

PRODÜKTİVİTE, KALİTE, ÜCRET İLİŞKİLERİ

Prof. Dr. Güngör BAŞER
E.Ü. Müh. Fak. Tekstil Müh. Bölümü İZMİR

Üretim sürecinde üretim verimliliği, ürün kalitesi ve işçi ücretleri arasında yakın ve karmaşık ilişkiler vardır. Bu ilişkiler, malzeme, makina ve insan faktörlerine dayanırlar. Bu yazıda sermayenin verimliliğine kısaca değinilmiş, makina verimliliğine analitik bir yaklaşım yapılarak çeşitli verimlilik tanımları standartlaştırılmış, verimliliğin ölçümü için geliştirilen yöntemler tanıtılmıştır. Daha sonra verimliliğin artırılmasında araç olarak kullanılan özendirici ücret sistemleri açıklanmıştır. Standart olmayan makina dizilerinin işletiminde uygulanan grup akord sistemi üzerinde durulmuştur. Son olarak istatistiksel kalite kontrolünün teorik temelleri açıklanmış, kalite ile verimlilik arasındaki ilişkilere değinilmiş, grup kontrol kartlarının makina sayısının değişken olduğu durumlarda uygulamasını gösteren örnek bir çalışma anlatılmıştır.

RELATIONS BETWEEN PRODUCTIVITY, QUALITY AND WAGE

There are close and complex relations between productivity, product quality and labour wages in the evolution of production. These relations depend on the materials, machine and human factors. In this article, a brief mention is made of the productivity of capital, and making an analytical approach to machine productivity various productivity definitions are standardized; methods developed for the measurement of productivity are introduced. The wage incentive schemes are later explained, which are used as means of increasing productivity. Some consideration is given to the group piece rate system which is applied in the treatment of non-standard machine sets. Finally the theoretical bases of the statistical quality control are explained; the relations between quality and productivity are mentioned; a case study demonstrating the application of group control cards in cases where the number of machines in the group is variable, is reported.

1. GİRİŞ

Bir ürün ya da hizmet üretmek üzere organize edilmiş bir işletmenin amacı kârdır. Kar ise üretim için gereken hammadde, işçilik ve işletim masrafları ile satış gelirleri arasındaki farktan oluşmaktadır. Masrafların minimize edilmesi ve gelirlerin maksimize edilmesi kârı artıracaktır. Masrafların minimize edilmesi masrafların yukarıda belirtilen üç ana kaynağına göre ele alınabilir. Bu yaklaşımla hammaddenin ürüne, işçiliğin üretken zamana dönüşümündeki etkinlikler ile işletim masraflarının birim ürün maliyeti içindeki payının azaltılması biçiminde ortaya çıkan tesis kapasitesinin verimli kullanımı üretim masraflarını azal-

tan önemli üç temel etkidir. Bunlar daha teknik bir deyişle "Hammadde Verimliliği", "İşçi Verimliliği" ve "Tesis Verimliliği" olarak tanımlanır. Bu etkenler "Prodüktivite" terimiyle tanımlanan işletmenin üretkenliği ya da verimliliğini belirlerler.

Satış gelirlerinin artırılması ise, tesisin kapasitesine, diğer bir deyişle üretim gücüne bağlı olma yanında tesisin verimliliğine de bağlıdır. Diğer yandan satış gelirleri ürün miktarı ile ürünün satış fiyatının çarpımından oluşacağına göre, satış fiyatı kârı etkileyen önemli bir başka etkidir. Satış fiyatı ise ürünün kalitesi ile yakından ilgilidir. O hale verimli üretim ile kaliteli üretim bir işletmenin birbirleriyle yan yana giden iki hedefi olmalıdır. Bu iki hedefe ulaşılmasında önde gelen etkenler ise organizasyon ve insan faktörleridir. Organizasyonu yapacak olanların da insanlar olduğu düşünülecek olursa, demek ki en önde gelen etken insan faktörüdür.

İnsanın gerek miktar, gerekse nitelik olarak iş yapma yetisi ona verilmiş olan eğitimle ilgili olmakla birlikte, ücretin insanın işe yönelik motivasyonunda temel etkenlerin başında geldiği yadsınamayacak bir gerçektir. O halde verimlilik, kalite ve ücret faktörlerinin uygun kullanımı kârı maksimize edecek temel yaklaşım olacaktır. O zaman prodüktivitenin ekonomik anlamda kullanılan ve sermayeye oranla elde edilen kar biçiminde tanımlanan "Sermaye Verimliliği" de sağlanmış olacaktır.

Ne var ki, verimlilik, kalite ve ücret arasında teknik ve psikolojik yönleri olan karmaşık ilişkiler vardır. Bu karmaşık ilişkilere dayalı ve kârı maksimize etme amacına yönelik düzenlemeler de bu sebepten karmaşık düzenlemeler olacaktır. Bu bakımdan konuya analitik bir biçimde yaklaşarak verimlilik ve kalitenin oluşumu ile ilgili temel kuralları ortaya koymak, ondan sonra verimlilik, kalite ve ücret arasında kârı maksimize edecek uyumlu düzenlemelerin felsefe ve teknikleri üzerinde durmak en yararlı yol olacaktır. Biz bu incelemede sermaye verimliliği ile kalite ve ücretin psikolojik yönlerini bir yana bırakarak, analizlerimizi teknik verimlilik, istatistiksel kalite ve gerçek ücret üzerine oturtacağız. Ancak zaman zaman bir yana bıraktığımız yönlerin hangi aşamada ne gibi roller oynadığına da değineceğiz.

2. PRODÜKTİVİTE

Hiç şüphe yok ki prodüktivitenin en önemli ölçüsü sermayenin verimliliğidir. Bu sermaye bir üretim tesisinin kuruluşu için yatırılan sermaye ya da o tesisin işletilmesinde kullanılan sermaye olabilir. Buna göre, yatırım sermayesi ile işletme sermayesi toplamının kar olarak dönüşünü zaman cinsinden ifade eden

"Geri Dönüş Süresi", yeni bir tesisin karlılığını, bir başka deyişle yatırımın verimliliğini gösteren önemli bir ölçüttür. Ancak yeni yatırımlar genellikle kredi ile sağlanan kaynakların önemli katkısıyla yapılmaktadır. Bu açıdan bakılınca yatırımcının asıl üzerinde duracağı sermaye verimliliği ölçütü karın kullanılan öz sermayeye oranı olarak ifade edilecek olan özsermaye verimliliğidir.

Ne şekilde olursa olsun yatırımın ya da sermayenin verimliliği üretilen ürüne ve kullanılan teknolojiye bağlıdır. Ürünü oluşturan girdiler içinde hammadde girdileri yanında, işçilik, enerji ve amortisman gibi giderleri oluşturan teknoloji girdileri üretimin gerçekleştirilmesi için gerekli sermayenin büyüklüğünü belirler. Bu açıdan verimli yatırım alanları, daha az verimli yatırım alanları, verimliliği yüksek tesisler, verimliliği düşük tesisler bulunabilir. Burada yatırım alanı ürün türü ile belirlenmektedir. Ürüne olan talep ve ürünü oluşturmada kullanılması gerekli girdilerin diğer ürünlere göre parasal değeri sermaye verimliliğini etkileyen önemli etkenlerdir. Ama bir kere ürün belirlendikten sonra kullanılan teknoloji ile teknolojinin etkin kullanımı verimliliği belirleyen ana öğeler olmaktadır. Bunlar ise salt teknik faktörlerdir. Burada bu teknik faktörlerle ilgili olarak verimliliğe analitik bir yaklaşım yaparak temel bazı tanımların verilmesi yararlı olacaktır.

2.1. Prodüktivitenin Makina ve İşçilik Bazında Tanımlanması

Üretkenlik anlamında prodüktivite, makina başına üretim veya makina saati başına üretim olarak ölçülebildiği ve tanımlandığı gibi işçi ya da işçi saati başına üretim olarak da ölçülüp tanımlanabilmektedir. Tekstil endüstrisinde bu tür tanımlamalar zaman zaman yapılmaktadır. Daha çok tesisleri ya da kullanılan teknolojileri karşılaştırmak için kullanılan makina ya da makina saati başına verim sabit yatırım verimliliği hakkında fikir verir. Daha modern ve hızlı makinalar şüphesiz daha yüksek verimlidirler. "İğ Verimi", "Tezgah Başına Verim" bu tür üretkenlik ölçütleri olup saatlik verim olarak tanımlanırlar. Konuya maliyet açısından yaklaşıldığında, "İşçilik Saati Başına Verim" olarak tanımlanan üretkenlik ölçütleri kullanılır.

Gerek makina, gerekse işçilik bazında tanımlanan verimlilik büyük ölçüde kullanılan teknolojiye bağlıdır. Teknoloji makina hızı ile birlikte makinaları çalıştıracak işçinin sayısının da büyük ölçüde belirler. Otomasyon uygulanıyorsa kullanılan işçilik de az olacaktır. Diğer yandan tekstil endüstrisinde olduğu gibi aynı makinada değişik ürünlerin üretilmesi durumunda makina verimi bundan etkilenmektedir. Örneğin kalın iplik üretilmesi durumunda birim zamanda ağırlık olarak daha fazla iplik üretilebilir. Aynı biçimde düşük sıklıkta bir kumaş dokunurken dokuma tezgahı birim zamanda metre uzunluk olarak

daha fazla kumaş dokuyacaktır. Bu durumu bir ölçüde düzeltmek için uygun birimler kullanılır. Örneğin iplik üretiminde km. cinsinden uzunluk, kumaş dokumada birim zamanda atımı gerçekleşen atkı sayısı veya daha iyisi olarak m. cinsinden atkı uzunluğu kullanılır.

Ancak teknolojik farklılıklar nedeniyle aynı birimlerle ölçülse bile farklı ürünler söz konusu olduğunda makinanın veriminde farklılıklar olacaktır. Örneğin farklı ürün tiplerinde farklı makina hızları uygulamak gerekebilecektir; ya da örneğin ince iplik üretiminde daha sık ortaya çıkan kopmalar nedeniyle üretim düşebilecektir. İşte bu nedenledir ki endüstri mühendisliği açısından verimlilik makinanın ve üretim tipinin tanımlı olduğu, işçinin çalışma yönteminin ve çalışma temposunun standardize edilmiş olduğu durumlarda zaman bazında çıktı ile girdi arasındaki oranlarla tanımlanan büyüklüklerle belirlenmektedir.

2.2. Endüstri Mühendisliği Açısından Verimliliğin Belirlenmesinde Temel Tanımlar (Başer, 1972-1)

2.2.1. Makina Verimi

Makina verimi makinadan birim zamanda elde edilen üretim miktarı olarak tanımlanabilir. Makina verimini etkileyen birçok etken vardır. Makina üretilmek istenen ürünün özelliklerine bağlı olarak belirli bir hızda çalışacak biçimde ayar edilir. Makinanın üretimi doğrudan etkileyen parametrelerine "Makina Ayar Parametreleri", bunlar içinde verimin ölçüsü sayılabilenlerine "Makina Verim Parametreleri" denilebilir.

2.2.2. Teorik Verim

Makinanın belirli bir ürün tipi için ayar edilmiş olan ve üretim mekanizmasını doğrudan etkileyen verim parametrelerine ait soyut ya da nominal değerlere göre hesap yoluyla bulunan üretim hızına teorik verim diyoruz.

2.2.3. Gerçek Verim

Makinanın mekanik aksaklıklar, mekanik ve teknolojik duruşlar ve işçinin çalışma yöntemi ve temposu gibi etkenler altında birim zamanda gerçekleştirdiği verime gerçek verim denir. Gerçek verim her zaman teorik verimden küçüktür.

2.2.4. Standart Verim

Makinanın standart mekanik ve teknolojik koşullarda, işçinin standart bir yöntem, tempo ve etkinlikle çalışması sonucu birim zamanda sağlanabilecek olan verimine standart verim diyoruz.

2.2.5. Verimlilik

Verimliliği makina ve işçiden beklenen verime oranla gerçekte elde edilen verimin olanak ölçüsünde yüksekliği anlamında tanımlayabiliriz. Ancak verimliliğin matematiksel bir tanımlama ile ölçüsünü be-

lirlemek gerekir. Bu ölçü gerçek verimin teorik verime oranını yüzde olarak gösteren ve "Randıman" terimi ile de tanımlanan bir değerle ortaya konabilmektedir.

Verimliliği düşüren birçok etken bulunmaktadır. Bunlar "Güç Kayıpları", "Mekanik Duruşlar" ve "Teknolojik Duruşlar" olmak üzere üç grupta ele alınırlar.

2.2.6. Güç Kayıpları

Üretim hızını düşüren enerji yetersizliği, hareket sistemlerindeki kaymalar, atlamalar, kaçaklar ve sürtünmeler güç kayıplarına neden olurlar. Güç kaybı gerçek makina hızının teorik hıza oranı biçimindeki bir faktörle hesaba katılabilir.

2.2.7. Mekanik Duruşlar

Enerji kesilmesi, parça kırılması, küçük onarımlar, periyodik makina bakımı gibi nedenlerle ortaya çıkan duruşlar mekanik duruşlar olarak nitelenirler.

2.2.8. Teknolojik Duruşlar

Üretim kayıpları, iş bağlama ve iş kesme gibi teknolojik nedenlerle ortaya çıkan duruşlara teknolojik duruşlar denir.

2.2.9. Mekanik Randıman

Mekanik duruşlarla güç kaybı dolayısıyla ortaya çıkan zaman ya da üretim kayıplarını dikkate alan bir verimlilik ölçütü olarak Mekanik Randıman, R_{MK} ,

$$R_{MK} = \frac{\text{Gerçek Makina Zamanı} \times \text{Güç Kaybı Faktörü}}{\text{Gerçek Makina Zamanı} + \text{Mekanik Duruşlar}} \quad (1)$$

formülüyle tanımlanabilir. Makina zamanı makinanın çalışır ve üretim yapar durumda bulunduğu sürelerin toplamıdır. Güç Kaybı Faktörü, FGK , ise

$$FGK = \frac{\text{Gerçek Üretim Hızı}}{\text{Teorik Üretim Hızı}} \quad (2)$$

formülüyle gösterilecektir.

2.2.10. Hammadde Randımanı

Üretim işlemleri sırasında elde edilen döküntüler ya da fireler nedeniyle ortaya çıkan hammadde kayıplarını oransal olarak gösteren bir ölçüt olarak Hammadde Randımanı, R_H ,

$$R_H = \frac{\text{Çıkan Ürün Miktarı}}{\text{Giren Madde Miktarı}} \quad (3)$$

formülüyle tanımlanabilir.

2.2.11. Teknolojik Randıman

Üretim kopmaları nedeniyle ortaya çıkan zaman kayıplarını, iş bağlama, iş kesme gibi makinanın tamamının ya da bir bölümünün durmasını gerektiren üretim kesintilerini gösteren bir değer olarak Teknolojik Randıman, R_T ,

$$R_T = \frac{\text{Verimli Makina Zamanı}}{\text{Verimli Makina Zamanı} + \text{Teknolojik Duruşlar Toplamı}} \quad (4)$$

formülüyle tanımlanabilir.

Bu formüldeki verimli makina zamanı ile teknolojik duruşların toplam zamanları birleştirildiğinde elde edilen toplam zamana "Gerçek Makina Zamanı" denilirse, teknolojik randıman,

$$R_T = \frac{\text{Verimli Makina Zamanı}}{\text{Gerçek Makina Zamanı}} \quad (5)$$

olacaktır. Eğer gerçek makina zamanı ile mekanik duruşların toplam zamanları birleştirildiğinde elde edilen toplam zaman "İş Zamanı" olarak nitelenirse, o zaman Formül (1) ve (2)'den mekanik randıman,

$$R_{MK} = \frac{\text{Gerçek Makina Zamanı} \times FGK}{\text{İş Zamanı}} \quad (6)$$

biçiminde gösterilebilir.

2.2.12. Makina Randımanı

Makinanın çalıştırıldığı sürece verdiği randımana Makina Randımanı ya da İstihsal Randımanı denir. Bir başka deyişle Üretim Verimliliği de diyebileceğimiz ve R_M ile gösterebileceğimiz bu değer,

$$R_M = \frac{\text{Verimli Makina Zamanı} \times FGK}{\text{İş Zamanı}} \quad (7)$$

formülüyle gösterilebilir ki, belirli bir hızda çalışmak üzere ayarlanmış olan makinadan beklenen teorik verime oranla gerçekte elde edilen verimin bir ölçüsüdür. Formül (7), Formül (5) ve (6)'dan,

$$R_M = R_T R_{MK} \quad (8)$$

biçiminde de tanımlanabilir. O halde üretim verimliliği mekanik randımanla teknolojik randımanın çarpımıdır.

2.2.13. İşçinin Çalışma Temposu

Teknolojik duruşlar sırasında geçen süreler işçinin bedenen çalıştığı süreler olup, bu kayıp zamanların azaltılması işçinin çalışma hızına bağlıdır. İşte işçinin standart sayılan bir çalışma hızına oranla gerçekte sağladığı çalışma hızını belirleyen bir "Tempo" değeri, T_e ,

$$T_e = \frac{\text{İşçinin Gerçek Çalışma Hızı}}{\text{İşçinin Standart Çalışma Hızı}} \quad (9)$$

$$= \frac{\text{İşçinin Gerçek Çalışma Zamanı}}{\text{İşçinin Standart Çalışma Zamanı}}$$

formülleriyle gösterilebilir. Burada çalışma hızı ya da standart çalışma zamanı işçinin yaptığı belirli bir işle ilgili olmakla birlikte genel değerlendirmeler de yapılabilmektedir. Diğer yandan standart bir hızla çalışan işçinin çalışma temposu 1.0 ya da % olarak 100'dür.

2.2.14. İşçi Etkinliği

İşçinin normal çalışma zamanının makina başında bulunarak iş zamanı olarak değerlendirdiği bölümünü gösteren bir ölçü "İşçi Etkinliği" ya da "İşçi Meşguliyeti" olarak tanımlanır. M ile gösterilebilecek olan bu faktör,

$$M = \frac{\text{İş Zamanı}}{\text{Çalışma Zamanı}} \quad (10)$$

olarak gösterilebilir. Burada çalışma zamanı normal günlük ya da vardiya başına çalışma süresidir.

2.2.15. İşgücü Randımanı

İşçinin doğrudan üretime katkısı olarak nitelendirilebileceğimiz bir işgücü randımanı tanımlamak gerekirse, bu randımanın işçi etkinliğinden ve çalışma temposundan kaynaklanan iki bileşeni olmalıdır. Eğer işçinin çalışma temposunun makina randımanını etkileme oranı olarak bir Tempo Faktörü, F_{TE} tanımlanacak olursa, o zaman İşgücü Randımanı, R_I ,

$$R_I = M F_{TE} \quad (11)$$

eşitliği ile belirlenebilir.

Bu durumda Formül (8) ile makina randımanı, gerçekte elde edilen teknolojik randıman yerine işçinin standart tempoyla çalıştığı durumda elde edilecek olan "Standart Teknolojik Randıman"ı, R_{TS} ,

içeren

$$R_M = R_{MK} \times R_{TS} \times R_I \quad (12)$$

formülüyle belirlenecektir. Bu formül bize makina randımanının mekanik, teknolojik ve insan öğelerini gösteren bir kesitini vermektedir.

2.2.16. Standart Makina Randımanı,

Makinanın, standart mekanik ve teknolojik koşullarda işçinin standart bir tempoyla çalışması sonucu sağlama olanağı bulunan randıman Standart Makina Randımanı ya da basitçe Standart Randıman olarak tanımlanır. R_S ile gösterilen bu randıman değeri,

$$R_S = \frac{\text{Standart Verimli Makina Zamanı}}{\text{Çalışma Zamanı}} \quad (13)$$

biçimde gösterilebilir. Burada Formül (10) ile gösterilen işçi etkinliğinin tam olduğu ($M=1$) varsayılmaktadır, çünkü teorik olarak işçinin makina başında olmadığı zamanlarda makinanın çalıştırılmaması gerekir. Dolayısıyla Formül (12) makina randımanının en genel ve analitik bir gösterimidir.

2.2.17. Salon Randımanı

"Salon Randımanı" ya da "Daire Randımanı" bir üretim biriminde bulunan tüm makinalara göre hesaplanan teorik üretime ya da teorik makina saatına göre elde edilen gerçek üretimi ya da üretilen verimli makina saatını gösteren genel bir verimlilik ölçüsüdür.

2.2.18. Kapasite Kullanım Oranı

Birbirini izleyen işlemlerin yapıldığı çeşitli üretim salonlarından ya da dairelerden oluşan bir işletmede, işletmenin kapasitesini tanımlamada temel olarak alınan makinaların üretim kapasitesine göre hesaplanan standart üretime oranla bir yıllık bir sürede elde edilen gerçek üretimi tanımlamak için "Kapasite Kullanım Oranı" deyimi kullanılır ve yüzde olarak belirlenir. Bir işletmede bazı bölümler tüm makinalar çalıştırılarak tam kapasite ile çalıştırılabilir ya da tüm işletme belli süreler tam kapasite ile çalışabilir. Ancak üretim birimlerinin birinde darboğaz oluşması ya da siparişlerin kesilmesi gibi durumlarda işletme kapasitesinin yıl boyunca tümünden yararlanılamaz. Bu durumda kapasite kullanım oranı 100'ün altına düşer. Kapasitenin üstünde sipariş alınması ve fazla çalışma yapılması durumunda ise kapasite kullanım oranı 100'ü geçebilir.

2.3. Zaman Etüdü Tekniğine Dayalı Olarak Standart Makina Veriminin Tanımlanması

Belirli bir zaman süreci içinde makinadan beklenen verim daha önce de belirtildiği gibi yalnızca ma-

kinanın üretim hızına bağlı olmayıp, işçinin makinaı kullanma biçimine, işçinin çalışma temposuna ve çalışma metoduna bağlı olarak değişim gösterir. Özellikle üretim kopuşlarını gidermek için yaptığı çalışmada işçinin eğitimle geliştirilen becerisi ve çalışma temposu makinadan sağlanan verimi etkiler.

Eğitimi yetersiz bir işçi yanlış metod uygulayarak ya da kendisine öğretilen metodu yeterli hızda uygulayamayarak beklenenden daha düşük üretim verir. Diğer yandan usta işçiler, çok kez, en uygun çalışma metodunu kendileri bularak hem çalışmalarını kolaylaştırırlar, hem de özellikle üretim karşılığı ücret ödenen durumlarda, beklenenin üstünde üretim sağlayarak kazançlarını artırma yoluna giderler. Bu nedenle hem üretimin maksimize edilmesi açısından, hem de üretim karşılığı ücret ödenen özendirici ücret sistemlerinin uygulandığı durumlarda çalışma metodunun Metod Analizi yöntemleri ile öncelikle standardize edilmesi gerekli ve önemlidir.

Makinadan beklenen verimin doğrulukla bilinmesi iş programlarının yapılması, işçilik masraflarının hesaplanması, üretim planlaması ve ücret sistemlerinin düzenlenmesi gibi çalışmalar için gereklidir. Bir ücret sisteminin düzenlenmesi ya da işletme içinde birbirleriyle ilişkili olarak çalışan makinaların üretimlerinin dengelenmesi gibi amaçlarla yapılan çalışmalarda ise, makinadan beklenen verimi simgeleyen standart verim değerlerinin saptanması zorunludur.

2.3.1. Standart Verimin Saptanması

Üretim "Parça Üretimi", "Yığmsal Üretim" ve "Sürekli Üretim" olmak üzere üç değişik biçimde olabilir. Birim zamanda standardize edilmiş koşullarda elde edilmesi beklenen verim anlamında standart verimin saptanmasında "İş Ölçümü" ve "Zaman Etüdü" teknikleri uygulanmaktadır. Bu tekniklerin temeli, belirli bir zaman birimi içinde gerçekleşen üretimin ölçülmesi yerine belirli bir işin yapılması için gereken zamanın ölçülmesine ve bu ölçümün yeterli sayıda tekrarlanarak güvenilir değerler bulunmasına dayanır. Parça üretiminde bir parçanın üretimi için gereken zaman saptanırken, yığmsal üretimde belirli miktarda bir üretim için gerekli zaman ölçülür. Sürekli üretimde ise birim miktarda bir üretim için gerekli zaman ya da birim zamanda gerçekleşen üretim ölçülebilir.

Bir işlemin veya belirli büyüklükteki bir üretimin önceden belirlenmiş bir yöntemle uygun olarak yapılması için gereken gerçek zamanın ölçümüne "İş Ölçümü"; belirli bir işin yapılması için gerekli olan standart zamanın bulunması amacıyla kronometre yardımıyla yapılan zaman ölçümleri ve aynı anda yapılan tempo değerlendirmeleri ile gerçekleştirilen incelemelere ise, "Zaman Etüdü" denir.

Zaman etüdünde ilk aşama işin elemanlara ayrılması, ikinci aşama kronometre ile yapılan zaman ölçümleri

ve tempo değerlendirmeleridir. Bu ikinci aşama, iş elemanlarının ayrı ayrı ele alınıp birbirlerinden bağımsız olarak etüd edilmeleri biçiminde yapılan "Eleman Zaman Etüdü" yöntemiyle yapılabildiği gibi, tüm işleri üretim sırasında ortaya çıktıkları sıra içinde değerlendirme biçiminde yapılan "Sürekli Zaman Etüdü" yöntemiyle de uygulanabilir. Bu ikinci yöntem dikkatli ve hızlı bir biçimde olayların izlenmesini, iş sürelerinin kronometre ile ölçülürken aynı anda tempo değerlendirmesinin yapılmasını içerdiğinden büyük beceri ister. Buna karşın bazı hataların yapılmasını önlemesi açısından daha güvenilir bir teknik olup özellikle sürekli üretimler için etkin bir yöntemdir.

Zaman etüdü ile belirli bir işin yapılması için geçen süre içinde ya da etüd süresi olarak belirlenen süre içinde işçinin yaptığı işlerin standart süreleri, belirlenen tempo değerleri kullanılarak saptanan gerçek zamanlardan hesap yoluyla bulunur. Ne var ki, işçinin yaptığı işler şu iki ana gruba ayrılarak ele alınırlar:

- Makina çalışırken yapılan zorunlu ve yararlı işler
- Makina dururken yapılan zorunlu ve yararlı işler

Makina çalışırken yapılan işler makina randımanını etkilemezken, makina dururken yapılan işler üretim kaybına yol açan işler olup, bu işler için işçinin harcadığı süreler makina randımanını etkiler. Diğer yandan makina çalışırken yapılan işler makina randımanını etkilememekle birlikte, işçinin çalışmasını gerektirdiğinden işçinin "İş Yüğü"nü artıran işlerdir. Yararlı işler ise makina dururken yapılması doğru olmayan işlerdir, çünkü verimliliğin düşmesine yol açarlar.

İşin yapılması için gereken toplam süreye "İş Çevrimi" denir. Sürekli üretim biçiminde eğer zaman etüdü belirli bir süre yapılmışsa, o zaman "Etüd Süresi" hesaplamalarda iş çevrimi yerine kullanılabilir.

2.3.2. Standart Randımanın Hesaplanması

Standart randımanın hesaplanmasında amaç ne olursa olsun en önemli aşama standart teknolojik randımanın öncelikle hesaplanmasıdır. Hesaplama için zaman etüdü sonucu elde edilen bulgular aşağıdaki sembollerle ifade edilen şu büyüklüklere dönüştürülürler:

T : İş çevrimi ya da makina zamanı

tm : Otomatik zaman ya da toplam verimli makina zamanı

td : Toplam standart duruş süresi (işçinin makina dururken yaptığı işlerin toplam standart süresi)

TS : Standart iş çevrimi

Standart makina randımanının hesaplanmasında işçinin yorgunluk, dinlenme, kişisel ihtiyaçlarını giderme gibi nedenlerle harcadığı zamanlara karşılık olarak toplam zamanın oranı olarak belirlenen bir pay,

c, dikkate alınır. Bu durumda otomatik zaman, t_m ,

$$t_m = T - t_d \quad (14)$$

olacak, standart randıman, R_s ,

$$R_s = \frac{t_m}{T_S} \quad (15)$$

formülüyle tanımlanacaktır. Burada, T_S ,

$$T_S = T(1 + c) = (t_m + t_d)(1 + c) \quad (16)$$

olarak gösterilebilir. Formül (15) ve (16)'dan standart randıman için daha yaygın kullanımı olan,

$$R_s = \frac{t_m}{(t_m + t_d)(1 + c)} \quad (17)$$

formülü elde edilir.

2.3.3. Standart İş Yükünün Hesaplanması

İşçinin makina çalışırken yaptığı zorunlu işlerle, zorunlu olmayan faydalı işlerin standart zamanları toplamı t_c ile gösterilirse, işçinin toplam standart çalışma zamanı, t_i , makina dururken yaptığı işlerle birlikte,

$$t_i = (t_d + t_c)(1 + c) \quad (18)$$

olarak gösterilir.

İşçinin toplam standart çalışma zamanının standart iş zamanına oranı işçinin standart "İş Yükü"nü verecektir. Eğer iş yükü Z ile, standart iş zamanı T_{is} ile gösterilirse, standart iş yükü,

$$Z = \frac{t_i}{T_{is}} \quad (19)$$

olarak tanımlanacaktır. Standart iş zamanı ise, otomatik makina zamanı ile işçinin makina dururken yaptığı toplam işlerin yorgunluk - dinlenme - ihtiyaç payı verilmiş zamanının toplamından elde edilecektir. O halde standart iş yükü,

$$Z = \frac{(t_d + t_c)(1 + c)}{t_m + t_d(1 + c)} \quad (20)$$

formülüyle gösterilebilir.

Standart randımanı veren Formül (17)'de c payı otomatik makina zamanına da tanınmıştır, çünkü yorgunluk, dinlenme ve kişisel ihtiyaç için verilen pay işçinin makina başında olmayacağı, dolayısıyla işçinin makinaları kapaması gereken zamanları da kapsayacaktır. Buna karşın işçinin iş yükü makina çalışır halde iken işçinin yüklendiği zamanın iş zamanına oranı olduğundan, c payı otomatik zamana uygulanmamaktadır.

2.4. İşçinin Birden Çok Makinaya Bakması Problemi

Bugün endüstride kullanılan makinaların bir bölümü yarı otomatik ve gittikçe artan bir bölümü de otomatik makinalardır. Yarı - otomatik makinalarda birçok kontrol elemanı bulunmakta ve bunlar yardımıyla üretim kopmaları nedeniyle ortaya çıkan duruşlarda duruş giderme sürelerinin en aza indirilmesi sağlanmaktadır. Otomatik makinalarda ise, üretim kopmalarının da makina tarafından otomatik olarak giderilmesi sağlanmıştır. Tekstil endüstrisinde otomatik bobin makinası bunun tipik örneğidir. Dokuma tezgahı ise henüz yukarıda tanımlanan anlamda tam otomatik bir makina değildir. Yine de yarı otomatik makinalar işçinin birden çok makinaya bakmasına olanak vermekte, otomasyon düzeyi arttıkça işçinin bakabileceği makina sayısı artmaktadır.

Ne var ki, makina sayısı arttıkça, işçinin çalışma temposu artsa bile makina verimliliği düşmektedir. Bunun sebebi işçi makinalardan biri başında çalışırken duruşa geçen bir başka makinanın bakılmayı beklemesinden dolayı ortaya çıkan "Girişim Kayıpları"dır. Birden fazla verim ünitesi bulunan iplik makinası, bobin makinası gibi makinalarda da işçinin baktığı iş sayısı arttıkça girişim kayıpları da artar. Bu tür makinalar endüstri mühendisliği bakış açısından çok makinanın bir araya getirilmesinden oluşan bir makina grubu sayılır.

Girişim kayıplarının aynı anda birden çok makinanın duruş durumuna geçmesi dışında bir başka sebebi de duruş yapan bir makinadan diğerine geçerken işçinin yürütmesi sırasında geçen zamanlardır. Ayrıca makina çalışırken işçinin yaptığı çalışmalar da işçinin meşguliyetini artırdığından girişime yol açarlar.

İşçinin birden çok makinaya bakması durumunda iki farklı çalışma yöntemi söz konusudur. Bunlardan biri işçinin duruş yapan makinaya doğrudan gitmesi biçiminde yapılan servis olup buna "Sıçrama" ya da "Gelişigüzel Servis" yöntemi denir. Diğerisi ise, işçinin belirli bir çizgi boyunca makinaya servis yapması biçiminde uygulanan "Sıralı Servis" yöntemidir.

Sıralı servis "Tek Yönlü Yürüme" ya da "İki Yönlü Yürüme" biçiminde olabilmektedir. Tek yönlü yürümeye "Dairesel Yürüme", iki yönlü yürümeye "İleri-Geri Yürüme" de denilebilir. Bu iki yürüme biçiminde, tek bir makinadaki duruş olasılığından ya da işçi iş yükünden yola çıkarak makina randımanının saptanmasına yönelik temel yaklaşımlar çok farklıdır.

2.4.1. Gelişigüzel Servis Durumunda Makina Randımanının Tahminlenmesi

İşçinin birden çok makinaya gelişigüzel servis yöntemiyle baktığı durumlarda standart randıman, R,

$$R = \frac{t_m}{(t_m + t_d + t_y + t_g)(1+c)} \quad (21)$$

formülüyle hesaplanabilir. Burada t_d tek bir makina için saptanan standart toplam duruş süresi, t_y işçinin makinaya ortadaki bir noktadan servis yaptığı durumdaki ortalama standart yürüme süresi toplamı, t_g ise girişim nedeniyle ortaya çıkan duruş süreleri toplamıdır. "Girişim Kaybı" olarak tanımlanan bu değeri zaman etüdü ile deneysel olarak saptamak hemen hemen olanaksız olup, bu süre işçinin girişime neden olan meşguliyetinin ölçüsü olan işçinin bir makina başında çalışır durumda olma olasılığından teorik olarak hesaplanabilir. Bu olasılık, p,

$$p = \frac{t_d + t_g + t_y}{t_m + t_d + t_y} \quad (22)$$

formülüyle gösterilir.

Dale Jones (1971) girişim kayıplarını her bir makina için girişim dolayısıyla ortaya çıkan ortalama duruş oranı, i, olarak göstermekte, işçiye verilen n makineden her birinin normal işler ve girişimden dolayı bakılmayı gerektirme olasılığını,

$$A = S(1-i) + i \quad (23)$$

eşitliği ile tanımlamaktadır. Burada S işçinin tek bir makinaya ortalama bir uzaklıktan baktığı durumdaki iş yüküdür. Olasılık kuralları uygulandığında herhangi bir anda ya da daha fazla makinanın duruş halinde olma olasılığı $1 - (1-A)^n$ olacaktır. Buradan bir makinanın duruş halinde olma olasılığı, $S(1-i)$,

$$S(1-i) = \frac{1-(1-A)^n}{n} \quad (24)$$

olarak bulunabilir. Formül (23)'ten,

$$i = A - \frac{1-(1-A)^n}{n} \quad (25)$$

olarak elde edilen eşitlik belirli bir iş yükü, A, için makina sayısına bağlı girişim eğrilerini vermektedir. Dole Jones'un düzenlediği bir tablo yardımıyla tek makina esasına göre hesaplanan girişimsiz iş yüküne ve makina sayısına göre girişim oranı yüzde olarak bulunabilmektedir. Tablodan okunan i değeri Formül (23)'te yerine konarak A değeri bulunur. Daha sonra i değeri Formül (25)'te A değerinden tekrar hesaplanarak bulunan iki değer eşitleninceye kadar bu işlem tekrar edilir. Bunun nedeni iş yükü A'nın, kendisi de iş yükünün fonksiyonu olan girişimin fonksiyonu olmasıdır. Bu iteratif bir çözümü zorunlu kılmaktadır.

Çok makinaya bakma problemini daha analitik olarak incelemek, makina randımanının tek makinadaki duruş olasılığına, yürüme zamanına ve aşırı iş yüküne göre nasıl değiştiğini daha iyi izleyebilmek için farklı bir yaklaşım yapılabilmektedir (Başer, 1972-2). Bu yaklaşıma dayalı olarak çok makinada gelişigüzel servis (sıçrama) yöntemiyle çalışmada makina randımanının hesaplanmasında uygulanacak formüller aşağıdaki gibidir:

Tek makinaya göre belirlenen ve Formül (22) ile gösterilen girişim yol açan duruş olasılığı ya da makinanın bakılmayı gerektirme olasılığı p ise, makina girişimi, G, olasılık kuralları uygulanarak,

$$G = \frac{1}{2N} \{ Np [(N-1)p - 1] - (1-p)^N + 1 \} \quad (26)$$

olarak elde edilmektedir. Toplam çalışma zamanının bir kesiri olarak tanımlanan bu değerden girişimin neden olduğu zaman kaybı, t_g , bir diğer deyişle girişim kaybı,

$$t_g = \frac{G}{1-G} (t_m + t_d + t_y) \quad (27)$$

olacaktır. Bu durumda N makinaya bakan işçinin iş yükü, Z,

$$Z = \frac{N(t_d + t_g + t_y)(1+c)}{t_m + (t_d + t_y + t_g)(1+c)} \quad (28)$$

olur.

Bazı durumlarda işçiye bakılabilecek makina sayısından fazlası verilmiş olabilir. Bu durumda iş yükü 1'i aşacağından iş yükü fazlası, K,

$$K = \frac{Z-1}{N} \quad (29)$$

olacak, bunun sebep olduğu zaman kaybı, t_k ,

$$t_k = \frac{K}{1-K} (t_m + t_d + t_y + t_g) \quad (30)$$

olacaktır. Bu kaybı da dikkate alan makina randımanı formülü,

$$R_k = \frac{t_m}{(t_m + t_d + t_y + t_g + t_k)(1+c)} \quad (31)$$

biçimini alır. Bu algoritmaya dayalı bir bilgisayar programı yapılmış olup, her durum için makina sayısı sınırı olmadan hesap yapabilmektedir (Başer, 1988-1).

2.4.2. Sıralı Servis Durumunda Makina Randımının Belirlenmesi

Makinalara bir hat boyunca sırayla servis yapıldığı durumda işçi duruş yapan ya da daha genel anlamıyla bakılmayı gerektiren makina başında çalışmasını bitirdikten sonra ileriye doğru yürüyerek bu durumdaki bir ikinci makinaya giderek servis yapar. Tüm makinaları bu biçimde geçen işçi başlangıç noktasına döndüğünde bir tur yapmış olur ve bu sırada belirli bir zaman geçer. Bu zaman "Tur Süresi" olarak tanımlanır. Ancak tur süresi bir makina başında yapılan işin süresine ve makinalar arası uzaklıklara bağlı olduğu kadar, girişim nedeniyle aynı anda birden çok makinanın duruş yapma olasılığından da etkilenir. Girişim nedeniyle tur süresi uzar; tur süresinin uzaması ise girişim olasılığını artırır. Ne var ki, eğer işçinin çalışma temposu, duruş olasılığı ve makina sayısı belirli bir dengede ise tur süresinde bir kararlılık olacak, makina randımanı da belirli bir değerde sabit kalacaktır.

Tur süresinin zaman etüdü ile saptandığı durumda makina randımanı kolayca hesaplanabilir (O'Connor, 1965). Eğer makina sayısı n , bir turun ortalama süresi y , tur başına ortalama duruş sayısı s ise, bir turda % 100 randımanla makinaların toplam çalışma süresi ny , tur başına ortalama makina kayıp zamanı $sy/2$ olur; çünkü duruş yapan bir makina yeniden çalışır hale gelmek için tur süresinin ortalama yarısı kadar bir süre işçiyi bekleyecektir. O alde, toplam gerçek makina çalışma zamanı $ny - sy/2$ olacak, makina randımanı E , bu zaman tur süresine bölünerek,

$$E = \frac{1-s}{2n} \quad (32)$$

olarak elde edilecektir.

Bu sonuç duruş başına ortalama çalışma zamanı t ve makina başına ortalama yürüme zamanı, w gibi daha temel büyüklükler kullanılarak da elde edilebilir. O'Connor s için,

$$gts^2 - [qn(2t-w)120k]s - 2qn^2w = 0 \quad (33)$$

formülünü vermiştir. Bu formülle w ve t dakika cinsinden belirlenen değerlerdir. k paylar çıkarıldığında elde edilen saat başına üretilen verimli makina saati, q ise verimli makina saati başına ortaya çıkan duruş sayısıdır. Bu sayı duruş frekansı etüdü ile saptanacaktır.

Bu formüller konuya yapılan en basit yaklaşımı yansıtmaktadırlar. Formül (33)'ün zayıf yönü tur başına ortaya çıkan duruşların etüdle bulunmasıdır.

Konuya dinamik bir yaklaşım yapmak olasıdır (Başer, 1988-2). Bunun için makinada duruşların birim zaman başına f hızıyla ortaya çıktığını, bir makinanın diğerine yürüme zamanının w olduğunu, duruş giderme süresinin z olduğunu varsayalım.

İşçinin çalışması ile makinanın kararlı bir duruma ulaştığı ana kadar duran makina sayısındaki artış, dn , bir dt zamanı içinde ortaya çıkan yeni duruşlar ile işçinin aynı zaman dilimi içinde giderdiği duruşların farkı biçiminde

$$dn = (N-n)f dt - \frac{dt}{\frac{Nw}{n} + z} \quad (34)$$

diferansiyel denklemi ile gösterilebilir. Kararlı durumda duran makina sayısı n bir n_0 değerine ulaşarak sabitleşince

$$\frac{dn}{dt} = 0, n = n_0 \quad (35)$$

olacak ve Formül (35)'in çözümünden

$$n_0 = \frac{1}{2zf} \left\{ 1 - fN(2+w) \mp \sqrt{[1 - fN(z-w)]^2 + 4z wf^2 N^2} \right\} \quad (36)$$

formülü elde edilecektir.

Makina verimliği E , basit olarak

$$E = \frac{1-n_0}{N} \quad (37)$$

gösterilebilir. Tur süresi τ ise, tur başına duruşu giderilen makina sayısı n_1 'i içeren

$$\tau = wN + n_1 z \quad (38)$$

formülü ile elde edilebilir. Burada n_1 , duruş halinde olan makina sayısı n_0 ile tur süresince yeniden duruşa geçen makinaların işçinin arkasında kalan yarısının toplamı olarak

$$n_1 = n_0 + \frac{1}{2}(N - n_0)f\tau \quad (39)$$

olarak gösterilebilir. (38) ve (39) eşitliklerinden tur süresi,

$$\tau = \frac{wN + zn_0}{1 - \frac{1}{2}(N - n_0)fz} \quad (40)$$

formülüyle gösterilebilir.

Bu formüllerin kullanımı ile, sıralı servis ile bakılan makinaların randımanının tek makina için yapılan zaman etüdüne dayalı olarak istenen makina sayısı için hesaplanmasını sağlayan bir bilgisayar programı da geliştirilmiştir. Geliştirilen paket programda gelişmiş servis ve sıralı servis iki seçenek olarak algoritma içine alındığından, örneğin dokuma tezgahı gibi her iki yöntemin de uygulanabildiği makinalar için karşılaştırmalı incelemelerin yapılma olanağı sağlanmaktadır. Ayrıca bu program yardımıyla Bunday ve Jackson'un (1975) sıralı servis için geliştirdiği tablo düzeninde bir gösterim de (Tablo 1) yapılmıştır.

Bu tabloda λ duruş frekansı, r duruş giderme süresi, N makina sayısı ve w yürüme zamanından oluşturulan üç değişken, tek makinadaki duruş oranı λr , işçiye verilen makina sayısı N ve yürüme süresi oranı $N\lambda w$ 'dir.

λr	$N\lambda w$	0.05	1.10	0.15	0.20	0.25
0.05	2	94.8	90.1	85.9	82.1	78.7
	4	94.2	89.2	84.7	80.7	77.2
	6	93.5	88.0	83.3	79.2	75.6
	8	92.6	86.7	81.8	77.5	73.8
	10	91.6	85.2	80.0	75.7	71.9
	12	90.0	83.0	78.0	74.0	70.0
	16	86.0	79.0	73.0	69.0	66.0
	20	80.0	73.0	68.0	64.0	61.0
	24	72.0	67.0	63.0	59.0	56.0
0.10	2	94.2	89.2	84.7	80.7	77.2
	4	92.6	86.7	81.8	77.5	73.8
	5	92.0	85.0	80.0	76.0	72.0
	6	90.2	83.3	78.0	73.6	69.9
	8	86.1	78.7	73.4	69.1	65.5
	10	80.0	73.0	68.1	64.2	61.0
	12	72.0	67.0	63.0	59.0	56.0
	16	58.0	55.0	52.0	50.0	48.0
	20	48.0	46.0	44.0	43.0	41.0
0.15	2	93.5	88.0	83.3	79.2	75.6
	4	90.2	83.3	78.0	73.6	69.9
	6	83.3	76.0	70.8	66.7	63.3
	8	72.0	67.0	63.0	59.0	56.0
	10	61.0	58.0	55.0	52.0	50.0
	12	52.0	50.0	48.0	46.0	44.0
	14	46.0	44.0	42.0	41.0	40.0
0.20	4	86.1	78.7	73.4	69.1	65.5
	6	72.0	67.0	63.0	59.0	56.0
	8	58.0	55.0	52.0	50.0	48.0
	10	48.0	46.0	44.0	43.0	41.0
0.25	2	91.6	85.2	80.0	75.7	71.9
	4	80.0	73.0	68.1	64.2	61.0
	6	61.0	58.0	55.0	52.0	50.0
	8	48.0	46.0	44.0	43.0	41.0
	10	39.0	38.0	37.0	36.0	35.0

Tablo 1. Tek Yönlü Yürüme Durumunda Verimlilik Değerleri (%)

3. ÜCRET

İşçinin yaptığı çalışmanın karşılığı aldığı para olarak ücret, üretim maliyetleri içinde ürün türü ve uygulanan teknolojiye bağlı olarak belirli ve önemli bir yer tutar.

Genelde ücret, belirli bir endüstri dalında niteliksiz işçilere ödenecek en düşük ücret olarak işveren ve işçi sendikası arasında toplu pazarlıkla belirlenen en düşük ücret ya da başlangıç ücreti olarak tanımlanabilen "Baz Ücret" ya da "Temel Ücret" ile, işin niteliğine göre buna eklenen bölümden oluşur. Bu ücretin ödenmesine temel olan ölçü zaman ölçüsü olabilir. Bu durumda öyle bir sayı bulunmalıdır ki, bu sayı ile üretim miktarı çarpıldığında işçiye birim zamanda ödenmesi düşünülen ücret bulunsun. Bu sayı "Birim Ücret" ya da "Akord Ücret Tarifesi" adını alır. Zaman birimine göre ödenen ücret "Zaman Ücreti", üretim birimine göre ödenen ücret "Akord Ücreti" olarak bilinir. Akord ücret uygulaması geleneğe bağlı bir uygulama olarak başlamış olmakla birlikte, bugün üretimi özendirme amacıyla kullanılmaktadır. Zaman ücreti ise fabrikalaşmanın bir sonucu olup belirli bir güvenceye sahiptir; ancak sabittir. Akord ücreti ise işçinin çalışmasına bağlı olarak değişkendir. İşçinin gayreti ve becerisi bu sistemde daha fazla kazanç elde etmesine olanak verdiği için, böyle bir uygulama ile özendirici bir ücret sistemi oluşmaktadır.

Bu basit iki sistem dışında uygulanan ve "Teşvikli Ücret Sistemleri" adını alan ödeme biçimleri, zaman ve akord ücret sistemlerinin sakıncalarını gideren, her iki sistemin avantajlarından yararlanan sistemlerdir.

Üretimin artmasının özellikle işçinin dikkatine ve becerisine bağlı olduğu işlerde özendirici ücret sistemleri üretim kalitesinin düşmesine neden olabilirler. Bu bakımdan üretim ile kaliteyi birlikte özendiren ya da dengeleyen çeşitli "Prim Sistemleri" ve "İkramiye Planları" da vardır.

Üretimin işçinin bedensel gayreti ya da çalışma temposu ile doğru orantılı olarak artması olası değildir; çünkü üretim işçinin çalışması yanında makinanın üretim hızına ve işin niteliklerine de bağlıdır. Bu nedenle herhangi bir özendirici ücret sisteminin özendirme niteliğinin olabimesi için üretim ile işçinin gayreti arasındaki ilişkiye dayandırılmış olması, bunun yanısıra insan psikolojisini dikkate alınması gerekmektedir.

3.1. İşçinin Bedensel Gayreti ile Üretime Katkısı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

İşçinin bedensel gayreti ile sağlanan üretim artışı karmaşık bir ilişkiye dayanır. Makinanın üretim hızı arttıkça ve otomatik sistemlerle makina işin daha büyük bir bölümünü üstlendikçe üretime makinanın katkısı artar. Buna karşın işçinin kendi gayreti ile üretim artırma olanağı sınırlı kalır.

Eğer standart duruş oranı, p,

$$p = \frac{t_d}{t_m + t_d} \quad (41)$$

biçiminde gösterilirse Formül (17)'den standart randıman, R_s ,

$$R_s = \frac{1-p}{1+c} \quad (42)$$

olarak gösterilebilir. Eğer işçinin çalışma temposu, l'in kesiri olarak T_e , ise, gerçek randıman, R_G ,

$$R_G = \frac{1-p}{1-p - \frac{p}{T_e}} \quad (43)$$

olarak elde edilir. Formül (42) ve (43)'ten R_s ile R_G arasındaki ilişki

$$R_G = \frac{R_s T_e}{R_s(T_e - 1) + \frac{1}{1+c}} \quad (44)$$

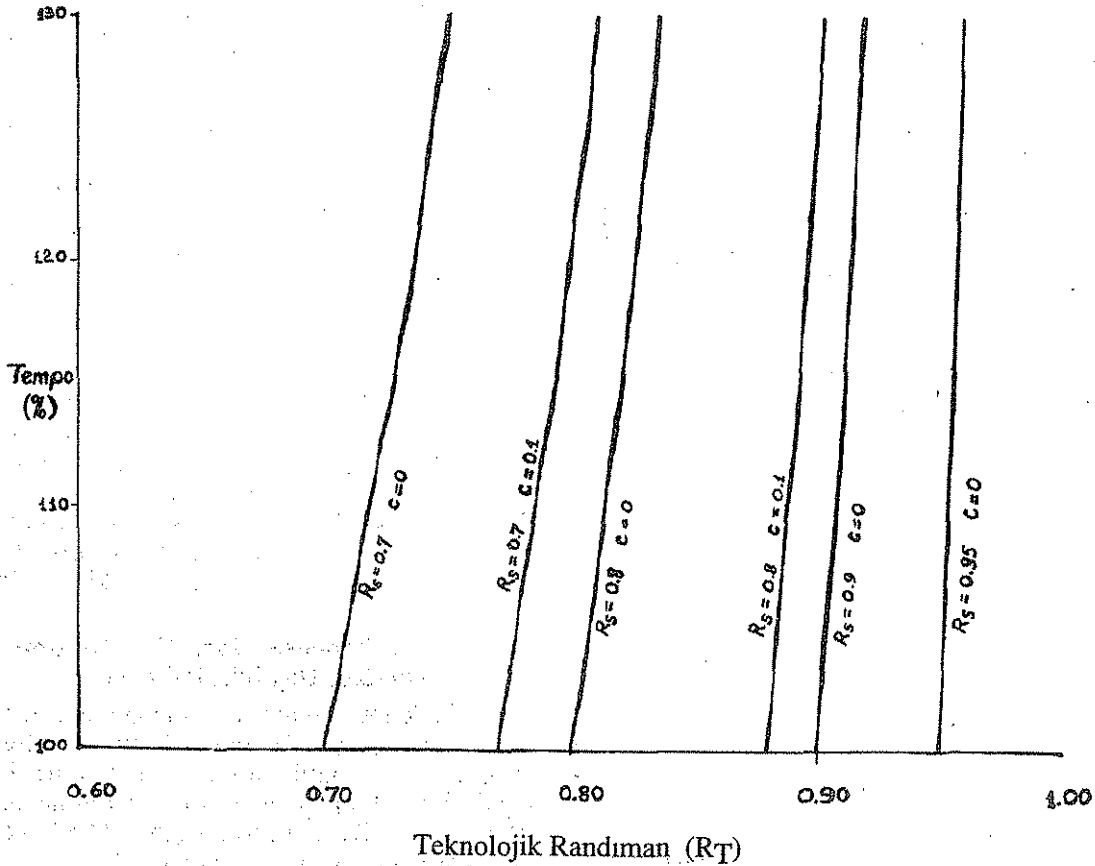
biçiminde gösterilebilir. O halde tempo faktörü, F_{TE} ,

$$F_{TE} = \frac{T_e}{R_s(T_e - 1) + \frac{1}{1+c}} \quad (45)$$

olmalıdır. Bu formül tempo faktörünün standart randıman arttıkça düştüğünü, yorgunluk, dinlenme ve kişisel ihtiyaç payı arttıkça daha etkili olduğunu göstermektedir. (Şekil 1). Bu nedenle üretim arttıkça işçinin kazancının lineer olarak arttığı "Basit Akord" ücret sistemi, bazı durumlarda, özellikle randımanı yüksek makina ya da ürün tiplerinde, yeterince özendirici olmayabilir. Bu tür durumlarda daha karmaşık ücret sistemleri uygulanır. Ancak bazı durumlarda işçinin tek başına harcadığı çaba yeterli değildir. Üretici işçilere yardım eden takımçı, nakliyeciler gibi yardımcı işçilerin çalışması da randımanı etkiler, ya da bir iş bazen bir grup işçi tarafından birlikte yapılır.

3.2. Akord Ücret Sisteminin Temelleri

Akord ücret sistemi bir işçinin belirli bir işi normal şartlarda yeterli gayretle çalışarak ne kadar zamanda yapacağını belirlenmesi biçiminde yapılan zaman etüdlerine dayandırılmaktadır.



Şekil 1. Temponun randımana etkisini gösteren tempo - randıman eğrisi

Eğer üretim birimler halinde yapılıyorsa ve eğer birim üretimin gerçekleştirilmesi için gerekli standart zaman t_s , birim ya da parça başına işçiye verilen "Birim Ücret" ya da bir başka deyişle işin "Tarife"si B.Ü. ise, işçinin bir saatte üreteceği birim ya da parça sayısı $1/t_s$ olacağından, işçinin saatlik kazancı ya da saat ücreti, S.Ü.

$$S.Ü. = B.Ü. / t_s \quad (46)$$

olacaktır. Eğer işçiye standart çalışmayla saatte kazandırılması düşünülen ücret "Kök Saat Ücreti", K.S.Ü., olarak tanımlanırsa, S.Ü. yerine K.S.Ü. yazılarak, tarife,

$$B.Ü. = K.S.Ü. \times t_s \quad (47)$$

olarak tanımlanacaktır.

Eğer üretim sürekli ise, standart verim V_s ile gösterildiğinde, S.Ü. = B.Ü. x V_s eşitliğinden, tarife

$$B.Ü. = K.S.Ü. / V_s \quad (48)$$

biçiminde tanımlanabilir.

Akord üretim sisteminde işçilerin kabul edilen kök saat ücretine oranla % 10 ile % 30 arasında daha yüksek kazanç sağlayabilecekleri kabul edilir. İşçi bu kazanç önce standart randıman hesaplarında tanınan % 5 ile % 15 arasındaki payları değerlendirerek, daha sonra da çalışma temposunu % 100'ün üstüne çıkararak sağlar. Eğer işçinin sağladığı gerçek kazanç G.S.Ü. olarak gösterilirse,

$$m = G.S.Ü. / K.S.Ü \quad (49)$$

formülüyle tanımlanan m oranı "Akord Kazanç Oranı" olarak tanımlanır. Ancak yüzde olarak tanımlanan "Akord Kazanç Yüzdesi" her zaman işçinin ne ölçüde zaman paylarından ve hızlı tempodan yararlandığını göstermez. Eğer standart verim doğru bir biçimde saptanmamışsa işçi beklenenden daha fazla kazanç sağlayacaktır. Bu da ancak zaman etüdünün ve verim hesaplarının yeniden ve daha doğru bir biçimde yapılmasıyla anlaşılabilir (Başer, 1983).

Akord sisteminin ya da herhangi bir teşvikli ücret sisteminin yeterince özendirici olabilmesi ve uygulamada başarılı olması için tarifinin bazı özelliklere sahip olması ve iyi tanımlanmış olması gerekir. Bir akord ücret sisteminde tarife şu öğeleri içerecek biçimde hazırlanmalıdır:

1. Makinanın üretim hızı, bir ana makina elemanının üretilen ürün için uygun olduğu belirlenmiş hızını gösteren bir rakam olarak belirtilmiş olmalıdır.
2. Standart verim ya da parça başına standart zaman belirtilmiş olmalıdır.
3. İşçinin birden fazla makinaya baktığı durumlarda işçinin baktığı makina sayısı belirtilmelidir. İşçiye ek makina verilmesi durumunda tarife seçeneği ya da ek makinadan sağlanan verim karşılığı kazançtan işçiye verilecek olan pay biçiminde düzenlemeler de yapılabilir.
4. İş metodu belirtilmeli ya da tarifeye bir iş analiz formu eklenmelidir.
5. İş metodu yardımcı işçilerin çalıştırılmasını öngörüyorsa, bu işçilerin sayısı, iş tanımları ve standart iş süreleri tarifede belirtilmelidir.
6. İşçinin kontrolü dışında oluşan parça kırılması, iş bekleme, elektrik kesilmesi gibi durumlarda işçiye zaman temelinde tazminat ödenmesine ilişkin kurallar belirtilmelidir.

3.3. Çeşitli Akord Ücret Sistemleri

Akord ücret sistemi ile birlikte bir "Prim Sistemi" de uygulanabilir. Bu sistemlerde standart randıman ya da onun biraz altından başlayarak belirli randıman eşikleri aşıldıkça, normal akord kazançları üzerinde oransal artışlar uygulanır. Tempo-randıman eğrisi ile uyum sağlayacak biçimde yüksek randıman değerlerine ulaşıldıkça eşit ücret artışlarına karşılık gelen randıman artışları küçültülmelidir. Aşağıda standart randımana göre farklı primlerin uygulandığı bir sistem görülmektedir.

Standart Randıman % Rs	Prim Oranları ve Randıman Aralıkları				
	% 5	% 10	% 15	% 20	% 25
85 - 90	Rs +1	+1	+1	+1	+1
75 - 84	Rs +2	+1	+1	+1	+1
70 - 74	Rs +2	+2	+1	+1	+1

Üretim özendirilirken kaliteyi güvence altına almak için akord sistemleri kaliteyi özendiren düzenlemelerle desteklenmektedir. Üretimin kalitesine bağlı olarak düşük kalite durumunda ücret kesintisi gibi ceza uygulamaları yerine kaliteyi ödüllendiren düzenlemeler tercih edilmelidir. Örneğin yukarıdaki akord prim sisteminde primin bir bölümü kalite için ayrılabilir. Ancak burada kalitenin belirlenmesi ve karşılaştırılabilir sayısal bir değere dönüştürülmesi oldukça zordur. Zaman ücret sistemlerinde de benzer prim düzenlemeleri yapılabilir.

Bazı koşullarda bir işin bir grup işçi tarafından birlikte yapılması söz konusu olabilir. Bu koşullar işçilerin değişik nitelikte işleri birlikte yapmaları, birden fazla makinanın birbirini izleyen işlemleri yap-

ması, değişik özelliklerde aynı işi yapan bir grup makina bulunması gibi durumlardan kaynaklanabilir. Eğer bu gibi durumlarda aynı üretimi gerçekleştirmede katkısı olan tüm işçilerin özendirilmesi amaçlanıyorsa, "Grup Akord Sistemi" uygulanır. Bu sistemin avantajları üretimin ölçülmesinde kolaylık, işçilerin dayanışma yapması ve birbirlerini kontrol etmeleri, eksik işçi olduğunda makina kapatma zorunluğu olmaması gibi yararlarıdır. Üretim, ya verim ucundaki makinanın üretimi ya da tüm makinelerin toplam üretimi olarak ölçülür. Kazanç ise, toplam kazanç olarak tarifeye göre hesaplandıktan sonra belirli bir yönteme göre işçiler arasında dağıtılır. Böyle bir sistemin uygulanışı aşağıda verilen tanımlamalar ve formüller yardımıyla şöyle yapılabilir:

Ana Büyüklükler:

- n : İşçi sayısı
 \dot{U}_b : Temel ücret (baz ücret)
 $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$: Ücret dağılım faktörleri
 $B.Ü.$: Birim ücret
 V_s : Saatlik standart verim
 V_m : Aylık toplam verim
 Z_p : İşçilerin programlanan aylık çalışma saatleri
 Z_i : İşçilerin gerçekleşen aylık çalışma saatleri
 T : Toplam dağıtılacak aylık kazanç
 \dot{U}_p : İşçilerin tam kadro ile sağlayacakları ortalama saat ücreti
 \dot{U}_g : İşçiye ödenecek gerçek saat ücreti
 c : Eksik kadroyla çalışmada artık kazançtan işçiye ödenecek pay (1'in kesiri olarak)

Formüller :

$$B.Ü. = n \times \dot{U}_b / V_s \quad (50)$$

$$T = B.Ü. \times V_m \quad (51)$$

$$\dot{U}_p = T / n Z_p \quad (52)$$

$$\dot{U}_g = T / \Sigma Z_i \quad (53)$$

$$\dot{U}_i = f_i [\dot{U}_p + c (\dot{U}_g - \dot{U}_p)] \quad (54)$$

i endisi ile gösterilen işçiye, daha doğrusu ücret dağıtım faktörü f_i olan işe ödenecek olan \dot{U}_i saat ücreti bulunduğundan sonra, bu ücret işçinin aylık gerçek çalışma saati ile çarpılarak ödenecek aylık ücret hesaplanır.

Bu sistem özellikle makina kapasitelerinin farklı olduğu durumlarda kolaylık sağladığı gibi, ustalara ve diğer yardımcı işçilere de özendirici ücret ödenmesini sağlar; ekip ruhunu geliştirir; esnek çalışma sağlar.

4. KALİTE

Kalite en geniş anlamıyla bir malın istekleri karşılama ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Bu isteklerin karşılanması ise, o malda istenen bazı özelliklerin bulunması ile gerçeklik kazanır. Bu özellikler ürüne ait, tür, tip gibi "sınıfsal", renk, tat, biçim gibi "niceliksel", boyut, ağırlık, süre gibi "sayısal", konfor, güzellik gibi "subjektif", dayanım, sıcak tutma gibi "davranışsal" özelliklerin oluşturduğu "fonksiyonel" özellikler grubu ile değişim ve hatasız oluş gibi "kalite" özelliklerinden oluşur. Fonksiyonel özellikler ürünün "evsaf", "nitelik" gibi sözcüklerle belirtilen özelliği iken, ürünün bu özellikler için ürünün kullanım amacına uygun olarak belirlenen değerlere yakınlığının ölçüsü olan kalite özelliği istatistiksel bir anlam taşır. Bu özellik ürünün niteliğini belirleyen özelliklerin değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikler için belirlenen bir dizi tanım ve sayısal değer ile bu değerlerin kabul edilebilir değişkenlik ölçüleri "Standart" kavramını oluştururlar.

Standart, istatistiksel anlamıyla ve kapsamlı biçimde tanımlanırsa, "Bir hammadde, yarı-mamul ve bunların değişkenlik ölçülerini içine alan bir tanımlamalar ve standart değerler topluluğudur" (Başer, 1987). O halde elimizde bir standart ve bir gerçek mal ya da ürün vardır. Bu ürün standartlara uygun olarak üretilmeye çalışılır. Ürünün değişkenlik özelliği nedeniyle ürünlerden örnek olarak seçilen birimler üzerinde yapılan ölçmelerden elde edilen değerler standart değerlerden sapmalar gösterirler. Bu sapmaların kabul edilebilir ölçüsü olarak belirlenecek "Kalite Standartları", alt ve üst değişim sınırları olarak belirlenir. Bu belirlemede ürünün doğal değişkenliğini en uygun ve gerçekçi ölçüdür. Eğer standart çok dar sınırlar içinde tutulmuşsa, o zaman yapılan karşılaştırmalarda çok sayıda ya da miktarda ürün standart dışı olarak ayrılacaktır. Eğer bu ürün bir fabrikasyon sonucu elde ediliyor ve ürün kalitesini bu sınırlar içinde tutmak için üretim işlemi kontrol altında tutuluyorsa, o zaman sık sık işleme müdahale etmek gerekir ki, bu üretimde kesintilere yol açmasına karşın sonuç da vermez. "Kalite Kontrol Sınırları", olarak adlandırılan bu sınırlar çok genişse, o zaman bu daha yüksek bir kalite düzeyine ulaşılmasını engelleyen bir uygulamaya dönüşür. Bu nedenledir ki, kalite kontrol sınırlarının seçimi ürünün ve işlemin doğal değişkenliğini temel ölçü alan istatistik kurallarına göre yapılmalıdır.

Üretim işlemi ile ürünün kalitesi arasında yukarıda açıklanan bu ilişki, eğer bir standart dışı ürünleri ayıklama ya da kalite kontrol sistemi uygulanıyorsa, produktiviteyi de etkiler. Sık sık işleme müdahale produktiviteyi düşürür. Standart dışı ürünlerin ortaya çıkması ise gerçek üretim sayılmayıp, üretimin bir bölümünün yitirilmesi anlamına gelir. Kalite kontrol terminolojisinde üretim miktarı, "kaliteli üretim mik-

tarı" anlamında kullanılmaktadır.

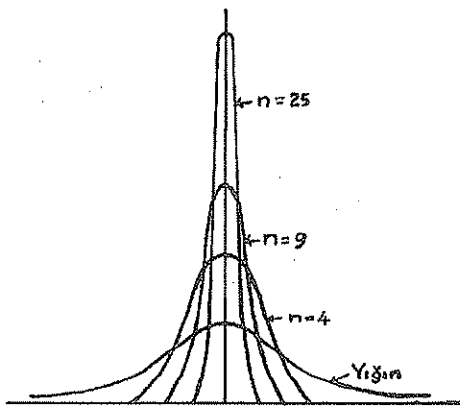
Gerek bir üretim işleminin düzenli kontrolü, gerekse hatalı ürünleri ayırarak yapılan son kontrol biçiminde uygulanan bir kalite kontrol sisteminin, hem yitirilen ürün, hem üretim kesintileri, hem de bu amaçla kullanılan işgücü açısından belirli bir maliyeti vardır. Ancak gerçek üretim hatasız yapılan üretim olarak alınır, o zaman genel değerlendirmede kalite kontrolü karlı sonuçlar vererek sermayenin produktivitesinin yükselmesine katkıda bulunabilir.

4.1. Kalite Kontrol Teorisi

Bir üretimde üretimin tümü "yığın" olarak nitelenirse, kontrol için seçilen belirli sayıda birimden oluşan ürün grubu bir "örnek" oluşturur. Ürün değişken olduğundan, yığını temsil eden değer "Ortalama Değer", yığını oluşturan değerlerin bu ortalama etrafında dağılışının ölçüsü olan değişkenlikse "Standart Sapma" ile gösterilmektedir.

Eğer yığından n sayıda üründen oluşan bir örnek alınır ve bu örneği oluşturan değerlerden bir ortalama değer \bar{X} hesaplanırsa, bu değer yığın ortalaması μ değerini temsil eden ve ona yakın bir değer olacaktır. Eğer n birimden oluşan örneklerden yeterli sayıda alınarak bunlardan elde edilen \bar{X}_i ortalamalarının genel ortalaması bulunursa, bu ortalama yığın ortalaması μ 'ye çok yakın olacaktır.

Eğer yığını oluşturan x_i değerlerinin frekans dağılış eğrisi ile \bar{X}_i ortalamalarının "Örnek Dağılışı" adı verilen frekans dağılış eğrisi üst üste çizilirse (Şekil 2), örnek sayısının yeterli olduğu durumda her iki dağılışın ortalama değerlerinin çakıştığı ve örnek dağılışının daha toplu bir eğri oluşturduğu görülür. Örnek büyüklüğü, n, arttıkça örnek dağılışı daha sivri bir eğriye dönüşmektedir. Bu demektir ki, böyle bir örnekte hesaplanacak olan bir ortalama değer, daha küçük bir örnekte hesaplanacak olan ortalama değere göre yığın ortalamasına daha yakın çıkma olasılığı çok daha yüksektir; çünkü bu örneklerin oluşturduğu dağılış daha dar bir aralıkta yer alacaktır.



Şekil 2. Örnek Dağılışı

Eğer yığın standart sapması σ ise, n büyüklükteki örneklerden oluşan örnek dağılışının standart sapması, $\sigma_{\bar{x}}$ ile yığın standart sapması σ arasında,

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{n} \quad (55)$$

ilişkisi vardır. Örnek dağılışının standart sapması, "Ortalamanın Standart Sapması" ya da "Standart Hata" olarak da bilinir. Yığından seçilen n büyüklükte bir örnekte elde edilen bir \bar{X} ortalaması % 95 olasılıkla $\mu - 1.96 \sigma_{\bar{x}}$ ile $\mu + 1.96 \sigma_{\bar{x}}$ değerleri arasında yer alacaktır. O halde bu sınırlar örnekte elde edilen "Ortalama Değer" için kontrol sınırlarını oluşturacaklardır. Bu sınırlar % 99,8 olasılık temel alındığında $\mu - 3.09 \sigma_{\bar{x}}$ ve $\mu + 3.09 \sigma_{\bar{x}}$ değerleri olacaktır.

Şimdi eğer bu sınırlar bir üretim işleminde kontrol sınırları olarak alınacaksa ve eğer tek bir örnekte elde edilecek ortalama değere dayalı bir karar verilecekse, o zaman örnek büyüklüğünün yeterli olması gerekir. Ama işletmelerde bunu yapmada güçlükler vardır. Her zaman çok sayıda birim üzerinde test yapma olanağı yoktur. Bu nedenle "küçük örnek"lere dayalı güvenilir bir "İstatistiksel Kalite Kontrol Sistemi" ne gereksinim duyulur. Bu gereksinim "Kontrol Kartları" uygulamasına yön vermiştir.

Eğer bir "küçük örnek" üzerinde saptanan ortalama değer kontrol sınırları olarak seçilen $\mu \mp 2 \sigma_{\bar{x}}$ sınırları dışına düşmüşse bu bir uyarı sayılır. Bu sınırlara "Uyarı Sınırları" adı verilir. Bu durumda ikinci bir örnek alınır. İkinci örnekte elde edilen ortalama değer uyarma sınırları içinde ise devam edilir; değilse işleme müdahale edilir. Ancak her keresinde bir hata olasılığı vardır. Diğer yandan kontroller periyodik olarak yapıldığında her sonuç zamana bağlı olarak ortalama değeri gösteren bir grafiğe işlenirse, ortalama değer kontrol kartı adı verilen bu grafikte ortalama değer değişimi izlenebilecektir. Eğer işleminde kalıcı ya da şansa bağlı olmayan gerçek bir değişim varsa, bu ilk ölçümde yakalanamamış olsa bile bunu izleyen dönemlerde yapılan ölçümlerle sonunda yakalanacak ve sisteme müdahale edilecektir. Kontrol kartlarında uygulanan istatistiksel kalite kontrol yönteminin temelindeki düşünce budur. Bu birbirini izleyen dönemlerde alınan küçük örneklerin üst üste gelmesiyle daha büyük ve yığını temsil eden bir örneğin oluşacağı düşüncesine de yakındır.

Eğer alınan örnekte elde edilen ortalama değer $\mu \mp 3 \sigma_{\bar{x}}$ sınırları dışına düşmüşse beklenmeden işleme müdahale edilir. Bu sınırlara "Eylem Sınırları" denir. Kalite kontrol kartlarının düzenlenmesinde birbirini izleyen yeterli sayıda dönem içinde

alınan örneklerden hesaplanan genel ortalama μ ve genel standart sapma σ 'dan kontrol değişkenleri hesaplanır.

4.2. Teorik Dağılımlar ve Kontrol Sınırları

Şekil 2'de örnek dağılımları ile birlikte gösterilen dağılım süreklilik gösteren değişkenlerle ilgili olarak yaygın biçimde rastlanan "Normal Dağılım" olup, bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$P(x) = y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2n}} e^{-\frac{(\mu-x)^2}{2\sigma^2}} \quad (56)$$

formülüyle gösterilmektedir. Burada x değişkeni $p(x)$ olasılık yoğunluğunu ya da dx aralığında x 'in frekansını gösterir. Yığının standart sapması σ ise,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{N}} \quad (57)$$

olarak tanımlanır. Burada N yığına ait tüm bireylerin sayısıdır. Eğer yığından n büyüklüğünde bir örnek alınmışsa, o zaman yığının standart sapmasını temsil eden bir değer olarak standart sapma, s ,

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (58)$$

formülünden hesaplanacaktır. Burada \bar{x} örneğin ortalaması, n ise örnek büyüklüğüdür. Ancak kontrol kartlarında uygulanacak kontrol sınırlarının belirlenmesi için Formül (55)'ten standart hata, ve $\sigma_{\bar{x}}$ hesaplanırken kullanılacak olan σ ve n kontrol sırasında alınan küçük örneklere ait değerler değil, yığını temsil eden daha büyük bir örneğe ait değerler olmalıdır. Bu durumlarda hesaplanacak \bar{x} değerinin μ 'yü, s standart sapma değerinin σ 'yü temsil ettiği varsayımına dayanarak bu değerler kontrol sınırlarının oluşturulmasında kullanılabilir.

Hatalı - hatasız biçiminde yapılan kontrollarda belirli bir örnek büyüklüğü, n , içindeki hatalı ürün sayısı r 'nin kontrol edilmesi söz konusu olmaktadır. Burada r bir kesikli fonksiyonun tamsayı değişkenidir. Eğer yeterli sayıda örnekte saptanan r sayılarının ortalaması, \bar{r} alınır ve bu ortalama değer örnek büyüklüğüne bölünürse, o zaman yığın içindeki hatalı ürün oranı ya da alınan herhangi bir ürünün hatalı olma olasılığı,

$$P = \frac{\bar{r}}{n} \quad (59)$$

olarak verilecektir. Birbirini izleyen n incelemede r sayıda hatalı ürün saptama olasılığı $p(r)$,

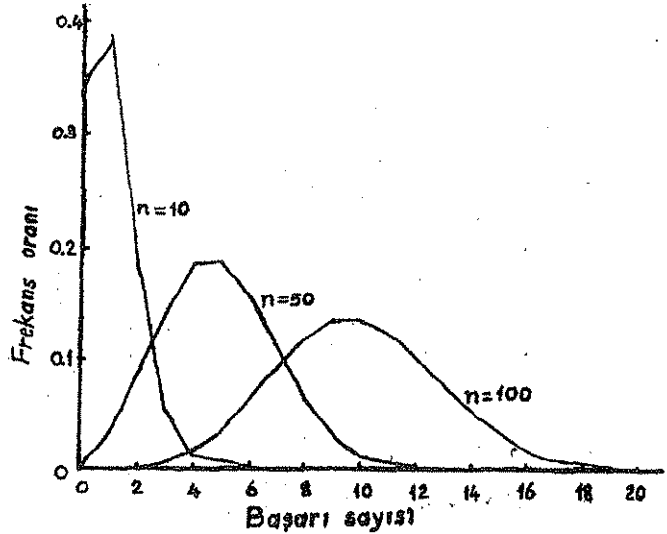
$$P(r) = {}^n C_r p^r q^{n-r}, q = 1 - p \quad (60)$$

formülüyle verilir. Bu formül $(p + q)^n$ Binom açılımının r 'inci terimi olduğundan bu dağılıma "Binom Dağılımı" denilmektedir. r değeri n sayıda bireyi içeren örneklerde saptanan bir değişken olduğundan, r 'nin dağılımı bir örnek dağılımı olmaktadır. Bu dağılımın r ortalaması ve σ standart sapması,

$$\bar{r} = np, \sigma = \sqrt{npq} = \sqrt{np(1-p)} \quad (61)$$

olarak verilmektedir. O halde kontrol sınırları bu değerlere göre saptanacaktır.

n sayısı büyüdükçe ve p küçüldükçe Şekil 3'te görüldüğü gibi Binom dağılımı biçim olarak normal dağılıma yaklaşmaktadır. Bu benzerlikten yararlanarak hatalı ürün oranlarının ya da hatalı ürün sayılarının kontrolü için normal dağılım için tanımlanan uyarma ve eylem sınırları kullanılabilir.



Şekil 3. Farklı n değerleri için $(0.9 + 0.1)$ Binom açılımından elde edilen frekans dağılımları

Bunlar hatalı ürün oranı, p , için

$$\begin{aligned} \bar{p} \mp 2\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n} & \text{ Eylem sınırları} \\ \bar{p} \mp 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n} & \text{ Uyarma sınırları} \end{aligned} \quad (62)$$

hatalı ürün sayısı, r , için

$$\begin{aligned} \bar{np} \mp 2\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} & \text{ Uyarma sınırları} \\ \bar{np} \mp 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} & \text{ Eylem sınırları} \end{aligned} \quad (63)$$

olacaktır.

Bir başka tür değişken de az rastlanan olayların belirli bir zaman süresi içindeki sayısı olarak ortaya çıkan, iplik kopmaları, tezgah duruşları gibi olaylardır. Bu olaylarda olayın ortaya çıkma olasılığı çok düşük ve belirsizdir. Ama eşit zaman aralıklarında ortaya çıkan belirli bir olay sayısı, x , saptanabilmektedir. Bu olayların olasılık yoğunluk fonksiyonu, ortalama değer m 'yi içeren,

$$p(x, m) = \frac{e^{-m} m^x}{x!} \quad (64)$$

biçimindedir. "Poisson Dağılışı" olarak bilinen bu dağılım da binom dağılımında olduğu gibi ortalama değer büyük olduğu durumlarda normal dağılıma benzemektedir. Diğer yandan bu dağılımın standart sapması m olarak verilmektedir. O halde Poisson dağılımı ile modellenen olayların kontrolü için düzenlenecek kontrol kartlarında,

$$\begin{aligned} m \mp 2\sqrt{m} & \text{ Uyarma sınırları} \\ m \mp 3\sqrt{m} & \text{ Eylem sınırları} \end{aligned} \quad (65)$$

kullanılacaktır. Eğer Poisson dağılımı hatalı ürün oranlarının kontrolü için uygulanırsa o zaman kontrol sınırları

$$\begin{aligned} \bar{p} \mp 2\frac{m}{n} & \text{ Uyarma sınırları} \\ \bar{p} \mp 3\frac{m}{n} & \text{ Eylem sınırları} \end{aligned} \quad (66)$$

olarak düzenlenecektir. Burada n örnek büyüklüğüdür.

4.3. Grup Kontrol Kartı Uygulaması

Tekstilde iplik makinası gibi çok sayıda verim ünitesine sahip olan makinelerde kontrol kartı uygulaması çok sayıda örnek alma ve test işlemini içereceğinden zordur. Kaldı ki bu makinelerden bir

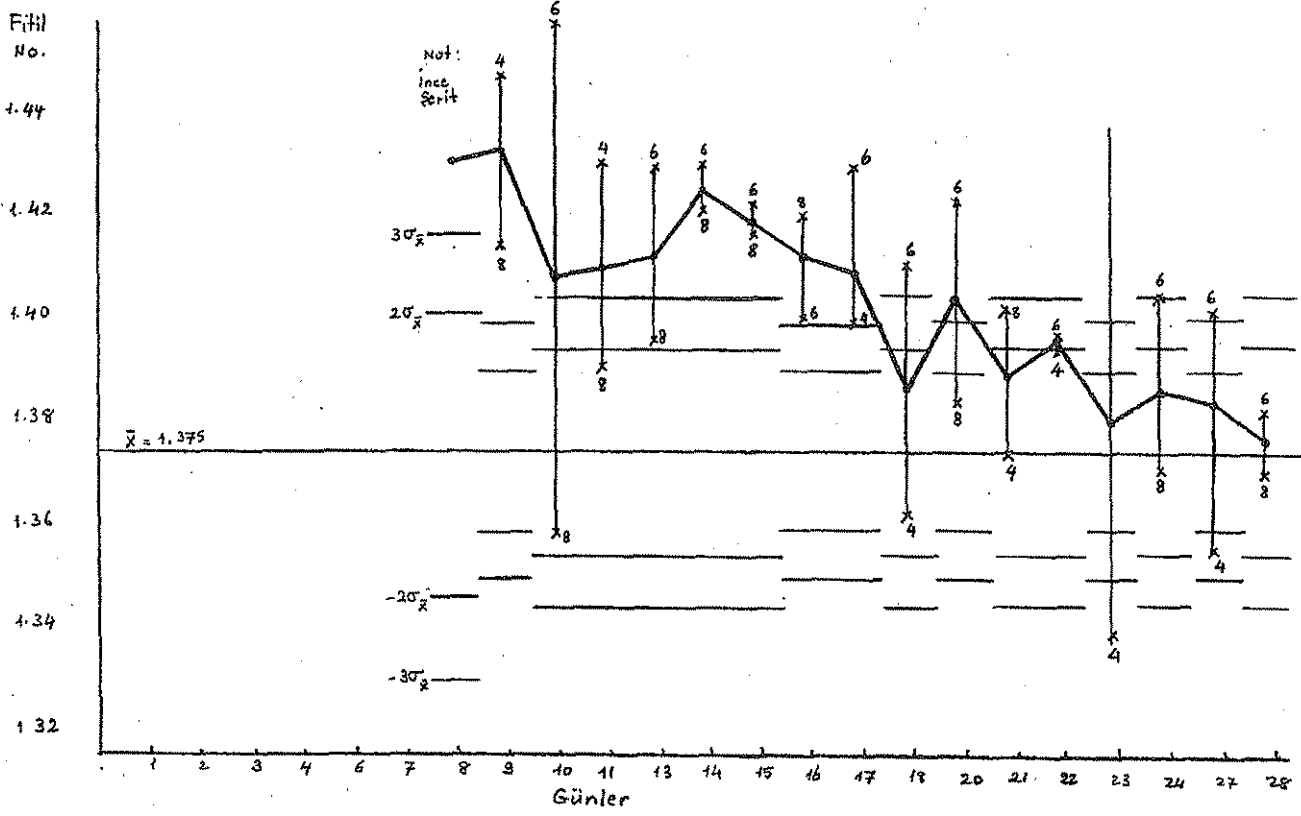
işletmede çok sayıda bulunmaktadır. O zaman aynı tip ürünü üreten aynı özelliklerde bir grup makina tek bir kontrol kartı ile denetlenir. Ancak bu yapılırken üretim işleminin gelişimi ile ilgili bilgi kaybını en aza indirici bazı yöntemler uygulanır.

İplik işletmesinde numara kontrolü için yapılacak grup kontrol kartı uygulamasında gruba giren makina sayısı örnek büyüklüğü olarak alınacak, her makinadan bir kops alınarak grup için hesaplanan ortalama numara kontrol kartına bir nokta olarak işlenecektir. Bunun yanısıra o ölçüm devresinde en düşük numarayı veren makinanın numarası ile en yüksek numarayı veren makinanın numarası da noktalar olarak karta işlenip bu üç nokta düşey eksene paralel bir doğru ile birleştirilecektir. Böylece birbirini izleyen devrelerde kartta numarası çok tekerrürlenen makinalar izlemeye alınabileceği gibi, kontrol sınırlarının aşılması durumunda işlemden bir bozulma olduğu saptandığında bunun kaynağı, geriye gidilerek, önce bu makinelerde aranabilir; ikinci aşamada tüm grupta ya da beslenen hammadde de olası değişimler üzerinde durulabilir.

1988 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü ile Sümerbank Genel Müdürlüğü arasında gerçekleştirilen "Sümerbank Eskişehir, İzmir ve Nazilli Basma Sanayii Müesseselerinde Entegre Kalite Kontrol Sistemi Kurulması ve Uygulaması Projesi" çerçevesinde yapılan uygulamada, iplik bölümlerinde makina gruplarındaki makina sayılarının sık sık değiştiği durumlara çözüm aranmıştır. Kapasitenin uygun kullanımı ve sipariş durumlarına uyma açılarından bunun olağan ve zorunlu bir uygulama olduğu da görülmüştür. Bu duruma çözüm olarak gruptaki makina sayısındaki değişmelerle, yığın için (gruptaki tüm makinelerin üretimi için) kontrol kartlarının düzenlenmesinde temel değerler olarak kullanılan genel ortalama ve genel standart sapmanın değişmeyip, yalnızca örnek büyüklüğünün değiştiği varsayımı yapılarak "Değişken Kontrol Sınırları kullanılmıştır. Herhangi bir dönemde makina sayısı değişmişse, kontrol sınırları Formül (55)'ten standart hata yeni makina sayısına göre hesaplanarak yeniden belirlenmiştir. Böyle bir uygulama Şekil 4'te verilen grafikte görülmektedir. Tablo 2'de 24 Ne pamuk ipliği için uygulanan değişken kontrol sınırları verilmektedir.

4.4. Makina Verimliliği ve Kalite İlişkisi

Gerek hammaddeden kaynaklanan düzgünsüzlükler, gerekse makina ve işçiden kaynaklanan düzgünsüzlük ve hatalar, sık sık üretim kesintilerine yol açtıkları gibi fireleri de artırır. Bunun sonucu hem makina verimliliği hem de hammadde verimliliği düşerek produktivite bundan önemli ölçüde ve çeşitli biçimlerde etkilenir. Bu nedenle kontrol kartlarının uygulanmasıyla yapılan etkin istatistiksel kalite kontrolü önemlidir.



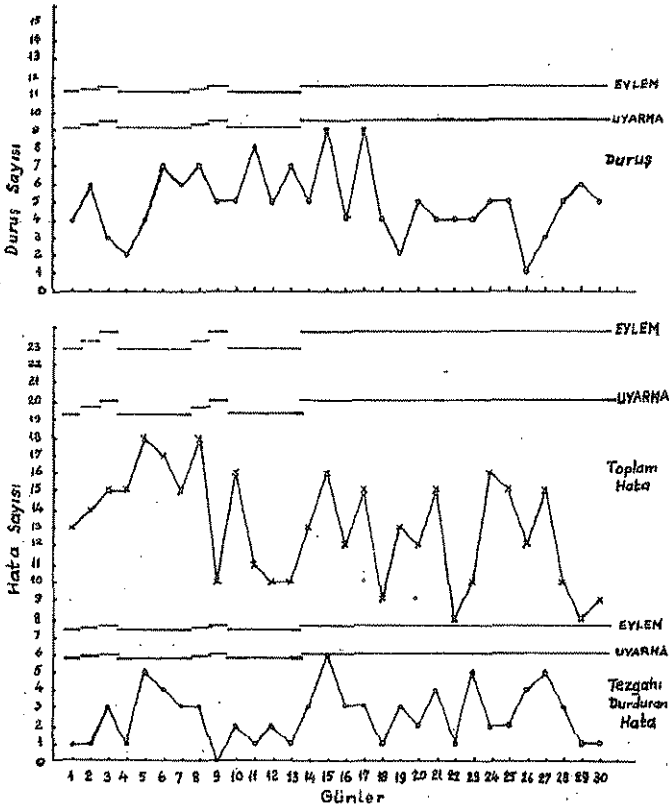
Şekil 4. 1.90 Ne Karde Fıtil Kontrol Kartı

Ne var ki, bazı durumlarda üretim kalitesinin doğrudan ölçülmesinde hem teknik açıdan hem de ekonomik nedenlerle güçlükler vardır. Bu durumda prosesin kontrol altına alınması kalitenin de kontrol altında tutulmasını sağlayabilir. Ürün kalitesi ile üretime ilişkin bir başka gösterge arasında yakın bir ilişkinin olduğu durumlarda kalitenin dolaylı olarak izlenmesi yoluna gidilebilir. Tekstil işlemlerinden iplik eğirme ve dokuma işlemleri bunun tipik örnekleridir. İplik üretiminde iplik kopmaları hammaddenin yetersizliği, ipliğin mukavemetsizliği, iplik düzgünsüzlüğü gibi kalite ile ilgili sorunlardan kaynaklanır. Bu nedenle kopuşların izlenmesi ve kontrolü kaliteyi de dolaylı olarak etkileyecektir. Dokuma işleminde de tezgah duruşu çok kez iplik kalitesi ve tezgah ayarsızlıkları gibi kumaş kalitesini etkileyen faktörlerden kaynaklandığı gibi, dokuma hataları da çok kez duruşla birlikte ortaya çıkar ya da duruşa yol açarlar.

1988 yılında yukarıda sözü edilen Sümerbank fabrikalarının dokuma işletmelerinde yapılan çalışmalarda anlık ve periyodik gözlemlerle saptanan duran tezgah sayıları ile kumaş oluşum çizgisinin hemen önünde yine anlık ve periyodik gözlemlerle saptanan ve tanımlanan kumaş hatalarının kontrol kartları ile izlendiği bir sistem geliştirilerek uygulanmıştır. Bu kartların düzenlenmesinde Poisson dağılım modeli temel alınmıştır.

Kumaş hataları her gözlemlerde hatanın oluş sebebine ve hata türüne göre yapılan bir sınıflandırmaya dayalı olarak Şekil 5'te verilen bir tablo düzeninde saptanmaktadır. Benzer biçimde tezgah duruşları, duruş sebebi ve duran makina numarası belirtilerek Şekil 6'da verilen bir tablo düzeninde saptanmaktadır. Ayrıca iki ayrı bilgisayar programı yapılarak duruş ve hataların ayrıntılı analizleri aylık bazda kümülatif değerlendirmelerle yapılmıştır.

Kumaş hataları, duruşa sebep olan hatalar ve duruşa sebep olmayan hatalar olmak üzere ayrı sayılar olarak kontrol kartlarına işlenmiş, duruş kontrol kartı ile hata kontrol kartı zaman skalaları çakışık biçimde alt alta çizilmiştir. Böylece grafiksel inceleme ile hatalar ile duruşlar ya da kalite ile produktivite arasındaki etkileşimleri veya ilişkileri inceleme olanağı da sağlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Dokuma salonunda 42 tezgahtan oluşan bir grup duruş ve hata sayıları için uygulanan grup kontrol kartları

Bilgisayar programı ile yapılan duruş analizleri hem makina grubu olarak genel, hem de makina bazında özel olarak randıman bazında düzenlenmiştir. Böylece makina randımanı ve daire randımanı karşılaştırmalı olarak bir tabloda incelenebilmektedir.

5. SONUÇ

Produktivite, ücret ve kalite, bir başka açıdan bakıldığında, makina, insan ve ürün birbirleriyle sıkı ilişki içinde birbirlerini etkileyen işletme öğeleridir. Daha geniş açıdan bakıldığında bunları yönlendiren sermaye ve talep öğeleri de buna eklenebilir. Bu öğeler arasındaki duyarlı dengeleri ve analitik bir yaklaşımla açık bir biçimde ortaya konmuş gerçek ilişkileri dikkate almadan yapılacak uygulamalar, verilecek kararlar, hele bu kararlar genel ilke kararları ise, beklenmeyen sonuçlar verecektir. Uygulama ve kararlar, işletme ya da firma yapısında üretim salonlarından yönetim odaları düzeyine çıktıkça kritik önem taşırlar. Bu makalede bu konulara açıklık getirip, doğru yolda yürümek için bir çizgi oluşturulmaya çalışılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Başer, G. 1971 - 1972. Tekstil Fabrikalarında Gerçek Kapasitenin ve Gerekli İşçi Kadrosunun Bulunması, Mensucat Meslek Dergisi, Cilt XXIV (1971), sayı 12, Cilt XXV (1972), Sayı 1,2
- Başer, G. 1972 - 1973. İşçinin Birden Fazla Makinaya Bakması Halinde Makina Veriminin Bulunması için Yeni Bir Metod, Mensucat Meslek Dergisi, Cilt XXV (1972), sayı 5, 6, 9, 11, 12, Cilt XXVI (1973), sayı 1.
- Başer, G. 1980. Ücret ve Verimlilik, Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Dergisi, Cilt I, Sayı 2.
- Başer, G., Kırtay, E. 1987. Kalite Semineri, Sümerbank Genel Müdürlük İdari İşler Daire Başkanlığı Eğitim ve Yayın Müdürlüğü.
- Başer, G. 1988-1. Değişik Çalışma Koşullarında Tekstil Makinalarının Verimliliğini Hesaplayan Bir Bilgisayar Programı, Tekstil ve Makina Dergisi, IV. Tekstil Sempozyumu Özel Sayısı, s.320
- Başer, G. 1988-2. Bir İşçi Tarafından Bakılan Bir Grup Makinanın Verimliliğinin Hesaplanması İçin Matematiksel Bir Yaklaşım, Tekstil ve Makina, Yıl:2, Sayı,11.
- Bunday, B.D., Jackson, A.H. 1975. The Efficiency of A set of Machines Bidirectionally Traversed by One Operative When Walking Time is Constant, Jour. Text. Inst. Vol.45, T 886.
- Jones, D. 1971. H.B. Maynard, Work Measurement of Multimachine Assignments, Industrial Engineering Handbook, Mc Graw Hill Book Company Inc. New York, Toronto, London
- O'Connor, T.F. 1965. Profitable Productivity, Emmott and Co. Ltd., Manchester.