning System
IR	: Immersive Reality
İAOSB	: İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi
KAP	: Karesel Atama Problemi
LO	: Layout Optimizer
m	: Metre
m²	: Metrekare
MoCap	: Motion Capture System
MY	: Mevcut Yerleşim
POM-QM	: Production and Operations Management, Quantitative Methods
SYP	: Sistematik Yerleşim Planlaması
TYP	: Toplam Yakınlık Puanı

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Yakınlığın Önem Dereceleri	13
Tablo 2. Literatürün Metodolojik Karşılaştırması	22
Tablo 3. İstasyonlar Arasındaki Akış Yönü ve Mevcut Mesafeler	28
Tablo 4. Yakınlık Harflerine Atanmış Sayısal Değerler	33
Tablo 5. İstasyonlara Atanan Harf İlişkileri	33
Tablo 6. TYP Puanlarının Gösterimi	34
Tablo 7. Sıralamanın Belirlenmesinde 1. İterasyon	35
Tablo 8. Sıralamanın Belirlenmesinde 2. İterasyon	35
Tablo 9. Sıralamanın Belirlenmesinde 3. İterasyon	35
Tablo 10. Sıralamanın Belirlenmesinde 4. İterasyon	35
Tablo 11. Sıralamanın Belirlenmesinde 5. İterasyon	35
Tablo 12. Sıralamanın Belirlenmesinde Son İterasyon	35
Tablo 13. Toplam Yakınlık Puanlarına Göre İstasyonların Sıralaması	35
Tablo 14. 6. İstasyon İçin Konum Tablosu	36
Tablo 15. 8. İstasyon İçin Konum Tablosu	37
Tablo 16. 4. İstasyon İçin Konum Tablosu	37
Tablo 17. 2. İstasyon İçin Konum Tablosu	38
Tablo 18. 9. İstasyon İçin Konum Tablosu	39
Tablo 19. 3. İstasyon İçin Konum Tablosu	40
Tablo 20. 5. İstasyon İçin Konum Tablosu	41
Tablo 21. 1. İstasyon İçin Konum Tablosu	42
Tablo 22. Faaliyet İlişkisi Yaklaşımına Göre Alternatif Yerleşimin Blok Gösterimi	43
Tablo 23. Yerleşimler Arasındaki Mesafelerin Karşılaştırılması	44
Tablo 24. Hollier Metodu İçin İstasyon Adları	58
Tablo 25. Kaynak/Hedef Tablosu	59
Tablo 26. "Hedef/Kaynak" Toplamları ve Oranları	60
Tablo 27. Hollier Metot 1'e Göre Sıralama ve Değerlendirme Oranları	60
Tablo 28. Yerleşim Düzenlerinin Puanlama Tablosu	63

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Lemniscate Porselen Atölye Binası Dış Perspektifi	2
Şekil 2. Lemniscate Porselen Atölyesi Ziyaretçi Çalıştayı	3
Şekil 3. Yarı Saydam Özellik (Klausbo, 2009).....	6
Şekil 4. Bisküvi Pişirimi Yapılmış ve Sırlanmış Yarı Mamul Porselenler	7
Şekil 5. Yüksek Derece Fırınlara	7
Şekil 6. Bilgisayar Destekli Tasarım Aracılığıyla Yapılmış Bir Tesis Düzeni (Togo, 2006)	9
Şekil 7. Kanban Kartı ve Kullanımı (Abeyasekera, 2008).....	10
Şekil 8. Muther ve Hales'in (2015) Planlamacı İçin Çözüm Anahtarı.....	11
Şekil 9. Alan Gereksinimi Gösterimi ile Faaliyet İlişki Çizelgesi	13
Şekil 10. Faaliyet İlişkilerinin Oklar ile Gösterimi (Muther ve Hales, 2015).....	14
Şekil 11. Yakınlık Harflerine Atanan Renkler (Muther ve Hales, 2015).....	14
Şekil 12. Montreal'deki Hastane Mutfağının Mevcut Yerleşimi	17
Şekil 13. Hastane Mutfağı Mevcut ve Yeni Yerleşim Karşılaştırması.....	18
Şekil 14. Yerleşim Düzenlemesinde Üç Boyutlu Haritalama ile İki Boyutlu Çizim Karşılaştırması.....	21
Şekil 15. Atölyeye Ait Ürün İçin İş Akış Şeması	27
Şekil 16. Lemniscate Porselen Atölyesi Mevcut Yerleşim ve İş Akışı Gösterimi.....	29
Şekil 17. Lemniscate Porselen Atölyesi Mevcut Yerleşim Alan Gösterimi	29
Şekil 18. Lemniscate Porselen Atölyesi Mevcut Yerleşim Adlandırma.....	30
Şekil 19. Atölyenin Faaliyet-Alan İlişkisi Çizelgesi.....	30
Şekil 20. Atölyenin Faaliyet İlişki Çizelgesi	31
Şekil 21. Alternatif Yerleşim Planının Atölyeye Uygulanması	43
Şekil 22. Faaliyet İlişisine Göre Alternatif Yerleşim Önerisi ve Akış.....	44
Şekil 23. BLOC PLAN Bilgisayar Programı (Donaghey, Chung, Kong ve Pire, 2007)	47
Şekil 24. BLOC PLAN Ana Menü	47
Şekil 25. BLOC PLAN Yeni Çalışma/Kayıtlı Çalışma Sorgusu	48
Şekil 26. BLOC PLAN Alan Gereksinimi ve Birimler.....	48
Şekil 27. BLOC PLAN Faaliyet İlişkisi Çizelgesi.....	49
Şekil 28. BLOC PLAN Yakınlık Değerleri	49
Şekil 29. BLOC PLAN Hesaplanmış Skorlar	50
Şekil 30. BLOC PLAN Çözüm Menüsü	51
Şekil 31. BLOC PLAN 1. Düzen Rastgele Başlangıç	51
Şekil 32. BLOC PLAN 1. Düzen 4 ve 2 Değişimi.....	52
Şekil 33. BLOC PLAN 1. Düzen 1 ve 9 Değişimi.....	52
Şekil 34. BLOC PLAN 1. Düzen 2 ve 5 Değişimi.....	53
Şekil 35. BLOC PLAN 1. Düzen 4 ve 5 Değişimi.....	53
Şekil 36. BLOC PLAN 1. Düzen 3 ve 5 Değişimi.....	54
Şekil 37. BLOC PLAN 1. Düzen 5 ve 9 Değişimi.....	54
Şekil 38. BLOC PLAN 1. Düzen 2 ve 3 Değişimi.....	55
Şekil 39. BLOC PLAN 2. Düzen Rastgele Başlangıç	55
Şekil 40. BLOC PLAN 2. Düzen 3 ve 4 Değişimi.....	56
Şekil 41. BLOC PLAN 2. Düzen 1 ve 9 Değişimi.....	56

Şekil 42. Excel Makrosu Hollier Çözüm Düğmesi.....	59
Şekil 43. Hollier Metodu Uygulanmış İstasyon Sırasına Göre Akış	60



Üniversite	: İstanbul Kültür Üniversitesi
Enstitüsü	: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	: Endüstri Mühendisliği
Programı	: Mühendislik Yönetimi
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Ayşe Tülin Aktin
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans – Eylül 2025

ÖZET

ALIAĞA'DA KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR PORSELEN ATÖLYESİNİN YERLEŞİM PLANLAMASINA ANALİTİK YAKLAŞIMLAR

Abdullah Mesih Sezer

Geleneksel ve modern üretim yapan işletmeleri ilgilendiren yerleşimin, uzun yıllardan beri çok önemli bir çalışma konusu olduğu bilinmektedir. Bu, birçok disiplinin, özellikle mühendislik ve yönetim disiplinlerini barındıran kurumların, militer kurumların ve yaşam döngüsünde yerleşimin önem taşıdığı tüm kurumların stratejik ve rekabetçi süreçlerinde başlıca müracaat ettikleri bir karar verme problemi olmaktadır. Tesis yerleşiminin, yapılan üretimin işlevini ve niteliğini belirlediği akılda bulundurulduğunda, işletmelerin bu konuda ellerinden geleni yapmak isteyecekleri tahmin edilmektedir. Birçok faktörün yerleşim planlarını etkilediği, bunların başında karmaşık yapıların ve akış içerisindeki lüzumsuz hareketlerin önemli bir paya sahip olduğu bilinmektedir. Çoğunlukla üretim sırasında uzun yürüyüşler, tekrar eden hareketler, gereksiz malzeme taşınması, yanlış ortam koşulları gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Esasen amaç, tesis yerleşiminin sistemli bir şekilde üretime katkı sunmasını sağlamaktır.

Bu tez çalışmasında, İzmir'in Aliağa İlçesinde kırsal bir bölgede modern cihazlar ile el emeğini bir araya getirerek porselen üreten küçük ölçekli bir atölyenin yerleşimi ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, söz konusu atölyenin gelişmesine katkı sağlamak üzere mevcut yerleşimin düzenlenmesi, daha sistematik ve yalın bir yapıya kavuşması için öneri sunmaktır.

Karmaşık bir yapıya sahip olan atölyenin, herhangi bir yerleşim maliyeti oluşturulmadan yalın bir işleyişe kavuşabilmesi için mevcut kaynaklar korunmuştur. İlk olarak faaliyet ilişkilerine göre bir alternatif yerleşim planı hazırlanmıştır. Mevcut yerleşim ile faaliyet ilişkilerine göre oluşan yerleşimin taşıma mesafesi verileri karşılaştırıldığında, 12.752 cm olan toplam taşıma mesafesinin, alternatif yerleşimde 7.300 cm'ye düştüğü görülmüştür. Alternatifin uygulanması neticesinde dolaylı olarak taşıma maliyetleri azalacak, gereksiz çalışma hareketleri ve karmaşık tesis yapısı ortadan kalkarak daha sistematik ve yalın bir üretim ortamı sağlanacaktır. Mevcut

yapıda ayrı bir bina olan Hammadde Deposu alanı boşa çıkararak, ofis alanı veya başka bir alan olarak kullanılabilecektir. Bu durumda yalnızca bu yöntem uygulandığında dahi neredeyse yarı yarıya bir fayda sağlandığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, faaliyet ilişkilerine dayalı blok planların oluşturulmasında kullanılan BLOCPLAN yöntemine ait “BLOC PLAN Single Story for Windows 1.6” bilgisayar programı kullanılarak farklı alternatif düzenler üretilmektedir. BLOCPLAN’ın ürettiği planlar, faaliyet ilişkilerine en uygun yerleşim kombinasyonlarını sunarak, taşıma mesafesinin ve gereksiz hareketlerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Çalışmada, ayrıca sezgisel bir yaklaşım olarak Hollier Metodu, Excel Makrosu kullanılarak çözülmüş, sonuçları sıralılık ve gerileme oranları bakımından yorumlanmıştır. Bu bağlamda, anlamlı oranlar elde edildiği görülmektedir. Son olarak, yapıcı bir algoritma olan PLANET yöntemine başvurularak, alternatif düzenlerin analitik bir değerlendirmesi yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tesis Yerleşimi, Sistemik Yerleşim Planlama, Taşıma Mesafesi, Faaliyet İlişkisi, BLOC PLAN, Hollier Metodu, PLANET

University : İstanbul Kültür University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : Industrial Engineering
Program : Engineering Management
Supervisor : Prof. Ayşe Tülin Aktin
Degree Awarded and Date : MS – September 2025

ABSTRACT

ANALYTICAL APPROACHES TO THE LAYOUT PLANNING OF A SMALL-SCALE PORCELAIN WORKSHOP IN ALIAGA

Abdullah Mesih Sezer

It is known that the layout, which concerns traditional and modern manufacturing businesses, has been a very important subject of study for many years. This is a decision-making problem that many disciplines, especially engineering and management disciplines, military institutions and all institutions where layout is important in the life cycle, resort to in their strategic and competitive processes. When it is kept in mind that the facility layout determines the function and quality of the production, it is estimated that businesses will want to do their best in this regard. It is known that many factors affect the layout plans, and that complex structures and unnecessary movements in the flow have an important share. Problems such as long walks, repetitive movements, unnecessary material transportation and incorrect environmental conditions are often encountered during production. Essentially, purpose is to ensure that the facility layout contributes to production in a systematic way.

In this thesis, the settlement of a small-scale workshop that produces porcelain by combining modern devices and handicraft in a rural area in the Aliğa District of İzmir is discussed. The aim of the study is to present a proposal for the organization of the current settlement and to achieve a more systematic and simple structure in order to contribute to the development of the workshop.

The existing resources were preserved so that the workshop with a complex structure could have a simple operation without creating any layout costs. Firstly, an alternative layout plan was prepared according to activity relations. When the transportation distance data of the existing layout and the layout formed according to activity relations were compared, it was seen that the total transportation distance of 12,752 cm decreased to 7,300 cm in the alternative layout. As a result of the implementation of the alternative, transportation costs will indirectly decrease, unnecessary work movements and complex facility structure will be eliminated and a more systematic

and simple production environment will be provided. The Raw Material Warehouse area which is a separate building in the existing structure, will be vacated and can be used as an office area or another area. In this case, it is understood that almost half the benefit is provided even when only this method is applied. In this study, various alternative layouts are generated using the "BLOC PLAN Single Story for Windows 1.6" computer program, which is part of the BLOCPLAN method used to create block plans based on activity relationships. The plans produced by BLOCPLAN contribute to the reduction of handling distances and unnecessary movements by offering optimal layout combinations for activity relationships.

In the study, the Hollier Method was also solved using Excel Macro as an heuristic approach and the results were interpreted in terms of sequentiality and backtracking rates. In this context, it is seen that significant ratios are obtained. Finally, an analytical evaluation of alternative layouts is made by resorting to the PLANET method, which is a constructive algorithm.

Keywords: Facility Layout, Systematic Layout Plannning, Handling Distance, Activity Relationship, BLOC PLAN, Hollier Method, PLANET

1. GİRİŞ

Bütün işletmeler kendileri için en elverişli yerleşim teorisini bulup uygulayabilmeyi istemektedir. Zira çoğumuz, çağımızın, kritik süreçlerin belirleyici olduğu alanlarda acımasız olabildiğine şahitlik etmişizdir. İşletmelerin ulanarak yolunu çizdiği yahut eksilerek yok olduğu senaryolar elbette reel olgulardır. Bu bağlamda, işletmelerin yüzyılımızda kaderlerini tayin edebildikleri sistemler, bilimsel çalışmalar, analitik yaklaşımlar ve teknik gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmelerden yararlanmak, hangi sektörde ve hangi düzeyde olursa olsun işletmeleri yakından ilgilendirmektedir.

Teorisyenlerin ve uygulayıcıların el birliği ile ulaşmak istedikleri bir çıta olarak önlerine her zaman verimlilik kavramı ve onun tatbiki çıkmaktadır. Bu kavram, işletmelerin aklına zamanla yerleşen, erişilmeye değer görülen bir istek gibi büyümektedir. Verimlilik, tıpkı Orhan Veli'nin Anlatamıyorum adlı şiirindeki gibi, "epeyce yaklaşılabilir", ancak hiç bitmeyecek bir yaklaşma alegorisi olarak tüm işletmelerin önünde durmaktadır. En önemlisi, geleceğe dair karakteri ile günün koşullarına direnç göstermeyi mümkün kılması ve koşulların değiştirilmesi için gayreti beslemesi anlamına gelmektedir. Beraberinde özellikle mühendisler ve yöneticiler için, işgücü ve hammadde gibi azalan kaynakların değerlendirilmesi, eskisinden daha fazla üretilmesi demektir (Apple, 1977). Bu hususta, 1993'te Oxford Üniversitesi tarafından, özellikle sağlık sorunları ve yatırımları alanında hazırlanmış olsa da Dünya Bankası için yayınlanan Dünya Kalkınma Raporu, o günden önemli bir noktayı işaret etmektedir (World Bank, 1993). İş dünyası, artık rapora göre "coğrafyanın sonunun" gelmesi nedeniyle yerleşim konusunda köklerine bağlı kalmaktan uzaklaşacaktır (Yang ve Lee, 1997). Bu sonra erme, daha çok tesis yeri ile ilgili olsa da yerleşim planlaması adına da önemli mesajlar taşımaktadır. Dönemin, rekabetçi ve çetin kararlar alarak hareket etmeyi zorunlu kıldığı bir kırılmayı getirdiği açıkça görülmektedir.

Tedarik zincirinde hangi ürünün nerede ve ne kadar üretileceği, dağıtım merkezlerinin nerelerde bulundurulacağı, hammadde veya ürünlerin stoklanıp stoklanmayacağı gibi sorular yüksek maliyetlere neden oldukları nedeniyle yerleşim yeri kararları için sorulmaktadır (Daskin, Snyder ve Berger, 2005). Aynı şekilde, yerleşim planlaması açısından da benzer soruların sorulması, bu çalışmanın odak noktasında yer alan işletmede de olduğu gibi henüz kurulmuş, kurulmakta olan işletmelerin kısa veya orta vadelerde yerleşim düzenlerinin değiştirilemeyeceği ve belirsizliklerin derinleşeceği sonuçların doğmasını, yerleşimden kaynaklanacak düzeltme maliyetlerinin önlenmesini sağlayacaktır. Büyük sanayi kuruluşları yatırımın planlandığı esnada bu hususu bir girdi kalemi olarak hesaplamada ve önlemlerin alınmasında geç kalmamaktadır. Ancak küçük ölçekli işletmeler, yerleşim düzeninden kaynaklanacak aksaklıkları hesaba katmadıklarında, yüksek çalışma maliyetlerine, işgücü kayıplarına, çalışma isteksizliğine ve işletmenin yaşam döngüsünü tamamlamasına kadar uzanan bir serüveni deneyimlemektedir. Bu nedenle, "küçülme" teorilerinde olduğu gibi, reel olarak küçük kurumları iktisadi ve fiziksel bakımdan ayakta tutmanın basit ama önemli yollarından biri, ele alınan öznenin kendi içinde stratejiler barındırabileceğini bilmektir (D'alisa ve arkadaşları, 2020).

Kapitalizmin ve kent nüfusunun dünyanın her yerinde artarak egemen olması, daha geniş ve endüstriyel üretim biçimlerinin; dar ve geleneksel üretim biçimlerinin kaybına veya zayıflamasına yol açarak, bir dönüşüm olgusu yaratmıştır (Ongun, 2011). Bu durum, bu tarz üretimler gerçekleştiren işletmelerin çağdışı nitelenerek, herhangi bir iyileştirmeye, bilimselliğe kapalı olacağı düşüncesini doğurmaktadır. Oysaki “kanaatkâr bolluğu” temsil eden bu tarz yapıların, mercek altına alınmaları, analitik yaklaşımlarla desteklenmeleri ve verimlilikten paylarını alabilmeleri gerekmektedir (Latouche, 2018). Tesis yerleşimi de bu alanlardan biri olarak durmaktadır. Bu çalışmanın bir iktisat teorisi kaygısıyla yazılmadığı bilinmeli, ancak geleneksel el sanatlarından porselen üretiminin de aralarında olduğu bu çalışmadaki gibi, küçük ölçekli atölyelerde yapılacak tesis yerleşimi çalışmalarının, iktisadi bir teklif gibi görünen küçülme teorilerine olan kategorik benzerliğinden çekinilmemelidir.

Tesis yerleşimi planlaması bir ölçüde, taşıma mesafelerini en aza indirmeyi ve onun neden olacağı sistematik iyileşmeleri hedeflemektedir. Bunun için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu tarz üretim alanlarında kolaylıkla uygulanması bakımından ilk akla gelen, faaliyet ilişkilerine dayalı bir yerleşim teorisinin uygulanmasıdır.

Bu tez çalışmasının odak noktasında, Lemniscate Porselen isimli bir işletme yer almaktadır. İşletme, ülkenin önemli sanayi ve liman bölgelerinden biri olan İzmir’in Aliğa İlçesinde, Mübadele yıllarında bölgeye gelen bir ailenin zeytinyağı fabrikası olarak kurduğu taş bir binada üretimini gerçekleştirmektedir. Bina, kalın taş duvarlara, oldukça yüksek ve ahşap kırma çatı olarak bilinen bir tavan yapısına sahip olup, tesis yerleşim düzenlemeleri bakımından yıkıma uygun olmamaktadır. Bu nedenle yapılacak yerleşim planlamalarının mevcudu koruyarak yapılması önem arz etmektedir. Bina dış görünümü, Şekil 1’de yer almaktadır.

Çalışmada, tesis yerleşim planlamasının küçük işletmeler açısından önemine değinerek; iş akışındaki toplam taşıma mesafesinin indirgenmesi, malzeme taşımının kolaylaştırılması, mevcut yerleşimin karmaşık yapısının yalın bir akışa kavuşturulması, çalışma kaybının azaltılması ve sistematik bir yerleşim kazandırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 1. Lemniscate Porselen Atölye Binası Dış Perspektifi

İşletme ayrıca, porselen üretimlerinin yanında haftanın bir günü çeşitli çalıştaylar düzenleyerek ziyaretçi kabul etmektedir. Porselen atölyesinde yapılan porselen çalıştaylarından biri Şekil 2’de gösterilmektedir. Söz konusu etkinliklerde, üretimin aşamaları anlatılmakta, porselen yarı mamul ürünler üretilip, dekor yapılmaktadır. Atölyenin, nihai tüketiciye açık bir yapıda olması nedeniyle, sahip olduğu alanları sistematik kılması avantaj sağlayacaktır.



Şekil 2. Lemniscate Porselen Atölyesi Ziyaretçi Çalıştayı

Çalışmada, siparişe göre üretim yapan işletmenin mevcut verileri ile iş akışı gözlemlenerek, istasyonlar için mesafe ölçümleri ve teknik analizler yapılmıştır. Uzman görüşleri alınarak istasyonlar arasındaki faaliyet ilişkileri ve gereksinimleri belirlenmiştir. Söz konusu atölyenin, üretim sırasında uzun yürüyüşler gerçekleştirdiği anlaşılmış, faaliyet ilişkilerine göre yapılan hesaplamalar neticesinde alternatif bir yerleşim önerilmiştir.

Faaliyet ilişkilerine göre yapılan alternatif yerleşim planının yanı sıra istasyonlar arasındaki fire oranları hesaba katılarak, talep edilen aylık sipariş miktarına göre iş akışında yer alması gereken ürün miktarları belirlenmiştir. Bu doğrultuda oluşturulan kaynak-hedef tablosu ile Excel Makrosu kullanılarak Hollier metodu uygulanmıştır. Çıkan sonuçlar “sıralılık” ve “geri izleme” oranları bakımından değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmaların sonuçları işletmeye öneri olarak sunulmuş olup, aynı zamanda bu tarz işletmelere yerleşim planlaması konusunda takip edebilecekleri bir öngörü sağlamaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde yer alan literatür taramasının ardından, üçüncü ve dördüncü bölümlerde, önerilen yöntemlerin uygulama ve sayısal sonuçları yer almaktadır. Çalışma, sonuç ve önerilerin tartışıldığı beşinci bölüm ile sonlanmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Porselen

Porselen, en ilkel tanımıyla pişmiş bir topraktır ve yüzyıllar boyunca insanlığı elden ele dolaşan bir yapıya sahiptir. Dünyada yaşam sürdükçe toprak var olacak, dolayısıyla porselen farklı formlarda da olsa insanların hayatında kalmaya devam edecektir.

2.1.1. Porselenin Ortaya Çıkışı ve Tarihsel Gelişimi

Çin topraklarında saraylı bir sanat olarak doğduğu kabul edilen porselenin, M.S. 618 ile 907 yılları arasında hüküm sürmüş Tang Hanedanlığı döneminde, beyaz bir kil türevi olan ‘kaolin’ ile parçalanmış Çin taşı olarak bilinen ‘petuntse’nin karıştırılması sonucunda elde edildiği bilinmektedir. Etimolojik olarak “incinin yaratıcısı” anlamına gelen, Afrika ve Asya kökenli, “porcellana” isimli beyaz bir deniz salyangozuna benzerliği nedeniyle bu adı almıştır. Daha sonra önemli bir seyyah olan Marco Polo tarafından, 13. yüzyılın sonlarında Avrupa’ya taşındığı kabul edilmektedir. Benzer şekilde, bir başka seyyah olan İbn-i Batuta’nın 14. yüzyılda, bir Anadolu kasabası olan Birgi’de kurulan sofralarda Çin porselenlerini gördüğü anlatılmaktadır. Porselenin tarihinde bir başka dönüm noktası ise, 18. yüzyılda Avrupa menşeli porselen üretimin başlayıp yaygınlaşmasıdır. Osmanlı’nın da ilgisini çeken bu porselenler, daha sonra 1890’lı yıllarda Osmanlı bünyesinde Yıldız Çini Fabrika-i Hümayunu’nun, bugünkü adıyla Yıldız Çini ve Porselen Fabrikası, kurulmasına kadar uzanan süreci getirmiştir (Coşansel Karakullukçu, 2007).

Porselen, tarih boyunca çok çeşitli alanlarda kullanılan bir malzeme olmuştur. Bugün ve geçmişte, bir sanat ifadesi olmasının yanı sıra, pek çok kullanım eşyası olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim Türkiye’de özellikle Ankara ve İstanbul’un başını çektiği şehir duvarlarında yer alan panolar, insanlığın tarihe tanıklığının antik ve çağdaş anıtları çamurla dile getirilen sanatların en dayanıklı yapılarından birini oluşturmaktadır. Porselenin, yerleşim alanlarındaki kendine has öznellikleri ile kamusal alanın düzenlenmesinde üstlendiği görev ayrıca dikkat çekmektedir. Bu alanda, özellikle de mimarlık ve sanatı buluşturan, hatta ayrılmaz kılan mucizevi bir ürün olmaktadır (Can, 2018).

Günümüzde değeri pek bilinmeyen geleneksel el sanatlarının ilk sıralarında gelen porselenin tarihsel gelişimi zayıflamaktadır. Bu durumun yaşanmasında sanayileşmenin ansızın dörtnala gidişinin etkili olduğu da düşünülmektedir. Bunda elbette başka sanat dışı unsurların payı da bulunmaktadır. Günümüzde, özellikle kavramsal hataların yapıldığı, her bir çamur üretiminin ayırt edilmeksizin, daha kapsamlı bir tabir olan seramik adıyla anıldığı bir vasat yaşatılmaktadır. Bu durumun oluşmasında sanat tarihçilerinin de rolü olduğu tartışılmaktadır (Yılmaz, 2019).

2.1.2. Porselenin Başlıca Kullanım Alanları

Aşağıda, porselen malzeme ile ilgili en önemli üretim alanları sıralanmıştır (Aşan, 2011).

- Mutfak ve Sofra Ürünleri
- Dekoratif Ürünler
- Zemin ve Cephe Kaplamaları
- Banyo (Vitrifiye) Ürünleri
- Refrakter Ürünler
- Medikal Uygulamalar
- Laboratuvar ve Kimya Sanayi
- İnşaat Uygulamaları
- Yalıtım uygulamaları

Porselenin dekorasyondan, sağlık gereçlerine kadar çok geniş bir kullanım alanı olmaktadır. Bu alanlardan birine örnek verecek olursak, 1849'da Werder Von Siemens'in Frankfurt ile Berlin arasına çekilen telgraf kablosunun elektrik yalıtımında geleneksel porseleni kullanmayı benimsemesi akla gelmektedir (Ekpunobi ve arkadaşları, 2021).

Türkiye, yukarıda sıralanan porselen üretim alanlarına yönelik temel hammadde kaynakları bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu hususta çamurun elde edilmesinde bilinen en önemli hammadde yataklarını Sındırgı, Avanos, Bilecik ve Kütahya oluşturmaktadır. Bu bölgeler arasında Kütahya, hammaddenin işlenmesi, imalat teknolojileri, sektöre ait sanayi ekipmanlarının ve yardımcı malzemelerin tedariki bakımından da öne çıkmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerine göre hane halkının yıllık ölçekte sofras ürünleri ile süs eşyalarını tüketim miktarı 7-8 kilogram olarak tespit edilmiştir (Güney Ege Kalkınma Ajansı, 2020).

2.1.3. Porselenin Temel Özellikleri

Temelde kaolin, kuvars ve feldspat minerallerinin belirli oranlarda karıştırılarak, daha sonra 1200 ile 1400 °C sıcaklıklarda fırınlanması yolu ile elde edilmektedir. 1881'de Yıldız Çini Fabrika-i Hümayunu için toprak analizi yapan Mösyö Moreau, raporunda porselen için özellikle en önemli hammaddenin kaolin madeni olduğunu vurgulamıştır (Serin, 2009).

Porselen killeri genellikle düşük plastisite yapısındadır. Porselen malzemenin yüksek mukavemetli bir yapıda olması ise, diğer seramik türlerine göre önemli bir ayırt edici özellik olmaktadır.

Porselen, mekanik ve elektrik direnç, sıcaklık değişimlerine olan direnç, kimyasal dayanımı ile ışık geçirgenliği gibi başka ayırıcı özellikleri de barındırmaktadır. Oldukça ince ve saydam bir yapıya sahip olması onu, başka seramik türlerinin önüne geçirmektedir. Bu durum Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Yarı Saydam Özellik (Klausbo, 2009)

2.1.4. Porselenin Üretim Aşamaları

Dünyada en genel tanımıyla iki tip porselen üretilmektedir. Bunlardan ilki özellikle Çin kökenli yumuşak porselen, ikincisi ise sert porselen olarak sınıflandırılacak Avrupa kıtasına ait porselen olmaktadır (Birben, 2011). Kabaca iki sınıfta üretilen porselenlerin içeriğinde yer alan yoğunluk, hammadde çeşitleri ve oranları ile pişirme sıcaklıklarının farklı olması bu porselenlerin üretim süreçlerini çok fazla etkilememektedir. Bu yönüyle belirtilecek üretim süreçleri en kapsayıcı uygulama adımlarını meydana getirmektedir.

- Hammadde hazırlığı.
- Şekillendirme (Döküm, elle, plaka açma yöntemi gibi).
- Kurutma.
- Pişirme (Bisküvi pişirimi).
- Sırlama.
- Pişirme (Sır pişirimi).

Yukarıda sırasıyla porselen çamurunun nihai bir porselen ürüne dönüşmesinin en genel aşamaları yer almaktadır. Burada belirtilen aşamaların her birinde dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Örneğin, bisküvi pişirimi 900 ile 1000 °C'lerde gerçekleşebiliyorken, sır pişirimi çok daha yüksek sıcaklıklarda, 1200 ile

1400 °C aralığında sonuç vermektedir. Her iki pişirimde de sıcaklıklar kademe kademe artırılarak işlem gerçekleştirilmektedir. Aşağıda Şekil 4 ve Şekil 5'te söz konusu ürünler ve pişirildikleri endüstriyel fırınlar gösterilmektedir.



Şekil 4. Bisküvi Pişirimi Yapılmış ve Sırlanmış Yarı Mamul Porselenler



Şekil 5. Yüksek Derece Fırınlar

2.2. Tesis Yerleşimi

Tesis ve esas, birbiriyle ilişkili iki kavramdır. Tesis, aynı hedefi gözeten esasların kuşatıldığı bir bütüne; başka bir deyişle teçhizat, işgücü ve hammadde gibi kaynakların, etkili bir üretim amacı doğrultusunda bir arada tutulabildiği sisteme denilmektedir. Ayrıca belirtilmelidir ki, tesis ve sistem ifadelerinin birbirlerinin yerine kullanıldığına yapılan çalışmalarda rastlanılmaktadır.

Bir sistemde hangi tür üretimin, hangi şartlarda sürdürüleceğini belirlemek; o yerde yapılacak üretimin kendisi kadar önem taşımaktadır. Bu hususta, hangi şartlar konusunda makul yanıtlar bulmak gerekmektedir. Üretimin yapıldığı tüm dönemlerde, herhangi bir tesise ait üretim hatlarında bazı istasyonların kapasitesinin altında kaldığı, bazı istasyonların ise aşırı yüklenme ile tıklandığı vakalar görülmektedir. Kabaca, girişi ve çıkışı olan her sistem, böyle durumlar ile karşılaştığında, yerleşimi kendi koşullarına göre doğru planlamayı düşünmektedir. Bu durum, bir üst başlıkta, üretim planlamasının ekseninde yer almaktadır.

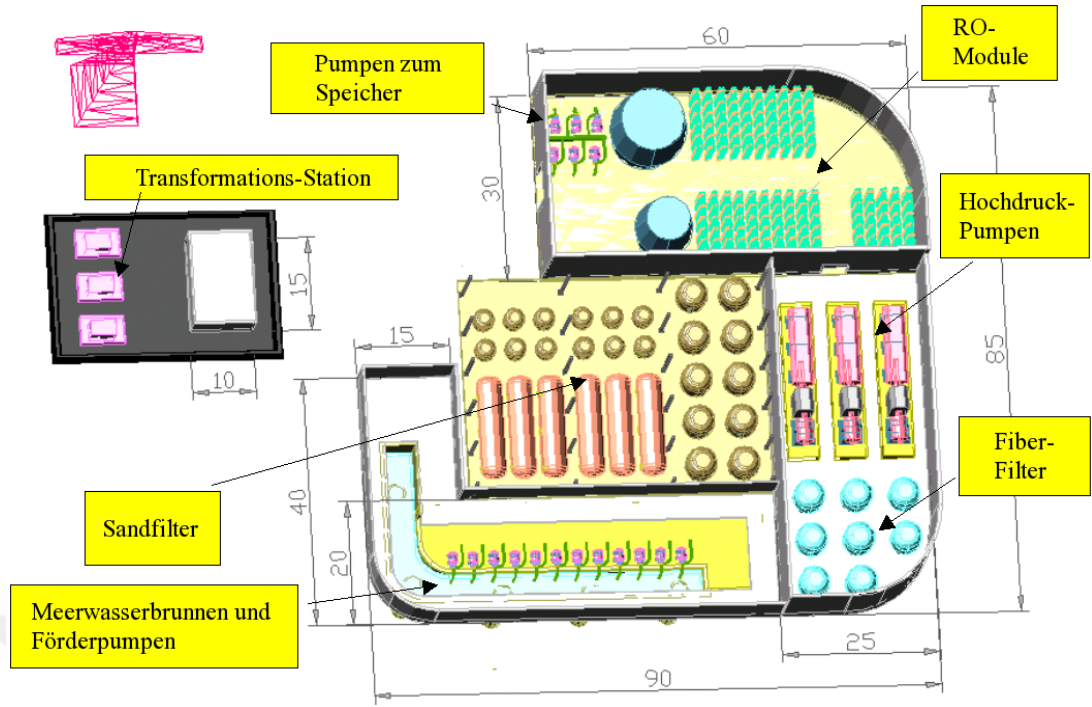
Üretim tesisinde yer alan insan, makine, hammadde ve malzeme aksiyonlarının, sistemdeki tüm unsurların amacına uygun bir şekilde konumlandığı sistematik faaliyetlerin bütününe tesis yerleşimi denilmektedir (Açıkkapı, 2023).

İyi bir tesis yerleşiminin başarılması, üretim süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Öte yandan böyle bir çabanın yokluğu veya başarısızlık, verimsiz çalışma koşullarına, zaman kaybına ve mali kayıpların yaşanmasına yol açmaktadır.

Tesis yerleşimi çalışmalarında en çok karşılaşılan, bekleme ve gecikme sürelerinin çokluğu, uzun mesafeler kat edilmesi, gereksiz tekrarların yapılması, çalışma ortamını ve güvenliğini bozan koşulların oluşması, kalibrasyon ve makine bozulmaları gibi durumlar olmaktadır.

1988’de ABD’de yapılan bir çalışma, firmaların üçte birinin her iki yılda bir tesislerini başka bir konuma taşıdıkları, en az üçte ikisinin ise mevcut yerleşimlerini düzenlemek zorunda kaldıklarını ortaya koymaktadır (Gupta ve Seifoddini, 1990). Amaç, tüm olumsuzlukların ortadan kaldırılmasını sağlayıp düzgün bir üretim ortamına sahip olmaktır.

Başarılı bir üretim ortamı, bina, malzeme, teçhizat ve hareketin; kendi şartları, kısıtları ve kapasiteleri göz önüne alınarak en iyi şekilde planlanmasıyla mümkün olmaktadır. Bu durum üretim sistemindeki bütün unsurları iyileştirmeyi hedeflese de öncelikle sistemdeki canlı veya cansız üretim elemanlarının hareketlerini en aza indirerek taşıma maliyetleri ile tesisin diğer sabit maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir.



Şekil 6. Bilgisayar Destekli Tasarım Aracılığıyla Yapılmış Bir Tesis Düzeni (Togo, 2006)

Üretimi planlı ve yalın olarak gerçekleştirmeye yarayan bazı kolaylıklar bulunmaktadır. Bunlar tesis yerleşiminin yeniden ele alınması gibi bazen iş akışında istasyonlara yerleştirilen levhalar, bazen süreci disipline etmeyi sağlayan kartlar (Kanban) olmaktadır. Şekil 7’de basit ancak etkili üretim planlama çözümlerinden biri olan Kanban kartlarının kullanımına bir örnek gösterilmektedir.

En önemlisi, günden güne yapılan düşük maliyetli çözümler, uzun vadede yüksek maliyetli sonuçların ve motivasyon yitiminin önüne geçebildiği sayısız örnekte deneyimlenmektedir. Şekil 6’da belirli bir hedef doğrultusunda üretimin gerçekleşmesi için alan ve diğer kaynak kısıtlamaları gibi belirleyicilerin göz önüne alınarak yapıldığı bir tesis yerleşimi gösterilmektedir.

İşletmelerin, kurulduktan sonra yapabilecekleri yerleşim düzenlemeleri kadar, kurulmadan önce sistemi simüle etmeleri, kendi kimliklerine uygun yerleşim senaryoları üzerinde titiz davranmaları mühimdir. Bu hususta yapılabilecek etkili yöntemlerden biri basit blok yerleşim tasarımıdır. Böylece, sistem kurulduktan sonra sürekli değişiklik gösterecek faktörlerin, tesis yerleşiminde olası sonuçları indirgenmiş olmaktadır.



Şekil 7. Kanban Kartı ve Kullanımı (Abeyasekere, 2008)

2.2.1. Tesis Yerleşimi Planlamasının Faydaları

Tesis yerleşimi planlaması esas itibariyle, uzun yıllar boyunca devam etmesi istenilen operasyonel verimliliği etkin kılmaktadır. İşletmelerin üretim hedeflerine göre gerekli tüm konumlandırmalarını yapmalarının, onlara bazı müspet sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir. Bu sonuçların bir kısmı aşağıda sıralanmaktadır.

- Alanı verimli kullanmak
- Taşıma mesafelerini azaltmak.
- Taşıma maliyetlerini düşürmek
- Üretim maliyetlerini düşürmek.
- İşgücü kayıplarını azaltmak.
- Ürün teslim sürelerini iyileştirmek.
- Yalın üretim.
- Depolama (bekletme) maliyetlerini düşürmek.
- Etkin iş istasyonlarına sahip olmak.

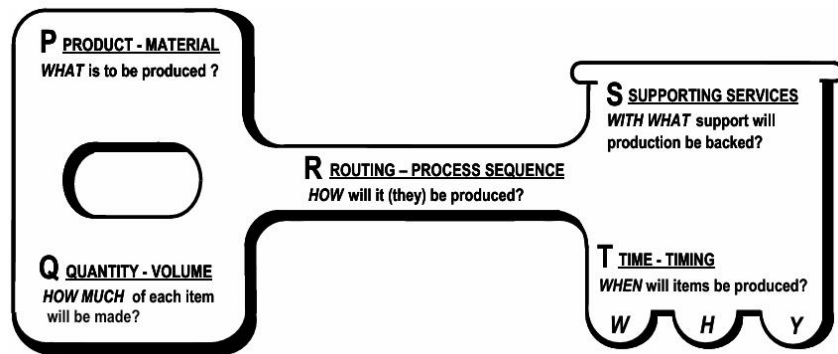
Söz konusu gelişmeler, klasik yerleşim teorisinin işletmelerin en iyi yerleşim düzenini belirlemesinde üretim ve taşıma maliyetleri başta olmak üzere, en düşük toplam maliyete vurgu yapıldığını göstermektedir (Akın ve Seyfettinoğlu, 2025).

2.2.2. Sistematik Yerleşim Planlaması

Bütün yerleşim düzenlemelerinde olduğu gibi sistematik yerleşim planlamasının da amacı, takip edilmesi gereken bir dizi adım uygulayarak bir planlama yapmaktır. Çok faktörlü problemlerin ve değişken hedeflerin niceliksel ağırlığı karşısında, tıpkı bir yerleşim mezhebi gibi, sistematik yerleşim planlaması en kuşatıcı yerleşim planlaması olma iddiasını taşımaktadır (Muther ve Hales, 2015). Bu planlama teorisinin çok anlaşılır ve akla yatkın tarafları bulunmaktadır.

1961’de Richard Muther tarafından kurgulanan yaklaşım, ön veriler elde edilip, yerleşimin ana unsuru olan istasyonların ilişkileri belirlenerek başlamaktadır. İlişkilerin, daha kolay anlaşılacak üzere belirli harf gösterimleri (A, E, I, O, U ve X) ve akılda kalıcı çizelgeler yolu ile tarifleri yapılmaktadır. Bu görselleştirmenin sonucunda yapılacak çözümleme ve analizin anlaşılabilirliği bu hususta ilgi uyandırmaktadır.

Teori, en başından yerleşim için başarının, ‘ürün çeşidi’ ve ‘ürün miktarı’ ile ilgili adımlarla mümkün olacağının altını çizmektedir. Buna ek olarak, her şeyin açık seçik ortaya konulduğu çizelgeler yardımı ile ürünün nasıl yapılacağının ‘rotası’ oluşturulmaktadır. Planlamanın önemli sacayaklarından bir tanesi de makine bakım ve onarımının, saklama alanlarının, çalışanların mutluluk ve rahatlığını sağlayacak ofis, dinlenme ve çeşitli ihtiyaç alanlarının operasyonu ‘desteklediğini’ hesaba katmaktır. Bu bölümler toplam yerleşim içerisinde önemli bir yerleşim alanını işgal etmektedir. Dolayısıyla ihmal edilmeyecektir. Yerleşim sorunlarının bu planlama teorisine göre bir diğer kritik noktası ‘zamandır’. Bir sürecin varlık göstermek ile ilgili kurduğu en kaçınılmaz kaide zaman olmaktadır. Birçok konuda olduğu gibi üretimde de en belirleyici faktör, sürecin zamanında gerçekleşip gerçekleşmediğidir. İş yapma şekli bir ritmi barındırdığı için, çoğu yerleşim planlamacısı zaman denklemini, Almanca nabız anlamına gelen “takt” süresi olarak ele almaktadır ve genellikle uyulması gereken azami süre anlamına gelmektedir (Muther ve Hales, 2015).



Şekil 8. Muther ve Hales'in (2015) Planlamacı İçin Çözüm Anahtarı

Yerleşim planlamacıları, Şekil 8’de gösterilen anahtar (ürün cinsi, ürün miktarı, rota, destek sağlayıcıları ve zaman) sayesinde çok başarılı bir yerleşim planlamasının kapısını aralamaktadır. Söz konusu yerleşim planlamasının aşamaları ise şunlardır:

- Yerleşim alanının konumunu belirlemek.
- Yerleşim düzenini kabaca belirlemek.
- Yerleşim düzenini detaylandırmak.
- Yerleşim planını gerçekleştirmek.

Planlama yapılırken her aşamanın son derece önemli olduğunun altı çizilmektedir. Söz gelimi, yerleşimin düzenleneceği alanın deprem dayanımını ya da binanın, yapılacak işin fiziki şartlarını sağlayıp sağlamadığını bilmeden planlama yapmak, maliyetin yükseldiği ikinci bir planlamaya matuf olabilmektedir. Bu nedenle planlamacı her unsuru dikkate almaktadır.

2.2.3. Sistematik Yerleşim Planlama Modeli

Her sistematik yerleşim planlaması genel bir örüntüye göre şekillenmektedir (Muther ve Hales, 2015). Bunlar üç temelde ele alınmaktadır:

- *İlişkiler*; faaliyetler arasındaki makul yakınlık dereceleridir.
- *Alan gereksinimi*; yerleştirilecek şeylerin fiziksel yanlarının ölçülüp, yapılandırılmasıdır.
- *Düzenleme*; yapılan teorik yerleşimin reel izdüşümüdür.

Muther’in tasarladığı yerleşim planının çalışma prensibi ise aşağıda özetlenmektedir (Karadaş, 2016).

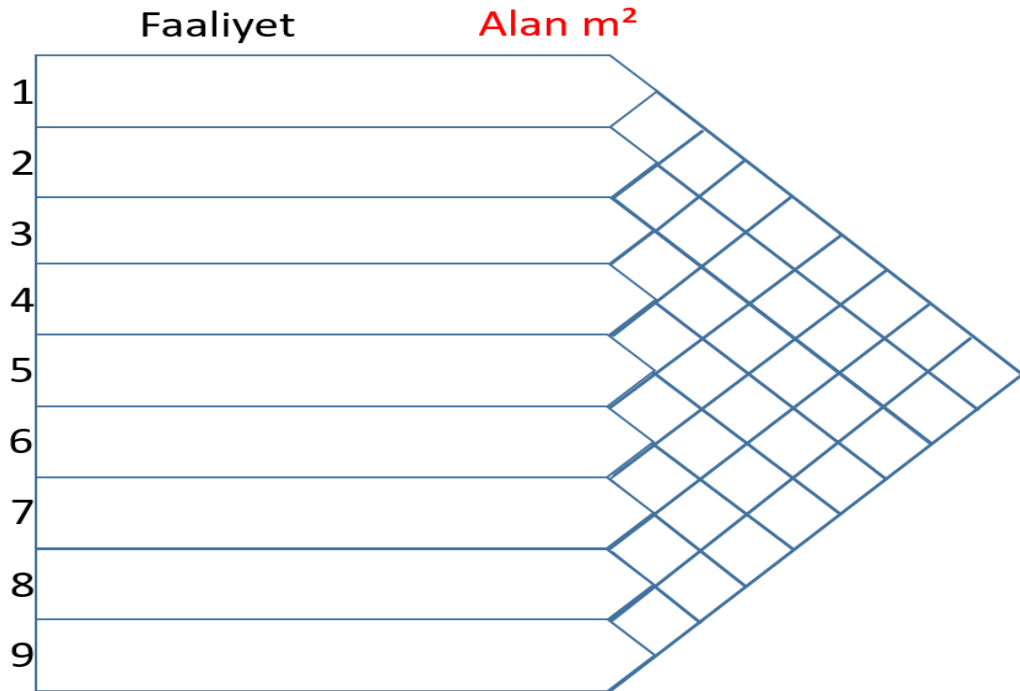
- 1) Veri Toplama
 - a) Malzeme akışı incelemesi
 - b) Faaliyet akışı incelemesi
- 2) İlişki Çizelgesi
 - a) Alan gereksinimleri
 - b) Alanın uygunluğu
- 3) Alan İlişki Çizelgesi
 - a) Kısıt değerlendirmesi
 - b) Spesifik kontroller
- 4) Alternatif Yerleşim Önerme
 - a) Önerilen yerleşimin değerlendirilmesi

Muther'in sistematik yerleşim planlaması bahsi geçen aşamalar sayesinde başarı ile sonuçlanmaktadır. Bu planlamada, en düşük malzeme taşıma gayretinin ortaya konulabilmesi, malzeme akışındaki yoğunluğun ve sıralamanın doğru tespit edilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu durum, planlamacının en çok arzu ettiği malzeme akışındaki iyileşmeyi getirerek, uzun yürüyüşleri ve maliyetleri istenen düzeyde tutmaktadır. Malzeme akışının incelenmesi, istasyonlar ve operatörler arasındaki ilişkiyi algılayarak yorumu, bir sonraki adım olan faaliyet ilişkilerinin incelendiği adıma bırakmaktadır. Bu adımda yapılan incelemede alınan çeşitli kararlar doğrultusunda beş düzeyli sembolik bir yakınlık ölçeği tanzim edilerek, faaliyet ilişki çizelgesi oluşturulmaktadır. Söz konusu ölçek (Tablo 1) ile faaliyet ilişki çizelgesi (Şekil 9) oluşturulurken istenildiği takdirde 1'den 9'a kadar sıralanan gerekçe numaraları verilebilmektedir.

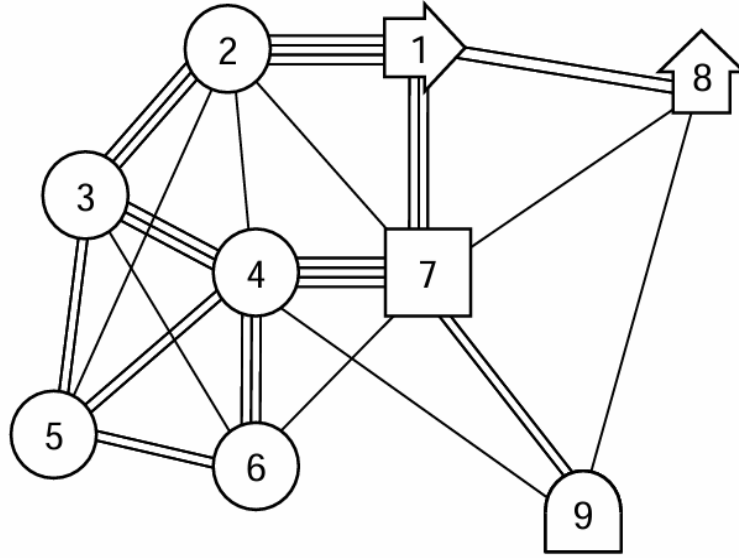
Tablo 1. Yakınlığın Önem Dereceleri

A	Kesinlikle yakınlık gerekli.	////
E	Özellikle önemli	///
I	Önemli	//
O	Normal	/
U	Önemsiz	
X	Yakınlık istenmez	\\

Yukarıda anılan alan gereksinimi esaslı için önemli bir nokta, söz konusu gereksinimin mevcut durum ile dengeli olmasıdır. Bu denge sağlandığı takdirde, ortaya çıkan alanlar faaliyet ilişkisi çizelgesine dâhil edilebilmektedir.



Şekil 9. Alan Gereksinimi Gösterimi ile Faaliyet İlişki Çizelgesi



Şekil 10. Faaliyet İlişkilerinin Oklar ile Gösterimi (Muther ve Hales, 2015)

Gerekli düzenlemeler ile faaliyet ilişkileri görselleştirildikten sonra yerleşim yerindeki önemli kısıtlamalar değerlendirilip, alternatif yerleşim önerisi oluşturulmaktadır. Daha sonra öneri karar vericiler tarafından değerlendirilip uygulanmaktadır.

Muther ve Hales'e (2015) göre faaliyet ilişkilerinin yakınlıkları ayrıca, oklar ve renkler ile ifade edilebilmektedir. Bunlar Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmektedir.

Value	CLOSENESS	Color
A	<u>A</u> bsolutely Necessary	 RED
E	<u>E</u> specially Important	 OR-YEL
I	<u>I</u> mportant	 GREEN
O	<u>O</u> rdinary Closeness OK	 BLUE
U	<u>U</u> nimportant	U
X	<u>N</u> ot desirable	 BROWN

Şekil 11. Yakınlık Harflerine Atanan Renkler (Muther ve Hales, 2015)

2.2.4. BLOCPLAN Yöntemi

BLOCPLAN, tesis yerleşim planlamalarında bölümlerin göreceli yakınlık derecelerini dikkate alarak alternatif blok planları üretmeye odaklanan bilgisayar destekli bir yaklaşımdır (Presentation 10, t.y.). Literatürde, özellikle küçük ve orta ölçekli üretim tesislerinde, BLOCPLAN'ın esnek bir yapısından kaynaklı olarak farklı başlangıç koşullarından hareketle çok sayıda çözüm alternatifi üretebilme yeteneği vurgulanmaktadır. Bu yönüyle yöntem, SYP gibi geleneksel yöntemlerin bilgisayar ortamına taşınmış bir versiyonu olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalarda, BLOCPLAN'ın ürettiği alternatif düzenler arasında en yüksek skor değerine sahip çözümün seçilmesiyle malzeme akışının kolaylaştığı, taşıma mesafelerinin azaldığı ve alan kullanımında etkinliğin arttığı örnekler görülmektedir. Ayrıca yöntem küçük ve orta ölçekli, çok çeşitli imalat işletmelerine uygulanabilirliği ile öne çıkmaktadır.

2.2.5. Hollier Metodu

R. H. Hollier yaptığı bir çalışmada, üretim sistemindeki iş/istasyon sıralamalarının kararlarında bir performans değerlendirmesi yapabilmek için bir simülasyon modeli geliştirmeyi amaçlamıştır (Hollier, 1968).

Bu yöntem geri izlemeyi azaltabilmek için makine veya istasyonların sıralanması sürecini ifade etmektedir (Joy ve Gupta, 2020).

Hollier Metodunun Adımları:

- Ön verilerden kaynak/hedef tablosunun hazırlanması ilk adım olmaktadır. Burada genellikle ürün miktarları veya ürün hareketlerinin sayısı kullanılmaktadır.
- Her makine veya istasyon için “kaynak” ve “hedef” toplamalarının belirlenmesi sonraki adım olmaktadır.
- Makine veya istasyonlar, en düşük kaynak veya hedef toplamalarına göre hücrelere atanmaktadır. En düşük değer bir “hedef” toplamı olduğunda, bu makine veya istasyon ilk sıraya yerleştirilmektedir. En düşük değer bir “kaynak” toplamı ise sıranın en sonuna yerleştirilmektedir.

Eşitlik oluştuğunda ise:

- a) En düşük kaynak/hedef oranına sahip makine veya istasyon seçilmektedir.
- b) Seçilen istasyon veya makine için “kaynak” ve “hedef” toplamaları eşit ise, atlanır ve sonraki en düşük toplamı olan istasyon veya makine seçilir.
- c) En düşük “hedef” toplamı en düşük “kaynak” toplamına eşit ise, her iki istasyon veya makine de seçilir ve sırasıyla hücrenin başına ve sonuna yerleştirilir.

2.2.6. PLANET Yöntemi

PLANET (Plant Layout Analysis and Evaluation Technique), tesis yerleşim sorunlarını “geliştirici” bir biçimde çözebilen erken dönem algoritmalarından biridir. Ana fikri, malzeme akışı, taşıma mesafesi, ergonomi vb. gibi faktörlere odaklanarak bölümlere puanlar vermektir.

Apple (1977) tarafından geliştirilen bu yöntem, yukarıda bahsedildiği üzere çok ölçütlü bir karar sağlayıcısı olmaktadır.

Nitelik unsurlarını dikkate alarak karar vericilere dengeli bir değerlendirme olanağı sunarken, onları niceliksel karşılıklar yükleyerek karar verme sorununu kolaylaştırmaktadır. Bu özelliği sayesinde, farklı algoritmalarla üretilen yerleşim planlarının karşılaştırılması ve en uygun yerleşim stratejisinin seçilmesi aşamasında etkili bir karar destek aracı olarak kullanılmaktadır.

2.2.7. Tesis Yerleşimi Literatüründeki Bazı Çalışmalar

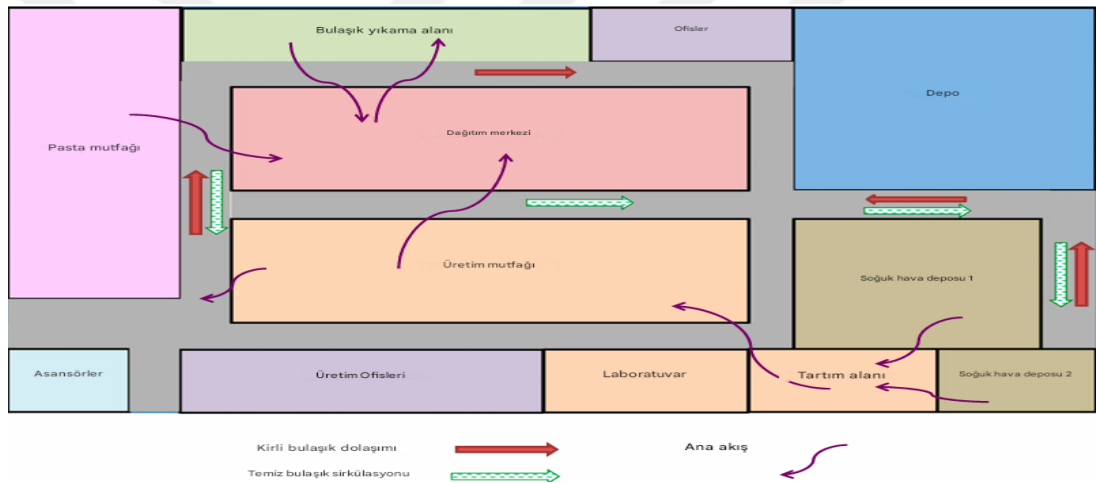
Karadaş (2016), yaptığı yüksek lisans tezi çalışmasında tesis planlama ve yerleşim literatürüne genel bir bakış sağlamış, bu çerçevede planlamanın önemini, amacını ve türlerini vurgulamıştır. Söz konusu çalışmanın yöntemi, sezgisel bir yaklaşım olarak Richard Muther tarafından geliştirilen Sistematiik Yerleşim Planlaması (SYP) olmaktadır. Söz konusu yöntem İAOSB’de 12 iş istasyonu ile faaliyet gösteren bir işletmede uygulanmıştır. Yapılan uygulama neticesinde işletmenin taşıma mesafesinde bir azalma gerçekleşmiş olup, bu vesile ile önerilen alternatifin uygulanmasının işyerindeki ürün ve taşıma maliyetlerini, çalışma kaybını ve teslimat sürelerini azaltacağı; aynı şekilde işyerindeki tüm çalışanların motivasyonlarını artıracığı öngörülmektedir.

Joy ve Gupta (2020), ahşap mobilya sanayinde hücreli üretim sistemlerin uygulanabilirliklerini ve etkinliklerini araştırdıkları çalışmalarında, mevcut üretim sistemlerine ilgili yaklaşımı uygulayıp, sonuçlarının fayda sağlayıp sağlamayacağını öğrenmek istemektedirler. Söz konusu araştırmada, Bangladeş menşeli “Brothers” isimli bir mobilya işletmesinden elde ettikleri veriler kullanılmaktadır. Öncelikle, hücrelemede etkili ve kolay bir algoritma olan Sıralama Düzeni Kümelemesi yöntemiyle parça grupları ve makine hücrelerini belirleyen çalışma, daha sonra Hollier metodu kullanarak makineler için en anlamlı sıralamayı gerçekleştirmektedir. Yapılan yöntemler sonucunda elde edilen dizilim ile mevcut düzen, ARENA simülasyon programı ile modellendiğinde üretim miktarları ve zaman ölçütleri karşılaştırılabilmektedir. Sonuç olarak, verimliliği artıracak yönde önemli düzeyde iyileşmelerin oluştuğu çalışma bulgularından anlaşılmaktadır.

Ordu ve Korhan (2022), yayınladıkları çalışmada bir tekstil işletmesinin verimsiz bir iş bölümüne ilişkin çıkarımlar sağlayarak, faaliyet ilişkilerine göre bölümlerin yakınlıklarını belirleyip bir düzenleme önermeyi ve önerinin gerçek hayattaki katkılarını simüle etmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, faaliyetler belirlendikten

İtibaren “yapım şablon yöntemi” adı verilen bir yöntem ile üretime zarar veren faaliyetler elenerek bir yerleşim planı oluşturulmaktadır. Bahsedildiği üzere, yerleşim sonuçları bir benzetim modeli (Simul8) kullanılarak iyileşmenin düzeyine dair işaretler vermektedir. Yapılan çalışmanın sonucunda, fayda analizi ile verimliliğin %14,14 oranında artırıldığı ölçülebilmiş, taşıma mesafelerinin tatminkâr düzeyde azaltıldığı gözlenmiş, ayrıca SYP’nin ve simülasyon çalışmasının örtüşmesinin, SYP yaklaşımının etkinliğinin anlaşılması anlamında literatüre bir katkı sunmuştur.

Moatari-Kazerouni ve arkadaşlarının (2014) tesis yerleşimi literatüründe dikkat çeken çalışmalarında, İş Sağlığı ve Güvenliğinin (İSG) tesis planlamasına entegre edilmesi etraflıca ele alınmaktadır. Üretimin ve tesis yerleşiminin en önemli kesişim noktalarından biri olan İSG’nin bu konu özelinde ele alınması bu yönüyle ilgili çalışmalar arasında öne çıkmaktadır. Söz konusu çalışma, Montreal’deki bir hastanenin 1907’de tasarlanan mutfak bölümünün yeniden tasarlanmasına ilişkin gerçek bir vaka olmaktadır.



Şekil 12. Montreal'deki Hastane Mutfağının Mevcut Yerleşimi

Şekil 12’de söz konusu hastane mutfağının mevcut yerleşim planı bloklar ile gösterilmektedir. Yerleşim unsurları toplamda 12 bölümden ve 9 koridordan oluşmaktadır. Mutfak içerisindeki bölümler belirlendikten sonra günlük taşıma sıklığına göre bir kaynak/hedef tablosu oluşturulmaktadır. İlgili bölümler arasındaki taşıma maliyetleri farklı kategorilere göre sınıflandırılarak, bu doğrultuda bölümler arasındaki faaliyet ilişkileri belirlenmektedir. İSG’nin bu yerleşim yeri için etkileri literatüre ve uzman görüşlerine bakılarak belirlenmiş olup, tüm bölüm çiftlerinin risk olasılıkları oluşturulmaktadır. Yapılan olasılık değerlendirmesinin neticesinde hem İSG hem de maliyet açısından faaliyet ilişki çizelgesi hazırlanmaktadır. Bu noktada risk seviyelerine göre alternatif önlemler sunulmaktadır. Her alternatif düzenin toplam taşıma maliyeti ile İSG risk düzeyi hesaplandıktan sonra etkileri karşılaştırılmaktadır. Sonuçta, en uygun maliyet ve risk düzeyini sağlayan yerleşim düzenine karar verilmektedir.

		Old layout design	New layout design
OHS factor	Scenario 1	2 (safety rank)	I
	Scenario 2	3	NC
	Scenario 3	4	I
	Scenario 4	1	NC
Cost factor	Total cost of layout design	\$ 113 795	\$ 110 196
	Cost of design changes		D
Other	Space requirements		NC
	Number of product units		I
	Clients services		I
	Personnel working condition/environment		I
	Flow of information		I

Note: NC – no change; I – improvement; D – deterioration.

Şekil 13. Hastane Mutfağı Mevut ve Yeni Yerleşim Karşılaştırması

Şekil 13'ten de anlaşılacağı üzere, Montreal'deki hastane mutfağı için yapılan çalışmada, yerleşim yerinin düzenlenmesi sonrasında önemli iyileşmelerin yer aldığı görülmektedir.

İnce ve Taşdemir (2024), ahşap kablo makarası gibi katma değerli orman ürünleri üreten bir tesisin departmanlarında etkili bir yerleşim planlaması yapabilmeyi amaçlamaktadır. Yerleşimi kuruluş aşamasından itibaren ele alan bu çalışma, söz konusu literatürdeki “mevcut yerleşimlerin düzenlenmesi” kategorisinden ayrılmaktadır. Bölümlerin mekânsal ve fonksiyonel gereksinimlerini gözeterek, Muther ve Hales'in (2015) bilinen yakınlık ilişkileri harflerine, ALDEP algoritmasında kullanılmak üzere sayısal değerler atanmasıyla uygun bir tesis yerleşimi sonucuna odaklanılmaktadır. Her bölüm için (1. ofis katı, 2. ofis katı ve üretim katı) ALDEP sonucunda yerleşim puanları ortaya çıkmaktadır. 1. katta 7, 2. katta 8 ve üretim katında 13 bölümün söz konusu algoritmaya ve yakınlık ilişkilerine göre etkili bir şekilde düzenlenmesi ile yerleşimin, düşük taşıma mesafeleri ve maliyetlerine, ayrıca verimli bir iş akışına sahip olacağı öngörülmektedir. Çalışmanın literatüre olan katkısı ise, ALDEP ve yakınlık ilişkisi yaklaşımının bütünleşmiş bir şekilde uygulanmasının kuruluş aşamasındaki tesislerde öncü bir yaklaşım olarak yer alabileceği ve önemli kazanımlara yol açacağı olmaktadır.

Gülsün, Tuzkaya ve Duman (2009) çalışmalarında, tesis yerleşim tasarımının üretim verimliliği üzerinde kritik bir rolü olduğunu vurgulayıp, problemi Karesel Atama Problemi (KAP) ile ele almaktadırlar. KAP'ın NP-zor yapısından ötürü, geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda Genetik Algoritma (GA) gibi meta-sezgisel yöntemlerin etkin bir alternatif sunduğu belirtilmektedir.

Bu çalışmada, Visual Studio C++ 6.0 üzerinde yapılan bir kodlama ile elde edilen Layout Optimizer (LO) yazılımı aracılığıyla hem literatürde yer alan KAP problemlerine hem de söz konusu elektrik malzemeleri üretim firmasında gerçek saha verileri üzerinde uygulamaların olduğu belirtilmektedir.

Tesis yerleşimi literatüründe LO yazılımının, bilindiği kadarıyla, başarılı çözümlere %99'un üzerinde bir oran ile yaklaştığı bu çalışmada belirtilmektedir. Uygulama kısmında ise dış montaj birimlerinin yeniden düzenlenmesi neticesinde toplam taşıma maliyeti 26750 iken düşüş yaşayarak 15743'e gerilemiş ve taşıma maliyetlerinde %41 oranında bir iyileşme elde edilmiştir. Bu çalışma, genetik algoritmaların farklı parametrelerle (çaprazlama, mutasyon, elitizm oranları vb.) uygulanabilirliğini

göstermesi açısından literatürde önemli bir rol üstlenmektedir. Ayrıca, sezgisel “başlangıç popülasyonları” ve gerçek hayat kısıtlarının daha iyi modellenmesi neticesinde ileride daha verimli çözümler elde edilebileceği çalışmanın sonuçlarında tartışılmaktadır.

Aurich, Speckmann, Böning ve Stonis (2021), küçük ve orta ölçekli işletmelerin tesis yerleşim problemlerine kullanıcı dostu çözümler sunmak amacıyla iki aşamalı bir Tabu Arama algoritması geliştirmektedir. Çalışmada, bir araştırma projesi kapsamında yürütülen ve planlanan problemlerin gerçekçi bir şekilde modellenmesine odaklanılmaktadır. Tesisler sabit en-boy oranlarında ve düzenli şekillerde karakterize edilmektedir. Ayrıca birbirlerinin üzerlerine binmelerine imkân verilmemektedir. Tesis yerleşim problemi, kuadratik set kaplama problemi olarak tanımlanmakta ve ayrık bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Modelde tesisin yüzeyi eşit kare hücrelerden oluşan bir ızgara biçiminde konumlandırılmakta, kısıtlar (yükseklik, medya erişimi vb.) ile alım ve bırakma noktaları dikkate alınmaktadır.

Önerilen optimizasyon yöntemi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk etapta taşıma mesafeleri Öklidyen uzaklıkla hesaplanırken, ikinci aşamada ise bir sezgisel yol bulma algoritması olan A* arama algoritması ile gerçekçi yol planlaması entegre edilmektedir. Çalışmada üç farklı amaç esas alınmaktadır. İlki malzeme akış mesafesinin azaltılması, ikincisi sıcaklık duyarlılığı ve son olarak temizlik gerekliliklerinin artırılması olmaktadır. Tek ölçütlü optimizasyonlarda söz konusu amaçlara yönelik en iyi sonuçlar elde edilebilmekteyken, çok ölçütlü optimizasyonlarda ise ancak amaçlar arasında bir denge sağlanmaktadır. Çalışmanın sonucu, literatürde yer alan Genetik Algoritma ve benzeri yöntemlerle karşılaştırılarak, diğer çalışmalara benzer düzeyde başarılı olduğunu göstermektedir.

Uzoma ve Obi'nin (2023) çalışmaları, Nijerya'daki Piedmont Kontrplak Endüstrisi'nin tesis yerleşim düzeninin iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Araştırmada mevcut fabrika düzeni ile iki alternatif düzenleme karşılaştırılıp, özellikle geri izleme ve malzeme taşıma mesafeleri üzerinde durulmaktadır. Çalışmada üretkenlik endeksi mevcut yerleşim için 0.000275 m³/Naira, birinci alternatif için 0.000289 m³/Naira ve ikinci alternatif için 0.000296 m³/Naira olarak hesaplanmaktadır. Çalışmaya göre üretkenlik endeksindeki artışlar, yatırımların geri dönüş oranında kayda değer bir iyileşmeye işaret etmektedir. Birinci alternatifin düzenlemesiyle aylık yaklaşık 1,02 milyon Naira (Nijerya para birimi), ikinci alternatif ile 1,43 milyon Naira tasarruf sağlanmaktadır. Çalışmada ilk alternatiften ikincisine geçişte verimliliğin önemli düzeyde iyileştiği görülmektedir. Bu sonuçlar, tesis yerleşiminde yapılan düzenlemelerin üretim maliyetlerini düşürerek verimlilik artışı sağladığını ve özellikle malzeme taşıma faaliyetlerinin azaltılmasının kritik bir faktör olduğunu göstermektedir. Çalışmada, benzer üretim tesislerinin de mevcut düzenlerini gözden geçirerek alternatif yerleşim senaryolarını değerlendirmeleri gerektiği vurgulanmaktadır.

Canbulut, Vural ve Kavak'ın (2022) çalışmaları, Kayseri'de makine üretimi yapan bir işletmede simülasyon tabanlı bir yaklaşım sayesinde yanlış tesis yerleşiminden kaynaklanan maliyet artışlarını azaltabilmeyi önermektedir. Çalışmada, mevcut yerleşim düzeni önce atama problemi olarak ele alınmakta ve Macar algoritması ile

POM-QM (Production and Operations Management, Quantitative Methods) yazılımı kullanılarak alternatif yerleşim önerileri geliştirilmektedir. Daha sonra mevcut ve önerilen planlar Rockwell ARENA yazılımı aracılığıyla kesikli olay simülasyonu ile analiz edilmektedir. Bulgular, önerilen düzenlemenin sistemde parçaların geçirdiği sürede 5,6426 saatlik azalma sağladığını ortaya koyarken, darboğaz kaynaklarının (A, B ve C makineleri) belirlenmesi ile yapılan senaryo analizlerinde toplam işlem sürelerinde yaklaşık %28'lik bir iyileşme elde edildiği görülmektedir. Çalışma, gerçek düzende değişiklik yapmanın maliyetli ve riskli olduğu durumlarda simülasyonun karar vericilere önemli fırsatlar sunduğunu vurgulamaktadır. Bu bakımdan, literatürde simülasyon destekli tesis tasarımının yalnızca teorik bir konu olmadığı, aynı zamanda işletmelerin maliyet düşürme, darboğaz yönetimi ve verimlilik artışı sağlama süreçlerinde önemli bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır.

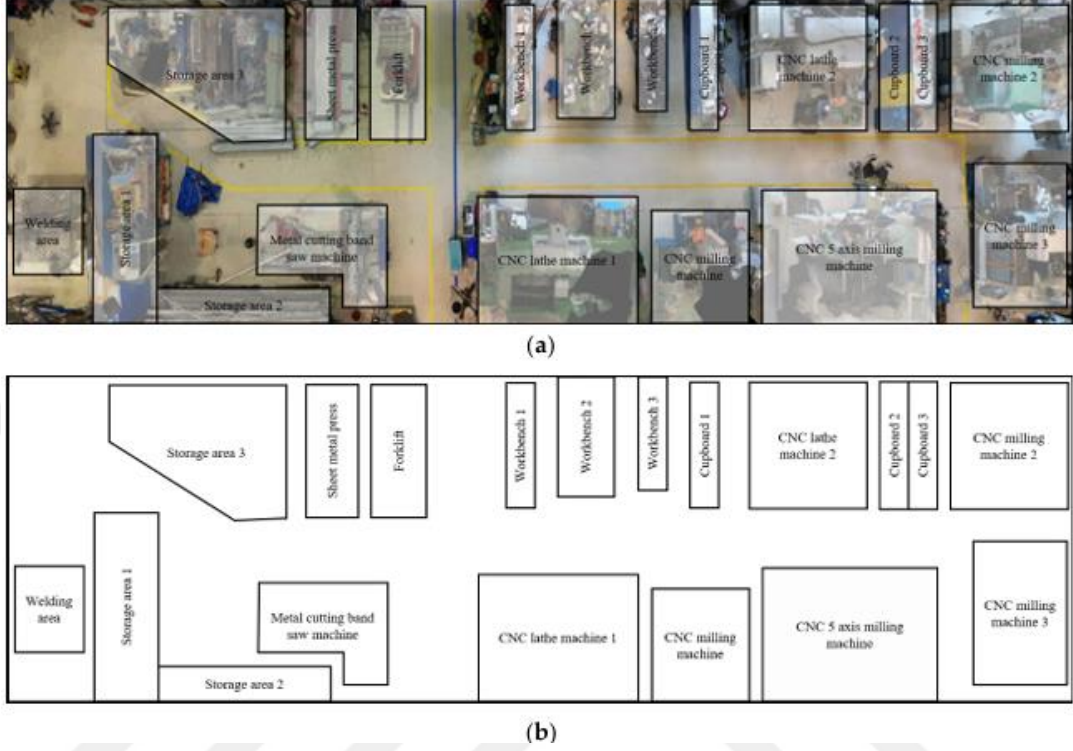
Al-Zubaidi, Fantoni ve Failli (2020), bu çalışmada tesis yerleşim problemlerine yönelik çözüm yaklaşımlarını sistematik biçimde inceleyerek literatürde yer alan 170'ten fazla çalışmayı analiz etmektedir. Çalışma, tesis yerleşimi problemlerinin çözümünü etkileyen unsurları dört temel başlık altında sınıflandırmaktadır. Bunlar:

- i. Etkinleştirici teknolojiler (simülasyon, Bilgisayarla Bütünleşik Üretim, uzman sistemler, otomasyon, Endüstri 4.0 teknolojileri)
- ii. Araçlar ve teknikler (Sistematik Yerleşim Planlama, CRAFT, ALDEP, CORELAP, Değer Akışı Haritalama, Altı Sigma, Çok Kriterli Karar Verme, Monte Carlo yaklaşımları)
- iii. Üretim sistemleri (esnek üretim, yalın üretim, çevik üretim ve yeniden yapılandırılabilir sistemler)
- iv. Destekleyici faktörler (iş sağlığı ve güvenliği, ergonomi, kalite, ekonomik faktörler).

Çalışmada özellikle Endüstri 4.0 kapsamında Nesnelerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistemler ve Büyük Veri teknolojilerinin tesis yerleşim probleminin tasarım ve optimizasyonuna entegrasyonunun kritik önemde olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, geleneksel literatürde sıklıkla ihmal edilen güvenlik, ergonomi ve risk faktörlerinin son yıllarda giderek artan biçimde tesis yerleşim tasarımlarında dikkate alındığı belirtilmektedir. Çalışma, mevcut literatürdeki boşluklara da işaret etmektedir. Özellikle yanlış algoritma seçimleri, gerçek zamanlı veri eksikliği ve nitel faktörlerin matematiksel modellere entegre edilememesi temel zorluklar arasında sayılmaktadır. Çalışma, gelecekte meta-sezgisel algoritmaların (Genetik Algoritma, Tabu Arama, Benzetilmiş Tavlama) Endüstri 4.0 sürücülerini ile kullanılarak daha esnek, güvenilir ve sürdürülebilir tesis yerleşim tasarımlarına ulaşılabilirliğini önermektedir.

Peron ve arkadaşları (2020), tesis yerleşim planlamasını sürdürülebilirlik hedefleri açısından incelemekte ve dijital teknolojilerin bu alandaki varlığının ne ölçüde çarpıcı sonuçlar oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Geleneksel yöntemlerin, çoğunlukla statik ve zaman alıcı süreçlere dayandığından şikayetle, işletmelerin dinamik ve tekrar yapılabilen düzenlemeler yapmasını zorlaştırdığı vurgulanmaktadır. Çalışmada, üç boyutlu (3D) haritalama, Kapalı Alan Konumlandırma Sistemleri (Indoor Positioning System - IPS), Hareket Yakalama Sistemleri (Motion Capture System - MoCap) ve Sürükleyici Gerçeklik (Immersive Reality - IR) gibi yeni teknolojilerin sistematik

yerleşim planlama adımlarına (Aktiviteler, İlişkiler, Alan, Ayarlamalar, Değerlendirme) entegrasyonu incelenmektedir. Şekil 14’te üç boyutlu ve iki boyutlu tasarımın karşılaştırılması yapılabilmektedir.



Şekil 14. Yerleşim Düzenlemesinde Üç Boyutlu Haritalama ile İki Boyutlu Çizim Karşılaştırması

Bu teknolojiler, ekonomik açıdan maliyetleri, bilgi ve veri toplama sürelerini azaltmakta, hatalı tasarımları önleyerek karar vericilere daha güvenilir veriler sunmaktadır. Sosyal açıdan ise Hareket Yakalama Sistemleri ve Sürükleyici Gerçeklik gibi teknolojiler özellikle ergonomiyi geliştirmekte, çalışan yorgunluğunu azaltmakta ve yaşlanan iş gücü için uygun iş istasyonları tasarlanmasına imkân vermektedir. Çevresel etkisine bakılacak olursa, üç boyutlu haritalama ve Kapalı Alan Konumlandırma Sistemleri kullanımı mekânı daha verimli kullanmayı, gereksiz bina yatırımlarının önüne geçmeyi ve taşıma faaliyetlerini azaltmayı sağlamaktadır. Çalışma, gelecekte söz konusu teknolojilerin simülasyon yazılımları ile birleştirilerek tam dinamik yerleşim sistemleri tasarlayabileceğini vurgulamaktadır.

2.3. Literatürün Genel Değerlendirmesi

Tablo 2. Literatürün Metodolojik Karşılaştırması

Yazar	Yaklaşım	Yöntem	Program (Varsa)
Açıkkapı (2023)	Yöneylem Araş.	Mat. Modelleme	LINGO
Akın ve Seyfettinoğlu (2025)	Sistematik İnceleme	Bibliyografik Analiz	VOSviewer
Al-Zubaidi, Fantoni ve Failli (2020)	Sistematik İnceleme	Analiz	-
Apple (1977)	Sistematik İnceleme	SYP	-
Aurich, Speckmann, Böning ve Stonis (2021)	Meta-sezgisel	Tabu Arama	Python
Canbulut, Vural ve Kavak'ın (2022)	Deterministik Optimizasyon	Macar Algoritması (Atama Problemi)	POM-QM ARENA
Gülsün, Tuzkaya ve Duman (2009)	Meta-sezgisel	Genetik Algoritmalar Karesel Atama Problemi	Visual Studio C++ Layout Optimizer
Gupta ve Seifoddini (1990)	Sistematik İnceleme	Analiz	-
Hollier (1968)	Sistematik İnceleme	Hollier Ayırık Olay Simülasyonu	Bilgisayar Simülasyonu
İnce ve Taşdemir (2024)	Sistematik İnceleme	ALDEP	-
Joy ve Gupta (2020)	Hibrit	Hollier (Sıralama) Kümeleme Simülasyon	ARENA
Karadaş (2016)	Sistematik İnceleme	SYP	CORELAP
Moatari-Kazerouni ve arkadaşları (2014)	Sistematik İnceleme	SYP	-
Muther ve Hales (2015)	Sistematik İnceleme	SYP	-
Ordu ve Korhan (2022)	Sistematik İnceleme	Yapım Şablon Yöntemi Ayırık Olay Simülasyonu	Simul8
Peron ve arkadaşları (2020)	Sistematik İnceleme	Analiz	-
Uzoma ve Obi'nin (2023)	Sistematik İnceleme	Maliyet ve Verimlilik (Vaka) Analizi	MATLAB

Tablo 2’de belirtilen “Yöneylem Araştırması” yaklaşımı, koşulları belirli durumlarda en makul çözümün bulunması için başvuru yaklaşımının başında gelmektedir. Bu amaca ulaşabilmek adına matematiksel modellemeyi kullanmaktadır. Bir diğer yaklaşım da “Sistematik İnceleme” olarak ifade edilen, sezgisel olarak da bilinen algoritma araçları, analitik analizleri ve sistematik yerleşim planlaması unsurlarını, literatüre genel bir bakış sağlayan çalışmaları ortak ifade edebileceği düşünülerek bu adlandırma ile kullanılmaktadır. Tablodaki bir diğer yaklaşımda Genetik Algoritmalar, Tabu Arama, Benzetilmiş Tavlama, Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Karınca Kolonisi gibi algoritmaların tümünü ifade etmeye yarayan “Meta-sezgisel” kavramı kullanılmaktadır. Tabloya göre bir diğer yaklaşım türü olan “Deterministik Optimizasyon” ifadesini belirtmek gerekirse de bilindiği üzere içerisinde kesinlik barındırmaya odaklı, rastgeleliğe müsait olmayan çözüm yaklaşımlarını açıklamada kullanılmaktadır. Ayrıca tabloda yer alan “Hibrit” yaklaşım ise sezgisel, meta-sezgisel, doğrusal programlama ve simülasyon gibi daha çok seçeneği bir arada ele alan çalışmaları ifade etmek için kullanılmaktadır.

Burada bazı ortak ve başat sayılabilecek amaç ve önerilere özellikle vurgu yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Bu bölümde, yerleşim literatüründeki terminolojiyi bir arada ve çok çeşitli olarak görebilmenin sayesinde, ayrıca genel bir perspektif sunması bakımından tez çalışmasına katkı sağladığı düşünülmektedir. İlk olarak, çalışmalarda üretim hatlarındaki taşıma mesafelerini düşürerek taşıma sürelerinin iyileştirilmesinin en sık tekrarlanan amaçların başında geldiği gözden kaçmamaktadır. Önemli bir öneri olarak Aurich, Speckmann, Böning ve Stonis (2021)’e ait çalışmada, Python yazılımı ile desteklenip, küçük ve orta ölçekli işletmeleri yakından ilgilendirecek kolay ve açık kaynaklı bir karar destek sağlayıcısı geliştirildiği bilinmektedir. Bu durum, hangi sektörde olursa olsun bu düzeydeki işletmelere bir başvuru kaynağı olarak durmaktadır.

Yine literatüre girmiş birçok çalışmada, tesis yerleşimi problemlerine ve çözüm yöntemlerine ilişkin eğilimlerin, boşlukların ve yönelimlerin müşterek bir özveri ile ele alındığı hemen anlaşılmaktadır.

Gelecekteki çalışmalara ilgili literatürde birikmiş bir kavram haritası aktarabilmek bu bölümde paylaşılan çalışmalarda olduğu gibi bu tez çalışmasının da başından sonuna kadar yanında yer aldığı önemli bir sorumluluk olarak paylaşılmaktadır.

Söz konusu öneriler, küçük ölçekli porselen atölyesi ile ilgili tez çalışmasının muhtemel ileri safhalarında karmaşık yerleşim sorunlarına ve çözümlerine benzerlik göstereceğinden, gelecek zamana çözüm projeksiyonları yansıtabilmektedir.

3. METODOLOJİ

3.1. Yaklaşım ve Yöntem

Bu çalışmanın yaklaşımı, sistematik ve nicel sayılabilecek bir tesis yerleşim planlaması stratejisine dayanmaktadır. Öncelikle Muther'in Sistematik Yerleşim Planlaması (SYP) çerçevesinde hazırlanan Faaliyet İlişki Çizelgesine göre, atölyedeki istasyonların birbirleriyle olan yakınlık dereceleri belirlenip, bu ilişkiler doğrultusunda SYP adımları takip edilerek alternatif bir düzen üretilmektedir. Daha sonra hem kurucu hem geliştirici bir algoritma olarak anılan BLOCPLAN algoritmasını uygulayan bir bilgisayar programı gelmektedir. BLOC PLAN Single Story for Windows 1.6 (BLOC PLAN 1.6) isimli bilgisayar programında iki ayrı başlangıç düzeni elde edilmektedir. Programın "Rastgele Düzen Oluşturma (Generate Random Layout)" ilkesine göre faaliyetler arası komşuluk ilişkilerini ikili değiştirmeler (swap) ile denemeler yaparak içlerinde en iyi skoru veren blok yerleşim tasarımları değerlendirilmektedir (Donaghey, Chung, Kong, & Pire, 2007). Bir sonraki aşamada Hollier metodu uygulanarak istasyon sırasının akışa uygunluğu test edilip, elde edilen sıralılık ve geri izleme oranları yardımıyla yerleşim atölye ortamı bağlamında yorumlanması sağlanmaktadır. Bu yöntem ile başlangıçtan farklı olarak hem nitel hususların (faaliyet yakınlıkları, ergonomi, alan kullanımı) hem de nicel ölçütlerin (ürün akışı, taşıma mesafesi, sıralılık ve geri izleme oranları) bütünlük sağladığı bilinmektedir. Son aşamada ise çalışmanın karar verme aşamasında, belirlenen kriterler doğrultusunda PLANET yöntemi ile uygunluk skorları hesaplanmış, böylece alternatiflerin daha objektif ve analitik bir biçimde karşılaştırılması mümkün olmuştur.

3.2. Çalışma Verilerinin Elde Edilmesi

Bu çalışmada hem doğrudan gözlem ve ölçümler hem de atölyedeki gündelik kayıtlardan (makine kılavuzları ve sipariş notları gibi) elde edilen girdiler yoluyla verilerin toplanması gerçekleştirilmektedir. Öncelikle, SYP kapsamında hazırlanan Faaliyet İlişki Çizelgesi için üretim sürecindeki her istasyonun mekânsal ve işlevsel gereksinimleri gözlemlenerek, departmanlar arası yakınlık dereceleri atölye çalışanları ile yapılan görüşmelerden ve süreç analizlerinden yararlanılarak belirlenmektedir. BLOCPLAN programının girdi verilerini oluşturmak için ise istasyonların alan büyüklükleri ve faaliyet ilişkilerine (atanan değerler ile) bakılmaktadır. Hollier metodunun uygulanabilmesi için çalışanların süreç akışına bakarak, ürün taşıma sayılarını üretim kayıtlarından çıkarmaları ile veriyi doğrulamaları söz konusu olmaktadır.

Son olarak PLANET yöntemi için belirlenen kriterlere (malzeme akışı, taşıma mesafeleri, ergonomi, altyapı, hijyen ve alan kullanımı) ilişkin veriler hem daha önce üretim sürecinde yapılan zaman ve mesafe ölçümleri hem de uzman görüşleri ile ağırlıklandırılarak toplanmaktadır.

Böylece çalışmada kullanılan tüm yöntemlere uygun hem nitel hem de nicel verileri kapsayan kapsamlı bir veri seti oluşturulmaktadır.

3.3. Yöntemlerin Kullanılma Nedenleri

Bu yöntemler (SYP/Faaliyet İlişkisi, BLOCPLAN, Hollier, PLANET) küçük ölçekli bir atölye için hem uygulama kolaylığı hem de farklı açılardan sağlayabilecekleri gerçekçi ve bütünsel katkıları nedeniyle seçilmektedir.

SYP, genellikle nitel ilişkilerin sistematik olarak görselleştirilmesine olanak tanıdığı için başlangıç adımı tercih edilmektedir. Dolayısıyla diğer nicel yöntemlere dayanak noktası oluşturmaktadır. BLOCPLAN programı ise farklı yerleşim alternatiflerini rastgele ve hızlıca üretebilmesi, faaliyetler arası yakınlıkları dikkate alarak pratik çözümler sunması nedenleriyle seçilmektedir. Bir hesaplama dayanan çözümü diğer deneme-yanılma yöntemlerine kıyasla daha sistematik bir yapı sağlamaktadır. Hollier metoduna gelince, üretim akışındaki doğruluğu (sıralılık ilkesine dayalı) tartışmaya yönelik basit ve güçlü bir araç olması, özellikle de sıralılık (in-sequence) ve geri izleme (backtracking) oranları ile yerleşim düzenlemesine katkı sunması açısından tercih edilmektedir. PLANET yöntemi, çok ölçütlü karar verme özelliği sayesinde yalnızca malzeme akışına değil, aynı zamanda atamış olduğu faktörlere (ayrıca ergonomi, altyapı ve alan kullanımı gibi) de ağırlık verilebilmesine olanak tanıyarak, optimizasyon süreçlerinde daha geniş bir perspektif sunması bakımından tercih edilmektedir.

Yukarıda bahsedilen her bir yöntem, bir diğerinin sınırlılıklarını tartışmaya açan, kısmen tamamlayan taraflarıyla birlikte daha bütüncül analizler yapılabilmesine katkı sağlamaktadır.

3.4. Çalışmanın Kısıtları

Çalışma, küçük ölçekli ve üretim süreçleri görece dinamik olmayan bir porselen atölyesi kapsamında gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, talep dalgalanmalarının yoğun olmadığı, ürün çeşitliliğinin sınırlı olduğu ve üretim hacminin büyük ölçekli endüstriyel tesislerdeki kadar karmaşık olmadığı bir varsayıma dayanmaktadır. Atölyede kullanılan fırın ve sırlama üniteleri gibi sabit altyapı unsurlarının yerinin değiştirilemeyeceği somut bir kısıt olarak kabul edilmektedir. Bu durum literatürde benzer şekilde küçük ölçekli üretim tesislerinin en belirgin kısıtlarından biri olarak vurgulanmaktadır (Apple, 1977). Fire oranlarının sabit (%1 bisküvi, %5 sır pişirimi) kabul edileceği, istasyonlar arası işlem sürelerinin gözlemlerden elde edilen ortalama değerlerle temsil edilebileceği ve iş gücü kayıplarının çalışma sürelerince değişmeyeceği bir başka varsayım olmaktadır. Bu tür tesisler için literatürden bilindiği üzere, tesis yerleşim problemlerinin çözümü daha çok malzeme akışı, ergonomi ve alan kullanımı gibi ölçütlere dayandırılmakta, yüksek otomasyon veya esnek üretim hatlarına özgü değişkenlikler kapsam dışında bırakılmaktadır (Muther ve Hales, 2015).

Bu kısıtlar ve varsayımlar, ürün popülasyonu yüksek, büyük ölçekli ve yoğun üretim ortamlarına uyarlanabilirliğini sınırlamakla beraber, küçük ölçekli işletmeler ve söz konusu porselen atölyesi için elverişli çözümler sunmaktadır.

3.5. Çalışmanın Geçerliliği

Her bir yöntem için literatürde yapılmış çok önemli ve uygulanmış çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmada ise mali kısıtlılıklar, fiziki kısıtlılıklar (tarihi taş bina olması ve sabit tesisatlar gib) ve düşük beklentilerin (optimizasyondan ziyade iyileştirme) olması nedeniyle yapılan çalışmanın geçerliliği basit ve erişilebilir yollar ile sağlanmaktadır. En tatmin edici şekilde SYP'nin önerisi sonucunda atölyede yapılan ufak düzenlemeler ile taşıma mesafelerinin neredeyse yarı yarıya (%43) azaldığı görülmektedir. Ayrıca Hollier metodu ile teorik olarak %85,6 sıralılık ve %4,77 geri izleme oranlarının elde edilmiş olması, uygulamada tam olmasa da bu değerlere yaklaşılabileceğini işaret etmektedir. Bir diğer tutarlılık, BLOCPLAN programında manuel olarak düzenleme yapılabilmesi, mevcut düzenin ve deneme-yanılma sonucu bulunan makul düzenlerin skor puanlarına bakılarak, kısmi bir benzetim sağladığından yorum yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. Son olarak PLANET yönteminin çok ölçütlü bir yapıya dayanmasından kaynaklı, değerlendirmenin güvenilir olacağı düşünülmektedir.

3.6. Çalışmanın Olası Geleceği

Bu çalışma mevcut veriler ve sonuçları açısından kendi ölçeğinde yeterli olup, söz konusu işletmeye katkı sunması bakımından tatmin edici olmaktadır. Ancak çalışmanın bahsi edilen ölçekte olup, daha çok veriye sahip başka örneklerde veya bizzat mevcut atölyenin gelişmesi sonucunda evrilebileceği daha kapsamlı bir çalışma, bir optimizasyon çözümü mümkün olacaktır. Bu bağlamda, bir önceki bölümün sonunda, Tablo 2'de yer verilen çalışmalara önemle bakıldığında, küçük ölçekli porselen atölyesi ile ilgili yapılan çalışmada da ileri bir aşama için diğer çalışmalardakine benzer veri girişleri oluşturulabilirse, çalışmanın iyileştirme hedefinin optimizasyon olarak değişkenlik gösterebileceği kolaylıkla anlaşılmaktadır. Dolayısıyla doğrusal programlama gibi, birçok meta-sezgisel yaklaşım ve simülasyon programları vb. araçlar ile daha karmaşık sistemlerin çözümünde başvuru kaynakları bu çalışmada uygulanabilecektir.

4. FAALİYET İLİŞKİSİNE GÖRE YERLEŞİMİN PORSELEN ATÖLYESİNDE UYGULANMASI

4.1. Atölyenin Yapısı ve İş Akışı

İzmir'in Aliğa İlçesinde, kırsal bir yerleşim bölgesinde yer alan eski bir zeytinyağı fabrikasında, yeterince geniş bir alanda faaliyet gösteren Lemniscate Porselen Atölyesi, el yapımı porselen ürünler imal etmektedir. Söz konusu işletme, yakın zamanda kurulmuş ve gelişimini sürdüren bir yapıdır.

Çoğunlukla siparişe göre üretimler gerçekleştiren atölyenin üretim kapasitesinin neredeyse yüzde doksanını tabak ve kupa ürünleri oluşturmaktadır. Kalan oranın bir kısmı atölyenin kendi deneysel üretimine, bir kısmı ise dekoratif denilebilecek ürün çeşitlerine ayrılmaktadır.

Atölyenin siparişe göre üretimler gerçekleştirmesi çok fazla stok yapmadan ve fiziksel bir mağaza ortamına çok fazla ihtiyaç duymadan faaliyet göstermesine neden olmaktadır. Müşteri kitlesi büyük ölçüde otel, restoran ve kafeler olan atölyenin, gerek sosyal medya kanallarından kurdukları etkileşimle gerek kendi düzenledikleri etkinlikler vasıtası ile iş yaptıkları bilinmektedir.

Atölyenin toplamda 9 adet iş istasyonu bulunmaktadır. Bunlar hammadde deposu, mikser, şekil verme, kurutma, zımpara, yarı mamul deposu, fırınlama, sırlama ve sergileme olarak adlandırılabilir. Bu istasyonlar arasındaki akış Şekil 15'te gösterilmektedir.

Lemniscate Porselen Atölyesi İş Akışı



Şekil 15. Atölyeye Ait Ürün İçin İş Akış Şeması

Bu istasyonlardan şekil verme ve zımpara aynı bölümün ikiye bölünerek kullanılması nedeniyle ayrı olarak ele alınmaktadır. Söz konusu istasyonlara ait yapılan mesafe ölçümleri işlem sıralarına göre aşağıda yer almaktadır.

Tablo 3. İstasyonlar Arasındaki Akış Yönü ve Mevcut Mesafeler

	MESAFE (cm)
AKIŞ YÖNÜ	HAMMADDE DEPO-MİKSER
	1686
	MİKSER-ŞEKİL VERME
	305
	ŞEKİL VERME-KURUTMA
	560
	KURUTMA-ZIMPARA
	560
	ZIMPARA-FİRİN(BİSKÜVİ)
	300
	FİRİN(BİSKÜVİ)-YARI MAMÜL DEPO
	340
	YARI MAMUL DEPO-HAMMADDE DEPO
	2020
	HAMMADDE DEPO-MİKSER
	1686
	MİKSER-SIRLAMA
	735
	SIRLAMA-YARI MAMUL DEPO
	280
	YARI MAMUL DEPO-SIRLAMA
	280
	SIRLAMA-ZIMPARA
	180
	ZIMPARA-YARI MAMUL DEPO
	180
	YARI MAMUL DEPO-FİRİN(SIR)
	340
	FİRİN-SERGİ(KUPA)
	1390
	FİRİN-SERGİ(TABAK)
	1910
TOPLAM	
12752	

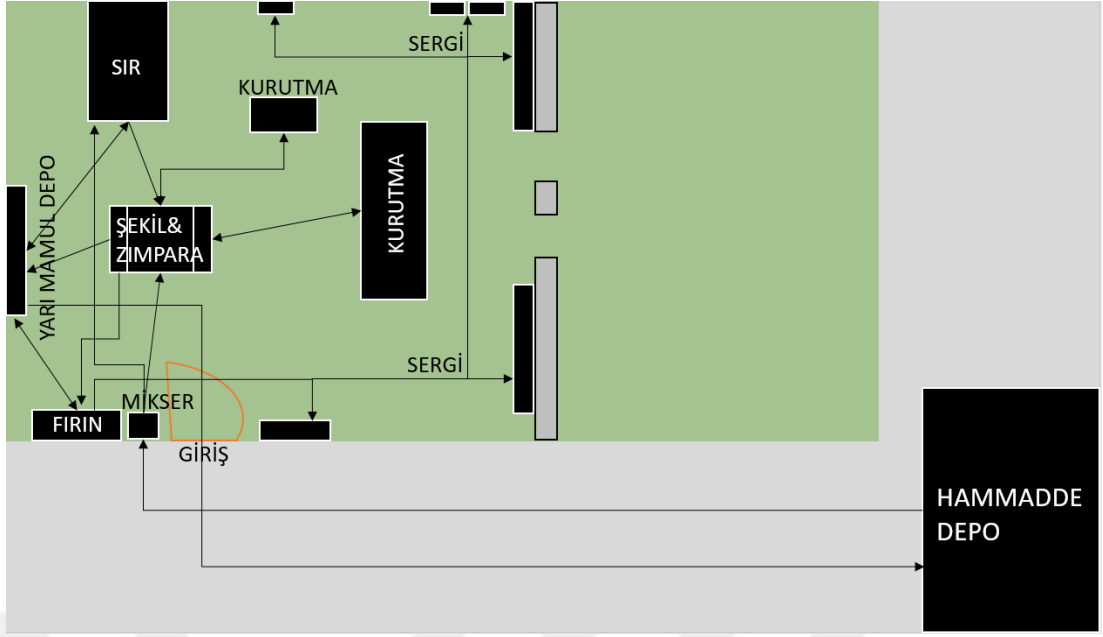
Tablo 3'ten anlaşılabacağı üzere, bir ürünün baştan sona geçen sürede üretilmesinde kat edilen mesafe toplamda 12.752 cm'dir. Ayrıca belirtmelidir ki, Şekil 14 ile gösterilmiş olan iş akışı şemasında ürüne ait olmayan akışlar gösterilmemiş, yalnızca mesafe ölçümünde hesaba katılmışlardır.

Atölyede yapılan analizler gözleme dayalı ve uzman görüşleri alınarak gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu atölyenin mevcut yerleşimi Şekil 16'da bloklar halinde gösterilmiş ve iş akışı tek yönlü ve çift yönlü oklar ile belirtilmiştir.

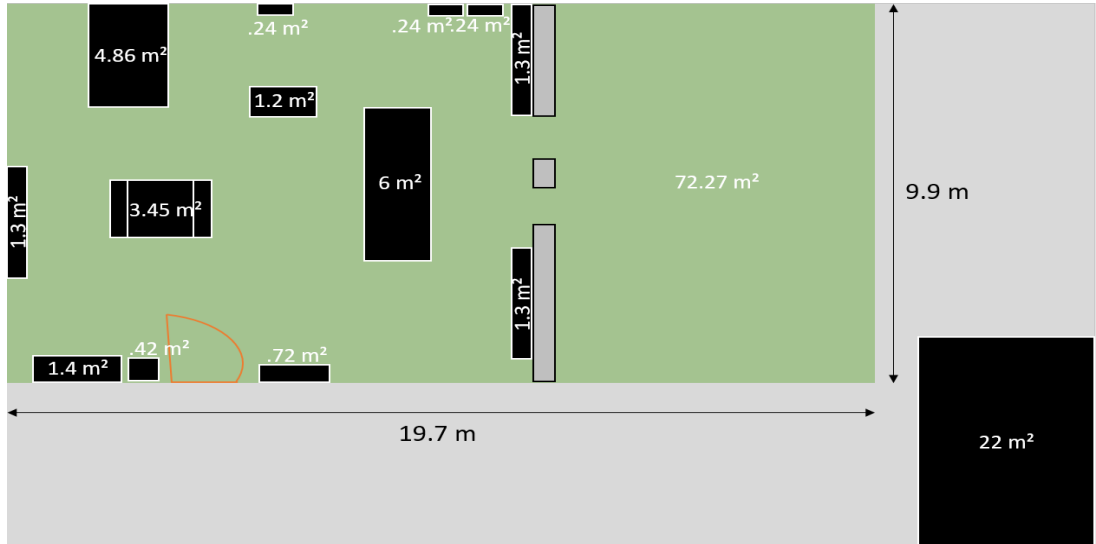
Şekil 16'dan anlaşılabacağı üzere yerleşim, üretim istasyonlarının çoğunluğunu oluşturduğu bir ana binadan, ana binanın içerisinde sağ tarafta bir duvar ile ayrıldığı anlaşılan yeşil-boş alandan ve ana binanın dışında yer alan ayrı bir bloktan oluşmaktadır. Söz konusu bölümler çeşitli dörtgenler ile gösterilmektedir.

Ana binanın bir büyük ve bir küçük olmak üzere iki girişi bulunmaktadır. Ancak kullanım açısından büyük girişin geçersizliği nedeniyle tesis planında gösterilmemektedir. Ana bina, uzunluğu 19,7 m ve genişliği ise 9,9 m olarak ölçülmüş dikdörtgen bir yapıya sahiptir. Bina, içeriden iki adet açık kapı geçişi sağlanacak şekilde duvar ile bölünmektedir. Mevcut düzende sağ taraf anlaşılabacağı üzere boş olup, kullanılmamaktadır.

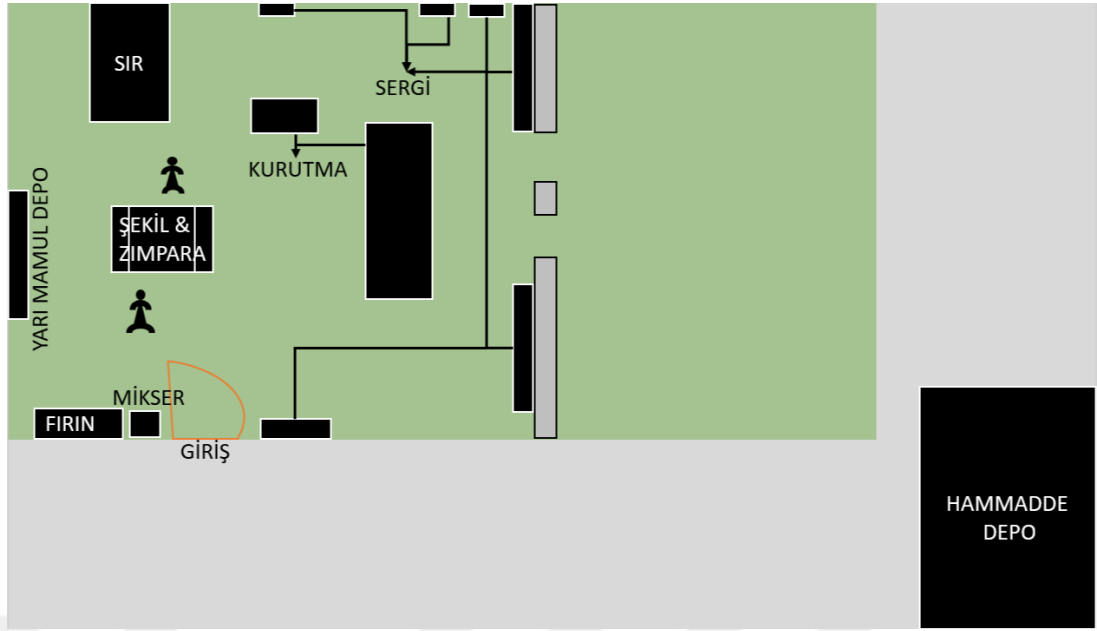


Şekil 16. Lemniscate Porselen Atölyesi Mevcut Yerleşim ve İş Akışı Gösterimi

Atölyeye ait mevcut yerleşimin alan gösterimleri Şekil 17’de yer almaktadır. Buna göre, hammadde deposu 22 m², mikser 0,42 m², şekil verme ve zımpara istasyonları bazen toplam 3,45 m²’lik bazen de zımpara bağımsız olarak kurutmada da kullanılabilen 1,2 m² alanda bulunabilmektedir. Kurutma alanları duruma göre değişkenlik gösterip 6 m²’de yalnız veya 7,2 m²’de birlikte gerçekleşmektedir. Yarı mamul depolama alanı 1,3 m², fırınlama 1,4 m² ve sergileme alanları toplam 4,04 m² iken, ana binanın toplam alanı ise 195,03 m²’dir.



Şekil 17. Lemniscate Porselen Atölyesi Mevcut Yerleşim Alan Gösterimi



Şekil 18. Lemniscate Porselen Atölyesi Mevcut Yerleşim Adlandırma

Şekil 18’de ise ürün akışları gösterilmeksizin faaliyet alanlarının isimleri yer almaktadır. Porselen atölyesine ait faaliyetlerin alanları mevcut malzeme ve ekipmanların ölçümleri yapılarak elde edilmiş olup, yukarıda bahsedilen bağımsız senaryolar baz alınarak Şekil 19’da görüldüğü üzere faaliyet ilişki çizelgesinde bir ‘Alan’ sütunu olarak da belirtilmektedir.

	Faaliyet	Alan m ²
1	Hammadde Deposu	22
2	Mikser	.42
3	Şekil Verme	3.45
4	Kurutma	6
5	Zımpara	1.2
6	Yarı Mamul Depo	1.3
7	Fırınlama	.98
8	Sırlama	4.86
9	Sergileme	4.05

Şekil 19. Atölyenin Faaliyet-Alan İlişkisi Çizelgesi

Atölyede yapılan gözlemler ve uzman görüşleri neticesinde Faaliyet İlişki Çizelgesi Şekil 20 ile Muther’in Tablo 1’deki önem derecesi harfleri esas alınarak oluşturulmuştur.

Bu aşamada, sırlanmış ürünler sır pişirimi için yine boyutlarına göre fırına dizilmektedir. Bu noktada sırlı ürünler birbirlerine yapışacağı için aralarındaki mesafeye çok dikkat edilmektedir. Sır pişirimi 1220 santigrat derecede gerçekleşmektedir. Fırın, önce saatte 150 derece artış ile 6 saatte 900 dereceye çıkıp, daha sonra saatte 60 derece artarak, 5 saat 20 dakikada 1220 dereceye ulaşmaktadır. Bu sıcaklık değerinde 20 dakika bekletildikten sonra fırın kapanıp soğumaya başlamaktadır. Neredeyse iki gün süren soğuma işleminin sonucunda ortalama %5 fire oranından söz edilmektedir.

Son olarak fırından çıkan nihai ürünler kontrol edilerek, satışa uygun vaziyette sergileme raflarına dizilmektedir.

4.2. Porselen Üretimi İş Akışında ve Yerleşiminde Önemli Unsurlar

- İş ortamının ıslık ve havalandırmasının iyi olması,
- Malzeme taşımaya kolaylaştıracak ekipmanlar,
- Fırın istasyonunun özellikle havalandırmasının olması,
- Fırından yayılan ısının ve ince toz partiküllerin, kil ve toz hammaddelerin özelliklerini bozabileceği nedeniyle istasyonların yerleşimine özen gösterilmesi,
- Zımpara esnasında oluşan porselen tozu, sır atığı gibi şeyler hammadde deposuna taşındığında, kil ve kaolin kalitesini bozmaktadır. Bu durum ancak, hammaddelerin korunduğu ortam çeşitli yollarla separe edilerek azaltılabilir.
- Eğer sır parçası porselen çamuruna bulaşır ve orada kalırsa, ısı ile genişerek dengesiz gerilmelere yol açacak ve çatlak oluşması veya tamamen patlama gibi sonuçlara neden olabilmektedir. Bu sebeple şekillendirme sırasında çamura karışabilecek sır parçalarına karşı iş alanlarını ve araçları ayırmak gerekmektedir.
- İyi filtrelenmiş geri dönüşüm işlemi bütün atölye hattında kritik öneme sahiptir.
- Sır, çamur gibi 900 ile 1000 santigrat derece aralığında vitrifiye olmadığından, yani camlaşmadığından, sır pişirimi ve bisküvi pişiriminin bisküvi pişirimi kriterlerine göre birlikte yapılması uygun olmamaktadır.
- Fırından çıkan ürünler istenirse, 10 dakika sonra ılık suya daldırılarak, çatlama olup olmayacağı gözlemlenmektedir. Herhangi bir çatlama meydana gelmiyorsa ürünün kalitesi iyi demektir. Ancak bu gözlem, ürünün tamamlanma süresini uzatacağından, gözle kontroller yeterli sayılmaktadır.
- Sırlama ortamı kuru ve tozsuz olmalıdır.
- Kurutma ile zımpara istasyonları arasında yakınlık geçerliyse, riskler mutlaka göz önünde bulundurularak iyi tasarlanmış bir ayırıcı sistem (akordiyon) ile toz kontrolü ve vardiya planlaması gibi önlemler alınmalıdır. Böylece hem iş akışının hızı hem de ürün kalitesi temin edilmektedir.

4.3. Yerleşim İçin Toplam Yakınlık Puanı (TYP) Hesaplama

Faaliyet ilişkilerine göre yerleşimi belirlemenin adımlarından biri toplam yakınlık puanlarının hesaplanması ve bir sıralama elde edilmesidir. Bu hususta en yüksek puana sahip istasyon sıralamada en başa yerleştirilecek ve diğer istasyonlarla yakınlık ilişkilerine bakılacaktır. Atanan bir istasyon ile X ilişkisi olan bir başka istasyonun yapılan atamada en sona yerleştirilmesi sağlanacaktır. Burada birden fazla bu ilişkiye sahip istasyonun yer alması halinde TYP'si düşük olanın en sonda olmasına dikkat edilecektir (Aktin, 2021).

Hesaplama yapılırken her bir yakınlık harfine Tablo 4'te belirlendiği şekilde değer ataması yapılmaktadır. X harfinin istenmeyen yakınlık nedeniyle negatif bir değere sahip olmasından ötürü hesaplamada mutlak değer içerisine alınmaktadır. Toplamda 9 adet istasyon bulunduğu için, her bir istasyonun TYP'sini hesaplarken, her biri için toplam 8 adet harf ilişkisi olduğu göz önüne alınmaktadır.

Tablo 4. Yakınlık Harflerine Atanmış Sayısal Değerler

A	10000
E	1000
I	100
O	10
U	0
X	-10000

Tablo 5. İstasyonlara Atanan Harf İlişkileri

İstasyon/Harf	A	E	I	O	U	X
1			2		5	1
2		2	1		5	
3	1	1	1	3	1	1
4	1		1	2	4	
5		1	1	2	3	1
6	1		2	1	4	
7	1	2		2	2	1
8		2			4	2
9					8	

Tablo 5'te, her bir faaliyet alanının Şekil 19'a göre diğerleriyle kurduğu ilişkilerin sonucunda atanmış harfler sayıca derlenmektedir. Her istasyonun hesaplaması ayrıntılı olarak aşağıda gösterilmektedir.

$$TYP_1 = 2*(100) + 5*(0) + 1*|(-10000)| = 10200$$

$$TYP_2 = 2*(1000) + 1*(100) + 5*(0) = 2100$$

$$TYP_3 = 1*(10000) + 1*(1000) + 1*(100) + 3*(10) + 1*(0) + 1* \mid (-10000) \mid = 21130$$

$$TYP_4 = 1*(10000) + 1*(100) + 2*(10) + 4*(0) = 10120$$

$$TYP_5 = 1*(1000) + 1*(100) + 2*(10) + 3*(0) + 1* \mid (-10000) \mid = 11120$$

$$TYP_6 = 1*(10000) + 2*(100) + 1*(10) + 4*(0) = 10210$$

$$TYP_7 = 1*(10000) + 2*(1000) + 2*(10) + 2*(0) + 1* \mid (-10000) \mid = 22020$$

$$TYP_8 = 2*(1000) + 4*(0) + 2* \mid (-10000) \mid = 22000$$

$$TYP_9 = 8*(0) = 0$$

Yukarıdaki işlemlerin her birini açıklamak yerine pratik ve anlaşılır olması bakımından en yüksek puana sahip olan TYP₇'ye ait işlemin açıklanması yeterli görülmektedir. Söz konusu işlemde Tablo 4'ten anlaşılacağı üzere bir adet A ilişkisi, iki adet E ilişkisi, iki adet O ilişkisi, iki adet U ilişkisi ve bir adet X ilişkisi yer almaktadır. Bölüm 3.3.'ün başında ifade edildiği üzere A ilişkisi için 10000, E ilişkisi için 1000, O ilişkisi için 10, U ilişkisi için 0 ve X ilişkisi için mutlak değeri alınmak kaydıyla -10000 sayısal değerleri ilişki sayılarıyla çarpılıp, toplamaları alınarak elde edilmektedir.

Söz konusu işlemler her bir istasyon için ayrı ayrı hesaplanarak, yapılan hesaplamaların sonuçları, her faaliyet alanı için Tablo 4'e eklenen TYP sütunun görüleceği Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 6. TYP Puanlarının Gösterimi

İstasyon/Harf	A	E	I	O	U	X	TYP
1			2		5	1	10200
2		2	1		5		2100
3	1	1	1	3	1	1	21130
4	1		1	2	4		10120
5		1	1	2	3	1	11120
6	1		2	1	4		10210
7	1	2		2	2	1	22020
8		2			4	2	22000
9					8		0

Tablo 6'dan anlaşılacağı üzere en yüksek TYP'ye sahip 7. istasyon (fırınlama), sıralamanın başına getirilmiş, bu istasyon ile X ilişkisine sahip 1. istasyon (hammadde deposu), kural gereği en son kutucuğa yerleştirilmiştir. Söz konusu ilk atamalar Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7. Sıralamanın Belirlenmesinde 1. İterasyon

7								1
---	--	--	--	--	--	--	--	---

Tablo 8. Sıralamanın Belirlenmesinde 2. İterasyon

7	6							1
---	---	--	--	--	--	--	--	---

Tablo 8’deki iterasyonda ikinci kutucuğa 7. istasyon ile A ilişkisi bulunan 6 numaralı istasyon getirilmektedir.

Tablo 9. Sıralamanın Belirlenmesinde 3. İterasyon

7	6	8				3	5	1
---	---	---	--	--	--	---	---	---

Daha sonra, ikinci en yüksek TYP’ye sahip olan 8 numaralı istasyon üçüncü kutucuğa yerleştirilmiştir. Söz konusu istasyon ile aynı anda X ilişkisi olan 3 ve 5 numaralı istasyonların, kural gereği TYP’lerine bakılarak, değeri düşük olan 5 numaralı istasyon en sondaki boşluğa gelecek şekilde yan yana sıralanmıştır. İlgili istasyon atamaları Tablo 9’da görülmektedir.

Tablo 10. Sıralamanın Belirlenmesinde 4. İterasyon

7	6	8	4			3	5	1
---	---	---	---	--	--	---	---	---

Kalan istasyonlar arasında en yüksek TYP’ye sahip olan 4 numaralı istasyonun, en baştan sayıldığında boş olan kutucuğa getirilerek yerinin belirlendiği Tablo 10’dan anlaşılmaktadır.

Tablo 11. Sıralamanın Belirlenmesinde 5. İterasyon

7	6	8	4	2		3	5	1
---	---	---	---	---	--	---	---	---

Kalan istasyonlardan TYP’si 0 olan 9 numaralı istasyon ile 2100 TYP’ye sahip 2 numaralı istasyon arasından büyük değere sahip olduğu için 2. istasyon, Tablo 11’de görüleceği üzere beşinci kutucuğa yerleştirilmiştir.

Tablo 12. Sıralamanın Belirlenmesinde Son İterasyon

7	6	8	4	2	9	3	5	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Son olarak boş kalan kutucuğa en düşük TYP’ye sahip 9 numaralı istasyon getirilerek toplam yakınlık puanlarına göre sıralama adımının tamamlandığı Tablo 12’den anlaşılmaktadır.

Tablo 13. Toplam Yakınlık Puanlarına Göre İstasyonların Sıralaması

7	6	8	4	2	9	3	5	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Bundan sonraki adımda ağırlıklı yakınlık değeri hesaplamaları yapılarak alternatif yerleşim adımları Tablo 13’teki sıralamaya göre tamamlanacaktır.

4.4. Ağırlıklı Yerleştirme Değeri (AYD) Hesaplama ve Yerleşim

Faaliyet ilişkilerine göre yerleşim planlamasının son basamağı ağırlıklı yerleştirme değerlerinin bulunarak alternatif yerleşime ulaşılmasıdır. Söz konusu değerleri hesaplamak için anlaşılması gereken üç etap bulunmaktadır (Aktin, 2021).

İlk etap, birbirine değen bütün istasyon bloklarının sayısal değerlerinin toplanması demektir. Burada en önemlisi, doğrudan komşuluk ilişkisi bulunan alanların ağırlığının “1”, çapraz komşuluk ilişkisi bulunan alanların ağırlığının ise “.5” olmasıdır.

İkinci etapta bilinmesi gereken blokların yerleşimi batı kenarından başlayarak, saat yönünün tersine doğru tüm olası konumlar değerlendirilecektir.

Son husus, bir sonraki istasyonun hep AYD’si en yüksek konuma yerleştirilmesi gerektiği bilinmelidir.

Bu değerler hesaplanırken, bir kez daha Tablo 3’teki sayısal değerler esas alınacak, ancak Aktin (2021)’in ders notunda yer alan örnekten anlaşılacağı üzere, X harfinin negatif değeri AYD bulunurken olduğu gibi hesaba katılacaktır.

Yapılan uygulamanın her aşamasının paylaşılacak olması nedeniyle yöntemin anlaşılabilirliğinin artacağı düşünülmektedir.

Tablo 14. 6. İstasyon İçin Konum Tablosu

8	7	6
1	7	5
2	3	4

Tablo 13’teki sıralamaya göre, ilk olarak 7 numaralı istasyon Tablo 14’te gri renkle boyanarak tam ortada konumlandırılmış; 6 numaralı istasyonun yerleştirilmesi için olası konumların AYD’leri hesaplanmıştır. 7. ile 6. istasyonların ilişki harfleri A’dır. Bu bahisle, kalan sekiz adet istasyonun AYD’leri aşağıda yer almaktadır.

$$AYD_1 = 1 \cdot 10000 = 10000$$

$$AYD_2 = (.5) \cdot 10000 = 5000$$

$$AYD_3 = 1 \cdot 10000 = 10000$$

$$AYD_4 = (.5) \cdot 10000 = 5000$$

$$AYD_5 = 1 \cdot 10000 = 10000$$

$$AYD_6 = (.5) \cdot 10000 = 5000$$

$$AYD_7 = 1 \cdot 10000 = 10000$$

$$AYD_8 = (.5) \cdot 10000 = 5000$$

Bölüm 3.4.'ün başında belirtildiği üzere hesaplama, Tablo 14'teki konumların 7 numaralı istasyon ile doğrudan komşuluk ilişkisi bulunanların "1" ağırlık katsayısı ile 10000 sayısal değerinin çarpılması; çapraz komşuluk ilişkisi bulunanların ise ".5" ağırlık katsayısı ile 10000 sayısal değerinin çarpılması ile yapılmıştır. Hesaplanan AYD'lerin en yüksek 10000 olacak şekilde birden fazla eşit değere sahip olmaları nedeniyle, Tablo 14'te 7 numaralı istasyonun batısında yer alıp, sarı renkle boyanan 1. konuma, A ilişkisi de göz önüne alınarak, 6 numaralı istasyon yerleştirilmektedir.

Tablo 15. 8. İstasyon İçin Konum Tablosu

10	9	8	7
1	6	7	6
2	3	4	5

Daha sonra Tablo 13'e göre ataması yapılacak olan 8 numaralı istasyonun 6 numaralı istasyon ile ilişkisi U, 7 numaralı istasyon ile ilişkisi E harfidir. Buna göre;

$$AYD_1 = 1 \cdot 0 = 0$$

$$AYD_2 = (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_3 = 1 \cdot 0 + (.5) \cdot 1000 = 500$$

$$AYD_4 = (.5) \cdot 0 + 1 \cdot 1000 = \mathbf{1000}$$

$$AYD_5 = (.5) \cdot 1000 = 500$$

$$AYD_6 = 1 \cdot 1000 = 1000$$

$$AYD_7 = (.5) \cdot 1000 = 500$$

$$AYD_8 = 1 \cdot 1000 + (.5) \cdot 0 = 1000$$

$$AYD_9 = (.5) \cdot 1000 + 1 \cdot 0 = 500$$

$$AYD_{10} = (.5) \cdot 0 = 0$$

Tablo 15'ten görüleceği üzere, yapılan AYD hesaplamaları neticesinde 8 numaralı istasyon, sarı renk ile boyalı 4. konuma yerleştirilmektedir.

Tablo 16. 4. İstasyon İçin Konum Tablosu

12	11	10	9
1	6	7	8
2	3	8	7
	4	5	6

Ataması yapılacak olan 4 numaralı istasyonun 6, 7 ve 8 numaralı istasyonlar ile ilişkisi sırasıyla I, O ve U'dur. Buna göre;

$$AYD_1 = 1 \cdot 100 = 100$$

$$AYD_2 = (.5) \cdot 100 = 50$$

$$AYD_3 = 1 \cdot 100 + (.5) \cdot 10 + 1 \cdot 0 = \mathbf{105}$$

$$AYD_4 = (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_5 = 1 \cdot 0 = 0$$

$$AYD_6 = (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_7 = 1 \cdot 0 + (.5) \cdot 10 = 5$$

$$AYD_8 = (.5) \cdot 0 + 1 \cdot 10 = 10$$

$$AYD_9 = (.5) \cdot 10 = 5$$

$$AYD_{10} = 1 \cdot 10 + (.5) \cdot 100 = 60$$

$$AYD_{11} = (.5) \cdot 10 + 1 \cdot 100 = 105$$

$$AYD_{12} = (.5) \cdot 100 = 50$$

4 numaralı istasyonun Tablo 16'daki 3. konuma getirilmesinin nedeni, AYD_3 'ün en yüksek batı konumu olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 17. 2. İstasyon İçin Konum Tablosu

12	11	10	9
1	6	7	8
2	4	8	7
3	4	5	6

2 numaralı istasyonun 4, 6, 7 ve 8 numaralı istasyonlar ile ilişkisi sırasıyla U, U, U ve E'dir. Buna göre;

$$AYD_1 = 1 \cdot 0 + (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_2 = (.5) \cdot 0 + 1 \cdot 0 = 0$$

$$AYD_3 = (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_4 = 1 \cdot 0 + (.5) \cdot 1000 = 500$$

$$AYD_5 = (.5) \cdot 0 + 1 \cdot 1000 = \mathbf{1000}$$

$$AYD_6 = (.5) * 1000 = 500$$

$$AYD_7 = 1 * 1000 + (.5) * 0 = 1000$$

$$AYD_8 = (.5) * 1000 + 1 * 0 = 500$$

$$AYD_9 = (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_{10} = 1 * 0 + (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_{11} = (.5) * 0 + 1 * 0 = 0$$

$$AYD_{12} = (.5) * 0 = 0$$

2 numaralı istasyon, yapılan hesaplamalara göre Tablo 17’de renklendirilen 5. konuma getirilmiştir.

Tablo 18. 9. İstasyon İçin Konum Tablosu

14	13	12	11
1	6	7	10
2	4	8	9
3	4	2	8
	5	6	7

9 numaralı istasyonun 2, 4, 6, 7 ve 8 numaralı istasyonlar ile ilişkisi sırasıyla U, U, U, U ve U’dur. Buna göre;

$$AYD_1 = 1 * 0 + (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_2 = (.5) * 0 + 1 * 0 = 0$$

$$AYD_3 = (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_4 = 1 * 0 + (.5) * 0 + 1 * 0 = 0$$

$$AYD_5 = (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_6 = 1 * 0 = 0$$

$$AYD_7 = (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_8 = 1 * 0 + (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_9 = (.5) * 0 + 1 * 0 + (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_{10} = (.5) * 0 + 1 * 0 = 0$$

$$AYD_{11} = (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_{12} = 1 * 0 + (.5) * 0 = 0$$

$$AYD_{13} = (.5) * 0 + 1 * 0 = 0$$

$$AYD_{14} = (.5)*0 = 0$$

Tablo 18, 9 numaralı istasyon için belirlenecek olası konumları göstermektedir. Nitekim yapılan hesaplamalar sonucunda ilgili istasyon sarıya boyalı 2. konuma atanmaktadır.

Tablo 19. 3. İstasyon İçin Konum Tablosu

	14	13	12	11
16	15	6	7	10
1	9	4	8	9
2	3	4	2	8
		5	6	7

3 numaralı istasyonun 2, 4, 6, 7, 8 ve 9 numaralı istasyonlar ile ilişkisi sırasıyla E, A, O, O, X ve U'dur. Buna göre;

$$AYD_1 = 1*0 = 0$$

$$AYD_2 = (.5)*0 = 0$$

$$AYD_3 = 1*0 + (.5)*10000 = 5000$$

$$AYD_4 = (.5)*0 + 1*10000 + (.5)*(-10000) + 1*1000 = \mathbf{6000}$$

$$AYD_5 = (.5)*1000 = 500$$

$$AYD_6 = 1*1000 = 1000$$

$$AYD_7 = (.5)*1000 = 500$$

$$AYD_8 = 1*1000 + (.5)*(-10000) = -4000$$

$$AYD_9 = (.5)*1000 + 1*(-10000) + (.5)*10 = -9495$$

$$AYD_{10} = (.5)*(-10000) + 1*10 = -4990$$

$$AYD_{11} = (.5)*10 = 5$$

$$AYD_{12} = 1*10 + (.5)*10 = 15$$

$$AYD_{13} = (.5)*10 + 1*10 = 15$$

$$AYD_{14} = (.5)*10 = 5$$

$$AYD_{15} = 1*10 + (.5)*10000 + 1*0 = 5010$$

$$AYD_{16} = (.5)*0 = 0$$

Tablo 19'a göre, 4. konuma 3 numaralı istasyon getirilmektedir.

Tablo 20. 5. İstasyon İçin Konum Tablosu

	14	13	12	11
16	15	6	7	10
1	9	4	8	9
2	3	3	2	8
	4	5	6	7

5 numaralı istasyonun 2, 3, 4, 6, 7, 8 ve 9 numaralı istasyonlar ile ilişkisi sırasıyla U, O, O, I, E, X ve U'dur. Buna göre;

$$AYD_1 = 1 \cdot 0 = 0$$

$$AYD_2 = (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_3 = 1 \cdot 0 + (.5) \cdot 10 + 1 \cdot 10 = 15$$

$$AYD_4 = (.5) \cdot 10 = 5$$

$$AYD_5 = 1 \cdot 10 + (.5) \cdot 0 = 10$$

$$AYD_6 = (.5) \cdot 10 + 1 \cdot 0 = 5$$

$$AYD_7 = (.5) \cdot 0 = 0$$

$$AYD_8 = 1 \cdot 0 + (.5) \cdot (-10000) = -5000$$

$$AYD_9 = (.5) \cdot 0 + 1 \cdot (-10000) + (.5) \cdot 1000 = -9500$$

$$AYD_{10} = (.5) \cdot (-10000) + 1 \cdot 1000 = -4000$$

$$AYD_{11} = (.5) \cdot 1000 = 500$$

$$AYD_{12} = 1 \cdot 1000 + (.5) \cdot 100 = 1050$$

$$AYD_{13} = (.5) \cdot 1000 + 1 \cdot 100 = 600$$

$$AYD_{14} = (.5) \cdot 100 = 50$$

$$AYD_{15} = 1 \cdot 100 + (.5) \cdot 10 + 1 \cdot 0 = 105$$

$$AYD_{16} = (.5) \cdot 0 = 0$$

5 numaralı istasyon konumunun belirlenmesinde yapılan hesaplamalar neticesinde, ilgili istasyon Tablo 20'de görüleceği üzere 12. konuma atanmaktadır.

Tablo 21. 1. İstasyon İçin Konum Tablosu

		14	13	12
	16	15	5	11
18	17	6	7	10
1	9	4	8	9
2	3	3	2	8
	4	5	6	7

1 numaralı istasyonun 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 numaralı istasyonlar ile ilişkisi sırasıyla I, I, U, U, U, X, U ve U'dur. Buna göre;

$$AYD_1 = 1*0 = 0$$

$$AYD_2 = (.5)*0 = 0$$

$$AYD_3 = 1*0 + (.5)*0 + 1*100 = 100$$

$$AYD_4 = (.5)*100 = 50$$

$$AYD_5 = 1*100 + (.5)*100 = \mathbf{150}$$

$$AYD_6 = (.5)*100 + 1*100 = 150$$

$$AYD_7 = (.5)*100 = 50$$

$$AYD_8 = 1*100 + (.5)*0 = 100$$

$$AYD_9 = (.5)*100 + 1*0 + (.5)*(-10000) = -4950$$

$$AYD_{10} = (.5)*0 + 1*(-10000) + (.5)*0 = -10000$$

$$AYD_{11} = (.5)*(-10000) + 1*0 = -5000$$

$$AYD_{12} = (.5)*0 = 0$$

$$AYD_{13} = 1*0 = 0$$

$$AYD_{14} = (.5)*0 = 0$$

$$AYD_{15} = 1*0 + (.5)*(-10000) + 1*0 = -5000$$

$$AYD_{16} = (.5)*0 = 0$$

$$AYD_{17} = 1*0 + (.5)*0 + 1*0 = 0$$

$$AYD_{18} = (.5)*0 = 0$$

Tablo 21'de, 1 numaralı istasyonun atandığı 5. konum renklendirilmektedir. Söz konusu istasyon atanan son bölüm olduğundan, sistematik yerleşim planlaması yaklaşımı olan faaliyet ilişkilerine göre alternatif yerleşim Tablo 22'de tamamlanmaktadır.

Tablo 22. Faaliyet İlişkisi Yaklaşımına Göre Alternatif Yerleşimin Blok Gösterimi

		5
	6	7
9	4	8
	3	2
	1	

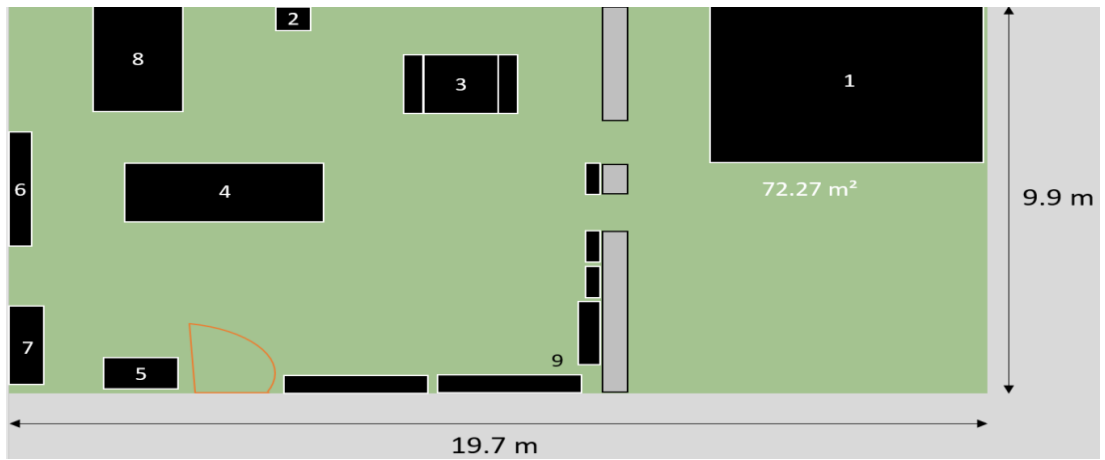
4.5. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Önceki bölümde tüm adımlar takip edildiğinde alternatif olarak ortaya çıkan Tablo 22'deki yerleşime göre yakınlık ilişkileri göz önüne alınarak düzenlenmektedir. Söz konusu yerleşim düzeninde X ilişkisine sahip istasyonlara (Hammadde Depo-Fırın, Şekil Verme-Sırlama, Zımpara-Sırlama) ve zorunlu kısıtlara (Fırın ve Sır bölümleri sabit olmalı) dikkat edilerek Şekil 21'de olduğu gibi düzenlenmektedir.

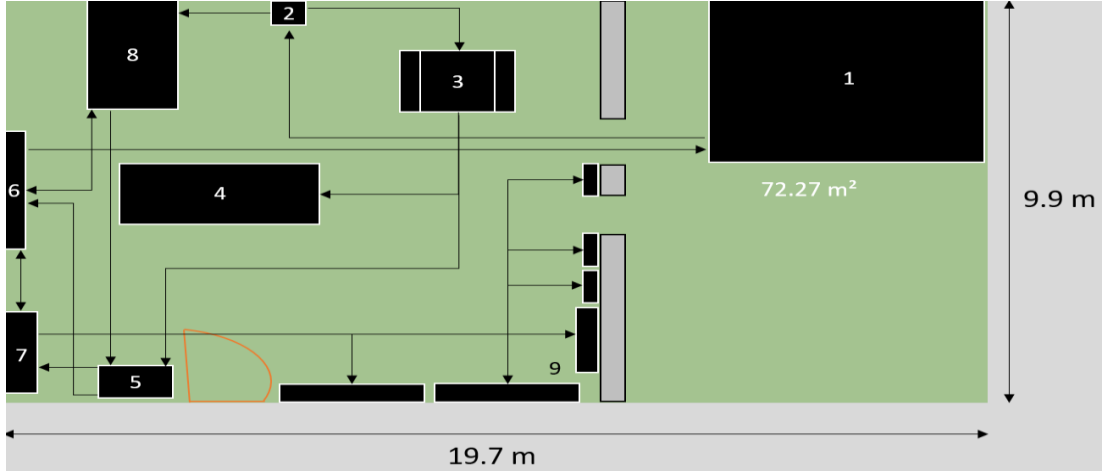
Şekil 21'de görüleceği üzere ana binanın dışında olan hammadde deposu ana binaya dahil edilerek hem malzeme taşıma mesafesi azaltılmış hem de işletme için ileride dinlenme alanı, ofis veya üretim ile ilgili başka bir kullanım amacına hizmet edecek yeni bir alan imkânı sağlanmıştır.

Farklı noktalarda bulunan sergileme rafları aynı bölgeye toplanmış, nihai ürünlerin sergileme raflarına taşınması işlemi kolaylaştırılmıştır. Bu durum aynı zamanda daha yalın bir üretim ortamına hizmet edecek bir gelişme olarak ele alınmaktadır.

Alternatif yerleşimin akışı (Şekil 22) ile mevcut yerleşimin akışı (Şekil 16) karşılaştırıldığında, iş akışında daha düzenli bir yapının sağlandığı anlaşılmaktadır. Bu hususta karmaşık yürüyüşlerde, işgücü kaybının ve ürün kayıplarının oluşumunda iyileşme sağlanacağı düşünülmektedir.



Şekil 21. Alternatif Yerleşim Planının Atölyeye Uygulanması



Şekil 22. Faaliyet İlişkisine Göre Alternatif Yerleşim Önerisi ve Akış

Tablo 23'te faaliyet ilişkisine göre yerleşimin, atölyenin boş günü sayılabilecek bir çalıştay gününde (Pazar), sonuca göre yapılan küçük çaplı taşımalarla düzenlenmenin ardından, istasyonlar arasındaki mesafeler ölçülüp mevcut yerleşimdeki bölüm ikilileri ile karşılaştırılmaktadır.

Karşılaştırmaya göre alternatif yerleşim düzeninde toplam taşıma mesafesi 12752 cm iken %43 düşüş ile 7300 cm olup, optimal bir sonucu yansıtmamakla beraber uygulamanın etkinliği açısından bu ölçekli bir atölye için tatmin edici bir neticenin oluşmasını sağlamaktadır.

Tablo 23. Yerleşimler Arasındaki Mesafelerin Karşılaştırılması

LEMNISCATE PORSELEN ATÖLYESİ		MEVCUT YERLEŞİM	FAALİYET İLİŞKİSİNE GÖRE ALTERNATİF YERLEŞİM
		MESAFE (cm)	
AKIŞ YÖNÜ	HAMMADDE DEPO-MİKSER	1686	750
	MİKSER-ŞEKİL VERME	305	200
	ŞEKİL VERME-KURUTMA	560	370
	KURUTMA-ZIMPARA	560	340
	ZIMPARA-FİRİN(BİSKÜVİ)	300	115
	FİRİN(BİSKÜVİ)-YARI MAMÜL DEPO	340	165
	YARI MAMUL DEPO-HAMMADDE DEPO	2020	1350
	HAMMADDE DEPO-MİKSER	1686	750
	MİKSER-SIRLAMA	735	180
	SIRLAMA-YARI MAMUL DEPO	280	210
	YARI MAMUL DEPO-SIRLAMA	280	210
	SIRLAMA-ZIMPARA	180	615
	ZIMPARA-YARI MAMUL DEPO	180	320
	YARI MAMUL DEPO-FİRİN(SIR)	340	165
	FİRİN-SERGİ(KUPA)	1390	1060
	FİRİN-SERGİ(TABAK)	1910	500
TOPLAM		12752	7300

Toplam taşıma mesafesindeki bu azalma, gelecekte işletmeye ait veriler çoğalıp karmaşılaştığında, daha dinamik bir tesis yapısına ve mali esnekliğe sahip olundığında optimizasyon yapılabileceğine dair bir işaret niteliğinde olmaktadır.



5. BLOC PLAN PROGRAMININ KULLANILMASI

5.1. BLOC PLAN Yöntemi ve Adımları

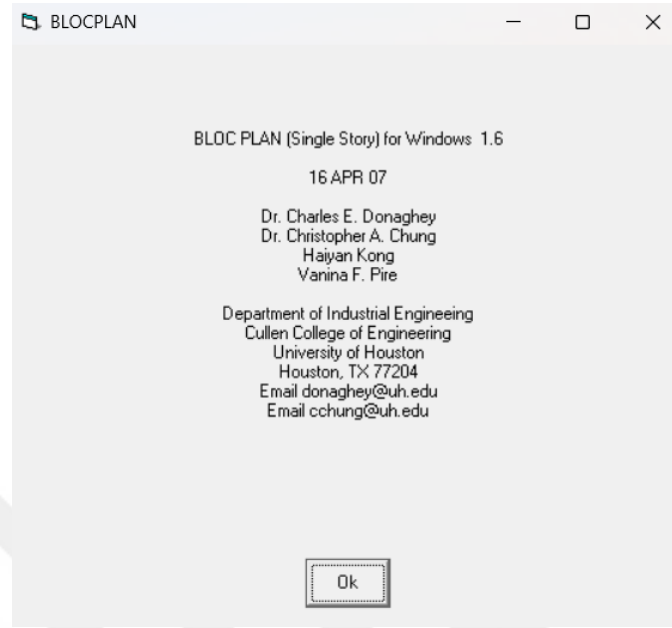
Bu çalışmada başvurulmuş yöntemlerden biri olan BLOCPLAN, kurucu ve geliştirici algoritmaların her ikisinde de anılan hibrit bir yöntem olmaktadır. Bu sayede, karar vericiye ister sıfırdan bir yerleşim isterse de mevcut bir yerleşimi iyileştirme olanağı sağlamaktadır (Leonardo, Hutahaeen ve Wee, 2014). Yöntemde hem mesafe hem de yakınlık temelli amaç fonksiyonlarını bir araya getiren bir yerleşim vurgulanmaktadır. Tüm bölümler dörtgen (dikdörtgen ve kare) biçiminde varsayıp, genellikle 2 ya da 3 bant üzerinden yerleşim yapılmaktadır. Bu noktada düzen yapılandırılırken sıklıkla üç bant kullanılarak ifade edilmektedir. Bunlar kuzey bandı, merkez bandı ve güney bandı olarak bilinmektedir. Her bandın içinde merkezler, bandın yatay eksenini boyunca yan yana yerleştirilmektedir. Dolayısıyla tasarım süreci, merkezleri bir banda atamayı, bant içindeki merkezlerin sırasını belirlemeyi, her bandın boyutlandırılmasını ve ardından her merkezi kendi bandı içinde şekillendirmeyi içermektedir. Böyle bir gösterimin avantajı, basit bir yerleşim koduyla, merkez alanlarının toplamının tesis alanına eşit olması gibi basit varsayımlar sağlandığında tüm yerleşimin kolayca yeniden oluşturulabilmesidir (Taylor, 2008).

Girdi olarak “Kaynak/Hedef” tablosu ve faaliyet ilişki çizelgesi kullanılmaktadır. Algoritma, önce “Kaynak/Hedef” tablosundan simetrik bir “Akış-Arası” tablosunu üretmektedir. Daha sonra en yüksek akış değerini beşe bölerek bu değer aralıklarını A, E, I, O ve U gibi yakınlık kategorilerine dönüştürmektedir. Bu nitel ilişkilerin ayrıca sayısal değerlere (örneğin $A=10000$, $E=1000$, $I=100$, $O=10$, $U=0$, $X=-10000$) çevrilmesi gerekmektedir. Böylece hem mesafe bazlı maliyetler hem de yakınlık temelli skorlar hesaplanabilmektedir. Bu süreç sayesinde BLOCPLAN, önerilen alternatif yerleşimlerin karşılaştırılmasına ve uygunluğunun test edilmesine imkân vermektedir (Presentation 10, t.y.).

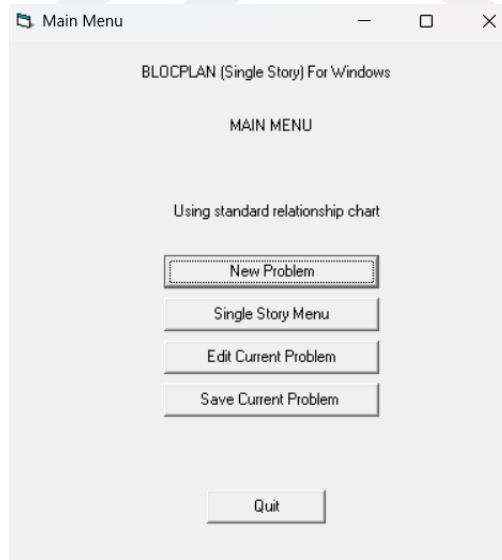
BLOCPLAN adımları; verilerin toplanması (alan ihtiyacı gibi), ilişki ağırlıklarının belirlenmesi, başlangıç yerleşimi oluşturma, başlangıç planının geliştirilmesi, uygunluk skorunun (İlişki ağırlığı x Komşuluk katsayısı) hesaplanması ve en iyi sonucun seçilmesi sırasıyla gerçekleşmektedir.

Yukarıda anlatılan adımlar kâğıt üzerinde yapılacak bir çözüm sürecinin adımları olarak anlatılmaktadır. Ancak bu çalışmada, BLOC PLAN 1.6 bilgisayar programında (Şekil 23) girdi olarak istenen veriler (alan gereksinimleri, harf ilişkileri, harflerin sayısal değerleri) ile iki ayrı başlangıç düzeni elde edilmektedir.

5.2. BLOC PLAN Programı Kullanımı



Şekil 23. BLOC PLAN Bilgisayar Programı (Donaghey, Chung, Kong ve Pire, 2007)



Şekil 24. BLOC PLAN Ana Menü

Şekil 24'ten anlaşılacağı üzere programı açınca ilk olarak karşımıza ana menü çıkmaktadır. Menüde ilk sırada yer alan “New Problem” seçeneğine girmemiz gerekmektedir.

Input Source

How would you like to enter data?

New Problem From Keyboard Existing Problem From Disk

Back

Şekil 25. BLOC PLAN Yeni Çalışma/Kayıtlı Çalışma Sorgusu

Programda yapılan çalışmayı kaydetme seçeneği bulunduğu için, Şekil 25'te görüldüğü üzere ilk etapta yeni bir çalışma mı yoksa mevcut bir çalışma mı yapacağımız ile ilgili seçimi yapmamız gerekmektedir.

BLOCPLAN

New problem

Enter or modify problem data.

Number	Department	Area
1	hammadde Deposu	22
2	Mikser	0.42
3	Sekil Verme	3.45
4	Kurutma	6
5	Zımpara	1.2
6	Y. Mamul Depo	1.3
7	Firinlama	0.98
8	Sirlama	4.86
9	Sergileme	4.05
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

Average Area: 4.9

Std. Dev. Area: 6.3

Total Area: 44.26

Continue Print Back

Şekil 26. BLOC PLAN Alan Gereksinimi ve Birimler

Daha sonra Şekil 26'da yer aldığı gibi atölyeye ait istasyon isimleri ve alanlara ait veriler girilip, süreç ilerlemektedir.

RELFORM

RELATIONSHIP CHART

	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Hammadde Depo	I	I	U	U	U	X	U	U
2 Mikser		E	U	U	U	U	E	U
3 Sekil Verme			A	O	O	O	X	U
4 Kurutma				O	I	O	U	U
5 Zimpara					I	E	X	U
6 Y. Mamul Depo						A	U	U
7 Fırınlama							E	U
8 Sırlama								U
9 Sergileme								

Enter or change code A = Absolutely Essential I = Important U = Unimportant
 E = Essential O = Ordinary X = Undesireable

Continue Print

Şekil 27. BLOC PLAN Faaliyet İlişkisi Çizelgesi

Programın bir sonraki aşamasında daha önceden uzman görüşleri neticesinde belirlenen yakınlık harflerine (A, E, I, O, U ve X) istinaden Şekil 27'deki Faaliyet İlişkisi Çizelgesi doldurulmaktadır.

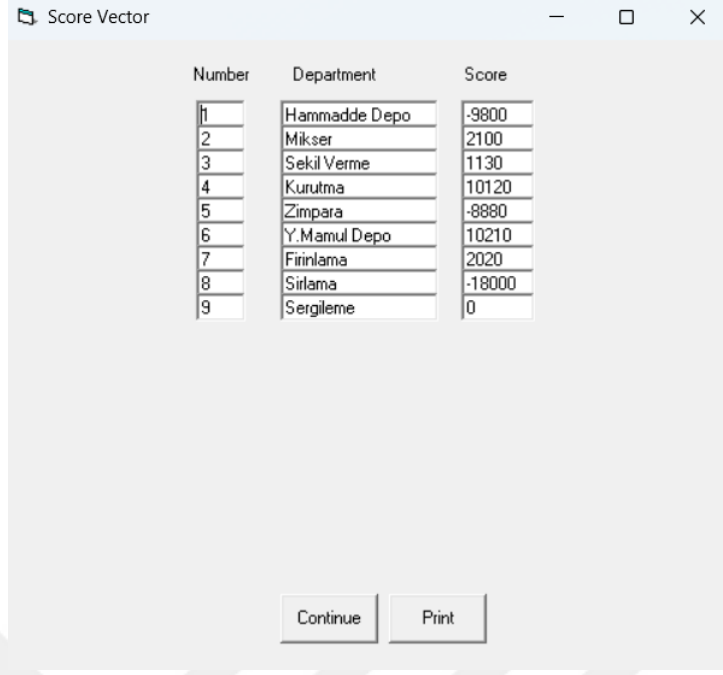
Score Vector

	Code	Score
Absolutely Essential	A	10000
Essential	E	1000
Important	I	100
Ordinary Importance	O	10
Unimportant	U	0
Undesireable	X	-1000

Continue Restore Defaults Print

Şekil 28. BLOC PLAN Yakınlık Değerleri

Şekil 28'de görüleceği üzere, yakınlık ilişkilerinin sayısal değerlerine bu çalışmada daha önce Tablo 4'te belirlenen değerler atanarak hesaplama yapılmaktadır.



Number	Department	Score
1	Hammadde Depo	-9800
2	Mikser	2100
3	Sekil Verme	1130
4	Kurutma	10120
5	Zimpara	-8880
6	Y. Mamul Depo	10210
7	Firinlama	2020
8	Sirlama	-18000
9	Sergileme	0

Continue Print

Şekil 29. BLOC PLAN Hesaplanmış Skorlar

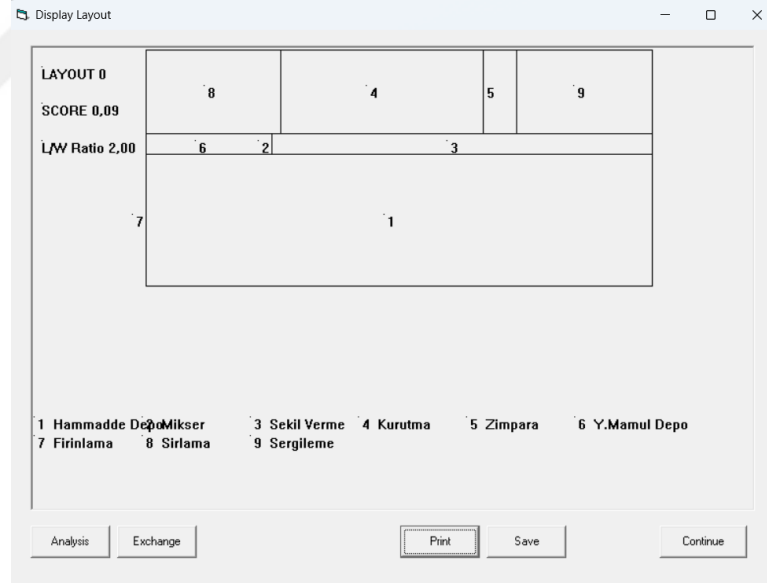
Bir sonraki adımda, Şekil 29’da görüldüğü üzere istasyonların her biri için, sahip oldukları ilişki harflerinin sayısı ile o harflere atanan sayısal değerler çarpılıp, toplanarak skorları hesaplanmaktadır. Hesaplamaya göre en yüksek skora sahip istasyon “10210” skoru ile Yarı Mamul Depo istasyonu olmaktadır. “Continue” butonuna dokunarak devam edildiğinde yeniden Şekil 24’teki ana menü ile karşılaşılacaktır.

Program, bu kez Şekil 30’daki “Single Story Menu” seçeneği ile ilerletilmektedir. Bu menüye girildiğinde sırasıyla “Generate Random Layout (Rastgele Düzen Oluştur), Automatic Search for Layouts (Otomatik Düzenler Arama) ve Manually Insert Departments (Bölümleri Manuel Olarak Ekle)” gibi çözüm seçenekleri ile karşılaşılacaktır.



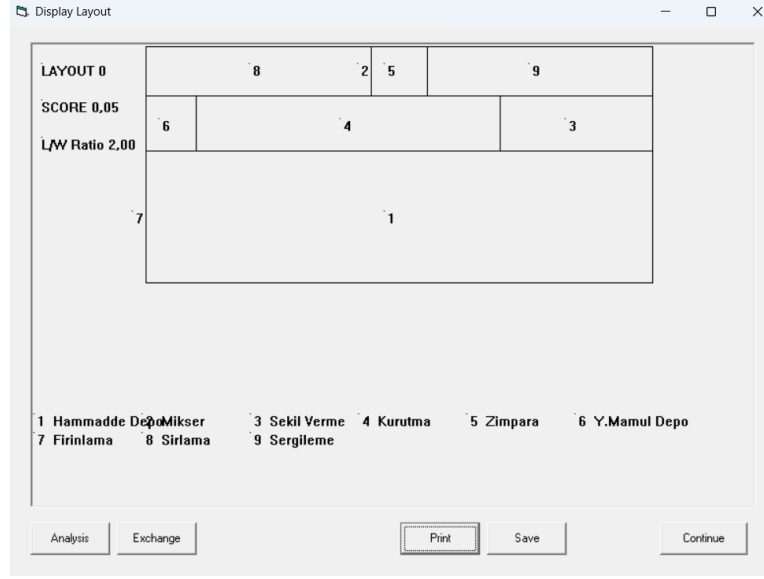
Şekil 30. BLOC PLAN Çözüm Menüü

Bu çalışmada sadece rastgele düzen oluşturma ilkesine göre çözüm uygulanmaktadır. Rastgele gelen birinci başlangıç düzeni Şekil 31’de görülmektedir.



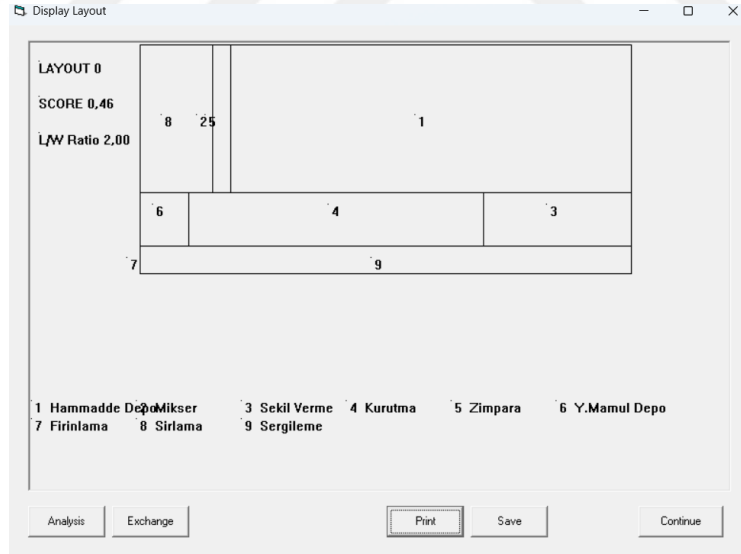
Şekil 31. BLOC PLAN 1. Düzen Rastgele Başlangıç

Söz konusu düzenin skoru 0,09 olup “Exchange” butonu ile yapılan ikili değiştirmede 4 (Kurutma) ve 2 (Mikser) numaralı istasyonlar değiştirilip, Şekil 32’deki sonuç elde edilmektedir.



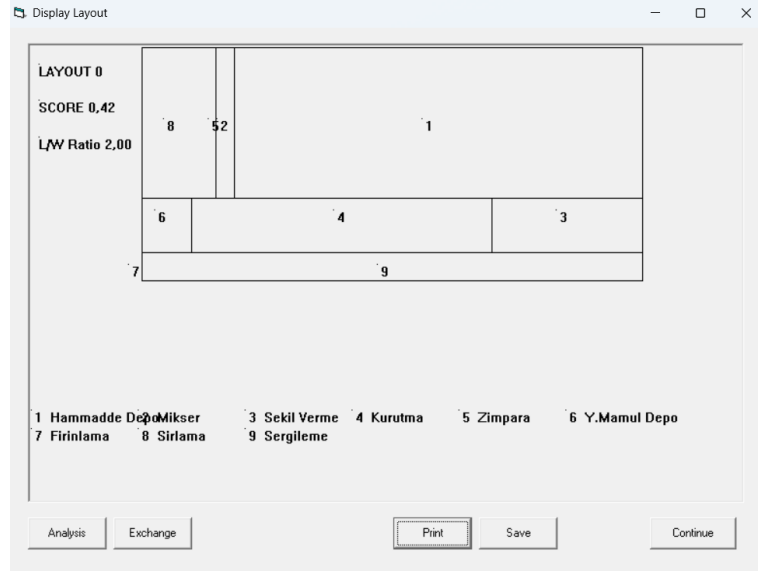
Şekil 32. BLOC PLAN 1. Düzen 4 ve 2 Değişimi

Şekil 32’de 4 ve 2 numaralı istasyonların değişmesi sonucu görüldüğü üzere skor düşerek 0,05 olmaktadır. Rastgele düzen oluşturmada en önemli hususlardan biri ikili değiştirmelerin sayısını birden fazla yapmaktır. Bu nedenle 1. Düzen için 7 kez ikili değiştirme yapılmaktadır.



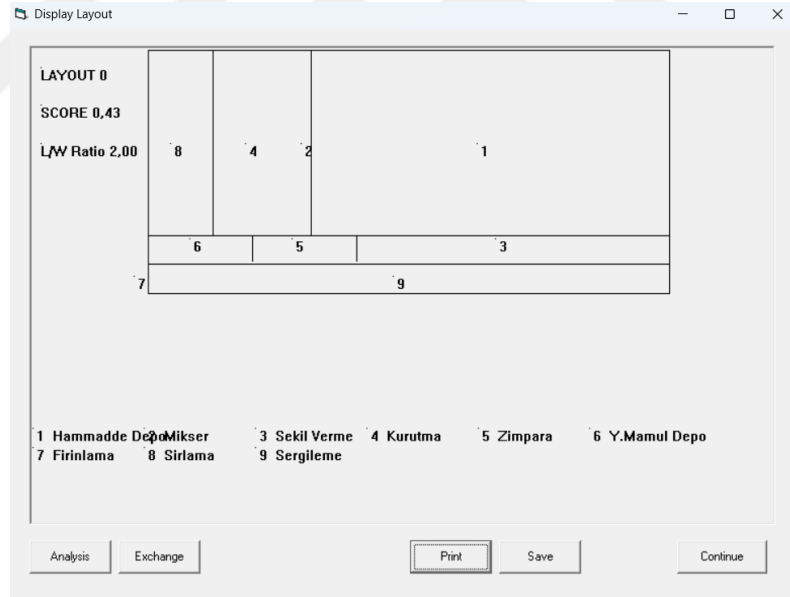
Şekil 33. BLOC PLAN 1. Düzen 1 ve 9 Değişimi

Şekil 33’te görüldüğü üzere 1 (Hammadde Depo) ve 9 (Sergileme) numaralı bölümlerde yapılan ikili değiştirme yeniden skorda yükselişi sağlayarak, 0,46 değerine ulaşılmasına neden olmaktadır.



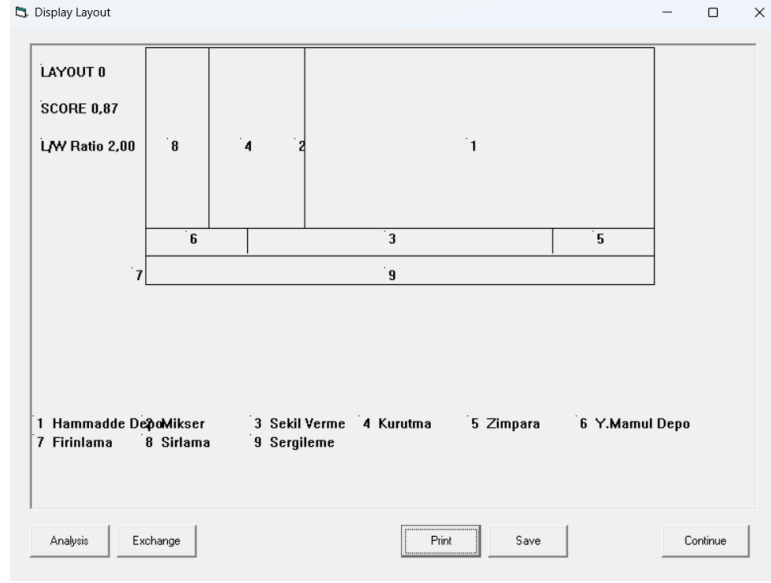
Şekil 34. BLOC PLAN 1. Düzen 2 ve 5 Değişimi

Şekil 34'e bakıldığında 2 (Mikser) ve 5 (Zimpara) numaralı bölümlerin değişmesi ile skor 0,42 değerine düşmektedir.



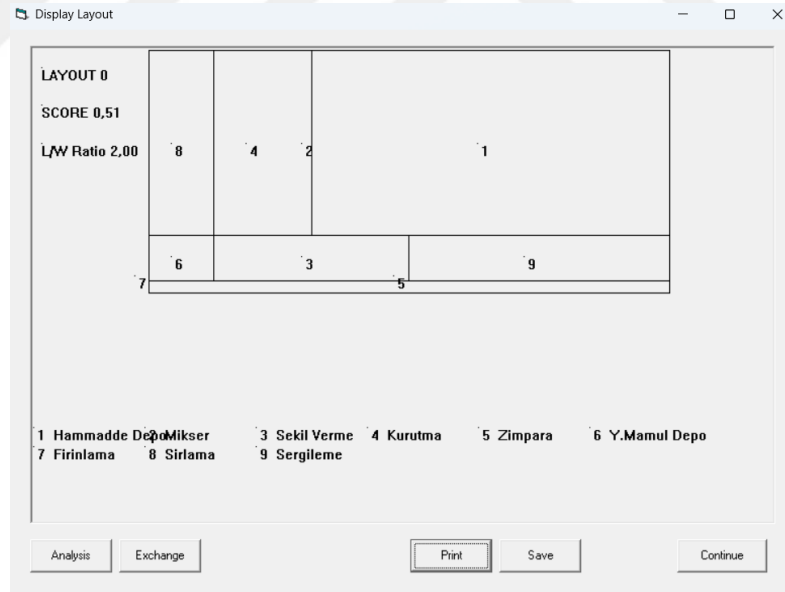
Şekil 35. BLOC PLAN 1. Düzen 4 ve 5 Değişimi

Bir sonraki adımda (Şekil 35) 4 (Kurutma) ve 5 (Zimpara) numaralı bölümler değiştirilerek 0,01 artış ile 0,43 değerine ulaşılmaktadır.



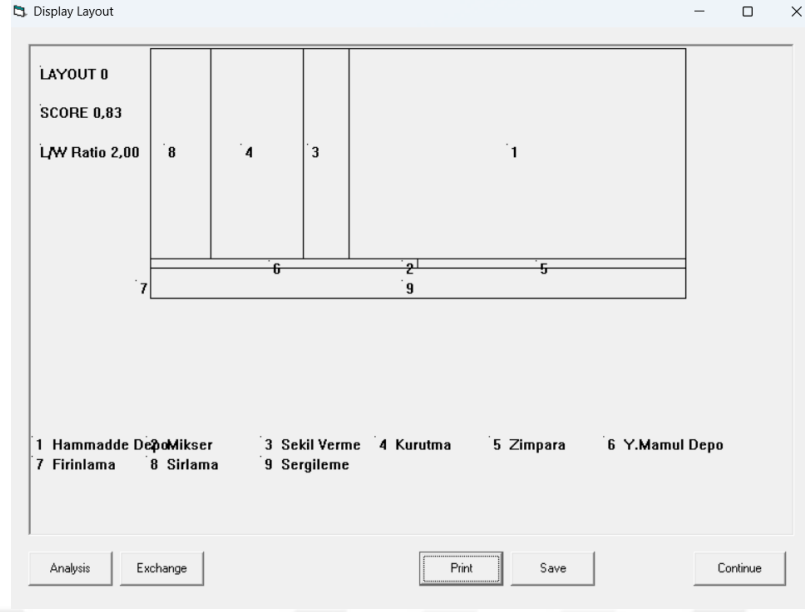
Şekil 36. BLOC PLAN 1. Düzen 3 ve 5 Değişimi

Şekil 36’da merkez bandında yer alan 3 (Şekil Verme) ve 5 (Zimpara) bölümlerinin ikili değişmesi büyük bir sıçramaya neden olarak skorda 0,87 değerinin görülmesini sağlamaktadır.



Şekil 37. BLOC PLAN 1. Düzen 5 ve 9 Değişimi

Şekil 37’de bir önceki düzene göre 5 (Zimpara) ve 9 (Sergileme) numaralı bölümlere yer değiştirildiğinde yeniden ciddi bir düşüş ile skor 0,51’e gerilemektedir. Bu durum akla en yüksek skor olasılıklarından birine, bir önceki düzende (0,87) ulaşılmış olabileceğini getirirse de Şekil 38’de görülecek son ikili değiştirme denemesinin yapılmasını engellememektedir.

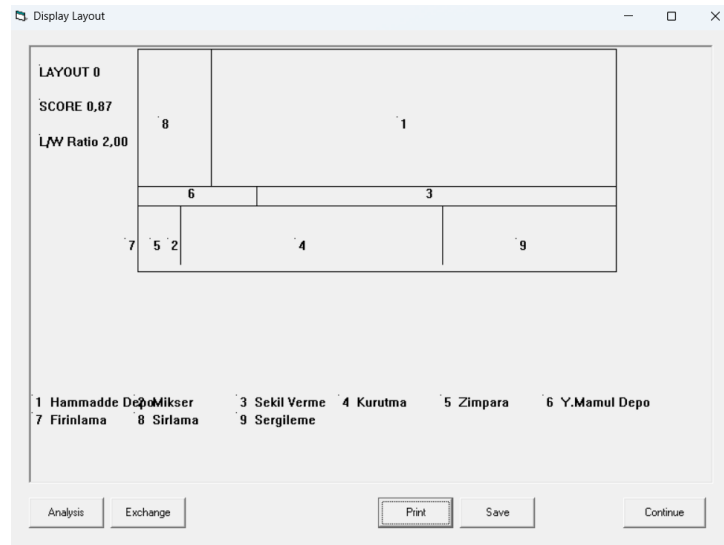


Şekil 38. BLOC PLAN 1. Düzen 2 ve 3 Değişimi

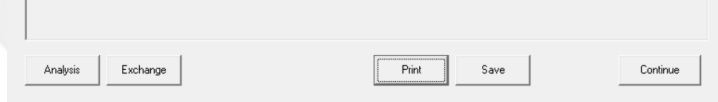
Nitekim yapılan son ikili değiştirme denemesinde 2 (Mikser) ve 3 (Şekil Verme) numaralı birimler değiştirilse de 0,83 skor ile en yüksek 0,87 skorunun altında kalmaktadır. Bu değerlendirme sonucunda rastgele başlangıç ile elde edilen 1. Düzen önerisi Şekil 36'da görülen blok planı olmaktadır.

Değerlendirme:

Bu plana göre 7 (Fırlama) ve 8 (Sırlama) numaralı bölümler atölye kısıtlarına uygun şekilde sabit kalabilmektedir. 2 (Mikser) numaralı bölüm uygulamada birçok bölümlle alakalı olmasına yarayacak şekilde merkez bandında ortada yer almaktadır. Söz konusu sonuç birçok açıdan tatmin edici görülmektedir.

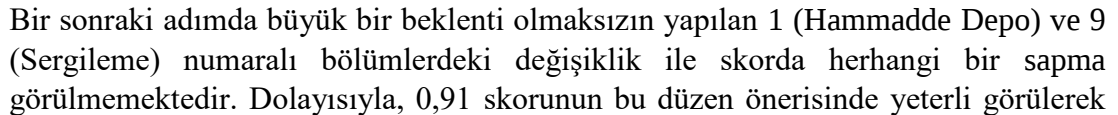


Şekil 39. BLOC PLAN 2. Düzen Rastgele Başlangıç



Şekil 40. BLOC PLAN 2. Düzen 3 ve 4 Değişimi

Şekil 40'ta 3 (Şekil Verme) ve 4 (Kurutma) numaralı bölümlerin değiştirilmesi ile 0,87'den 0,91 değerine ulaşılmaktadır.



56

Şekil 40 veya Şekil 41'deki blok planlarından birinin 2. Düzen önerisi olmasına karar verilmektedir.

Değerlendirme:

Bu plana göre dinamik olmayan bölümlerin korunduğu bir kez daha görülmektedir. Ayrıca 1 (Hammadde Depo) ve 9 (Sergileme) gibi bölümlerin, üretimin giriş ve çıkış bölümleri olmasından kaynaklı yer değiştirmelerinin skora yansımayaacağı yorumunun öğrenilmesi bakımından bu yöntem anlamlı durmaktadır.



6. HOLLIER METODU KULLANILARAK ATÖLYEDEKİ İSTASYONLARIN SIRALANMASI

Hollier metodunun amacı bir tesisin üretim hattındaki sıralı işlemlerin sayısını artırarak, geri izlemeleri azaltmaktır. Dolayısıyla, metot uygulandığında istasyonlar veya makinelerin yerleşimlerini oldukça verimli kılmaktadır.

Porselen üretiminde istasyonlar arasında gerçekleşen geçişler genellikle standartlaştırılmış ve sabit adımlar olarak bilinmektedir.

Başlangıç döneminde bulunan atölyeye Hollier metodunun uygulanabilmesi için, bazı verilerin eksikliği ve porselen atölyelerinin genel kaideleri göz önünde bulundurulduğunda, istasyonlar arasındaki taşıma sıklığı eşit veya birbirine yakın varsayılmaktadır. Bu tip atölyelerdeki genel varsayımın nedenlerine baktığımızda, çoğunlukla aynı üretim adımlarının takip edildiği standart üretim rotalarının olması, bu atölyede olduğu gibi benzer boyutlardaki ürün grupları (kupa ve tabak gibi) ürettiyor olunması, üretimin nerelerde hızlı aktığı ve nerelerde kesintiye uğradığının en başından bilinmesi ve en önemlisi üretim aşamalarının sıralı olması (bir aşama bitmeden öbürüne geçilmemesi) gibi kaidelerle karşılaşılmaktadır. Dolayısıyla bu varsayım, süreç akışının doğasına uygun olup, gerçek üretim koşullarına yakın olmaktadır.

İlk olarak uygulamaya başlamadan önce, mevcut veriler doğrultusunda bir aylık dönem temel alınarak toplamda 757 adet ürün siparişinin istasyonların bazılarındaki fire oranları hesaba katılarak miktarları hesaplanmış ve bir “kaynak/hedef” tablosu oluşturulmuştur. Tablodaki bu değerler üretim hattındaki istasyonların toplam parça hareketlerini temsil etmektedir.

Daha sonra Excel Makrosu çözümünün adımları uygulanarak Hollier metodu çözümü gerçekleştirilmiş ve sonuçları paylaşılmıştır (Wilson, 2021).

Tablo 24. Hollier Metodu İçin İstasyon Adları

1	Hammadde Deposu
2	Mikser
3	Şekil Verme
4	Kurutma
5	Ön zımpara
6	Son Zımpara
7	Yarı Mamul Depolama
8	İlk Pişirim
9	Son Pişirim
10	Sırlama
11	Sergileme

Kaynak/Hedef tablosunda kullanılmak üzere Tablo 24’te atölyenin istasyonlarının hangi sayı ile gösterileceği belirlenmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken, işlemlerin geriye dönük olanlarının ve ayrık olanlarının yöntemin çalışmasını bloke etmemesi açısından “Zımpara” bölümünün “Ön” ve “Son” olarak, “Fırın” bölümünün ise “İlk” ve “Son” olarak ayrılmış olmasıdır. Bu doğrultuda hazırlanan “Kaynak/Hedef” tablosu, Tablo 25 ile gösterilmektedir.

Tablo 25. Kaynak/Hedef Tablosu

Kaynak/Hedef	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	809	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	809	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	809	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	801	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	417	384	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	797	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	417	0	384	0
8	0	0	0	0	0	0	380	0	0	413	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	757
10	0	0	0	0	0	797	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

12 satır ve 12 sütun olmak üzere Tablo 25’in tamamı seçildikten sonra Excel Makrosunda gerekli işaretlemeler yapıp, çözüm sayfasında uygun yer seçilerek Excel Makrosuna ait Şekil 42 ile gösterilen çözüm düğmesi (Run Hollier Solver) tetiklenmektedir.

Burada dikkat edilmesi gereken, “kaynak/hedef” matrisinin Excel programındaki başlangıç koordinatları ile “kaynak/hedef toplamlarının” eklenmiş halini oluşturan tablonun başlangıç koordinatının aynı seçilmesi olmaktadır. Bu doğrultuda, Tablo 26’da ortaya çıkan kaynak ve hedef toplamları görülmektedir.



Şekil 42. Excel Makrosu Hollier Çözüm Düğmesi

6.1. Hollier Metodu Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Son olarak bu bölümde uygulanan Hollier Metodunun sonuçlarına bakıldığında, faaliyet ilişkisine göre farklı bir sıralama (Tablo 27) ortaya çıkmaktadır. Ancak yerleşim teorilerinden de bilindiği üzere, Hollier Metodu çoğunlukla “sıralılık” ve “geri izleme” değerlendirmelerinde öne çıkmaktadır. Bu değerlendirme kriterlerinden “sıralılık” için %100’e yaklaşılmaması, “geri izleme” oranının ise düşük olması yöntemin bir iyileşme çıktısı oluşturduğu fikrini yansıtmaktadır.

Bu hususta, Excel Makrosu çözümünden elde edilen %85,6 sıralılık oranının oldukça etkili bir sıralı akışın oluştuğuna işaret ettiği, teorik düzeyde başlangıç aşamasındaki bir atölyenin yerleşimi için verimli bir operasyon sürecini sağlayacağı anlaşılmaktadır. Ancak en önemli nokta burada elde edilen sıralamanın gerçekçiliği olmaktadır. Bu bakımdan bakıldığında, 8 (fırın) ile 10 numaralı (sır) istasyonların çalışmanın yapıldığı atölyedeki tesisattan kaynaklı hareket etmeme zarureti olup, teorik olarak “E” ilişkisinden kaynaklanan nedenlerle çözümde yakınsandığı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda söz konusu istasyonların yakınlaştırılması durumunda inşaat maliyetlerinin sonuca değmesi bekleneceğinden öngörülebilir durmamaktadır.

Bir diğer husus, %4,77 geri izleme oranının Hollier metodunun yapmış olduğu yerleşim önerisinin son derece düşük bir geri izlemeye yol açacağı, akıştaki hareketin daha çok sıralı olacağı çıktısını doğrulamaktadır.

Kısaca, yukarıda bahsedilen birkaç husus hesaba katıldığında işletmenin yerleşim planlamasında yeterli düzeyde iyileşme sağlayacağı düşünülen metodun bulguları, oranlardan anlaşılabileceği üzere tatmin edici durmaktadır.

7. PLANET YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRME

PLANET (Plant Layout Analysis and Evaluation Technique), çok ölçütlü bir karar verme yaklaşımı ile farklı yerleşim düzenlerini hem nicel hem de nitel ölçütler ışığında değerlendirmeye imkân tanımaktadır (Apple, 1977). Nitel ölçütlerin analitik bir düzleme taşınabilmesinde, özellikle de bu çalışmada olduğu gibi küçük ve orta ölçekli işletmelerde faydalı görülmektedir.

PLANET bu çalışmada yerleşim alternatiflerinin karşılaştırılması için kullanılmaktadır. Bu hususta, yöntemin adımları kısaca sıralanacak olursa:

- İlk olarak ölçütlerin belirlenmesi

1. Malzeme Akışı : Sıralılık amaçlanmaktadır.
2. Taşıma Mesafesi : Toplam mesafenin azaltılması amaçlanmaktadır.
3. Ergonomi : İSG sağlanması, iş gücü kaybının azaltılması ve çalışma konforu amaçlanmaktadır.
4. Altyapı : Tesisatın verimliliği, havalandırma sağlanması ve diğer teknik gereklilikler amaçlanmaktadır
5. Hijyen : Kuru ve ıslak alanların ayrımı, sıvı ve toz bulaşmanın kontrolü ve sağlıklı bir hava solunumunun sağlanması amaçlanmaktadır.
6. Alan Kullanımı : m²'ye düşen üretimin verimliliği, depolama alanlarının düzenli olması ve kullanılmayan alanlarının azaltılması amaçlanmaktadır.

- Ölçütlerin ağırlıklandırılması

Her ölçütün ağırlığı atölye çalışanları (uzman görüşü) ile yapılan kritik neticesinde, toplamda “1” puan, yani %100 olacak şekilde yukarıdaki sıra ile; “0,25”, “0,20”, “0,15”, “0,15”, “0,13” ve “0,12” olarak belirlenmektedir.

- Değerlendirilecek yerleşimlerin belirlenmesi

1. Mevcut Yerleşim (MY)
2. Faaliyet İlişkisine Göre Yerleşim (FİGY)
3. BLOC PLAN Yerleşim (BPY) – Burada yüksek skorlu yerleşim esas alınmaktadır.
4. Hollier Sıralamasına Göre Yerleşim (HSGY)

- Puanlama aşaması

Her yerleşim önerisi 0 ile 10 aralığında bir puan ile belirlenen ölçütler açısından puanlanmaktadır. Burada 0'dan 10'a doğru bir iyileşme eğrisinden söz edilebilmektedir.

- Ağırlıklı puanların hesaplanması

Hesaplama, toplamda altı tane ölçüt için ayrı ayrı:

“PLANET Skoru = Σ (Ölçüt Puanı $\times$ Ölçüt Ağırlığı)” formülü ile yapılmaktadır.

- Puan tablosu

Tablo 28’de yer alan puanlama tablosu göz önüne alınarak hesaplanmış olan PLANET skorları aşağıda verilmiştir.

Tablo 28. Yerleşim Düzenlerinin Puanlama Tablosu

ÖLÇÜTLER	AĞIRLIK	MY	FİGY	BPY	HSGY
Malzeme akışı	0,25	6	7	8	9
Taşıma mesafesi	0,20	5	7	7	8
Ergonomi	0,15	6	7	7	7
Altyapı	0,15	7	7	7	6
Hijyen	0,13	5	7	7	7
Alan kullanımı	0,12	5	7	8	8
Toplam	1,00	5,7	7	7,37	7,67

$$PLANET_{MY} = 6*0,25 + 5*0,20 + 6*0,15 + 7*0,15 + 5*0,13 + 5*0,12 = 5,7$$

$$PLANET_{FİGY} = 7*0,25 + 7*0,20 + 7*0,15 + 7*0,15 + 7*0,13 + 7*0,12 = 7$$

$$PLANET_{BPY} = 8*0,25 + 7*0,20 + 7*0,15 + 7*0,15 + 7*0,13 + 8*0,12 = 7,37$$

$$PLANET_{HSGY} = 9*0,25 + 8*0,20 + 7*0,15 + 6*0,15 + 7*0,13 + 8*0,12 = 7,67$$

- Sonuçların değerlendirilmesi

Hesaplama sonuçlarına göre HSGY önerisi 7,67 skoru ile en yüksek değere ulaşmaktadır. Dolayısıyla, PLANET yöntemine göre çok ölçütlü bir bakış açısı ile en uygun yerleşim düzeni olarak belirlenmektedir. BPY 7,37 puan ile güçlü bir seçenek

sunarken, mevcut yerleşim 5,7 ile en düşük performansa sahip düzen olarak ölçülmektedir.

Bu sonuç, PLANET yönteminin yalnızca mesafe ve akış gibi ölçülebilir kriterleri değil, ergonomi ve hijyen gibi üretim kalitesiyle doğrudan ilişkili faktörleri, altyapı ve alan kullanımı gibi üretimi sekteye uğratabilecek hususları da dikkate alarak dengeli bir değerlendirme sağladığını göstermektedir.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, öncelikle porselen maddesi ve tesis yerleşimi literatürüne genel bir bakış sağlanmış, bu konuda yapılmış teorik çalışmalar kritik edilmiştir. Söz konusu literatürde eksiklerin olduğu, özellikle de porselen ürünleri gibi geleneksel ürünlerin üretildiği imal edildiği işletmelerin yerleşim sorunlarının ihmal edildiği anlaşılmıştır. Bu tez çalışmasının yapılmasındaki en önemli motivasyonlardan biri, bahsi edilen eksikliği dikkat çekecek bir eylem üretmektir.

Bu çalışmada küçük ölçekli bir porselen atölyesinin mevcut yerleşim ve iş akışı ele alınarak üretim süreci gözlemlenmiştir. Gerekli zaman etütleri ve uzman görüşleri yolu ile işletmeye ait ön veriler analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, ilk olarak atölyedeki faaliyetler tanımlanmış, ardından bu faaliyetler arasındaki ilişkiler değerlendirilerek bir Faaliyet İlişkisi Çizelgesi oluşturulmuştur. İlişki derecelerinin belirlenmesinde, uzmanlar ile yapılan görüşmede üretim sıralaması, taşıma sıklığı, temiz alan gereksinimi, ortam güvenliği ve koşulları, kişisel ihtiyaçlar, ergonomi gibi faktörler dikkate alınmıştır.

Faaliyet ilişkilerine göre yapılan alternatif yerleşim planı uygulandığında malzeme taşıma mesafesinde bir iyileşme ve iş akış verimliliği açısından olumlu sonuçlanmıştır. Nitekim Muther'in geliştirdiği basit yerleşim prensibinde olduğu gibi bu çalışmada da optimizasyon amaçlanmamış, daha sistematik bir yerleşim düzenine yaklaşmak hedeflenmiştir. Bu bağlamda, etkin bir yerleşim planı önerildiği düşünülmektedir.

Faaliyet İlişkisi Çizelgesinden elde edilen veriler doğrultusunda faaliyetler için elverişli yerleşim gereksinimleri tanımlanmış ve bir blok şema (Şekil 21) önerilmiştir. Bu bölümde elde edilen alternatif yerleşim, daha sonra porselen atölyesi ile bir araya gelinerek sonuçları bağlamında paylaşılmış olup, atölyede ufak düzenlemelere neden olmuştur. Sonucunda yapılan ölçümler ile de taşıma mesafelerinde neredeyse yarı yarıya bir iyileşme olduğu anlaşılmıştır.

Alternatif yerleşim önceki yerleşime göre daha sistematik ve düzenli bir yapıya kavuşmuştur. Şekillendirme ve zımpara alanları mevcut yerleşimden farklı olarak ayrılmış, zımpara işleminin pencere önünde yapılması ve ortam içerisindeki tozlanmanın azaltılması sağlanmıştır. Bu durumun, diğer iş istasyonlarında yapılan işin verimini de olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

İlk yöntemin ardından BLOC PLAN 1.6 programında oluşturulan düzenin görülmesi, bir nevi benzetim çalışmasını andırmasından ötürü, şu ana kadar yapılmış olan ve ileride yapılabilecek benzer çalışmalarda önerilerin bir Simülasyon yazılımında test edilmesinin ne kadar kıymetli olduğunu hem atölye çalışanlarına hem de ilgili literatüre gösterebilmiştir. Bu yönüyle söz konusu yöntemin çalışmaya dahil edilmesi tatmin edici olmuştur.

Mevcut yerleşimin oldukça karmaşık olan istasyonlar arasındaki hareket etme biçimleri daha düzenli bir yapıya kavuşmuştur. Bu hususta en önemlisi, Hollier metodunun kullanılması ile sıralı ve geri izleme hareket biçimlerinin, yapılan çalışmada ele alınması sağlanmıştır. Sonuç olarak uzmanlar eşliğinde üretimin

sektörel faktörleri ile yapılan kapsamlı değerlendirmede, yöntemin “sıralılık” ve “geri izleme” düzeylerinin kendi açılarından yeterli oldukları değerlendirilmiştir.

Böylece hem bu çalışmanın devamı olarak hem de porselen atölyesi sorumlularına bir motivasyon oluşturması bakımından Hollier metodu sonuçlarının ve BLOC PLAN programı ile oluşan yerleşim planının, ayrıca faaliyet ilişkisine göre alternatif yerleşim önerisinin analitik bir yöntem olan PLANET ile test edilmesi bir öneri olarak bırakılmayıp, gerçekleştirilmiştir.

Belki daha sonra köklü bir biçimde yerleşim önerilerine karar verildiği takdirde, uygulama aşamasında yüksek maliyetli sonuçlar ile karşılaşılması için kararın bir Simülasyon veya başka bir Bilgisayar Destekli Tasarım programı ile görselleştirilebileceği vurgulanmaktadır.

Bu çalışmanın yapılmasında mekânın çok yönlü bir atölye vizyonuna ev sahipliği yapması da önemli bir belirleyici olmuştur. Bu hususta, mevcut düzene önerilen alternatifler sayesinde, daha işlevsel bir şekilde hem atölyenin porselen üretiminden hem de çini ve porselen çalıştaylarından daha çok verim alınacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmasının bulguları atölye çalışanları tarafından memnuniyet, merak ve hoşgörü ile karşılanmış olup, çalışma ile ilgili görüşleri desteklemek için daha fazla vaka incelemesi yapılması gerektiği, küçük ve orta ölçekli işletmelerin gelir üretimi ile yatırım getirilerine ilişkin destekleyici sonuçlar elde etmeleri bakımından neler yapılabileceğinin düzenli bir şekilde tartışılması kanaatini oluşturmuştur.

Buradan hareketle, söz konusu atölyenin küçük ölçekli bir atölye olduğu, mevcut verilerin daha kapsamlı yerleşim çalışmalarına, özellikle de optimizasyon çözümlerine şimdilik elvermediği hatırlatılmıştır. Bu bağlamda, çalışmanın konusu olan atölyeye yapılan olası önerilerin açıklanması dışında, büyük çaplı işletmelerin yerleşim planlaması sorunlarının çözümünde hangi tür verilere ihtiyaç duyulacağı, maliyet analizlerinin sık aralıklarla yapılmasının önemi, bu çalışmada uygulanan yöntemlerin daha basit ve optimal olmayan sonuçlar vereceği, dolayısıyla daha kapsamlı ve optimal çözüm yollarına başvurulmasının zaruri olduğu açıklanmıştır.

Özetle, çalışmanın sektörel işletmelere yerleşim konusunda yol göstereceği, küçük ve orta ölçekli farklı sektör işletmelerine, yerleşim teorisi literatürüne ve ilgili alanda çalışma yürüten tüm çalışmacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abeyasekera, K. (2008). *Kanban* [Fotoğraf]. U.S. Air Force. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:080527-F-0000A-001.JPG>

Açikkapı, M. A. (2023). *Tesis yerleşimi problemi için matematiksel model önerisi: Plastik endüstriyel tüketim malzemeleri imalatı üzerine faaliyet gösteren işletme uygulaması* (Yayımlanmamış doktora tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).

Akın, B., & Seyfettinoğlu, Ü. K. (2025). Yerleşim Teorisi'nin Tarihsel Gelişimi ve Sistemik Literatür Taraması. *Fiscaoeconomia*, 9(1), 452-482.

Aktin, T. (2021). *IE5403: Facilities Design and Planning — Chapter 6: Plant layout* [PowerPoint sunusu / ders notu]. İstanbul Kültür Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.

Al-Zubaidi, S. Q. D., Fantoni, G., & Failli, F. (2020). Analysis of drivers for solving facility layout problems: Literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 20, 100187. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100187>

Apple, J. M. (1977). *Plant layout and material handling. (No Title).*

Aşan, O. (2011). *Işık malzeme ilişkisi ve buna bağlı olarak porselenin bir sanat malzemesi olarak kullanımı* (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey)).

Aurich, P., Speckmann, M., Böning, C., & Stonis, M. (2021). A two-stage Tabu Search for multi-objective facility layout problem. *Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2021)*. <https://doi.org/10.15488/11302>

Birben, A. (2011). *Çin Porselen Sanatı "Toprağın Ateşle Dansı"* (Master's thesis, Ankara Üniversitesi (Turkey)).

Canbulut, G., Vural, N. B., & Kavak, G. (2022). Simülasyon destekli tesis tasarımı: Bir imalat sisteminde uygulanması. *Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27(2), 647-662.

Can, Ö. C. (2018). *Ankara'da kamusal alanlardaki seramik duvar panoları* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Coşansel Karakullukçu, D. (2007). 150 yılın sessiz tanıkları: saray porselenlerinden izler. *Ed. İlona Baytar. İstanbul: TBMM Milli Saraylar Yayınları.*

D'alisa, G., Demaria, F., & Kallis, G. (2020). Küçülme: Yeni Bir Çağ İçin Kavram Dağarcığı. *Metis yayınları, İstanbul.*

Donaghey, C. E., Chung, C. A., Kong, H., & Pire, V. F. (2007, April 16). *BLOC PLAN (Single Story) for Windows 1.6* [Computer software]. Department of Industrial Engineering, University of Houston.

<https://drive.google.com/file/d/1niOUowdewCN631JLMSLjL6iUtXaglm43/view?usp=sharing>

Ekpunobi, U., Ihueze, C., Igbokwe, P., Ekpunobi, A., Obiora-Ilouno, H., Onu, C. & Amalu, E. (2021). *Production of electrical porcelain insulators from local raw materials: A review*. IntechOpen.

Gupta, T., & Seifoddini, H. I. (1990). Production data based similarity coefficient for machine-component grouping decisions in the design of a cellular manufacturing system. *The International Journal of Production Research*, 28(7), 1247-1269.

Gülsün, B., Tuzkaya, G., & Duman, C. (2009). Genetik algoritmalar ile tesis yerleşimi tasarımı ve bir uygulama. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 10(1), 73–87.

Güney Ege Kalkınma Ajansı. (2020). *Aydın İlinde Seramik Süs ve Mutfak Eşyaları Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu*.

Hollier, R. H. (1968). A simulation study of sequencing in batch production. *Operational Research Quarterly*, 19(4), 389–407.

İnce, M. N., & Taşdemir, Ç. (2024). *Facility layout planning through the ALDEP Method in the wooden cable reels industry*. *Turkish Journal of Forestry*, 25(1), 71-80.

Joy, R. A., & Gupta, H. S. (2020). Feasibility Study of Cellular Manufacturing System in a Wooden Furniture Industry: A Case Study. In *Proceedings of the 5th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (Detroit, MI, USA). IEOM Society International. <https://www.ieomsociety.org/detroit2020/papers/66.pdf>

Karadaş, O. (2016). *Tesis yerleşim planlaması ve bir işletmede uygulanması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Klausbo (2009). *Transparent porcelain* [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transparent_porcelain.jpg

Latouche, S. (2018). Kanaatkâr bolluk toplumuna doğru: küçülme üzerine yanlış yorumlar ve tartışmalar. *İstanbul: İletişim*.

Leonardo, Hutahaeen, H. A., & Wee, H. M. (2014). Comparing alternative plant layouts based on CRAFT and BLOCPLAN algorithms. *Proceeding 8th International Seminar on Industrial Engineering and Management*, 10–14.

Moatari-Kazerouni, A., Chinniah, Y. A., & Agard, B. (2014). Integration of occupational health and safety in the facility layout planning, Part II: Design of the kitchen of a hospital. *International Journal of Production Research*, 53(11), 3228–3242. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.970711>

Muther, R., & Hales, L. (2015). *Systematic layout planning* (4th ed.). Management & Industrial Research Publications.

Ongun, H. Ö. (2011). Tüketim Toplumu, Nevrotik Kültür ve Dövüş Kulübü. İstanbul: Ayrıntı Yayınları.

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

Peron, M., Fragapane, G., Sgarbossa, F., & Kay, M. (2020). Digital facility layout planning. *Sustainability*, 12(8), 3349. <https://doi.org/10.3390/su12083349>

Presentation 10 (Layout III). (t.y.). *BLOCPLAN*. [PDF slides].

Serin, S. (2009). *Yıldız Çini/Porselen Fabrikası* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Taylor, G. D. (Ed.). (2008). *Logistics engineering handbook*. CRC Press.

The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. (1993). *World Development Report 1993: Investing in Health*. Oxford University Press.

Togo (2006). *RO-Plant-Layout* [Dijital resim]. Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RO-Plant-Layout.png>

Uzoma, M. S., & Obi, E. (2023). Plant layout factor impact to attaining optimal approach in facility layout design in plywood industry. *American Journal of Mechanical Engineering*, 11(3), 115–123. <https://doi.org/10.12691/ajme-11-3-3>

Yang, J., & Lee, H. (1997). An AHP decision model for facility location selection. *Facilities*.

Yılmaz, E. (2019). Modern/Çağdaş Seramik Sanatı: Türkiye’de Seramiğin Öyküsü.

Wilson, J. (2020). Excel-Hollier-Solver. Retrieved March 15, 2025, from <https://github.com/TheEric960/Excel-Hollier-Solver>