

## DÜSÜK NEM ORANLI HAVA İLE KURUTMA

Hikmet DOĞAN

G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü, 06500 ANKARA

### ÖZET

Yapılan bu deneysel çalışmada, kurutma süresini kısaltmak ve kurutulan materyalin güneş ışınlarının doğrudan etkisine maruz kalmasını önlemek amacıyla prototip bir kurutma sistemi geliştirilmiştir. Bu amaçla, normal atmosfer havasının sahip olduğu nem güneş kolektörüne girmeden önce, soğuk bir yüzeyde yoğunlaştırılmıştır. Soğuk yüzeyde sıcaklığı düşen hava, tekrar ısıtılmak üzere güneş kolektöründen geçirilip, sıcaklığı yükselirken düşük nem değerine getirilmesi sağlanmıştır. Böylece kurutma hücresine giren havanın daha fazla nem alabilmesi sağlanmıştır. Bu şartlarda kurutma hücresine giren hava, kurutma hücresindeki materyalin de sıcaklığını yükseltirken, materyalin içinde tuttuğu suyun buharlaşmasını sağlayıp, doyum halde kurutma hücresini terk etmektedir.

Bu işlemler sonucunda, deney sistemi içine yerleştirilen materyalin, aynı hava şartlarında, sistem dışına, tabii olarak kurumaya bırakılan materyalden daha çabuk kurduğu ve renklerinin de daha canlı olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Kurutma, nem alma, hava nemi

## DRYING WITH LOWERED M.C. AIR

### ABSTRACT

In this experimental study, a prototype of drying system was designed to prevent the materials from direct effect of solar beams and to speed up drying. For this purpose, the air is passed through a cold surface so that humidity of the air is reduced before entering the solar collector. After that, the air is reheated to increase its humidity absorbing capability of it. The heated air causes to increase the temperature of the materials in the drying chamber and then leaves the chamber.

It is observed that, the processed materials are dried quicker than the ones dried naturally and the colors are kept brighter.

**Key words:** Drying, quick drying, air humidity

### 1. GİRİŞ

Kurutma işleminin süresi, kurutmanın yapıldığı ortam havasının nemi ve sıcaklığına göre değişir. Bu bakımdan, kurutma süresinin kısaltılması kurutma havasının ihtiva ettiği mutlak nem miktarının azlığına bağlıdır.

Hava, değişik yer, zaman ve mekana göre farklı miktarlarda nem ihtiva eder. Havanın neminin fazla olduğu durumlarda kurutma işlemi de zorlaşır. Isın sürekliliği bakımından kurutmanın, istenilen şartlara uygun olarak, hızlı bir şekilde yapılması çok önemlidir.

Nem, kısaca havadaki su buharı ve materyal içindeki su miktarıdır. Kurutma da; hava içindeki su buharının ve materyal içinde de genellikle su halinde bulunan nemin, fiziksel anlamda çekilmesi işlemidir.

Kurutma süresinde materyalin cinsi ve biyolojik yapısı yanında; tabii çevrenin hava sıcaklığı, mevcut havanın nemi, havanın hareketi ve güneş isinim yoğunluğu gibi faktörler de etkili olurlar (Wieneke, 1972).

Kurutma usullerinin tamamında esas olan; kurutulmak istenilen materyal içinde bulunan nemin, alınarak, istenilen değerlere getirilmesidir. Materyaldeki nemin alınması, değişik usullerle yapılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanlarını;

- Güneşte, açık havada tabii kurutma
- Sıcak hava ile kurutma,
- Sogutarak kurutma,
- Vakumla kurutma,
- Kimyasal maddelerin yardımı ile kurutma.

gibi sıralamak mümkündür (Dogan, 1999).

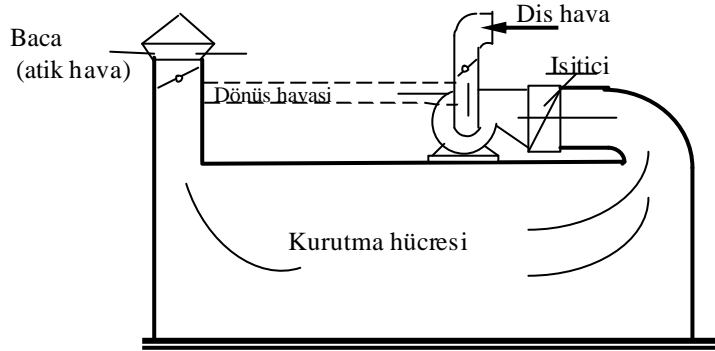
Yalnız basına hava, değişik gazların karışımından oluşan bir bileşik maddedir. Saf hava canlı hayati için uygun değildir. Bu bakımdan, baste da ifade edildiği gibi, yer küreyi saran hava, daima belli oranlarda su buharı ihtiva etmektedir. Dolayısıyla etrafımızı saran hava+su buharından oluşan maddeye “*islak hava*” denilmektedir. Ancak “*hava*” denilince çevremizi saran hava+su buharı kastedildiğinden, bu çalışmada da “*islak hava*” yerine sadece “*hava*” ifadesi kullanılmıştır.

### 1.1. Güneşte, Açık Havada Tabii Kurutma

Güneşte, tabii şartlarda kurutma, kurutulacak olan ürün doğrudan güneşin ısı etkisine bırakılarak kurutma şeklidir ki, en yaygın ve en ilkel kurutma şeklidir. Kurutma süresi, kurutulacak materyalin nemliliğine ve güneşin etkinliğine bağlı olarak değişir.

### 1.2. Sıcak Hava İle Kurutma

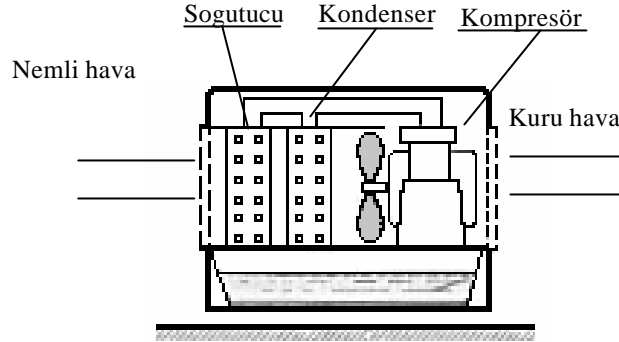
Sıcak hava ile kurutma; Şekil 1. 'de görüldüğü gibi; kurutulmuş materyal içindeki nem, kurutma hücresinden geçen sıcak hava tarafından çekilerek yapılmaktadır (Buderus, 1975). Bu sistemde sistem havası başka bir üniteye ısıtılarak, bağıl nemi düşürülüp, materyal üzerinden geçirilmektedir.



Şekil 1. Sıcak hava ile kurutma

### 1.3. Sogutarak Kurutma

Sogutarak kurutmada, kurutma havası bir soğuk yüzeyde çiy noktası sıcaklığının altına kadar soğutulduğunda, bünyesinde taşıdığı nemi soğuk yüzeyde bırakır. Şekil 2. 'de bir soğutma makinasında soğutarak kurutma şekli görülmektedir (Recknagel, Sprenger, 1984).



Sekil 2. Soğutarak kurutma makinası

#### 1.4. Vakumla Kurutma

Vakumlu kurutma; materyal içindeki suyun vakum yapılarak alınmasıyla yapılan kurutma seklidir. Çok az olmakla birlikte, endüstride kullanılan bir metottur.

#### 1.5. Kimyasal Kurutma

Bu metod “absorbsiyon ya da adsorbsiyonlu kurutma” olarak da bilinmektedir. Sistem havasının geçtiği kanala yerleştirilen kimyasal madde (higroskopik madde) tarafından materyal içindeki nem emilmekte ve emme sırasında bir miktar da isi açığa çıkmaktadır (Recknagel, Sprenger, 1984).

### 2. ÖN NEM YOGUSTURMALI KURUTMA SİSTEMİ TASARIMI

Havanın su buharı alabilme kabiliyeti sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda havaya daha fazla su buharı yüküneceği gibi; mevcut havanın sıcaklığını düşürerek, ihtiva ettiği su buharı miktarını azaltmak da mümkün olmaktadır. Dolayısıyla; bu çalışmada, nem yönünden fakir olan hava ile kurutmanın daha hızlı olacağı düşüncesi ile, kurutma havası önce soğuk bir yüzeye çarptırılarak sahip olduğu nemin alınması ve daha sonra da güneş kolektöründe tekrar ısıtılarak, hücreye verilip hücre içindeki kurutulacak materyalin neminin çekilmesi esas alınmıştır.

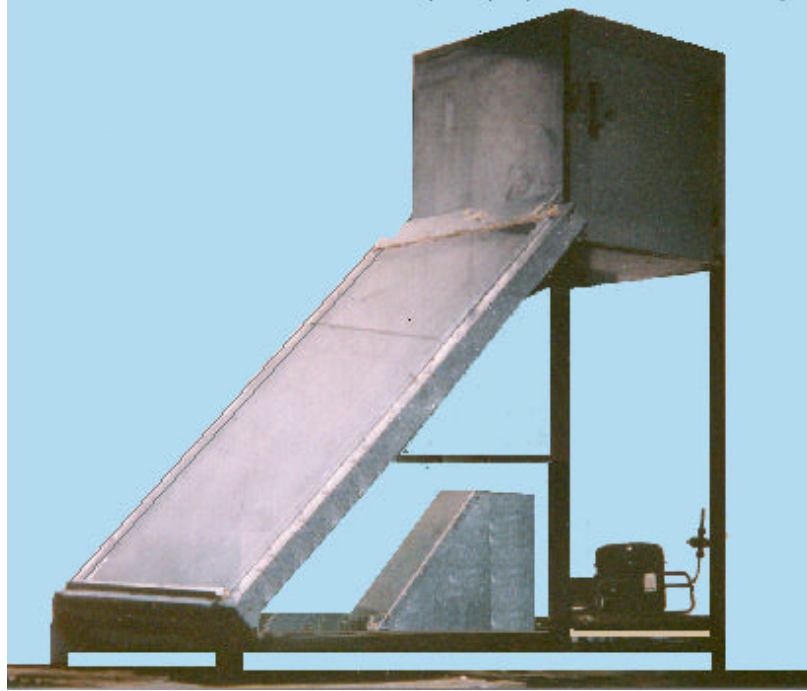
Havanın içindeki nem mevcut şartlarda üç şekilde alınmaktadır (Cansoy):

1. Havayı çiy noktası sıcaklığının altına düşürmekle,
2. Basınç etkisiyle,
3. Kimyasal yollarla.

Yapılan bu kurutma deneyinde, bu üç usulün dışında, hava, sisteme girmeden çiy noktası sıcaklığının altına düşürülüp, içinde bulunan nem alınmış, tekrar ısıtılıp kurutma hücresine salınarak kurutma yolu seçilmiştir. Ankara şartlarında yapılan deneyde havanın sahip olduğu yaz şartları h,x-diyagramı üzerinden tespit edilmiştir. Ankara şartlarında dış havanın ortalama sıcaklığı 35 °C ve bağıl nemi de % 45 ‘dir. Bu hava +4 °C ‘a düşürülünce 1 kg havanın soğuk yüzeyde 11,5 g su bırakabileceği kabulünden, Sekil 3. ve 4.’de görülen sistem tasarlanmıştır.

### 3. KURUTMA HAVASI ÖN NEM YOGUSTURMALI SİSTEMİN HAZIRLANIŞI

Kurutma amacı ile, anlatılanlara uygun bir prototip deney sistemi, Sekil 3. ve 4. ‘de görüldüğü gibi montajı gerçekleştirilerek, deney için hazırlanmıştır. Sekillerden de anlaşılacağı üzere, kurutma havası sisteme girmeden bir soğutma düzeni ile nemi çekilerek kurutulmaktadır.



Sekil 3. Ön hava kurutmali kurutma sistemi

Sistem üç ana kismidan olusmaktadır. Bunlar:

- 1- Havanin sisteme girmeden sogutularak neminin çekilebilmesi için bir *sogutma makinesi* düzeni.
- 2- Sogutma makinasinin buharlastiricisindan geçerken nemini ve ısısini birakarak soguyan kurutma havasinin tekrar ısıtilmesi için, 0,5 m x 1,0 m = 0,5 m<sup>2</sup> ölçülerinde *kanal tipli düz güneş kollektörü*.
- 3- Kurutulmak istenen materyalin dış havadan ve güneşin doğrudan etkisinden korunabilmesi için hazırlanan 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m = 0,125 m<sup>3</sup> hacminde *kurutma hücresi*.

#### 4. DENEYİN YAPILISI

Deney setinin veriminin tespitinde, dış havanın nemi alındıktan sonra sahip olduğu enerji ve havanın kollektörden yüklendiği enerji ile hücreye konulan materyalin kuruma miktarı esas alınmıştır. Bunun için, önce sisteme giren havanın sahip olduğu şartlar tespit edilmiş, sonra sırasıyla buharlastiriciden (evaporatör) geçen havanın nemi ve sıcaklığı, kollektörden kurutma odasına giren havanın sahip olduğu şartlar ve nihayet kurutma hücresinden atılan havanın tasidığı şartlar tespit edilmiştir.

Deneyin yapıldığı günlerde dış havanın ortalama sıcaklığı  $t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nemi de  $\phi = \% 45$  olduğundan havanın sahip olduğu diğer şartlar;

$$x = 16 \text{ g/kg}, h = 75,5 \text{ kJ/kg}, \rho = 1,14 \text{ kg/m}^3, t_y = 25,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

olarak “h,x-Diyagramı” yardımı ile tespit edilmiştir.

Giriş havasının tasidığı enerjiyi tespit hesaplayabilmek için, 1 nolu kanal kesitinden (Sekil 4.) akan hava debisi bulunmuştur.

Hava kanalının 1 nolu yerindeki kollektöre giriş kanalının kesit alanı:

$$A = 5 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 250 \text{ cm}^2$$

olarak hesaplanmıştır.

Buradan geçen havanın hızı da  $\phi = 1,5 \text{ m/s}$  olarak tespit edildiğinden, kanaldan akan hava debisi;

$$\dot{V} = A \cdot v = 0,025 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ m/s} = 0,0375 \text{ m}^3/\text{s} = 135 \text{ m}^3/\text{h}$$

olarak bulunur ve burdan havanın kütleli debisi;

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{V} = 135 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,14 \text{ kg/m}^3 = 153,9 \text{ kg/h}$$

olarak bulunmuştur.

Kollektöre giren havanın (Şekil 4. 1 nolu nokta) sahip olduğu şartlar h,x-Diyagramından;

$$t = 10 \text{ }^\circ\text{C}, \phi = \% 80 \text{ (bu iki deger ölçülerek bulunmuştur),}$$

$$x = 6 \text{ g/kg}, h = 25 \text{ kJ/kg}, \rho = 1,24 \text{ kg/m}^3, t_y = 8,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

olarak tespit edilmiştir.

Giris havasının buharlaştırıcıdan önceki ve sonraki mutlak nemleri h,x-Diyagramından sırasıyla  $x_1 = 16 \text{ g/kg}$  ve  $x_2 = 6 \text{ g/kg}$  olarak okunmaktadır. Tespit edilen hava debisinin yarısının yüzeye temas etmeden geçtiği ve diğer yarısının da +4 °C sıcaklığındaki buharlaştırıcı yüzeyine temas ederek içindeki suyun ayrıştığı kabul edilirse, ayrışan su miktarı:

$$W = \dot{m} \cdot (x_1 - x_2) \quad (4)$$

$$= 153,9 \text{ kg/h} \cdot (16 - 6) \text{ g/kg} = 1,539 \text{ kg/h}$$

olarak hesaplanır.

Bu bilgiler ışığında giriş havasının taşıdığı enerji;

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot h$$

$$= 1,539 \text{ kg/h} \cdot 75,5 \text{ kJ/kg} = 0,0322 \text{ kW}$$

olarak hesaplanır. Bu, havanın buharlaştırıcıya girmeden önce taşıdığı enerjidir. Buharlaştırıcı çıkışında havanın taşıdığı enerji yine aynı esitlikle;

$$\dot{Q} = 1,539 \text{ kg/h} \cdot 25 \text{ kJ/kg} = 0,0106 \text{ kW}$$

olarak bulunur ve aynı zamanda bu, havanın kollektöre girmeden önce taşıdığı toplam enerjidir. Bu iki degerin farkı alındığı zaman giriş havasının içindeki su buharının yoğunlaşması için harcanan enerji miktarı bulunur.

$$\dot{Q} = 0,0322 \text{ kW} - 0,0106 \text{ kW} = 0,0216 \text{ kW}$$

Kollektör çıkışında hava sıcaklığı (Şekil 4. 'de 2. nokta) deney yapıldığı saatlerdeki ortalaması 52 °C olduğuna göre, kollektörden çıkan havanın taşıdığı toplam enerji;

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot h = 1,539 \text{ kg/h} \cdot 68 \text{ kJ/kg} = 0,02907 \text{ kW}$$

ve havanın kollektörden yüklendiği enerji;

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot h = 1,539 \text{ kg/h} \cdot (68 - 25) \text{ kJ/kg} = 0,01838 \text{ kW}$$

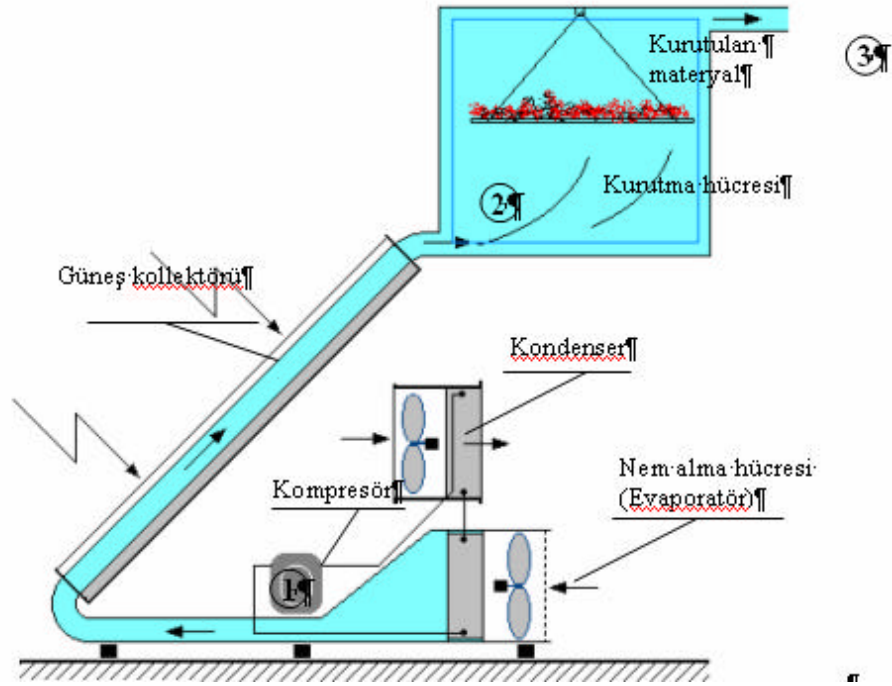
olarak bulunur.

Sistem havasının çıkışta sahip olduğu şartlar 3 noktasında (Şekil 4.) ölçüldüğünde, sıcaklığının 42 °C, bağıl neminin % 30 ve mutlak neminin de (h,x-Diyagramından) 15,5 g/kg olduğu tespit edilmiştir.

Buna göre; sistem havası kurutulmuş materyalden 1kg hava başına 9,5 g su buharlaştırmış demektir.

## 5. KURUTULAN ÜRÜNÜN NEMLİLİK DURUMU

Sistemde değişik ürünler kurutulmuştur. Kurutulmuş ürünlerin kuruma eğrileri Şekil 5. 'de sematik olarak verilmiştir.



Sekil 4. Ön hava kurutmalı kurutma sistemi semasi

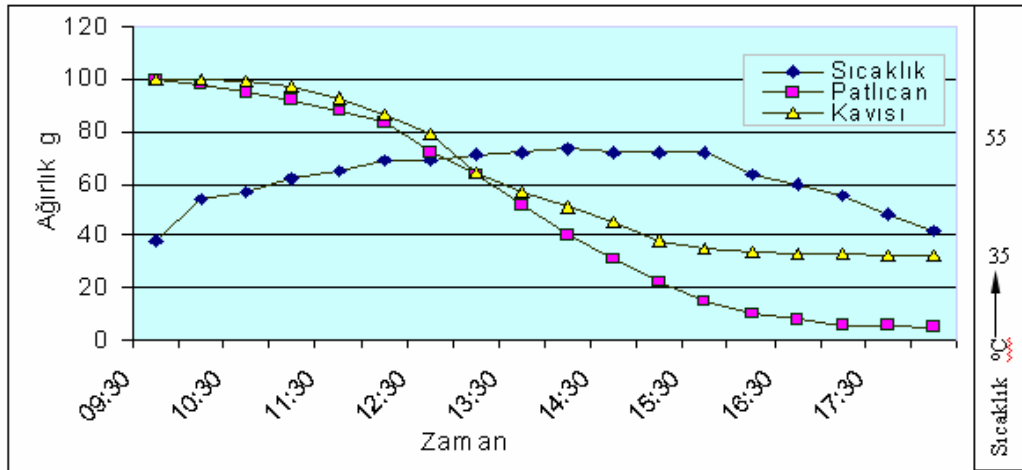
Örnek olarak, bir gün için (saat 9<sup>00</sup>-18<sup>00</sup> arası) 100 g kayısı kurutulduğunda 32 g ve 100 g patlicanın da 5 g geldiği görülmüştür. Kayısındaki kuruma miktarı aşağıdaki eşitlikle tespit edilmiştir (Erdogan, 1984):

Kayısı için günlük (saat 9<sup>00</sup>-18<sup>00</sup> arası) yapılan kurutmada

$$\text{Islak nemlilik} = \frac{\text{Yas ürünün kütlesi} - \text{kuru ürünün kütlesi}}{\text{Yas ürünün kütlesi}}$$

$$N_{is} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} = \frac{100 \text{ g} - 32 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = \% 68$$

olarak bulunmuştur.



Sekil 5. Kayısı ile patlicanın kuruma eğrilerinin karşılaştırılması

## 6. SONUÇ

Bu şekilde kurutma havası ön kurutmaya tabii tutulmuş bir kurutma sisteminde yapılan deney sonucunda görülmüştür ki; bu sistem içinde gölgede kurutulan ürünler, *kuru ve sıcak hava* etkisiyle daha çabuk kurudukları gibi, güneşin de radyasyon etkisinden korundukları için, renk olarak, doğrudan güneşte tabii şartlarda kurutulan üründen daha canlıdır. Ayrıca; cehri hava dolması ile, ürün içinden buharlaşan suyun ürün dış yüzeyinde (nem yönünden) doygun bir hava tabakası oluşturarak sürekli buharlaşmayı engellenmesi önlenmiştir. İçin de; kuruma süresinde hızlanma sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- 1- WIENEKE, F., “**Verfahrenstechnik der Halmfutterproduktion**”, Goettingen, 1972.
- 2- DOĞAN, Hikmet, “**İsi Borulu Güneş Kolektörü İle Kurutma**” P. Ü. Müh. Bil. Dergisi, , Cilt 5., Sayı 1. DENİZLİ, 1999.
- 3- BUDERUS, “**Handbuch für Heizungs- und Klimatechnik**” VDI-Verlag GmbH, s. 791, Düsseldorf, 1975.
- 4- Sprenger, E., W. Hönnmann, “**Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik**”, s. 1148, R.Oldenburger Verlag, München, 1984.
- 5- CANSOY, S., “**Psikometrik Diyagramda Çözümlü Problemler**”, Ögün Yayınları, Cebeci\_ANKARA.
- 6- SPRENGER, E., W. HÖNNMANN, “**Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik**” s. 1187, R.Oldenburger Verlag München Wien, 1984.
- 7- ERDOĞAN, D., “**Doğal Akisli Güneşli Kurutucular**”, Verimlilik, MPM, Ankara, 1984.