

Yusuf Tansel İç
ytansel@baskent.edu.tr

Başkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
06810 Etimesgut, Ankara

Mustafa Yurdakul

Gazi Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü,
06570 Maltepe, Ankara

Bariş Keçeci

Başkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
06810 Etimesgut, Ankara

Öykü Tokmak

Başkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
06810 Etimesgut, Ankara

Gizem Gül Koç

Başkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
06810 Etimesgut, Ankara

Gamze Buyruk

Başkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
06810 Etimesgut, Ankara

Bir İmalat Sisteminde Darboğaz Modeli ile Üretim Kapasitesinin Artırılması

İmalat sistemlerinin kapasiteleri genellikle bir ya da daha fazla darboğaz tarafından kısıtlanabilmektedir. Darboğazın tespiti ve darboğazların kullanım (doluluk) oranlarını en üst düzeyde tutacak şekilde üretim planlama yapılması imalat sistemlerinde üretim kapasitenin artmasını ve karma vermeyi kolaylaştırır. Böylece imalat sistemi müşterilerin artan taleplerine cevap verilebilir ve birim maliyetler düşürülebilir. Bu çalışmada, ilk önce bir saç metal işleme sisteminde üretimde kullanılan istasyonların kullanım oranları belirlenerek sistemin üretim kapasitesini kısıtlayan darboğaz belirlenecektir. Darboğaz modeli ile elde edilen sonuçlara göre imalat sisteminin performansının geliştirilmesine yönelik olarak öneriler hazırlanarak üretim kapasitesinin nasıl arttırılacağı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İmalat Sistemi, Darboğaz Modeli, Üretim Kapasitesi, Performans Geliştirme..

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı darboğaz modellemesini kullanarak bir imalat sisteminde var olan darboğaz kaynakların belirlenmesi ve üretim kapasitesini artırmaktır. Çalışmanın yapıldığı firma saç metal şekillendirme işlemlerinin yapıldığı ve havacılık sanayiindeki büyük firmaların alt yüklenicisi konumunda olan bir firmadır. Firma yönetimi üretim alanında bulunan “detay üretim hattı”nın kapasite açısından incelenmesini ve hattın yıllık üretim kapasitesinin artırılmasına yönelik öneriler oluşturulmasını hedeflemiştir. Çalışmanın başlangıcında hattı analiz edebilecek benzetim gibi farklı modellemeler gözden geçirilmiş ancak

basitliğinden ve araştırmacılar tarafından kolayca takip edilebilirliği açısından darboğaz modelinin kullanılması tercih edilmiştir.

Darboğaz modeli literatürde ilk olarak Solberg tarafından tanımlanmıştır [1-4]. Genellikle deterministik modellerin gerçek hayat problemlerinin çözümünde bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bir deterministik model olan Solberg’in [3,4] darboğaz modeli; üretim sisteminin tasarım parametrelerinin başlangıç tahminlerinde ve nispeten basit ve deterministik sistemlerde kullanılacak uygulanması kolay ve iyi sonuçlar veren bir modeldir. Jiang ve diğerlerinin [5] yaptığı bir çalışmaya göre darboğazları belirlerken tüm sistemin üretim kapasitesini belirleyen gerçek darboğazlar yerine

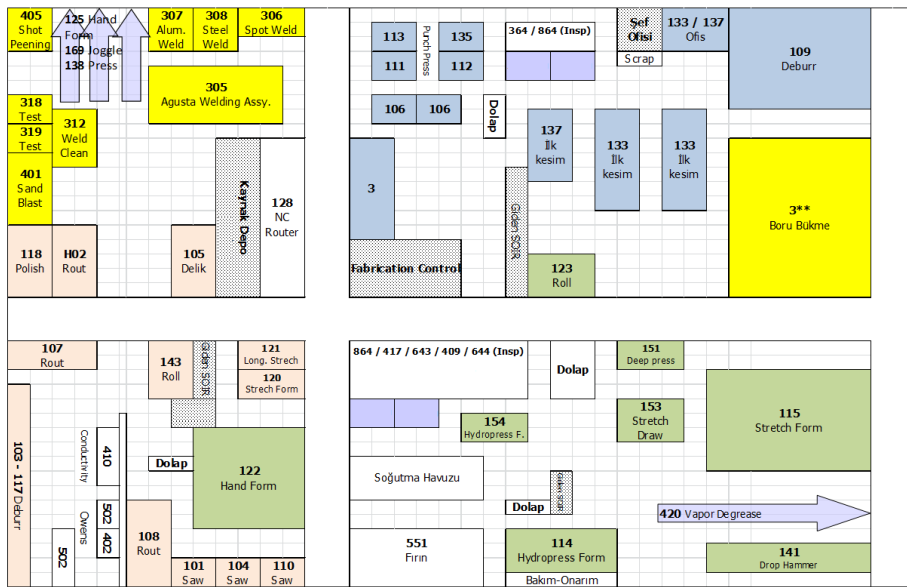
çözüm sırasında yanıtıcı, yerel ve bölgesel darboğazlar elde edilebilir. Zhang ve Wu'nun [6] tarafından yapılan bir diğer çalışmaya göre; uygulanabilir üretim planlama modellerinin genellikle birden fazla darboğaz kaynağı içermesi gerektiği saptanmıştır. Yapılan bu çalışmada, iş atölyesi çizelgeleme problemleri için darboğaz makineleri tanımlamak için taklit tavlama algoritması adlı yeni bir yöntem önerilmiş ve dönüştürülmüş bir planlama modeli oluşturularak istasyon iş yükü yerine son çizelgeleme performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma içerisinde çizelgeleme hedefleri değişikçe sistemin darboğazlarının değiştiği gözlemlenmiştir. Li'nin [7] yaptığı başka bir çalışmanın sonuçlarına göre; darboğazın doğru ve hızlı olarak tanımlanması sistem kapasitesinin artışı, kaynakların verimli kullanılmasında ve birim maliyetlerin azaltılmasında önemli olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, karmaşık imalat sistemlerinde darboğazları tespit etmek için bir veri tabanlı çözüm yaklaşımı sunulmuştur. Önerilen yöntem, gerçek bir üretim hattında verimliliği arttırmak için uygulanmıştır. Enns ve Costa'nın [8] yaptığı bir çalışmaya göre ise; toplam girdi temin yükü denetimine dayalı ve darboğaz kaynakların yüklerine göre karşılaştırılma yapılmıştır. El-Tamimi v.d. [9] gerçekleştirdikleri bir çalışmada, basit ve karmaşık iki esnek üretim sistem tipinin performansının belirlenmesinde darboğaz modeli, benzetim modeli ve Petri Netleri kullanmış ve performans sonuçlarını birbiriyle karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda basit esnek üretim sistemi için üç yöntemin de birbirine çok yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada ise Singholi v.d. [10] yine bir esnek üretim sisteminin performans analizi amacıyla darboğaz modelinin kullanıldığı bir

çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada öncelikle darboğaz istasyonunun tespiti amacıyla darboğaz modeli kullanılmış, ardından darboğaz istasyondaki makine sayısının artırılmasının performans üzerindeki etkilerini analiz amacıyla benzetim modeli oluşturularak farklı senaryolarda sistemin performansının gelişimi izlenmeye çalışılmıştır.

Literatürde özellikle basit imalat sistemlerin modellenmesi ve kontrolünde kullanılması önerilen darboğaz modeli çalışmamız kapsamında da kullanılarak imalat sisteminin darboğaz kaynakları belirlenecek ve üretim kapasitesinin artırılmasına yönelik olarak öneriler oluşturulacaktır.

2. DETAY ÜRETİM HATTI

Uygulama yapılan firmanın üretim alanında 'detay üretim hattında' işlenen hammaddeler partiler halinde gelmektedir ve hat kesikli üretim özelliğine sahiptir [4]. Üzerinde çalışma gerçekleştirilen detay üretim hattı, 133-CNC pres istasyonu, 137-CNC zımba pres istasyonu, 106-bükme istasyonu, 122-elle şekil verme istasyonu, 109-çapak alma istasyonu, 864-muayene istasyonu, 747-parçaya numara verme istasyonu, 645-parçaya numara verme ve kontrol etme istasyonu, 551-fırın, 115-streç form istasyonu, 123-sarma istasyonu, 114-hidrolik pres form verme istasyonu, 113- ve 112- zımba pres istasyonları, 420-kimyasal yıkama istasyonu, 105-delik delme istasyonu, 104-, 110- ve 101- freze istasyonu ve 402-ısıtma işlem istasyonundan oluşmaktadır (Şekil 1). 'Detay üretim hattında' 10 farklı parça tipi işlenmekte ve Tablo 1 her parça tipinin (Parça A-J) hangi istasyonlarda işlendiğini, işleme sürelerini ve işlem frekansını (sıklığını) göstermektedir.

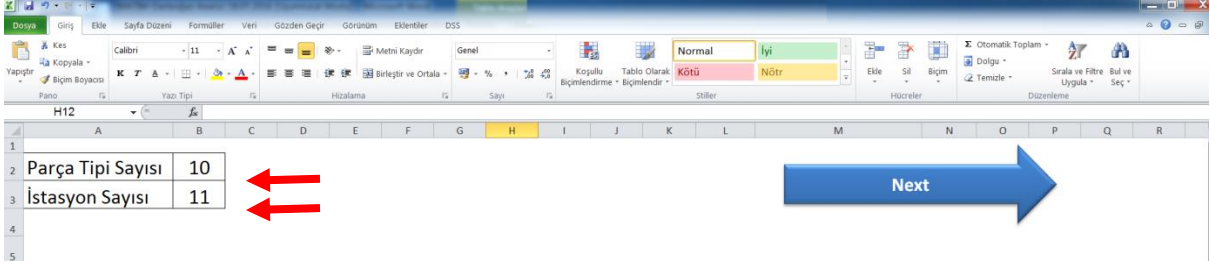


Şekil 1. Detay Üretim Biriminde Yerleşim Düzeni

3. DARBOĞAZ MODELİNİN OLUŞTURULMASI

'Detay üretim hattında' darboğaz istasyonları belirlemek için Excel Visual Basic aracı kullanılmıştır. Programın çalışma adımları aşağıda gösterilmiştir:

ADIM 1: Öncelikle programını çalıştırılması ile açılan pencerede imalat sisteminde işlenen parça tip sayısı ve sistemde bulunan istasyon sayısı bilgileri Şekil 2 de gösterildiği gibi kutucuklara girilmektedir.



Şekil 2. Toplam parça tip sayısı ve toplam istasyon sayısının girildiği ekran görüntüsü

ADIM 2: Açılan bir sonraki pencerede, program tarafından oluşturulan tablonun satırlarında parça tiplerinin kodları ve sütunlarında ise istasyonların kodları görülmektedir (Şekil 3). Tabloda, parçaların işlendiği istasyonlara karşılık gelen kutucuklara işleme süreleri girilir. Parça tiplerinin işlenmediği istasyonlara karşılık gelen kutucuklara herhangi bir veri girişi yapılmaz. Darboğaz istasyonunun belirlenmesi için yapılacak hesaplamada kullanılacak olan parça karışım oranlarının hesaplanabilmesi için her parça tipinin bir aylık üretim miktarı da Şekil 3 de verilen tablonun son sütununu takip eden sütuna girilir. Bir parça tipinin karışım oranı parça tipinin üretim miktarının hat üzerinde işlenen toplam parça sayısına bölümü ile elde edilir. Hesaplamalar için gerekli işlem frekans değerlerinin girişi Şekil 4 de gösterilen bir sonraki pencerede verilen tablo üzerinde yapılır.

İşleme frekansının üst limiti 1'dir. Eğer bir parça tipinin her parçasında bir işlem gerçekleştiriliyor ise o işlemin işleme frekansı 1'dir. Şekil 3 ve Şekil 4 de verilen tablolara veri girişi ile artık program darboğaz model yaklaşımını kullanarak hesaplamaları yapmaya hazırdır.

ADIM 3: Artık, program her istasyon için işlemler başına düşen iş yükünü hesaplamaya hazırdır. Hesaplanan en yüksek orana sahip olan istasyon hattın üretim kapasitesini belirleyen darboğaz istasyondur. Hesaplamalarda, i istasyon numarasını, j parça kodunu, k işlem sırasını, t_{ijk} i nolu istasyonunda j kodlu parçanın k nolu işlemdede

geçirdiği süreyi ve f_{ijk} i nolu istasyonunda j kodlu parçanın k nolu işleminin frekansını (yapılma sıklığı) göstermektedir [5]. Darboğaz istasyonu bulmak için öncelikle her istasyon i için iş yükü, $WLi = \sum_j \sum_k (k) t_{ijk} \times f_{ijk} \times P_j$ eşitliğiyle hesaplanır. Ardından, WLi olarak hesaplanan her istasyondaki iş yükünün, Si ile gösterilen istasyondaki işlemler (tezgah) sayısına bölünmesi ile, $[(WLi) / Si]$ işlemler başına düşen iş yükü hesaplanır. En yüksek işlemler başına düşen iş yüküne sahip olan istasyon darboğaz istasyondur ve "*" ile gösterilir. Darboğaz istasyondaki üretim hızı $R_p^{*} = S^{*} [(WLi) / Si]$ eşitliğiyle hesaplanır ve imalat sisteminde ulaşılabilecek en yüksek üretim hızını verir [5]. Herhangi bir parça tipinin en yüksek üretim hızı $R_{pj}^{*} = P_j \times R_p^{*}$ eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte, P_j j parça tipinin karışım oranını ve R_{pj}^{*} en yüksek üretim hızını göstermektedir. İstasyonlardaki doluluk (kullanım) oranları ise $U_i = (WLi) / Si \times R_p^{*}$ eşitliğiyle hesaplanır [5]. Eşitlikte, U_i istasyon i'deki doluluk oranını göstermektedir. Tüm bu hesaplamalar sonucu elde edilen darboğaz istasyonu, hattın en yüksek üretim hızı, parça tiplerinin en yüksek üretim hızları, istasyonların doluluk oranlarını program tarafından sonuç ekranı Şekil 5 de sunulmaktadır. Şekil 5 de görüleceği gibi 114 nolu istasyon darboğaz istasyondur. % 100 doluluk oranı ile darboğaz istasyon, % 90,5 doluluk oranı ile 551 nolu istasyon ve % 84 doluluk oranı ile 864 nolu istasyon dışındaki diğer sekiz istasyonun doluluk oranları oldukça düşüktür. Hattın saatlik üretim hızı 114 nolu darboğaz istasyonu ile aynıdır ve 33,6 parça/saat dir

Tablo 1. Parça Tiplerinin İstasyonlarda İşleme Süreleri ve Sıklıkları

Parça Tipleri	İstasyonlar	Ortalama İşlem Süresi (dk.)	Frekans
A	109	4,2	1
	864	3,6	1
B	109	4,3	1
	420	0,6	1
	551	20	1
	114	55	1
	402	0,6	1
	864	4,6	1
C	109	5,2	1
	420	0,6	1
	551	20	1
	402	0,6	1
	864	4,4	1
D	109	6,4	1
	106	4,2	1
	864	7,5	1
E	109	3,2	1
	420	0,6	1
	551	20	1
	114	45	1
	122	13,2	1
	864	2,6	1
F	109	2,1	1
	420	0,6	1
	551	20	1
	114	25	1
	864	3,4	1
G	109	4,2	1
	114	0,6	1
	420	20	1
	551	25	1
	864	3,6	1
H	109	4,2	1
	420	0,6	1
	551	10	1
	114	25	1
	122	13,2	1
	864	3,6	1
I	109	4,2	1
	123	21	1
	864	3,6	1
J	109	4,2	1
	420	0,6	1
	551	10	1
	114	25	1
	H02	5,4	1
	103	11,4	1
	402	0,6	1
	864	3,6	1

Hattın üretim hızını artırmak darboğaz istasyonundaki işlemler sayısını artırmak veya darboğaz istasyonundaki işleme sürelerini azaltmak ile olasıdır. İşleme sürelerini azaltmak çoğu zaman oldukça zor olduğu için işlemler sayısını artırmak tercih edilebilir. Örneğin 114 nolu darboğaz istasyonundaki işlemler sayısı 2 den 3 e çıkarılırsa Şekil 6 da görüleceği gibi 551 nolu istasyon hattın üretim hızını belirleyen darboğaz istasyon haline gelir ve saatlik üretim hızı 33,6 dan 37,1 parça/saat e çıkar. Eğer hat sorumluları üretim hızını yeniden artırmak isterse yeni darboğaz istasyonunda işlemler sayısını 4 den 5 e çıkartılabilir ve Şekil 7 deki sonuç ekranında görüleceği gibi darboğaz istasyon değışir ve 864 nolu istasyon darboğaz istasyon olur. Bu durumda saatlik üretim hızı da 40 parça/saat olur.

Darboğaz istasyonundaki işlemler sayısını artırma kararını vermek için ekonomik bir analiz gerçekleştirilebilir. Örneğin, Şekil 5 de darboğaz olarak belirlenen 114- Hydro Press iş istasyonunda üretim hızını artırmak amacıyla 114'nolu darboğaz istasyonuna üçüncü bir işlemler (yeni bir hidrolik pres) alımı durumunun ekonomik analizi yapılmıştır. Yeni bir hidrolik pres alımında yıllık gider kalemleri olarak bakım-onarım, yağ, elektrik ve presi işletecek personel masrafları olacaktır. Presin satın alma bedeli, kurulumu ve işletmeye alımına giderleri başlangıçta (yıl 0) yapılan yatırım giderini oluşturacaktır. Yeni pres alımında ABB ve Alpha model iki alternatif arasında bir seçim yapılmıştır. Tablo-4 ve Tablo 5 te modeller için 10 yıllık gelirler ve giderler tahmin edilmiş ve tabloların son satırlarında yıllık net para akışları elde edilmiştir. Tabloların son satırlarında verilen para akışlarından modellerin Net Bugünkü Değerleri (NBD) ve Tablo 6 da görüldüğü gibi iskontolu geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. ABB modelinin NBD'si +412.369 TL ve iskontolu geri ödeme süresi 6,9 yıldır. Alpha modeli için yapılan hesaplamalar sonucu NBD'si +645.237 TL ve iskontolu geri ödeme süresi 5,9 yıl olarak hesaplanır. Sonuçlardan görüleceği gibi Alpha hidrolik presi ekonomik olarak daha avantajlıdır ve firmaya Alpha presini alması önerilmiştir.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															

Şekil 3. Parça işleme sürelerinin ve parça miktarlarının girildiği ekran görüntüsü

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

Şekil 4. Parça tiplerinin işleme sıklık değerlerinin girildiği ekran görüntüsü

B31												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4												
5	İstasyon	109	420	106	551	114	H02	103	123	122	402	864
6	WL	4,83519616	0,198014412	0,991321	6,464371	3,570056	0,030264	0,063891	1,173579	0,264211	0,017198	4,50056
7	WL/S	0,69074231	0,016501201	0,33044	1,616093	1,785028	0,015132	0,009127	0,586789	0,026421	0,002866	1,50019
8												
9												
10	Darboğaz İstasyon:	114										
11												
12												
13		109	420	106	551	114	H02	103	123	122	402	864
14	Doluluk Oranı	38,7%	0,9%	18,5%	90,5%	100,0%	0,8%	0,5%	32,9%	1,5%	0,2%	84,0%
15												
16												
17	Üretim Hızı	Parça/Saat	Yıllık Üretim*									
18	RpA*	12,707782	30.499									
19	RpB*	0,77506167	1.860									
20	RpC*	7,54608657	18.111									
21	RpD*	7,9336174	19.041									
22	RpE*	0,40367795	969									
23	RpF*	1,58241758	3.798									
24	RpG*	0,32832474	788									
25	RpH*	0,26911864	646									
26	RpI*	1,87844808	4.508									
27	RpJ*	0,18838305	452									
28												
29												

*Günde 8 saat, yılda 300 gün esasına göre

Şekil 5. Sonuç ekranı görüntüsü

B32												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4												
5	İstasyon	109	420	106	551	114	H02	103	123	122	402	864
6	WL	4,83519616	0,198014412	0,991321	6,464371	3,570056	0,030264	0,063891	1,173579	0,264211	0,017198	4,50056
7	WL/S	0,69074231	0,016501201	0,33044	1,616093	1,190019	0,015132	0,009127	0,586789	0,026421	0,002866	1,50019
8												
9												
10	Darboğaz İstasyon:	551										
11												
12												
13		109	420	106	551	114	H02	103	123	122	402	864
14	Doluluk Oranı	42,7%	1,0%	20,4%	100,0%	73,6%	0,9%	0,6%	36,3%	1,6%	0,2%	92,8%
15												
16												
17	Üretim Hızı	Parça/Saat	Yıllık Üretim*									
18	RpA*	14,0361655	33.687									
19	RpB*	0,85608125	2.055									
20	RpC*	8,33490216	20.004									
21	RpD*	8,76294278	21.031									
22	RpE*	0,44587565	1.070									
23	RpF*	1,74783255	4.195									
24	RpG*	0,36264553	870									
25	RpH*	0,29725043	713									
26	RpI*	2,07480803	4.980									
27	RpJ*	0,2080753	499									
28												
29												

*Günde 8 saat, yılda 300 gün esasına göre

Şekil 6. Darboğaz (114 nolu) istasyonunda işlemci sayısının 2 den 3 e çıkması durumunda elde edilen yeni sonuç ekranı

F32		f3c											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4													
5		İstasyon	109	420	106	551	114	H02	103	123	122	402	864
6		WL	4,83519616	0,198014412	0,991321	6,464371	3,570056	0,030264	0,063891	1,173579	0,264211	0,017198	4,50056
7		WL/S	0,69074231	0,016501201	0,33044	1,292874	1,190019	0,015132	0,009127	0,586789	0,026421	0,002866	1,50019
8													*
9													
10		Darboğaz İstasyon:	864										
11													
12													
13			109	420	106	551	114	H02	103	123	122	402	864
14		Doluluk Oranı	46,0%	1,1%	22,0%	86,2%	79,3%	1,0%	0,6%	39,1%	1,8%	0,2%	100,0%
15													
16													
17		Üretim Hızı	Parça/Saat	Yıllık Üretim*									
18		RpA*	15,1206148	36.289									
19		RpB*	0,92222301	2.213									
20		RpC*	8,97886572	21.549									
21		RpD*	9,43997723	22.656									
22		RpE*	0,48032449	1.153									
23		RpF*	1,88287198	4.519									
24		RpG*	0,39066392	938									
25		RpH*	0,32021632	769									
26		RpI*	2,23510994	5.364									
27		RpJ*	0,22415143	538									
28													
29													

*Günde 8 saat, yılda 300 gün esasına göre

Şekil 7. Darboğaz (551 nolu) istasyonunda işlemci sayısının 4'den 5'e çıkması durumunda elde edilen yeni sonuç ekranı

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, bir sac metal işleme sisteminde darboğaz analizi gerçekleştirilerek darboğaz istasyonun tespiti ve ardından darboğaz istasyonun iyileştirilmesine yönelik olarak bazı çözüm önerileri üretilmeye çalışılmıştır. Öncelikle sistemde yapılan gözlemlerle veri toplama işlemi gerçekleştirilmiş ve sistemdeki parça tipleri, işleme süreleri ve rotalarında bulunan istasyonlar gibi darboğaz modelini kullanabilmek için gerekli girdiler elde edilmiştir. Ardından, darboğaz modelinden elde edilen çıktılara göre sistemde üretimi kısıtlayan istasyonlar ve üretim miktarını artırmak için gerekli yeni işlemci alımları planlanmıştır. Üretimi artırmak amaçlı işlemci alımlarında farklı alternatifler arasında bir seçim yapabilmek için ekonomik analiz uygulanmıştır. Çalışmada darboğaz modeli Visual Basic alt yapısını kullanan MS Excel ile bir yazılıma dönüştürülerek sistemdeki değişmelere göre üretim kapasite değerlerinin hesaplandığı bir araç şeklinde firmaya sunulmuştur.

INCREASING PRODUCTION CAPACITY IN A MANUFACTURING SYSTEM USING BOTTLENECK MODEL

Production capacities of manufacturing systems are usually limited by one or more bottlenecks. Identification and proper management of

bottlenecks is a key factor to improve the throughput of a manufacturing system. Proper management of bottleneck resources leads to an improvement in the utilization ratios of bottlenecks and consequently an increase in the production capacity value of the system so that the system can meet the increasing demands of the customers and reduce the products' prices. In this study, usage of the bottleneck model is illustrated in a production company producing parts from sheet metal. In the application, first, the existing utilization ratios of resources and existing production capacity of the system are calculated and the bottleneck resource(s) is determined. Then, performance improvement strategies are developed based on the calculated results in the first phase and applied. The application of strategies shows important increases in production capacity of the system.

Keywords: Manufacturing System, Bottleneck Model, Production Capacity, Performance Improvement.

Tablo 4. ABB presi için nakit akım tablosu

Yıllar	0. yıl	1. yıl	2. yıl	3. yıl	4. yıl	5. yıl	6. yıl	7. yıl	8. yıl	9. yıl	10. yıl
A-Toplam Geler (Yıllık Üretim miktarı x birim fiyat) (TL)		1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600
ABB QUINTUS PRESS TYPE QFC 1.2x3-1400 ve Donanımı Yatırım Gideri	1.533.000										
Yıllık Motorin/Elektrik Gideri		804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000
Yıllık Yağ Gideri		4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Yıllık Bakım-Onarım Gideri		96.000	96.000	96.000	96.000	96.000	96.000	96.000	96.000	96.000	96.000
Yıllık Personel Gideri		114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200
B-Toplam Giderler (TL)	- 1.533.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000	1.019.000
C-NET NAKİT AKIMI (A-B)	- 1.533.000	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600	+316.600

Tablo 5. Alpha presi için nakit akım tablosu

Yıllar	0.yıl	1. yıl	2. yıl	3. yıl	4. yıl	5. yıl	6. yıl	7. yıl	8. yıl	9. yıl	10. yıl
A-Toplam Gelirler (Yıllık Üretim miktarı x birim fiyat) (TL)		1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600	1.335.600
Alpha 1300 Ton Çift Arabalı Kauçuk Presi ve Donanımı Yatırımı Gideri	- 1.490.000										
Yıllık Motorin/Elektrik Gideri		858.000	858.000	858.000	858.000	858.000	858.000	858.000	858.000	858.000	858.000
Yıllık Yağ Gideri		3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900
Yıllık Bakım-Onarım Gideri		12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Yıllık Personel Gideri		114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200	114.200
B-Toplam Giderler (TL)	- 1.490.000	988.100	988.100	988.100	988.100	988.100	988.100	988.100	988.100	988.100	988.100
C-NET NAKİT AKIMI (A-B)	- 1.490.000	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500	+347.500

Tablo 6. ABB ve Alpha presleri için iskontolu geri ödeme sürelerinin hesaplanması

İskontolu Geri Ödeme Süresi (Yıl)	NBD (ABB presi)	NBD (Alpha presi)
0	- 1.533.000,00 TL	- 1.490.000,00 TL
1	- 1.245.181,82 TL	- 1.174.090,91 TL
2	983.528,93 TL	-886.900,83 TL
3	-745.662,66 TL	-625.818,93 TL
4	-529.420,60 TL	-388.471,76 TL
5	- 332.836,91 TL	- 172.701,60 TL
6	- 154.124,46 TL	+ 23.453,09 TL
7	+ 8.341,40 TL	

KAYNAKÇA

1. Klahorst, H. T., How To Plan Your FMS, *Manufacturing Engineering*, September (1983), 52-54.
2. Mohamed, Z. M., *Flexible Manufacturing Systems – Planning Issues and Solutions*, Garland Publishing, Inc., NY,1994.
3. Mejabi, O., Modelling in Flexible Manufacturing Systems Design, *PhDDissertation, LehighUniversity*, Bethlehem,PA,1988.
4. Groover, M.P., *Automation, Production System,Computer Integrated Manufacturing*, Pearson Inc. USA, 2008.
5. Jiang, Y-H., Wang, L., Jin, Y-H., *Bottleneck analysis for network flow model*,Department of Automation, Tsinghua University, Technical Report, Beijing, China,2003.
6. Zhang R., Wu, C., Bottleneck machine identification method based on constraint transformation for job shop scheduling with genetic algorithm, *Information Sciences* 188, (2012), 236–252.
7. Lin Li, *Bottleneck detection of complex manufacturing systems using a data-driven method*, International Journal of Production Research, 47, (2009) 24, 6929–6940.
8. Enns, S. T., Costa, M.P.A, The efectiveness of input control based on aggregate versus bottleneck work loads, *Production Planning & Control*, 13, (2002) 7, 614-624.
9. El-Tamimi, A.M., Abidi, M.H., Mian, S.H., Aalam, J., Analysis of performance measures of flexible manufacturing system, *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 24 (2012) 2, 115–129.
10. Singholi, A., Chhabra D., Ali, M., Towards improving the performance of flexible manufacturing system: a case study, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3 (2010) 1, 87-115.