
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 03.01.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 14.06.2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.283221	

Gıda makineleri endüstrisinde akış odaklı tesis yerleşimi uygulaması

Nevra Akbilek*¹

ÖZ

İşletmeler, küresel dünyanın katı rekabet ortamına uyum sağlayabilmek ve ayakta kalabilmek için kârlılıklarını arttırmak zorundadırlar. Karlılığı arttırmanın akla gelen ilk uygulaması ürün fiyatlarının arttırılması düşüncesidir. Ancak uzun vadede beklenen kalite düzeyine eşlik eden fiyat müşteri için belirleyicidir. Bu zorlayıcı fiyat faktörü nedeni ile işletmeler öncelikle metot etüdü, kaizen gibi çalışmalarla sürekli olarak süreci optimize ederek maliyeti düşürme yollarını tercih etmektedirler. Sürecin optimize edilmesinin odağında ise öncelikle etkin ve verimli bir fiziksel yerleşim düzeninin tasarlanması yer almaktadır. Bu amaçla endüstriyel gıda üretim makineleri üreten bir fabrikada yerleşim analiz edilmiştir. İşletme siparişe göre proje tipi üretim yapmakta ve müşterilerden gelen talebe göre ürün özellikleri ve ölçüleri sürekli değişiklik gösterebilmektedir. Dolayısı ile ürünlerin bir standardı bulunmamaktadır. İşletme ilk kurulduğunda, bu durum göz önüne alınıp mevcut yerleşim düzeninde sürece göre yerleşim ilkesi benimsenmiştir. Ancak talepteki hızlı değişim, proje bazlı uzun çevrim sürelerine eşlik eden ürün çeşitliliği ve müşterilerin kısa teslim süresi beklentisi, taşıma maliyetlerini arttırmıştır. Malzeme ve yarı mamul taşıma maliyetlerindeki bu artış yerleşim düzeninin revize edilmesini zorunlu kılmıştır. Bu nedenle işgücü, malzeme, makine ve teçhizat gibi kaynakların etkin kullanımını sağlamak ve toplam malzeme taşıma maliyetini en aza indirmek için, WinQSB ve Excel.xls araçları ile yeni yerleşim planı geliştirilmiştir. Mevcut ve optimize edilmiş yeni yerleşim planı malzeme taşıma maliyeti sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tesis yerleşimi, Mag, Craft, gıda makineleri endüstrisi.

A flow-focused facility layout application in food machine industry

ABSTRACT

Businesses have to increase their profitability in order to be able to adapt to the global competitive environment and survive. The first application that comes to mind of increasing profitability is the idea of increasing product prices. However, the price that accompanies the expected level of quality in the long run is determinant for the customer. Because of this compelling price factor, plants prefer to use methods such as method study, kaizen to reduce costs by continuously optimizing the process. The focus of optimizing the process is primarily to design an effective and efficient physical layout. For this purpose, manufacturing layout in a plant that produces industrial food production machines was analyzed. The company produces project-based production according to the order, and product characteristics and measurements can vary constantly according to customer demand. Therefore, there is no standard for the products. When the layout was first established, this situation was taken into consideration and the process layout principle was in the existing layout pattern. However, the rapid change in demand, the product variety that accompanies project-based long cycle times and the expectation of short delivery times have raised total cost of material handling. This increase in the cost of material and semi-finished goods has obliged to revise the layout. Therefore, a new optimized layout plan has been developed with WinQSB and Excel.xls tools to ensure effective use of resources such as labor, materials, machinery and equipment and to reduce total cost of material handling. The present and optimized new layout plan material handling costs are shown comparatively.

Keywords: facility layout, Mag, Craft, food machine industry

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü – nakbilek@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tesis yerleşimi, tüm tesislerin bir ürün üretimi veya bir servis dağıtımı için düzenlenmesidir[1]. Yerleşim alternatiflerinin incelenmesi, tüm birimler arasındaki faaliyet ilişkilerinin sağlanmasına hizmet edeceği için kritik bir konudur[2]. Dolayısı ile gerçek hayatta; imalat, hastane, okul, market, havaalanı, depo, su türbini, baskılı devre kartı problemi gibi yerleşim tasarımı içeren birçok uygulamaya sahiptir[3,4]. Tesis planlama problemi 4 temel kategoriye ayrılmaktadır; deterministik, stokastik, dinamik ve statik. Aynı zamanda tesis planlama bir kombinatoriyal optimizasyon problemi olarak tanımlanmaktadır. Kombinatoriyal optimizasyon, olurlu çözümlerin sınırlı bir sayısıdır [5]. Tesis planlama, mevcut tesis bünyesindeki departmanların dizilişini planlar ve böylece kısıtları olan kalitatif veya kantitatif amaç fonksiyonu optimize edilmiş olur[6]. Bu amaç fonksiyonu, malzeme taşıma maliyetinin minimizasyonu[7] ise algoritmik yaklaşımlar kullanılır. Mevcut literatürün çoğunluğu algoritmik yaklaşımları anlatır [1]. Departmanlar arasında istenen ilişkilerin maksimizasyonunda ise prosedürel yaklaşımlar kullanılır ve Muther[8] 'e göre prosedürel yaklaşımlar tasarım proseslerindeki nitel ve nicel amaçların birleşimi [9] veya kombinasyonu olabilir[10]. Tesis planlama problemi çözüm yöntemleri en genel şekli ile kesin (optimal) ve sezgisel yöntemler olarak iki sınıfa ayrılır[11]. Sezgisel metodlar, bilgisayar destekli yerleşim algoritmalarıdır[12,2]. Bu algoritmalar eş ve eşit olmayan boyutlardaki departmanların yerleşim problemi için çok kısa hesaplama zamanlı ve kaliteli çözümler üretebilmektedir[13]. Sezgisel algoritmalar, kurucu ve geliştirici algoritmalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Kurucu sezgisel algoritmalar en eski sezgisel algoritmalar fakat uygun kalitede çözüm üretmezler [14]. Liggett yaptığı analiz ile bu algoritmaları kullanarak daha iyi çözüm bulmanın mümkün olduğunu göstermiştir[15] Tesis yerleşimi problemleri tek katlı ve çok katlı olarak da incelenebilmektedir. Kuadratik atama problemi(KAP), tek katlı tesis yerleşimi probleminin departman şekilleri eş ve sabit olacak şekilde sınırlandırılmış bir versiyonudur[16-19]. Loiola and Abreu [20] çalışmalarında KAP modelini incelemişlerdir. Hesaplama zamanı dikkate alındığında bu problem aynı zamanda bir NP-tam problemidir[6,21]. Bu

nedenle daha karmaşık olan farklı alanlı departmanlı, daha ileri kısıtlı (birden fazla katın ve asansörlerin olması gibi) problemler de NP-tam sınıfındadır. Bu sorun birçok araştırmacının CRAFT, ALDEP, CORELAP gibi sezgisel metodlar kullanmalarına neden olur[22]. Uygulama siparişe göre endüstriyel gıda üretim makinelerinin imalatını yapan bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Müşterilerden gelen talebe göre ürün özellikleri ve boyutları değişiklik gösterebilmektedir. Belli başlı ürünlerin temel operasyonları bilinmekle beraber sipariş edilen her üründeki farklılıklara paralel olarak üretim öncesi teknik çizimler güncellenmektedir. Bu nedenle ürünlerin bir standardı bulunmamaktadır ve bir ürünün ortalama üretim süresi 20-40 gün aralığında değişmektedir. İşletme ilk kurulduğunda, bu durum göz önüne alınıp mevcut yerleşim düzeninde sürece göre yerleşim ilkesi benimsenmiş ve buna göre yerleşim düzeni yapılmıştır. Fakat zamanla artan üretim miktarları ve ürün çeşitliliğiyle birlikte, malzeme ve yarı mamul taşıma maliyetlerinin yükselmesi ve verimlilik sorunları yerleşim düzeninin yeniden oluşturulmasını zorunlu kılmıştır. Tompkins ve diğerlerine göre[2], malzeme taşıma maliyeti toplam imalat maliyetinin %20-50'sini oluşturmaktadır ve etkin bir yerleşim planı ile en az %10-30 oranında azaltılabilmektedir. Bir imalat işletmesinde tesis yerleşimi, imalat maliyetleri, proses içi stok, teslim süresi(lead time) ve verimlilik gibi bir çok göstergede önemli bir etkiye sahiptir[23].

Problem bu durumu ele alıp mevcut yerleşim planı ile oluşturulan yeni yerleşim planının karşılaştırılması ve maliyetin optimize edilmesidir. Mevcut yerleşim düzeni, 15 montaj, 1 talaşlı imalat, 5 tesviye, 3 kaynak atölyelerinden oluşmaktadır. Yerleşim planında, yapılan görüşmeler, gözlemler sonucunda montaj atölyelerinin yeniden yerleştirilmesine karar verilmiştir. Buna göre, talep tahmini sonuçları da dikkate alınarak işletme yerleşim planının montaj atölyeleri arasında değişim yapılmıştır.

2. UYGULAMA (APPLICATION)

Uygulamanın yapıldığı mevcut yerleşim planının koordinatları ile birlikte Excel çizimi Şekil1'deki gibidir.

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45										
1	A	A	A																																																				
2	A	A	A																																																				
3	A	A	A																																																				
4																																																							
5																																																							
6																																																							
7																																																							
8																																																							
9																																																							
10																																																							
11																																																							
12																																																							
13																																																							

Şekil 1. Excel' de Oluşturulmuş Mevcut Yerleşim(Present Layout in Excel)

Tablo 1. Atölye numaraları ve koordinatları (Workstations numbers and coordinates)

NO	Atölye	Yeri	NO	Atölye	Yeri
1	A(080)	(1,1)-(3,3)	12	L(190)	(8,12)-(10,13)
2	B(090)	(5,4)-(7,7)	13	M(200)	(8,16)-(10,18)
3	C(100)	(5,8)-(7,9)	14	N(210)	(8,19)-(10,19)
4	D(110)	(5,10)-(7,13)	15	O(220)	(5,26)-(7,28)
5	E(120)	(5,14)-(7,17)	16	P (KAYNAK)	(8,14)-(10,15)
6	F(130)	(5,18)-(7,19)	17	R(TESVİYE)	(8,20)-(10,21)
7	G(140)	(5,20)-(7,24)	18	S(ÇATMA)	(8,22)-(10,24)
8	H(150)	(8,4)-(10,5)	19	BORU-PROFİL DEPO	(1,38)-(3,45)
9	I(160)	(8,6)-(10,7)	20	SAC DEPO	(8,41)-(10,45)
10	J(170)	(8,8)-(10,9)	21	ANA DEPO	(12,4)-(13,7)
11	K(180)	(8,10)-(10,11)	22	SEVKİYAT	(5,38)-(7,45)

Tablo 2. MAG hesabında kullanılan B,C,D ve E değerleri tablosu

B:Parçanın yoğunluğu	C: Parçanın biçimi	D:Parçaya veya çevresindekilere zarar verme riski	E: Parçanın Durumu
-2 : Çok Hafif ve Boş	-3 :Çok düz ve yığılabılır veya birbiri içine girebilir.	-2 : Hiçbir şekilde zarar verilemeyen parçalar	0 : Temiz, katı ve stabil
-1 : Hafif ve Hacimli	-2 : Yığmaya ve birbirinin içine girmeye uygun	-1 : Pratik olarak zarar verilemeyen parçalar	+1 : Yağlı, ince ve stabil olmayan
0 : Katı	-1 : Oldukça yığılabılır	0 : Bazı zararlara uğrayabilecek parçalar	+2 : Gres Kaplı, sıcak,çok ince
+1 : Oldukça Ağır ve Yoğun	0 : Yığılma özelliğine sahip kare tabanlı parçalar	+1 :Çarpma, ezilme veya çizme ile zarara uğrayabilecek parçalar	+3 : Zamklı yüzeyler
+2 : Ağır ve Yoğun	+1 : Uzun, Yuvarlatılmış veya biraz düzensiz	+2 : Biraz veya çok zarara yol açabilecek parçalar	+4 : Eritilmiş çelik
+3 : Çok Ağır ve Yoğun	+2 : Çok uzun, Kübik veya düzensiz	+3 : Bazı eşyalara ve çok şeye zarar verebilecek parçalar	
	+3 : Çok uzun bükülmüş veya çok düzensiz	+4 : Çok fazla zarar verebilecek parçalar	
	+4 : Çok uzun ve bükülmüş veya özellikle çok düzensiz		

Tablo 3 .Xyz parçası hacim hesaplama tablosu(size calculation table of the part Xyz)

Profil				
1. Kenar(İç)	2.Kenar(İç)	Boy	HACİM	HACİM
38 mm	78 mm	1260 mm ³	3734640 mm ³	3734,64 cm ³
1. Kenar(Dış)	2.Kenar(Dış)	Boy	HACİM	HACİM
40 mm	80 mm	1260 mm ³	4032000 mm ³	4032 cm ³
			Adet	Sonuç
			2	594,72 cm ³

$$\text{Profil Hacim} = (((1. Kenar (Dış) * 2.Kenar (Dış) * Boy) / 1000) - ((1. Kenar (İç) * 2.Kenar (İç) * Boy) / 1000)) * \text{Adet}$$

$$= ((40*80*1260)/1000) - (38*78*1260)/1000)) * 2 = 594,72 \text{ cm}^3$$

Aşağıda A'dan başlayıp O'ya kadar devam eden atölyeler montaj atölyesi , A: montaj , P: kaynak, R: tesviye, S: çatma atölyeleridir. Firma kendi içindeki tüm atölyeleri, 10'dan 320'ye kadar numaralandırmıştır. Örneğin 80: montaj-1'dir.

2.1. Parça Akış Şiddetlerinin Hesaplanması (Calculation of Part Flow Intensities, MAG)

Mevcut firmada üretimin proje tipi ve otomasyona uzak olması, ürünlerin üretim süresinin 20- 40 gün aralığında değişmesi, çok çeşitli ve fazla sayıda alt komplelere sahip ürünler üretmesi malzeme akışı esaslı bir yerleşimi zorunlu kılmaktadır. Ayrıca endüstriyel ürün üreten tesislerin birçoğunda departmanlar/tezgahlar arasında hareket eden yarı mamullerin çeşitliliğinde artış gözlenmektedir. Parçalar bir tezgahtan diğerine hareket ederken farklı dönüşümlere uğramakta, özelliklerinde (ağırlık, hacim, ebat vs....) çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Bunun sonucunda düzenlenmek istenen departmanlar/tezgahlar arasında akış ilişkilerini gösterirken birim yük kavramı yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda farklı türden parçaların akış ilişkileri ortak bir metrik cinsinden ifade edilmelidir. Bu sebepten dolayı MAG ölçüm yöntemi geliştirilmiş ve bir parçanın taşınabilirliğini etkileyebilecek unsurlar birkaç kategoride sınıflanıp toplanmıştır[24]. Bu yöntemde MAG sayısı bir parçanın akışının ölçüsüdür ve parça akış şiddeti parametreleri şunlardır:

A: parçanın boyutu (hacmi)

B: parçanın yoğunluğu

C: parçanın biçimi

D: parçanın çevreye zarar verme riski

E: parçanın durumu

A değerinin Hesaplanması:

Parçaların hacimleri Excel'de oluşturulan formül tabloları ile hesaplanmaktadır. Boru, için hacim formülleri oluşturulur ve böylece A değeri hesaplanır.

B,C,D ve E değerlerinin hesaplanması:

Parçaların özelliklerine göre B, C, D, E faktörlerinin değerleri tablo kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu tabloda B: Parçanın yoğunluğu, C:Parçanın biçimi, D: Parçaya veya çevresindekilere zarar verme riski, E: Parçanın durumunu ifade etmekte ve tablo 2'de gösterildiği gibi farklı değerler almaktadırlar [24]. Öncelikle yıllık üretim rakamlarına göre üretilen ürünler listelenmekte ve ürün standart parça listeleri

oluşturulmaktadır. Ayrıca ürün parça listelerinde bulunan tüm malzemelerin hacimleri(A değeri) hesaplanır. Daha sonra aşağıdaki tablodaki B,C,D ve E değerleri dikkate alınarak ilgili parçaların dolayısıyla ürünün MAG değeri hesaplanmaktadır.

2.2. MAG Hesaplanma Örneği (MAG Calculation Example)

Şekil 3'de gösterilen Kaşar Kuru Haşlama Makinesinin standart parça listesinden yararlanılarak: “xyz” isimli parçanın hacim ve MAG değerleri şöyle hesaplanmıştır: Parça “Profil” dir. Hacmin belirlenmesi için ilgili formül kullanılarak hacim hesaplanır.

Hacmi hesaplanan parçanın Hacimsel MAG değeri de şöyle hesaplanmıştır:

1.yol Xyz parçasının hacmini yukarıda **594,72 cm³** olarak bulmuştuk. Bu değeri hacimsel MAG değerine dönüştürebilmek için interpolasyon uygulamamız gerekmektedir. Yukarıda “Hacim Değerlerine Karşılık Gelen MAG Ölçüleri” tablosundan yararlanarak interpolasyon şöyle yapılır: 1 MAG yaklaşık 150 cm³'e karşılık gelir ve 594,72 değeri 150-1500 hacimleri arasındadır.

150 cm ³	1 MAG
594,72cm ³	X MAG
1500 cm ³	3,5 MAG

$$(594,72 - 150) / (1500 - 150) = (X - 1) / (3,5 - 1)$$

$$\Rightarrow X = 1,82 \text{ MAG olarak bulundu.}$$

2.yol:

Yukarıdaki interpolasyon mantığı kullanılarak hacimlere değişkenler atanarak formüller oluşturulmuştur şöyle ki; Yukarıda Xyz'nin Hacmi **594,72cm³** olarak bulunmuştur. MAG değeri tablosunda hacim değeri T sınıfına denk gelmektedir ve uygun formül uygulanır: Hacimsel $MAG = (t + 390) / 540 = (594,72 + 390) / 540 = 1,82$ olarak bulunur. Ürünün tüm parçaları için hacim ve hacimsel MAG değerleri yukarıdaki örnekte gösterildiği gibi hesaplanmıştır ve hesaplamalar tablolara işlenmiştir. Daha sonra parçalar özelliklerine göre (boru, profil vb.) ayrılmış ve toplam hacimsel MAG değerleri (A değeri) hesaplanmıştır.

Tablo 6. Kaşar Kuru Haşlama Makinesi Profil Malzemelerinin Hacim ve Hacimsel Mag Değerleri
(The Bar Material Volume of the Kashar Dry Boiling Machine and its Volumetric Mag Values)

No	Detay Parçanın Adı	Malzeme	Ölçü 1	Ölçü 2	Kal.	Boy	Adet	Açıklama	HACİM	MAG
1	Loadcell şase profili	(Komple)					1	Profil		
2	Xyz	AISI 304	40	80	2	1260	2	Profil	594,72 cm ³	1,82
⋮	⋮	...	...	...	...	...	...	Profil	...	...
7	abc	AISI 304	40	60	3	1500	2	Profil	873 cm ³	2,34
⋮	⋮	...	...	...	...	...	...	Profil	...	...
36	klm	AISI 304	40	40	2	890	4	Profil	555,36 cm ³	1,75
								TOPLAM	13279,79 cm³	47,59



Şekil 2. KaşarKuru Haşlama Ünitesi (Kashar Dry Boiled Unit)

Tablo 7. Kaşar kuru haşlama makinesi Mag Listesi (Kashar Dry Boiling Machine Mag List)

Ürün Adı	Malzeme	Toplam Hacim (cm ³)	Toplam Hacimsel MAG Değeri (A)	Parçanın Yoğunluğu (B)	Parçanın Biçimi (C)	Parçaya ve Çevresinde Zehar Verme Riski (D)	Parçanın Durumu (E)	MAG ÖLÇÜSÜ
300lt.KAŞAR KURU HAŞLAMA MAKİNESİ	BORU	5122,3	30,37	2	1	0	0	53,1475
	MİL	13085,39	26,22	3	1	0	0	52,44
	PROFİL	13279,79	47,59	2	2	0	0	95,18
	SAC-LAMA	56346,56	159,07	3	2	1	0	397,675
								TOPLAM	598,4425

Tablo.6'da bulunan MAG değeri Hacimsel MAG değeridir ve MAG formülünde[24] A parametresi ile gösterilmiştir. Parçanın taşınabilir özelliklerine göre B, C, D ve E değerleri de formülde ilgili yere yazılmıştır. Parçanın taşınabilir özelliklerine göre

B, C, D ve E değerleri de formülde ilgili yere yazılmış boru, mil, profil, sac-lama, standart parça malzemeleri için toplam MAG değerleri bulunmuştur.

$$MAG = A [1 + 1/4 (B + C + D + E)]$$

$$MAG = 47,59 [1 + 1/4 (2 + 2 + 0 + 0)] = 95,18$$

Kaşar Kuru Haşlama Makine'si için;

Boru malzemeleri toplam MAG değeri 53,1475

Mil malzemeleri toplam MAG değeri 52,44

Profil malzemeleri toplam MAG değeri **95,18**

Sac-Lama malzemeleri toplam MAG değeri 397,675

Standart parça malzemeleri toplam MAG değeri 156,0275 olarak bulunmuştur. Aynı işlemler diğer parçalar ve ürünler için Excel' de tekrar edildi yaklaşık 4500 adet parçanın hacim ve MAG değerleri hesaplandı ve stok hareket listeleri oluşturuldu.

2.3.Stok Hareket Listelerinin Oluşturulması (Generating of the Stock Movement Lists)

Yapılan çalışmada; malzeme akışlarının arka depolar(Boru-Profil ve Sac Deposu) ve Ana depodan standart işlemlerden geçtikten sonra, Montaj Atölyelerine doğru gerçekleştiği görülmüştür ve hareketler buna göre gruplandırılmıştır. Arka depolardan akışları gerçekleşen malzemeler: Boru, Sac- Lama, Profil, Mil, Talaşlı İmalat Malzemeleridir. Ana depodan akışları gerçekleşen malzemeler: Cıvata, Somun, Menhol, Plastik Kulp, Bakır Telli Poliüretan Hortum, Pompa, Rulman, Segman, Rondela, Rekor Takımları, Setskur, Dirsek v.b. dir.

2.4. Yıllık Akış Şiddetleri, Rota ve Toplam Maliyetlerin Hesaplanması (Calculation of the Annual Flow Intensity, Route and Total Cost)

Yapılan uygulamada yıllık talep esas alındığından, bulunan MAG değerleri yıllık talep ile çarpılarak Yıllık Akış Şiddetleri bulundu. Ürünlerin yıllık talebi, son 3 yıla ait üretim rakamlarının ortalaması alınarak en çok üretilen ürünlerin talepleriyle belirlenmiştir.

YILLIK AKIŞ ŞİDDETİ = ÜRÜNÜN YILLIK TALEBİ x ÜRÜN MAG DEĞERİ

Ürün bazında rotalar oluşturuldu ve mevcut modele göre mevcut yerleşim düzeninin toplam maliyeti hesaplandı.

TOPLAM MALİYET= AKIŞ ŞİDDETİ x UZAKLIK x BİRİM TAŞIMA MALİYETİ x ÜRETİM MİKTARI

Uzaklık olarak, AUTOCAD Programında çizilmiş olan mevcut yerleşim planında, iki bölüm arasındaki mesafe ağırlık merkezleri arasındaki uzaklık olarak hesaplandı. İnsanlar doğru boyunca yürüdükleri için Öklid uzaklık yerine doğrusal uzaklık formülü kullanıldı. Böylece i. ve j. atölyeler arasındaki uzaklık i ve j bölümlerinin ağırlık merkezleri arasındaki uzaklıktır.

Eğer;

i' nin ağırlık merkezi = ($x_{(i)}$, $y_{(i)}$)

j' nin ağırlık merkezi = ($x_{(j)}$, $y_{(j)}$)

Olmak üzere doğrusal uzaklıklar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Doğrusal Uzaklık= $|x_{(i)} - x_{(j)}| + |y_{(i)} - y_{(j)}|$

Birim taşıma maliyeti her atölye arası 1br. olarak alınmıştır. Ayrıca firma içinde toplam 32 adet olan atölye olup bunlar 10'dan 320'ye kadar numaralara sahiptir. Örneğin Lazer-1 tezgahı, 10 numaralı atölye olarak bilinmektedir.

3. YÖNTEMLER (METHODS)

3.1. WinQSB' ile Tesis Düzenleme (Facility Arrangement with WinQSB)

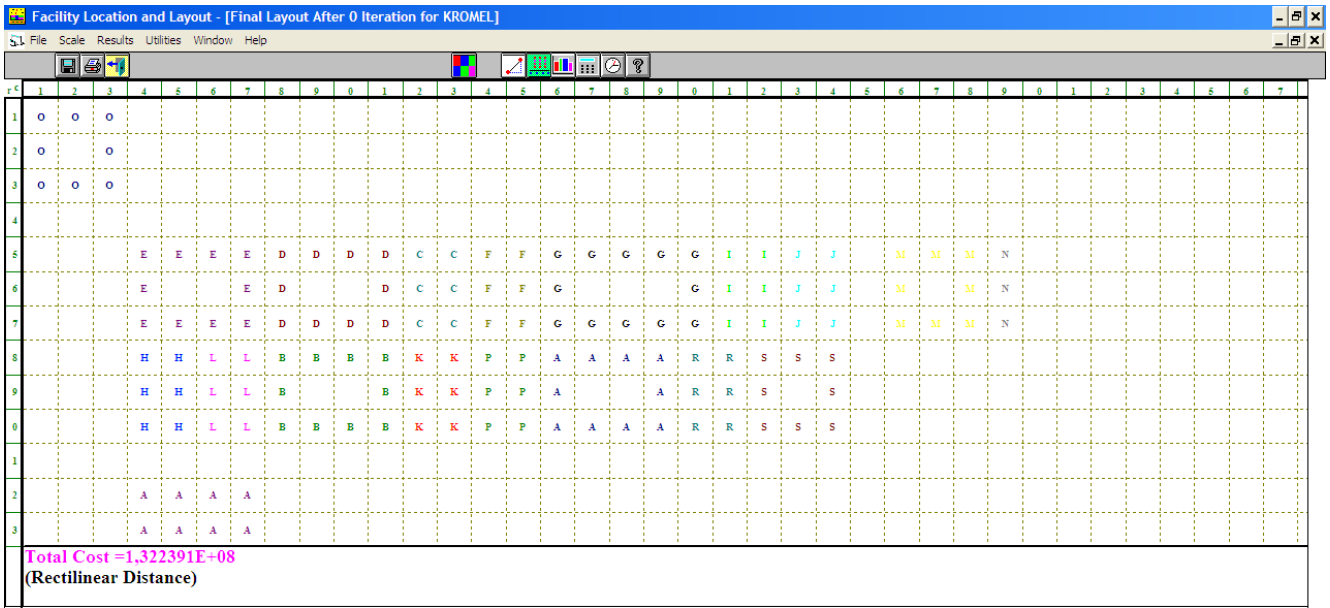
WinQSB, craft-tabanlı bir algoritma kullanmaktadır. Bu algoritma bir başlangıç çözümü üzerinde ikili ve çoklu değişimler yaparak en iyi çözüme ulaşmaya çalışır. Uygulamasında amaç; Üretilen ürün parçalarının işlem gördüğü atölyeler arasındaki toplam yıllık akış miktarı kullanılarak en düşük maliyet ile birlikte en yüksek verim sağlayacak şekilde yerleştirmektir. Ana Depo ve Arka Depoların yerleri sabit kabul edilmiştir. Aynı zamanda montaj atölyelerinin arasında bulunan kaynak ve tesviye atölyeleri de sabit olması gereklidir. 15 montaj atölyesi ve 1 profil çatma atölyesi için yerleşim planlanmıştır. Bu planda bir birim taşıma maliyeti 1 TL olarak kabul edilirse; mevcut durumun maliyeti, 1,824329E+08 TL olarak elde edilir.

3.1. 1. WinQSB İkili Yer Değiştirme (Two-way Swap with WinQSB)

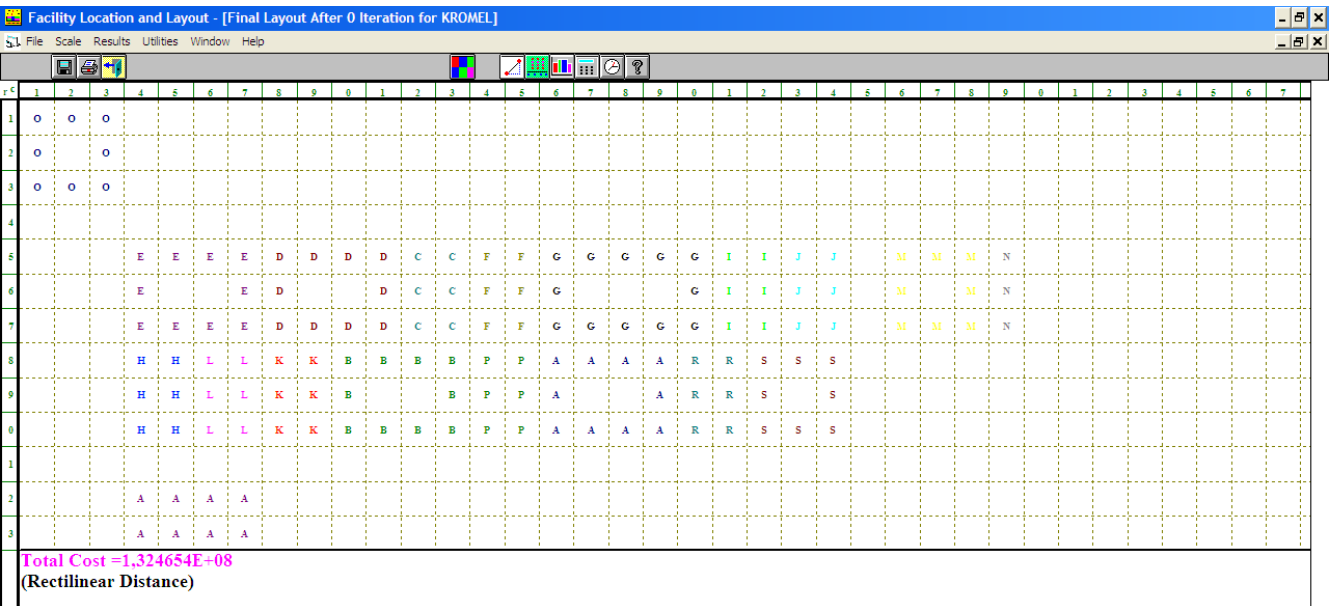
Burada Çözüm Seçeneği olarak “İki Departman Değiştirerek Geliştirme” seçeneği seçilir. Uzaklıklar “Doğrusal” olarak seçilmiştir. Uygulama yapılan firmanın koşulları göz önüne alınarak programın vermiş olduğu sonuca en yakın olacak şekilde sezgisel olarak yerleşim yapılmıştır. Buna göre aşağıda, yapılan yeni düzenlemenin yerleşim planı ve maliyeti Şekil. 3’te verilmiştir.

3.1. 2. WinQSB Üçlü Yer Değiştirme (Three-way Swap with WinQSB)

Burada Çözüm Seçeneği olarak “Üç Departman Değiştirerek Geliştirme” seçeneği seçilir. Uzaklıklar “Doğrusal” olarak seçilmiştir. Uygulama yapılan firmanın koşulları göz önüne alınarak programın vermiş olduğu sonuca en yakın olacak şekilde sezgisel olarak yerleşim yapılmıştır. Buna göre Şekil. 4’te, yapılan yeni düzenlemenin yerleşim planı ve maliyeti verilmiştir.



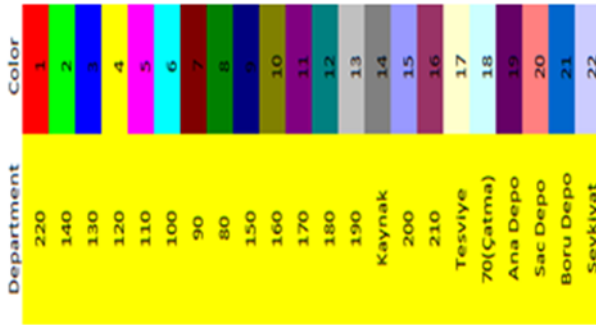
Şekil 3. 2’li Değişim Uygulanmış Yerleşim ve Maliyeti (Two-way exchange applied layout and its cost)



Şekil 4. 3’lü Değişim Uygulanmış Yerleşim ve Maliyeti (Three-way exchange applied layout and its cost)

3.2. Excel. xla İle Tesis Düzenleme (Facility Arrangement with excel.xla)

Excel' de tesis yerleşimi yapabilmek için ilk adım layout.xla eklentisini Excel'e eklemektir. Bu eklentiyi ekleyebilmek için internet üzerinden layout.xla eklentisi bulunur ve bilgisayara Excel eklentisi olarak kayıt edilir. Daha sonra bu eklentiyi Excele tanıtmamız gerekecektir. Başlangıçta New Layout seçeneği seçilir ve çıkan ekrana tesisin ismi, departman sayısını, bu departmanlardan kaç tanesinin yerinin sabit kalacağını ve uzunluk ölçü birimi girildi. Daha sonra fabrikanın alan boyutları, her departmanın alanları ve isimleri girildi. Departman tanımlama ekranında, yerleri sabit tutulacak olan departmanlar programa verilir. Daha sonra departmanlar arası akış ve maliyetleri girilir. Metod olarak Craft yöntemi seçilmiştir. Mesafe ölçüsü olarak da doğrusal uzaklık kullanılmıştır. Şekil 5'te mevcut durumun; departmanların numaraları-isimleri, renkleri, alanları ve koordinatları verilmiştir. Şekil 6 ve 7'deki siyah noktalar akışların gerçekleştiği yerlerdir.



Şekil 5. Mevcut Departmanlar ve Numaraları (Present Departments and Their Numbers)



Şekil 6. Mevcut yerleşim düzeni ve maliyeti (Present layout and its cost)



Şekil 7. Layout. xla uygulanmış yerleşim düzeni maliyeti (Layout.xla applied layout cost)

Iterations: 5			
Iter.	Type	Action	Cost
1	Switch:	1 and 8	2323539,25
2	Switch:	8 and 18	2116395,75
3	Switch:	4 and 7	2021818,625
4	Switch:	10 and 13	1990583,25
5	Switch:	2 and 18	2018223,75

Şekil 8. İterasyonlar sonrası maliyet değişimleri (The Cost Changes After Iterations)

ANALİZ (ANALYSIS)

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa;

Mevcut maliyet 3 şekilde hesaplanmıştır:

WinQSB programı çözümüne göre çıkan sonuç **182.432.900 TL**'dir.

Excel Layout.xla eklentisi çözümüne göre çıkan sonuç **2.543.149,5 TL**'dir.

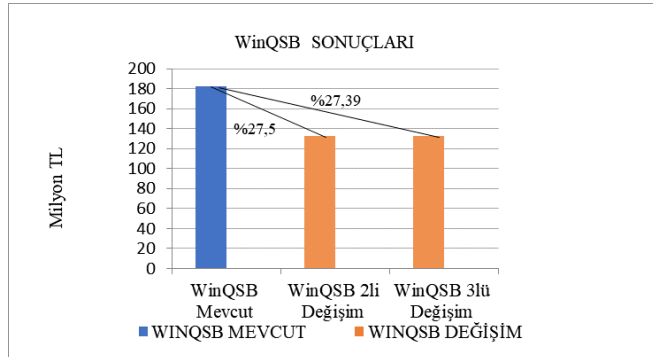
Yeniden yerleşimden sonra oluşan maliyetler Şekil 9'daki gibidir:

2'li değişimden sonra firmaya uyarlanmış halde yeni maliyet **132.239.100 TL** olarak hesaplanmıştır. İyileşme **%27,5** olarak

WinQSB 3'lü değişime göre :

3'lü değişimden sonra firmaya uyarlanmış halde yeni maliyet **132.465.400 TL** olarak hesaplanmıştır. İyileşme **%27,39** olarak bulunmuştur.

WinQSB 2'li değişime göre :

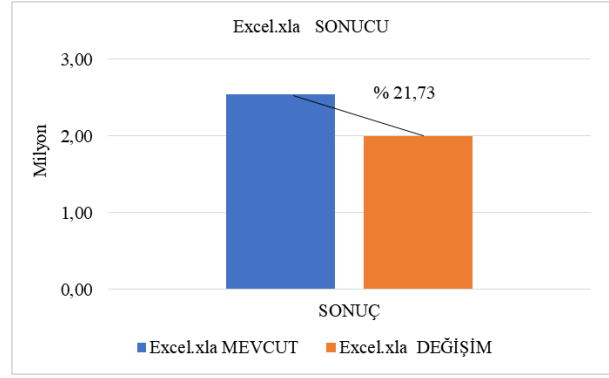


Şekil 9. WinQSB Sonuçları (The Results of WinQSB)

Excel Layout. xla eklentisi çözümüne göre çıkan sonuç Şekil 10'da gösterildiği gibi **2.543.149,5 TL**.

Excel Layout. xla eklentisinden çıkan sonuca göre **1.990.583,3 TL**.

İyileşme **% 21,73** olarak bulunmuştur.



Şekil 10. Excel.xla Sonucu (The Result of Excel.xla)

Gıda makineleri sektöründe faaliyet gösteren bir firma için tesis yerleşiminin mevcut maliyeti ve taşımaları analiz edilmiş ve problemler giderilmeye çalışılmıştır. Yerleşim planında, montaj atölyeleri yeniden yerleştirilmiştir. Buna göre, işletme yerleşim planının montaj atölyeleri arasında değişim yapılmıştır. Analizler incelendiğinde, WinQSB 3'lü değişim sonrası iyileşme **%27,39**, WinQSB 2'li değişim sonrası iyileşme **%27,5** ve Layout.xla eklentisi değişim sonrası iyileşmenin **%21,73** olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, WinQSB 2'li değişim sonrası yeni yerleşimin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bu nedenle WinQSB 2'li yerleşimin kullanılmasına karar verilmiş ve işletmenin yeni yerleşimi bu yöntemle yapılmıştır.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] S. Heragu, "Layout Planning Models and Design Algorithms", *Facilities design*, PWS Publishing, Boston, 1997.
- [2] Tompkins JA, White JA, Bozer YA, Tanchoco JMA, *Facilities planning*. Wiley, New York, 2003, pp. 298-357.
- [3] S.P. Singh, R.R. Sharma, A review of different approaches to the facility layout problems, *Int.J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 30, no.5, pp. 425-433, Sep., 2006.
- [4] M. Mohammadi, K. Forghani, A novel approach for considering layout problem in cellular manufacturing systems with alternative processing routings and subcontracting approach, *Appl.Math.Model.*, vol.38, no.14, pp.3624-3640, 2014.

- [5] Winston WL, *Introduction to mathematical programming: applications & algorithms*. PWS-KENT, Boston, 1991.
- [6] I. Jankovits, C. Luo, M.F. Anjos, A. Vannelli, A convex optimization framework for the unequal areas facility layout problem, *Eur.J.Oper.Res.* vol.214, no.2, pp.199–215, 2011.
- [7] S.Kulturel Konak, A. Konak, Unequal area flexible bay facility layout using ant colony optimization, *Int.J.Prod.Res.* vol. 49, no.7, pp. 1877–1902, 2011.
- [8] Muther, R., *Systematic Layout Planning*, 2nd ed., Cahners Books, Boston, 1973.
- [9] Yang, T., Kuo, C., “A Hierarchical AHP/DEA Methodology for the Facilities Layout Design Problem”, *European Journal of Operational Research*, vol.147, no.1, pp.128-136, May. 2003.
- [10] G.Aiello, G.L.Scalia, M.Enea, A multiobjective genetic algorithm for the facility layout problem based on slicing structure encoding, *Expert Syst. Appl.* vol.39, no.12, pp.10352–10358, Sept.2012.
- [11] Ghorbanali Moslemipour & Tian Soon Lee & Dirk Rilling, A review of intelligent approaches for designing dynamic and robust layouts in flexible manufacturing systems *Int J Adv Manuf Technol* vol.60, no.1, pp.11–27, April 2012.
- [12] Francis RL, McGinnis LF, White JA, *Facility layout and location, an analytical approach*, 2nd edn. Prentice-Hall, New Delhi, 2009.
- [13] Kusiak A, Heragu S., The facility layout problem. *Eur J Operation Res* vol.29, no.3, pp. 229–251, June 1987
- [14] Scholz D, Petrick A, Domschke W, STaTS: a slicing tree and tabu search based heuristic for the unequal area facility layout problem. *Eur J Oper Res* vol. 197, no.1, pp.166–178, 2009.
- [15] Liggett RS., The quadratic assignment problem: an experimental evaluation of solution strategies. *Manag. Sci.*, vol.27, no.4, pp. 442–458, 1981.
- [16] K.G.Ramakrishnan, M.G.Resende, P.M.Pardalos, "A branch and bound algorithm for the quadratic assignment problem using a lower bound based on linear programming" in *State of the Art in Global Optimization*, vol.7, C.A.Floudas, P.M.Pardalos (Eds.), Springer, US, 1996, pp. 57–73.
- [17] P.M. Pardalos, H.Wolkowicz (1994), *Quadratic Assignment and Related Problems: DIMACS Workshop*, American Mathematical Society, vol.16. [Online]. Available: <http://dimacs.rutgers.edu/Volumes/Vol16.html>
- [18] P.M.Pardalos, D. Du, (1998), Network design: connectivity and facilities location: DIMACS Workshop, American Mathematical Society, vol.40. [Online]. Available: <http://dimacs.rutgers.edu/Volumes/Vol40.html>
- [19] P.M. Pardalos, L.Pitsoulis, *Nonlinear assignment problems: algorithms and applications*, Springer, US, 2013.
- [20] Loiola EM, Abreu NMM A survey for the quadratic assignment problem. *Eur J Oper Res*, vol. 176, pp.657–690, 2007.
- [21] J.A.Bland, G.P.Dawson, Large scale layout of facilities using a heuristic hybrid algorithm, *Appl.Math.Model.*, vol.18, no.9, pp.500–503, 1994.
- [22] A.Kusiak, S.S.Heragu, The facility layout problem, *Eur.J.Oper. Res.* vol.29, no.3, pp. 229–251, 1987.
- [23] Drira A, Pierreval H, Hajri-Gabouj S (2007) Facility layout problems: a survey. *Annu. Rev Control* 31:255–267.
- [24] Raymond A., "Plant Layout and Material Handlings", *Materials handling handbook*, Kulwiec, USA: John Wiley & Sons, Inc, 1985, pp. 30.