

## İMALAT İŞLETMELERİNDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜ

Alla MOTROI <sup>1</sup>

### Özet:

Bu çalışmada imalat işletmeleri için önemli olan üretim verimliliği konusu ele alınarak örnek bir imalat işletmesindeki verimlilik Veri Zarflama Analizi ile ölçülmüştür. Verimliliğin tanımı, tarihsel gelişimi ve öneminin yanı sıra verimlilik ölçümünde kullanılan yaklaşımlardan ve modellerden bahsedilmiştir. Örnek bir imalat işletmesi üzerinde verimlilikle ilgili alan araştırması yürütülmüştür. Isıcam üretimi yapan bir fabrikanın 2014 yılına ait verileri kullanılarak verimliliği ölçülmüştür. Kullanılan veriye ilişkin girdi olarak personel sayısı, makinenin enerji tüketimi ve teknik bakımı ve çıktı olarak ısıcam üretim miktarı ele alınmıştır. Analizin sonuçlarına göre makine üretime alındıktan sonra girdi maliyetlerinde düşüş ve verimlilikte artış olduğu görülmüştür. Son olarak çıkan sonuçlar doğrultusunda öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi (VZA), Verimlilik

## PRODUCTIVITY MEASUREMENT IN MANUFACTURING PLANT WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

### Abstract:

In this study measurement of production productivity has been performed, which is very important for production enterprises. Measurement of productivity has been made by using Data Envelopment Analysis (DEA). Definition of productivity, historical development, importance of productivity, productivity measurement approaches and models have been mentioned. Research on productivity of sample production factory has been made. Measurement of productivity factory, which produces double glazing, has been made by using data of 2014 year. As data inputs and outputs has been used. As inputs number of workers, machine energy consumption and technical maintenance and outputs amount of produced double glazing has been used. According to the results of the analysis after using machine in production cost of inputs has been reduced and productivity has been increased. Finally, in the direction of the analysis results suggestions has been presented.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA), Productivity

---

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, SBE, İşletme Bölümü, [allacoinac@hotmail.com](mailto:allacoinac@hotmail.com)

## GİRİŞ

Verimlilik, üretim miktarı (çıktı) ile üretim faktörleri miktarı (girdi) arasındaki ilişkiyi belirtmektedir. Verimliliğin genel amacı minimum girdi ile maksimum çıktıyı elde etmektir. Bu durum, kıt kaynaklarının etkin kullanılması sonucunda maliyetlerin minimize edilemesini ifade etmektedir. İşletmelerin tümü de bu amacı gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Verimliliğin temelinde, asgari girdiler ile azami çıktı sağlama mantığı mevcuttur. Verimlilik çalışmalarının genel amacı, en az girdi ile mümkün olabilecek en fazla çıktıyı elde etmeye çalışmaktır. Verimlilik, ekonominin makro planda gerçekleştirmek istediği hedefi, mikro planda gerçekleştirme çabasıdır. Bu açıdan verimlilik, ekonominin gerçekleştirmek istediği amaç yolunda bir araç görevi üstlenmektedir.

Verimlilik tüm üretim fabrikaları için çok önemlidir. Verimli olarak çalışan bir fabrika rekabet edebilen, kar elde eden ve ayakta durabilen bir fabrikadır. Verimlilik sadece üretim fabrikaları için değil, ulusal refahın artırılmasında da büyük rol oynamaktadır. Verimliliğin artışı, ekonomik büyümenin ve kalkınmanın önemli kaynaklarından biridir. Verimliliğin düşmesi ise ekonomide durgunluk ve enflasyon gibi bazı olumsuz sonuçlar yaratabilir.

Günümüzde, firmalar yoğun uluslararası rekabetin her alanda yaşandığı bir ortamda, stratejik kararlar alabilme, yenilikleri takip edip uygulayabilme çabası içerisinde. Bu yüzden, belki bazen yüksek kar stratejilerine veya oluşumlarına sığınarak yüksek piyasa rekabetini kırabilmek, uzun vadeli amaçlarına ulaşabilmek ve daha fazlası hayatta kalabilmek için çalışılmaktadır. Bununla birlikte, firmalar yine, aynı piyasa şartlarında ve bu şartları göğelemecek bir başka başarı kaynağının, üretim faktörlerini teknik olarak iyi kullanmanın ve iyi yönlendirmenin gerekliliğin farkındadırlar. Bu da, şirketleri başarıya götürecek en rasyonel yolun yüksek etkinlik ve verimlilik olduğu anlamına gelmektedir.

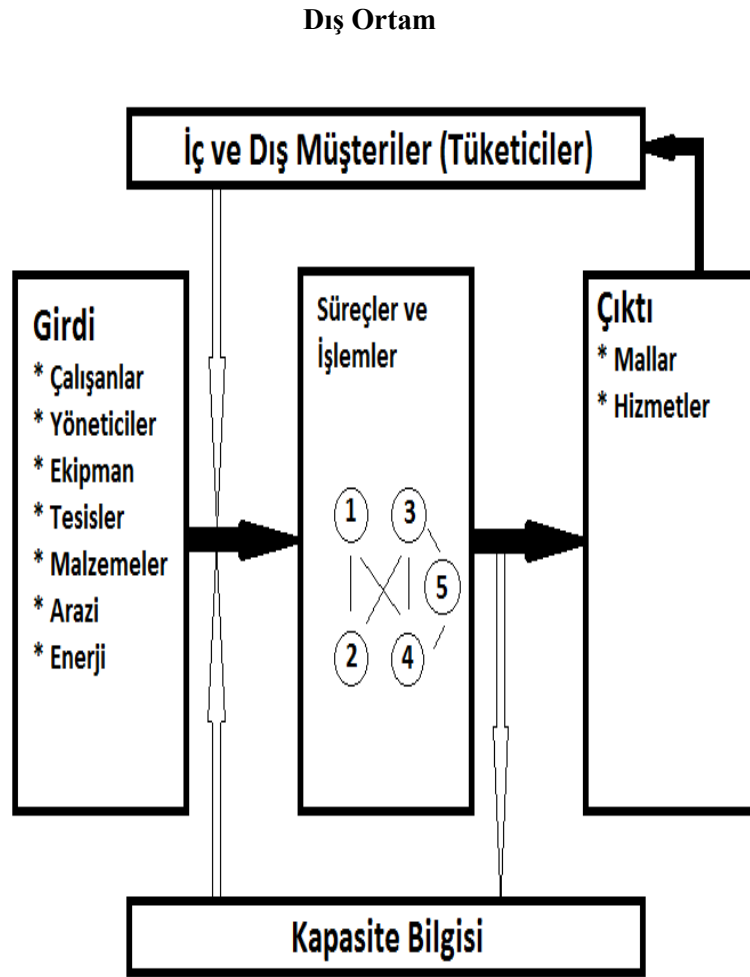
Verimlilik, imalat sırasında kullanılan işgücü, hammadde, makineler, enerji vs. kaynaklar ile imalat sonunda elde edilen ürün arasındaki ilişkidir. Verimliliğin artırılması için belirli sürede belirli kaynak miktarını kullanarak daha fazla ve daha kaliteli ürün imal etmek gerekmektedir. Bu yüzden kaynakların ısraf edilmeden etkin biçimde kullanımı çok önemlidir. Verimlilik artışı ve tasarruflu kaynak kullanımı konuları geçmişte olduğu gibi bugün de daha büyük önem kazanarak birçok araştırmaya konu olmuştur (Çelik, 2007). Bu çalışmanın amacı verimlilik ve verimlilik ile ilgili konular incelenerek ısıcam üretimi yapan bir işletmede verimlilik ölçümünü yapmak ve üretimde makine kullanımının yarattığı etkileri tespit ederek değerlendirmektir.

## I) KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Verimlilikle ilgili literatür incelendiğinde konunun oldukça karmaşık ve geniş olduğu anlaşılmaktadır. Son yıllarda pek çok çalışma verimlilik konuları üzerinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca belirtilmesi gerek bir nokta verimliliğin kapsam itibarı ile geniş bir yer tutmasıdır. Verimlilik sadece üretim sürecini değil, üretim sürecinin öncesini ve sonrasını da kapsamaktadır (Bakırcı, 2006). “Verimlilik, kaliteli mal ve hizmet üretim ve dağıtım için, yaratıcı düşünce, araştırma-geliştirme ve olanaklı olan tüm iyileştirme teknikleri, yöntemleri ve yaklaşımları kullanarak, elde edilebilir tüm kaynakların optimum kullanımı, bilinen en iyi kaynakların araştırılması ve yenilerinin üretilmesidir” (Ramsay, 2008).

Verimlilik sistem kavramı ile ilişkilidir. Bu sistem üretimdeki girdi, süreç ve çıktıları içermektedir.

Girdi ve çıktılar arasındaki ilişki ve süreçlerin işlenmesi şekil 1’de gösterilmiştir:



Şekil 1. Girdi, Çıktı ve Üretim Süreçleri Arasındaki İlişki

(Ersoy ve diğ., 2011 ve Krajewski ve diğ., 2015 kaynaklarından yararlanılarak oluşturulmuştur).

Ekipman, malzemeler ve enerji gibi girdiler üretime girer ve belirli süreç ve işlemlerin sonucunda mal ve hizmetler gibi çıktılar elde edilmektedir (Saat Ersoy ve Ersoy, 2011). Elde edilen çıktılar tüketicilere sunulmaktadır. Bu süreçte kapasite değerlendirilmesi yapılmaktadır. Böylece verimlilik ile ilgili sistem oluşmaktadır (Krajewski ve diğerleri, 2015).

#### A) Verimlilik Kavramı ve Tanımı

Verimlilik, Fransızca ‘‘produire’’ (üretmek) fiilinden türetilmiştir. Verimlilik, genellikle ‘‘dar’’ ve ‘‘geniş’’ anlamda tanımlanmaktadır. Dar anlamda verimlilik, çıktı ile girdi arasındaki fiziksel ilişki olarak tanımlanmıştır. Geniş anlamda ise verimlilik, ekonomik hedeflere ulaşmak için kaynakların duyarlılık ve etkinliğini ölçen soyut bir kavram olarak tanımlanmıştır.

Verimlilik olgusunun geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. İlk kez verimlilik kavramı 1776’ da Quesnay’ın makalesinde kullanılmıştır. Daha sonra 1883’ te Littre, verimliliği imal etme gücü veya üretim becerisi

şeklinde tanımlamıştır. 20. Yüzyılın başlarında ise verimlilik günümüzdeki kullanım anlamını kazanmıştır. Günümüzde verimlilik, çıktı ile girdi arasındaki oran olarak ifade edilmektedir (Karahan ve Özgür, 2009).

Farklı bilim dalları tarafından verimlilik farklı şekillerde tanımlanmıştır. İktisatçıların görüşüne göre verimlilik, çıktı ve bu çıktıyı imal etmek için girdi arasındaki ilişki olarak tanımlanmaktadır. Çıktı ve girdi fiziksel miktarlar olarak ifade edilmektedir. Mühendislerin görüşüne göre verimlilik, bir üretim makinenin etkin çalışması olarak tanımlanmaktadır. Muhasebecilere göre verimlilik, finansal rasyolar ve finansal tabloların değerlendirilmesi ile işletmelerin ve ilgilenirlerin performansı ile ilgilidir. Yöneticiler ise verimlilik kavramına farklı açılardan bakmaktadırlar. Kalite ve miktar, saat başı çıktı, etkinlik, iş devamsızlık, işten ayrılma, iş tatmini, kar, rekabet düzeyi vb. yönleri ile ele almaktadırlar (Sevimli, 2013).

Verimlilik; makro, mikro ve sektörel olarak ele alınabilmektedir. Makro anlamı ile verimlilik, bir ülke ekonomisinin gösterge araçlarından biridir. Mikro anlamı ise bir işletmenin gösterge aracıdır. Verimlilik sektörel olarak değerlendirildiğinde ise tarım, sanayi ve hizmet olarak üç sektörü birbiri ile kıyaslamada kullanılmaktadır (Sevimli, 2013). Verimlilik girdilere göre çıktıları ölçen bir indekstir (Saat Ersoy ve Ersoy, 2011). Verimlilik artışı, belirli bir kaynak miktarı ile daha fazla üretim yapmak veya belirli bir girdi ile daha fazla çıktı imal etmektir. Bu ilişki, matematiksel olarak aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$\text{VERİMLİLİK} = \text{ÇIKTI} / \text{GİRDİ} (1)$$

Ele alınan tanımların ışığında verimlilik, üretime giren kaynakların (girdiler) ile elde edilen ürünler (çıktılar) arasındaki ilişkidir.

## B) Verimliliğin Tarihsel Gelişimi

Her ne kadar süreç içerisinde verimlilik kavramına dair gelişmeler kaydedilmiş olsa bile verimlilik kavramı asıl önemini 2. Dünya Savaşı ile birlikte kazanmıştır. Savaştan yenik ve tahrip edilmiş halde çıkan ülkelerin girişmiş oldukları yoğun faaliyetlerde, verimlilik artışının önemli bir rolü olmuştur. Fransız bilim adamı Prof. Jean Fourastie tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre, verimlilik kavramı bugünküne benzer bir anlamda (produktivite) dünyada ilk kez 16. Yüzyılda “De re Metallica” kitabında kullanılmıştır. Bu kitap mühendis ve Alman doktor olan George Bauer’in (Georgius Agricola) tarafından 1556’ da yayımlanmıştır. Francois Quesnay (1694-1774) tarafından yazılan bir makalede ilk kez verimlilikten bahsedilmiştir. Adam Smith (1723 – 1790), “Ulusların Refahı” adlı eserinde iş gücü – iş bölümü ilişkisini analiz etmiş, verimliliği modern dünyanın uygulayabileceği bir kavram olarak önermiştir. Karl Marx (1818-1883), imalat işletmelerdeki iş gücü, malzeme ve teçhizat arasındaki verimlilik sorunlarını tartışmıştır. 1883 yılında Litre bu sözcüğü “üretebilme yeteneği” olarak tanımlamıştır. 1911 yılında Bilimsel Yönetim İlkeleri kitabında, Frederick Winslow Taylor genel anlamda iş verimini ve üretim hızını arttırmayı hedeflemiş ve üretim faaliyetinde çalışan işçilerin emeğinden en üst düzeyde yararlanmayı kendine amaç edinmiştir. 1970’lerde yeni anlayışlar gelişmiştir. Bununla birlikte, verimlilik kavramında da değişiklikler ortaya çıkmıştır. Taylorcu anlayışına göre maliyetlerin minimize edilmesi konusunda yoğunlaşmak gerekmektedir. Ancak diğer dünya anlayışlarına göre maliyetlerin minimize edilmesi verimlilik artışı için yeterli değildir (Kayar, 2012).

Türkiye’de ise 1923’te düzenlenen İzmir İktisat Kongresi’nde ilk kez verimlilik konusundan bahsedilmiştir. 1948’de uygulamaya konan Marshall Yardım Planı, yardımın verimli kullanımını şart koşmuştur. Daha sonra Türkiye’nin de kurucu üye olarak katıldığı Avrupa İktisadi İşbirliği Teşkilatı’nın verimliliği ön plana alması, Türkiye’yi de etkilemiştir. Bu gelişmelerin neticesinde de 17.4.1975 tarihli 580 sayılı yasa ile Milli Produktivite Merkezi (MPM) hukuksal varlığını gerçekleştirmiştir. Diğer adı Ulusal Verimlilik Merkezi olan MPM’in görevi, ülke ekonomisinde verimlilik ilkelerinin yerleşmesi ve uygulanması için gereken önlemleri belirlemek, işletme düzeyinde verimlilik artırıcı yöntemler konusunda araştırma ve danışmanlık yapmak, teknik yardımlar sağlamak, eğitim hizmetleri vermek ve verimlilik bilincinin yayılmasını sağlamak gibi işlevleri yerine getirmektir. Kalkınma planında ise verimlilik konusu ancak 6. Beş Yıllık Kalkınma

Planından itibaren başlık olarak yer almaya başlamıştır. Bu planda sektör ve alt sektör verimlilik değerlerinin gelişmiş ülkeler düzeyine ulaştırılmasının esas alınması ön görülmüştür (Kayar, 2012).

1970'lerden sonra rekabete dayalı üretim ile birlikte verimlilik kavramı üzerinde durulmaya başlanmış ve teknoloji yoğunluklu üretim yöntemleri ve makineler ile işletmecilik alanında verimlilik kavramı zenginleşmiştir. İşletmelerin uluslararası pazarlara açılması ile birlikte verimlilik kavramı iyice önem kazanmış ve günümüzde vazgeçilmez bir rekabet aracı ve değerlendirme tekniği olarak işletmecilik alanında yerini almıştır. Günümüzde birçok işletmede verimlilik ölçme ve geliştirme faaliyetleri yapılmaktadır (Sevimli, 2013).

### C) Verimliliğin Önemi

Günümüzde, verimlilik büyük önem kazanarak konu ile ilgili yoğun araştırmalar ve çalışmalar sürdürülmektedir. Ülkeler arası karşılaştırmalarda ve işletmelerin başarılarının ortaya konulmasında bir gösterge olan verimliliğin bu bağlamda ulusal ekonomiler, işletmeler, çalışanlar ve tüketiciler açısından önemi ayrı ayrı incelenilmektedir. Ulusal ekonomiler açısından verimlilik önemli bir role sahiptir. Çünkü küreselleşmeye ve artan rekabete ayak uydurabilmek için verimlilik artışı gerekmektedir. Aynı mal üreten ülkelerle kıyasla bir ülkenin emek verimliliğinde azalma olursa rekabet açısından bir dengesizlik doğmaktadır. Üretim faaliyetlerindeki artışın fiyatlara yansıtılması durumunda tüketici daha ucuza mal sağlayan tedarikçiyi tercih edeceğinden, ülke endüstrisinin satışlarında düşme olacaktır. Oluşan yüksek maliyetlerin fiyatlara yansıtılmayıp endüstrilerce karşılanması durumunda ise elde edecekleri karlarda azalma olacaktır (Sevimli, 2013). Verimlilik artışlarının ekonomik hayatta oynadığı rol, sadece ekonomik kalkınmayı mümkün kılan önemli bir araç olarak tek yanlı değil, aynı zamanda böyle bir ekonomik kalkınmayı istikrar içinde, enflasyona imkan tanımadan sağlayabileceği için iki yönlüdür. Verimlilik düzeyinde meydana gelen artışlar, reel gelirleri arttırarak, fiyatların sabit kalmasına ve böylece, hem ekonomik kalkınmaya hem de kalkınmanın istikrar içinde sağlanmasına imkan verecektir.

İşletmelerde verimlilik kaynakların etkin kullanımına bağlıdır. Emek, arazi, hammadde, malzeme, enerji ve makine donatım gibi girdiler daha etkin kullanılırsa verimlilik da artar. Rekabetçi üstünlük sağlamanın yollarından biri verimliliği sürekli gözden geçirmek ve iş stratejisinin parçası olarak görmektir. Ayrıca verimlilik artışı için sürekli gelişen teknolojiye ve değişen tüketici isteklerine de ayak uydurmak gerekmektedir (Sevimli, 2013).

Diğer taraftan, çalışanların daha bilgili ve yetenekli olmaları üretim verimliliğini arttırmaktadır. Verimlilik artışı, karlılığı artırır ve ücret artışına da sebep olabilir. Bu da çalışanlar için daha fazla maaş, daha fazla memnuniyet ve daha fazla iş güvenliği sağlamaktadır (Kayar, 2012). Ürünlerin fiyatları belirlenirken ara girdi emek ve sermaye gibi temel girdi maliyetleri dikkate alınmaktadır. Bu yüzden girdilerin verimliliği ile fiyatları arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Verimlilik düzeyini yükselttilerek sağlanacak üretim artışlarının, enflasyona karşı yapılacak mücadelede en etkili ve güvenilir yol olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun da ekonominin bütünü açısından olduğu kadar tüketici açısından da taşıdığı önem açıktır.

## II) VERİMLİLİĞİN ÖLÇÜMÜ

Günümüzde rekabetin bu kadar arttığı bir ortamda hiçbir örgüt ve kurum, verimlilik önemini göz ardı edemez. Bir işletmenin rekabet gücüne sahip olması, ürettiği tüm ürünlerin diğer işletmelerin ürünleriyle kalite, fiyat ve müşteri memnuniyet açısından yarışabilecek düzeyde olması anlamına gelmektedir (Çelik, 2007). Bu gerçeğin farkında olamayan işletmeler yaşamlarını uzun süre devam ettirememektedir. Verimliliğin artırılması üzerinde yapılan çalışmalar sadece işletmelerle sınırlı kalmayıp makro ekonomiye de katkı sağlayacak ve toplumsal refahı arttıracaktır. Yöneticilerin temel amacı, verimlilik büyümesini sağlamada izlenecek yolların ve bu amacın gerçekleştirilmesinde araç olarak kullanılacak tekniklerin belirlenmesi ve en önemlisi bütün bunların yapılmasında insan faktörünü amaca en uygun şekilde yönetmektir. Geleceğe yönelik yapılan ekonomik planlamada en önemli unsur verimliliğidir.

### A) Verimlilik Ölçme Yaklaşımları ve Modelleri

Farklı sektörlerde farklı verimlilik ölçüm yaklaşımları mevcuttur. Verimlilik analizinde farklı yaklaşımların olmasının nedeni, firma ile farklı amaçları olan grupların veya insanların (yöneticiler, işçiler, yatırımcılar, müşteriler ve sendikacılar) ilişkili olmasıdır. Bu gruplar, genellikle firmayı ya bir başka firma veya firmalarla karşılaştırmak ya da işçilerin ve departmanların nisbi performansını belirlemek veya ücret artışları ve kar paylaşımı için çeşitli girdilerin nisbi katkılarını mukayese etmek maksadıyla yapılmaktadır.

Verimlilik analizi ile ilgili literatüre bakıldığında geleneksel yaklaşımlar ve yeni yaklaşımlar şeklinde bir ayırım göze çarpmaktadır. Yeni yaklaşımlar daha çok etkinlik ağırlıklı yaklaşımlar iken; geleneksel yaklaşımlar üretim fonksiyonlarına ve oransal hesaplamalara dayanmaktadır. Bu hesaplamalarda girdi ve çıktı arasındaki oransal ilişkiden hareketle verimlilik değerleri elde edilmektedir (Bakırcı, 2006).

Verimlilik ölçme ve değerlendirmeye ilişkin literatürde oldukça bol sayıda model ortaya çıkmıştır. Bunların bir kısmı özgün modeller olup, diğer kısmı ise bu özgün modellerin bazı yanlarına getirilen eleştiriler doğrultusunda gözden geçirilmiş versiyonlarıdır.

### B) Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizinde temel etkinlik ölçütü, çıktıların ağırlıklı toplamalarının girdilerin ağırlıklı tolamalarına bölümüdür. Veri Zarflama Analizi girdi veya çıktı odaklı olarak yapılabilmektedir. Girdi odaklılık çözümde, çıktı miktarları sabit tutulur ve girdi miktarlarındaki değişimler analiz edilir, çıktı odaklılık çözümde ise girdi miktarları sabit tutulur ve çıktı miktarlarındaki değişimler analiz edilmektedir. Veri Zarflama Analizi bir kesirli programlama sürecini içermektedir. Ancak kesirli programlamanın çözümü güçtür. Bu nedenle kesirli programlama seti, bazı varsayımlarla doğrusal programlama setine dönüştürülebilir ve çözülebilir. Veri Zarflama Analizinde, CCR (Charnes – Cooper – Rhodes) Yöntemi, BCC (Banker – Charnes – Cooper) Yöntemi ve Toplamsal Yöntem olmak üzere üç yöntem kullanılabilir. CCR girdi odaklı ve BCC çıktı odaklı modellerdir. Bu iki çeşit odaklanmayı da birlikte analiz eden model toplamsal modeldir ([www.deu.edu.tr](http://www.deu.edu.tr), 2015).

## III) İMALAT İŞLETMESİNDE VERİMLİLİĞİN ÖLÇÜMÜNE İLİŞKİN UYGULAMA

Tüm işletmelerin amacı üretim maliyetlerini minimize ederek karını maksimize etmektir. Üretim fabrikasındaki yönetim biçimi ve uygulamaları maliyet kontrol tekniklerini etkilemektedir (Prokopenko, 2011). İmalat sanayi işletmelerinin verimliliklerinin ölçülmesi, düşük verimliliğe neden olan kaynakların belirlenmesi ve verimliliğin nasıl artırılacağı konuları daha büyük önem kazanmaktadır (Yıldız, 2007). Üretim işletmeleri, farklı yolları deneyerek verimliliği artırmaya çalışmaktadırlar. Üretim maliyetlerinin minimize edilmesi için kullanılabilen yollardan biri işgücü maliyetlerini indirmektir.

Literatür incelendiğinde, verimlilik konusu ile ilgili daha fazla sektörel inceleme yapılmıştır. Özellikle, fabrika bazlı araştırmaların sektör araştırmalarına göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın amacı verimlilik konusu incelenerek üretim yapan bir işletmede verimlilik ölçümünü yapmak ve üretimde makine kullanımının yarattığı etkileri tespit edip değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda araştırmada cam işleme sektöründe faaliyet gösteren GÜRSAN CAM SAN. TİC. A.Ş. fabrikası incelenmiştir. 1984'te Ankara'da kurulan bu fabrika, ısıcam faaliyetlerini Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.'nin patentli kapsamında gerçekleştirmektedir. GÜRSAN CAM SAN. TİC. A.Ş. teknolojiyi takip eden ve teknolojik gelişimlere ayak uyduran bir firmadır. Kapasiteyi yükseltmek için gelişen teknolojilere sürekli yatırım yapılmaktadır. Fabrikada cam işleme için gereken son teknolojik makinalar mevcut olup verimliliğin artırılmasına yönelik eski makinalar yerine yeni, daha az işgücü gerektiren ve teknolojisi daha gelişmiş makinalar alınmaktadır. Söz konusu fabrikada ısıcam üretimindeki maliyetleri düşürmek için işgücü maliyetlerinin azaltılmasına karar verilmiştir. Bu nedenle, 19-02-2014 tarihinde ısıcam üretiminde kullanılan ısıcam Robotu satın alınmıştır. ısıcam robotu 3 işçinin işini yapmaktadır. Bununla birlikte, ısıcam robotunun üretime girmesi ile işgücü maliyetleri azalırken enerji ve teknik bakım maliyetleri artmıştır.



### A) Verilerin Toplanması ve Verimlilik Ölçme Yöntemi

Çalışmada incelenen GÜRSAN CAM SAN. TİC. A.Ş.'de verimliliğin artırılmasına yönelik üretimde insan gücü yerine makine kullanımına karar verilmiştir. Araştırma için ısıcam robotunun alındığı 2014 yılına ait veriler kullanılmıştır. Verimliliğin ölçümü, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak makine alımı öncesi ve sonrası şeklinde gerçekleştirilmiştir. Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi, çoklu girdi ve çoklu çıktılar için, girdi ve çıktıların ağırlıklarını belirleyerek, performans karşılaştırmaları yapmaya olanak tanımaktadır. VZA alınması gereken önlemlere dair yöneticilere yol göstermektedir (Yalama, 2008).

Çalışmada kullanılan verilerin toplanması işletmenin farklı bölümlerinde gerçekleşmiştir. İnsan işgücünden sorumlu olan insan kaynakları departmanından ısıcamda çalışan personel sayısı alınmıştır. Makinenin enerji tüketimi ve teknik bakımı ile ilgili veriler bakım ve onarım departmanından temin edilmiştir. Isıcam üretim verileri ise üretimden sorumlu olan departmandan alınmıştır. Isıcam üretim fabrikasına ait 12 ayın verimlilik açısından üretim performansları değerlendirilmiştir. Isıcam üretim departmanının performansının değerlendirilmesinde girdiye yönelik (CCR) VZA yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Veri Zarflama Analizi için 3 girdi ile 1 çıktı değişkeni kullanılmıştır. Girdiler, personel sayısı, makinenin aylık enerji tüketimi ve teknik bakımı, çıktı ise ısıcam üretim departmanının 1 aylık ürettiği ısıcam olarak belirlenmiştir. Çıktı ve girdilere ilişkin veriler Tablo 1'de gösterilmiştir:

Tablo 1. Isıcam Robotun Üretime Başladığı Yılın Verileri

NO	AYLAR	GİRDİ			ÇIKTI
		PERSONEL SAYISI	MAKİNEİN ENERJİ TÜKETİMİ	TEKNİK BAKIM	ISICAM ÜRETİMİ
		( KİŞİ)	(KW)	(SAAT)	(M <sup>2</sup> )
1	OCAK	11	0	0	350
2	ŞUBAT	11	0	0	380
19-02-2014 MAKİNEİN ÜRETİME GİRMESİ					
3	MART	8	7440	7	330
4	NİSAN	8	7200	7	350
5	MAYIS	8	7440	7	390
6	HAZİRAN	8	7200	7	350
7	TEMMUZ	8	7440	7	380
8	AĞUSTOS	8	7440	7	400
9	EYLÜL	8	7200	7	370
10	EKİM	8	7440	7	350
11	KASIM	8	7200	7	380
12	ARALIK	8	7440	7	370

Tablo 1’den görüldüğü üzere makinenin üretime girmesi ile ısıcam departmanındaki işçi sayısı azalmıştır. Ocak ve Şubat’ ta 11 kişi çalışırken sonraki aylarda işçi sayısı 8 kişiye düşmüştür. Ocak ve Şubat’ ta enerji ve teknik bakım maliyetleri 0 iken (fabrikadaki diğer makinelerinin tükettiği enerji ve gerektirdiği teknik bakım hariç) sonraki aylarda bu maliyetler ortaya çıkmıştır. Tablodaki ısıcam üretim miktarları aylara göre farklılık göstermektedir, çünkü ısıcam üretimi alınan proje miktarına bağlıdır. Makine alındıktan sonra ısıcam üretiminin bir kısmı makinaya kalan kısmı ise işgücüne dayanmaktadır.

## B) Verimlilik Ölçümü

Çalışmada girdiye yönelik VZA yöntemi kullanılarak verimlilik ölçümü yapılmıştır. İmalat fabrikasındaki 2014 yılına ait verileri kullanılmıştır. Girdi olarak her ay çalışan personel sayısı, aylık makinenin enerji tüketimi, teknik bakım ve çıktı olarak aylık ısıcam üretimi alınmıştır. Öncelikle her bir ay için kısıtlamaları içeren doğrusal programlama modelleri kurulmuştur. Daha sonra her ay için kurulan modeller LiPS – 1.9.4 ile çözülmüştür. Aylara göre çözüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

### 1. Ocak Ayı

Sonuçlar:

$$\text{Kısıtlama 2} = 35/38$$

$$\text{Maksimum} = 35/38 = 0.92$$

### 2. Şubat Ayı

Sonuçlar:

$$\text{Kısıtlama 2} = 1$$

$$\text{Kısıtlama 13} = 1$$

$$\text{Maksimum} = 1$$

### 3. Mart Ayı

Sonuçlar:

$$\text{Kısıtlama 8} = 33/40$$

$$\text{Kısıtlama 13} = 33/40$$

$$\text{Maksimum} = 33/40 = 0.83$$

### 4. Nisan Ayı

Sonuçlar:

$$\text{Kısıtlama 13} = 0.88$$

$$\text{Maksimum} = 0.88$$

### 5. Mayıs Ayı

Sonuçlar:

$$\text{Kısıtlama 8} = 39/40$$

$$\text{Kısıtlama 13} = 39/40$$

$$\text{Maksimum} = 39/40 = 0.98$$



6. Haziran Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 13 = 0.88

Maximum = 0.88

7. Temmuz Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 8 = 0.95

Kısıtlama 13 = 0.95

Maksimum = 0.95

8. Ağustos Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 8 = 1

Kısıtlama 13 = 1

Maksimum = 1

9. Eylül Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 13 = 0.93

Maksimum = 0.93

10. Ekim Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 8 = 7/8

Kısıtlama 13 = 7/8

Maksimum = 7/8 = 0.88

11. Kasım Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 13 = 0.95

Maksimum = 0.95

12. Aralık Ayı

Sonuçlar:

Kısıtlama 8 = 37/40

Kısıtlama 13 = 37/40

Maksimum = 37/40 = 0.93

Doğrusal programlama modellerin çözüm sonuçlarının özeti aşağıdaki gibidir:

Tablo 2. Çözüm Sonuçları

NO	AYLAR	SONUÇ
1	OCAK	0.92
2	ŞUBAT	1
3	MART	0.83
4	NİSAN	0.88
5	MAYIS	0.98
6	HAZİRAN	0.88
7	TEMMUZ	0.95
8	AĞUSTOS	1
9	EYLÜL	0.93
10	EKİM	0.88
11	KASIM	0.95
12	ARALIK	0.93

Aylara göre ısıcam üretim miktarları 330 m<sup>2</sup> ve 400 m<sup>2</sup> arası değişmiştir. İncelenen üretim fabrikası standart üretim değil proje bazlı üretim yapmaktadır. Bu yüzden aylara göre ısıcam üretim miktarları değişmektedir. Üretim fabrikasının aylara göre veri tablosunda görüldüğü gibi ısıcam üretim miktarı 400 m<sup>2</sup> kadar çıkabilir.

Sonuçlar, tablodan görüleceği gibi makine faaliyette olmasına rağmen Mart 2014 dönemine ilişkin girdiye yönelik Veri Zarflama Analizi sonucuna göre 0.83 değeri ile minimum performans değerine sahiptir. Bunun sebebi, Mart ayında alınan proje miktarı 330 m<sup>2</sup>. Fabrikanın ise aylık kapasitesi 400 m<sup>2</sup>'dir.

Şubat ve Ağustos ayları aldıkları 1 değeri ile en yüksek performans değerine sahiptirler. Şubat ayında makinenin faaliyette olmamasına rağmen Ağustos aydaki gibi en yüksek performans değeri gösterilmiştir. Ancak Şubat ayında Ağustos ayına göre daha fazla işçi çalıştırılmıştır. Bu durum daha fazla maliyete katlanıldığı anlamına gelmektedir (ağustos ayındaki enerji ve teknik bakım maliyetlerinin 3 işçi maliyetinden daha düşük varsayımı altında).

Ağustos ayında makinenin faaliyette olması ve en yüksek kapasitede 400 m<sup>2</sup> ısıcam üretimi sayesinde 1 değeri ile en yüksek performans değerine ulaşılmıştır. Şubat ayına göre Ağustos ayında daha az işçi çalıştırılmıştır. Bu da daha az maliyete katlanıldığı anlamına gelmektedir (ağustos ayındaki enerji ve teknik bakım maliyetlerin 3 işçi maliyetinden daha düşük varsayımı altında).

Yapılan değerlendirmelere göre makinenin üretime girmesi ile her ay 11 işçi yerine 8 işçi çalıştırılırsa ve ısıcam üretimi 400 m<sup>2</sup> kadar çıkarsa ısıcam üretim departmanı maksimum verimlilik düzeyine ulaşmış olacaktır.

## SONUÇ

Verimliliğin ölçülmesi tüm işletmeler için çok önemlidir. Günümüzde verimlilik, ülkelerin kalkınma hamlelerinin yanında, işletmelerin başarılı olup olmadığının ölçüm ve değerlendirilmesinde de temel göstergelerinden biridir.

Verimlilik sadece belirli bir takım yöntemlerin uygulanması sonucu elde edilmez. Verimlilik, yönetsel kararların kalitesine bağlı olan ve işletmelerdeki uygulamalar sonucu erişilebilecek bir kavramdır. Verimliliği, işletmelerin temel amaçlarından birisi olarak kabul etmek gerekmektedir.

Bu çalışmada; amaç doğrultusunda üretimde verimlilik konusu teorik olarak değerlendirilerek bir üretim fabrikasının ısıcam üretim biriminin verimliliğinin incelenmesi yapılmış ve makinenin üretime girmesinin yarattığı etkiler değerlendirilmiştir. Çalışmada imalat fabrikasının 2014 yılına ait verimlilik değerlendirilmesi yapılmıştır. Kullanılan girdiye yönelik VZA’nda 3 girdi ve 1 çıktı kullanılmıştır. Çalışmada yapılan girdiye yönelik Veri Zarflama Analizi’ne göre imalat işletmesi makine alımı ile işgücü maliyetlerini düşürerek verimliliğini artırmıştır. Bununla birlikte, bu çalışmanın kısıtlarından biri, verimliliğin hesaplanmasında makinenin maliyeti dikkate alınmamasıdır. Üç işçinin maliyeti makinenin maliyetini birkaç senede karşılayacağı varsayılmıştır. Makinenin maliyeti karşılandıktan sonra imalat işletmesi üç işçinin maaşları kadar tasarruf edecektir. Bu da girdi maliyetlerinin azalması anlamına gelmektedir. Girdi maliyetleri azaldıkça verimlilik de artmaktadır.

Yapılan VZA alınması gereken önlemlere dair yöneticilere ve departman şeflerine yol göstermektedir. Özellikle makine alımı konusunda yardımcı olmaktadır.

Verimliliğin ölçülmesi işletmelere birçok fayda sağlamaktadır. Verimlilik ölçümü işletmenin genel durumun göstergesidir. Verimlilik düşük ise işletme bunun nedenlerini araştırmalı ve gidermesi için gereken faaliyetlerde bulunmalıdır. Verimliliğin ölçümü sayesinde incelenen imalat fabrikasında makine alımının sağladığı avantajlar ve ısıcam departmanının bazı aylarda tam kapasite çalışmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre fabrikadaki yöneticiler ve departman şefleri iyileştirmeler yapmalıdırlar. Özetle, makine alımı ile imalat işletmesi verimliliğini artırmaya başarmıştır. Verimliliğini artırabilen bir işletme karını da artırmış olur. Bu da işletmenin rekabet edebileceğinin ve ayakta kalabileceğinin göstergesidir.

Bu çalışma, tesisat yenileme düşüncesi olan başka imalat fabrikaları için de yapılabilir. Bu çalışmada enerji ve teknik bakım maliyetleri işçi maliyetlerden daha düşük olması varsayımı ile değerlendirme yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda bu maliyetler de dikkate alınıp VZA yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- (1) Çelik E. 2007. İşletmelerde Verimlilik Analizi ve Örnek Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- (2) Bakırcı F. 2006. Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi. Atlas Yayınları, Ankara.
- (3) Ramsay, M.R. 2008. İşletme Verimliliği Ölçümü ve Uluslararası İşgücü Verimliliği Elkitabı. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, No: 705, Ankara.
- (4) Ersoy M. S., Ersoy A. 2011. Üretim/İşlemler Yönetimi. İmaj Yayınevi, Ankara.
- (5) Krajewski L. J., Malhotra M. K., Ritzman L. P. 2015. Operations Management : Processes and Supply Chains (11 Edition). Pearson Education.
- (6) Karahan A., Özgür E. 2009. Hastanelerde Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi. Nobel Yayın, Ankara.
- (7) Sevimli Ö. 2013. Sağlık Kurumlarında Veri Zarflama Analizi Tekniği ile Verimlilik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Yönetimi Anabilim Dalı.
- (8) Kayar M. 2012. Üretim ve Verimlilik. Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.
- (9) Veri Zarflama Analizi. Web Sitesi, [www.deu.edu.tr](http://www.deu.edu.tr) (Erişim Tarihi: 26.10.2015).
- (10) Prokopenko J. 2011. Verimlilik Yönetimi. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, 476, Ankara.
- (11) Yıldız A. 2007. İmalat Sanayi Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesi. G. Ü. İ. İ. B. F. Dergisi, 9 (2).

(12) Yalama A. 2008. Veri Zarflama Analizi ile İmalat Sektörünün Performans Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23(1).