

***CPM ( Kritik Yol Metodu ) İle Planlama***

***( Yüksek Lisans Tezi )***

***Mustafa BİÇER***

***Eskişehir - 1995***

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
YÖNETİM - ORGANİZASYON BÖLÜMÜ

CPM ( KRİTİK YOL METODU )  
İLE PLANLAMA

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Birol TENEKECİOĞLU

Mustafa BİÇER

Anadolu Üniversitesi  
Merkez Kütüphane

Eskişehir - 1995

## **ÖZET**

Bu çalışma ile planlama tekniklerinden CPM ( Critical Path Method - Kritik Yol Metodu ) üzerinde durulmuş ve bu teknikle toprak sanayinin en önemli makinelerinden biri olan vakumlu çamur makinesi için bakım planı hazırlanmıştır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde; Planlama, proje ve PERT ( Program Evaluation and Review Technique - Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği ) hakkında temel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde; CPM üzerinde durulup, CPM ile ilgili teorik bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; CPM tekniği uygulanarak bakım planı hazırlanmıştır.

Dördüncü bölümde; Sonuçlar tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

## *SUMMARY*

In the study the CPM ( Critical Path Method ), one of the planning techniques, is used by preparing a revision plan for a vacuum mixer, which is one of the most important machines in the clay industry.

These study consists of four parts.

The first part; planning, project and basical information about PERT ( Program Evaulation and Review Technique ) is given.

In the second part; theoretical information about CPM is given.

In the third part; a revision plan is prepared using the CPM technique.

The last part; the results are discussed and suggestions are presented.

## ***İÇİNDEKİLER***

### **Sayfa No**

GİRİŞ .....	1
-------------	---

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **PLANLAMA ve PROJE**

A.) PLANLAMA .....	4
1.) Planlamanın Adımları .....	5
2.) Planlamanın Yararları .....	6
3.) Planlamanın Olumsuz Yanları .....	6
4.) Planın Özellikleri .....	8
5.) Planlama ve Kontrolün İşletmelerde Kullanılması .....	8
B.) PROJE ve PROJE YÖNETİMİ .....	9
1.) Proje Yönetimi .....	10
a.) Proje Yönetiminin Amaçları.....	10
b.) Proje Yönetiminin Fonksiyonları .....	10
i.) Proje Amaçlarının Belirlenmesi .....	10
ii.) Projenin Belirlenmesi .....	11
	iv

iii.) Planlama .....	11
iv.) Örgütlenme, Yönlendirme ve Koordinasyon .....	11
v.) Denetim .....	11
vi.) Değerlendirme .....	11
c.) Proje Yönetiminin Örgütlenmesi .....	11
2.) Proje Planlama .....	14
a.) İşlem Tanımlama .....	14
b.) Kaynak Belirleme .....	14
c.) Süre Belirleme .....	15
d.) İşlemleri İlişkilendirme .....	15
i.) Bitişten - Başlangıça İlişki .....	15
ii.) Bitişten - Bitişe İlişki .....	15
iii.) Başlangıçtan - Başlangıça İlişki .....	15
iv.) Başlangıçtan - Bitişe İlişki .....	16
e.) Örgütlenme .....	16
f.) Yürütme .....	16
g.) Kontrol .....	16
h.) Revizyon .....	17
1.) Raporlama .....	17
3.) Proje Planlama Teknikleri.....	17
a.) Çubuk ( GANTT ) Şemaları .....	17
i.) GANTT Şemalarının Yararları .....	17
ii.) GANTT Şemalarının Sakıncaları .....	18
b.) Serim ( Ağ, Şebeke ) Modelleri .....	18
C.) PERT YÖNTEMİ .....	19
1.) İstatistiksel Kavramlar .....	19
a.) Temel Olasılık Kavramları .....	19
b.) Rastlantısal Değişkenler .....	21

i.) Süreksiz Rastlantısal Değişkenler .....	21
ii.) Sürekli Rastlantısal Değişkenler .....	24
2.) İki Önemli Olasılık Dağılımı .....	25
a.) Normal Dağılım .....	25
b.) Beta Dağılım .....	28
3.) Süre Kestirimleri ve Zaman Hesapları .....	30
4.) Toplam Proje Süresinin Dağılımı .....	33

## İKİNCİ BÖLÜM

### CPM (CRITICAL PATH METHOD)

A.) SERİM .....	37
1.) Serimin Oluşturulması .....	38
a.) Ok Çizitleri .....	39
Serim Oluştururken Dikkat Edilmesi Gereken Kurallar	41
b.) Öncelik Çizitleri .....	41
2.) Serimin Doğrulanması .....	43
3.) Döngü Belirleme Yöntemleri .....	44
a.) Topolojik Sıralama Yöntemi .....	44
b.) Bitişiklik Matrisi Yöntemi .....	45
4.) Serimin (Ağların) Yenilenmesi .....	45
5.) Serimle Planlama ve Denetim Evreleri .....	46
B.) CPM'DE ZAMAN .....	47
1.) Proje Süresinin Bulunması .....	47

a.) İşlemlerin En Erken Gerçekleşme Zamanları (Baştan Sona Doğru Hesaplama) .....	47
b.) İşlemlerin En Geç Zamanları (Sondan Başa Doğru Hesaplama) .....	49
2.) Kritik Yolun Bulunması .....	50
3.) İşlem Boşlukları .....	50
C.) CPM' DE SÜRE - MALİYET ANALİZİ .....	51
Süre - Maliyet Eğrisinin Oluşturulması .....	54
D.) CPM' DE KAYNAK KULLANIMI .....	54
Kaynak Kullanım Yöntemleri .....	55
a.) Kısıtlı Kaynak Yöntemleri .....	55
b.) Kısıtsız Kaynak Dengelemesi .....	56
c.) Uzun Vadeli Projelerde Kaynak Ataması .....	56
E.) CPM' DE BİLGİSAYAR KULLANIMI .....	56

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### UYGULAMA (CPM İLE BAKIM PLANLAMASI )

1.) Mevcut Sistem Hakkında Bilgiler .....	59
2.) Bakım Planlaması Neden Gereklidir ? .....	59
3.) Makinenin Tanıtılması .....	60
a.) Vakumlu Çamur Makinesinin Tanıtılması .....	60
b.) Makinenin Demontaj ve Montajı .....	60
4.) CPM ile Bakım Planlaması .....	92
a.) Serimin Çizilmesi .....	92



b.) İşlemlerin En Erken Tamamlanma Zamanları (Baştan Sona Doğru Hesaplama) .....	94
c.) İşlemlerin En Geç Tamamlanma Zamanları (Sondan Başa Doğru Hesaplama) .....	98
d.) İşlemlerin Toplam ve Serbest Boşlukları .....	102
e.) Kritik İşlemler ve Kritik Yolun Belirlenmesi .....	105
SONUÇ ve ÖNERİLER .....	108
KAYNAKLAR .....	i - iii
EKLER (1 - 2) .....	iv - xvii

## **GİRİŞ**

Günümüzdeki rekabet koşullarında, firmaların ayakta kalabilmesi için verimli çalışmaları esastır. Verimli çalışma için firmalar hem çıktılarını artırmak, hem de girdilerini azaltmak zorundadır. Bu da etkin ve planlı çalışma ile gerçekleşir. Firmalar verimli çalışma ile maliyetlerini azaltarak rekabet eder duruma gelebilirler.

Bu rekabet koşullarında işletmeler, yönetim, finans, pazarlama, üretim, personel, muhasebe, araştırma - geliştirme ve halkla ilişkiler fonksiyonlarını tam olarak yerine getirmek zorundadırlar. Bu fonksiyonların biri veya birkaçının eksik olması işletmelerin başarısız ve hatta yok olmasına neden olabilir.

Yönetimin temel fonksiyonlarından birisi de planlamadır. İşletmeler, yapacakları işleri planlamalı ve bu planı uygulayarak gerekli işleri, gerektiği zamanda yerine getirmelidirler.

Planlama, yönetime önemli yararlar sağlayan bir işlemdir. Çünkü planlama ile yöneticiler geleceği görebilirler. Planlamanın bu yararlarından dolayı da planlama, planlama teknikleri ve en yaygın planlama tekniklerinden birisi olan CPM (Kritik Yol Metodu) üzerinde durulmuştur.

Planlama teknikleri olarak GANTT (Çubuk) Şemaları ve Serim Modelleri (PERT/CPM) en yaygın olarak kullanılan tekniklerdir.

GANTT Şemaları Henry Gantt tarafından geliştirilmiş, az işlemli ve basit planlar için yeterli bir yöntemdir. Ancak, plandaki işlemlerin sayısı ve birbiri ile olan ilişkiler arttıkça bu teknik yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla da 1950'li yıllarda Serim Modelleri olarak bilinen PERT (Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği) ve CPM (Kritik Yol Metodu) Teknikleri geliştirilmiştir.

Serim modelleri olarak bilinen yöntemde işlem yoğunluğu Gantt yöntemine göre fazladır. Ancak bilgisayarların işletmelerde yaygınlaşması, CPM ve PERT ile ilgili bilgisayar programlarının yazılması ile piyasada bol ve ucuz olarak bulunması, bu tekniğin yaygın olarak kullanımını arttırmaktadır.

CPM'in kullanıldığı alanlarından biri de bakım planlamasıdır. Bakım planlaması ile işletmeler daha önceden, olabilecek makine ve araçlardaki arıza ve duruşları en aza indirerek üretimlerini en üst seviyede tutmak amacını taşırlar. Bu amaçlarda bakım planı hazırlanırken CPM kullanılarak işletmelere büyük yararlar sağlanabilir.

CPM' in ve bakım planlamasının, firmalara sağlayacağı büyük faydalardan dolayı böyle bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmadaki amaç, işletmelerin arıza ve duruşlarını CPM tekniği kullanarak minimize edecek bakım planı hazırlayarak işletmelerin üretimlerini maksimum seviyede tutmaktır. Bu da işletmelerin verimini artırması demektir.

Bu çalışma, dört bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde; Planlama, proje, ve PERT hakkında temel bilgiler verilerek ikinci bölüme geçilmiştir.

İkinci bölümde; Serim modelleri, serim ve CPM hakkında bilgiler verilip uygulamaya geçilmiştir.

Üçüncü bölümde; uygulama olarak CPM ile bakım planı hazırlanmıştır. Bu amaçla bakım planı hakkında bilgilere yer verilerek planlamanın yapılacağı işletme ve makine tanıtılmıştır. Daha sonra CPM tekniği ile bakım planının hazırlanmasına yer verilmiştir

Çalışmanın son bölümü olan dördüncü bölümde; sonuçlar üzerinde durulup gerekli öneriler ve tavsiyeler sunulmuştur.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **PLANLAMA ve PROJE**

#### **A.PLANLAMA**

Plan; Birden fazla amaç saptamak ve bunlardan gelecekte en uygun düşünülünü kabul etmektir. <sup>(1)</sup> Planlama ise bir amacı gerçekleştirmek için en uygun davranış biçimini seçme ve geliştirme niteliği taşıyan bilinçli bir süreç olarak tanımlanabilir <sup>(2)</sup>

Planlar, amaçları gerçekleştirmek için kuruluşun elindeki imkan ve kaynakların tahsis edilmesi, yapılacak işlerin zamana bağlı olarak programlanması, bunları yapacak personele görevlerin dağıtılması ile ilgilidir. Böylece planlar, amaçları gerçekleştirmenin yollarını belirler. <sup>(3)</sup>

Yönetimin ilk süreci olan planlamada nereye, niçin, nasıl, hangi amaç ve yöntemlerle, kimlerle, ne zaman ve nerede ulaşılabacağı belirlenir. Bu, bir işi gerçekleştirmeden önce düşünme, ortaya koyma, seçme, tercih etme ve karar verme gibi çeşitli işlerin yapıldığı bir işlemdir. Bu işlemde yapılacak hatalar, amaçlar, araçlar, yöntemler ve insanlarla ilgili yapılacak tahmin ve

<sup>(1)</sup> ÖZALP İnan, *Yönetim ve Organizasyon*, 1.Cilt, 2.Baskı, Eskişehir, 1992, s.121.

<sup>(2)</sup> TOSUN Kemal, *İşletme Yönetimi*, 1.Cilt, 6.Baskı, Ankara, 1992, s.199.

<sup>(3)</sup> EREN, Erol, *Yönetim ve Organizasyon*, İst. Ün., İşletme Ekonomisi Dizisi, No:33, 2.Baskı, İstanbul, 1993, s.95.

hesaplardaki yanlışlar, yönetimin başarısız olmasına neden olabilir.<sup>(2)</sup> Bu nedenden dolayı da doğru bir plan için doğru adımların atılması gereklidir.

### ***1.) Planlamanın Adımları***

Bir plan aşağıdaki adımlar ile gerçekleştirilir. Bunlar,

#### ***a.) Amaçların Belirlenmesi***

Amacı olmayan çaba ve faaliyetlerin bir yöne yoğunlaştırılması, emekleri ve harcamaları israf etmeden yöneltmek mümkün değildir.

Amaçlar, faaliyetlerin niçinini oluşturur.<sup>(4)</sup> Amaçları açıkça belirlenmemiş işlerin başarıya ulaşması mümkün değildir. Bir işin başarılı olması için mutlaka gerçekçi amaçlar belirlenmeli ve açıkça ifade edilip ilgililere amaç tanımlanmalıdır.

#### ***b.) Amaçlara Erişmek İçin Varsayımların Saptanması,***

Amaçlara ulaşmak için işletmenin içindeki ve dışındaki mevcut koşulların belirlenmesi gereklidir. Bu koşullar açık bir şekilde belirlenir ve ilgililerce bilinirse, planın uyumlu bir bütün olarak oluşturulması ve aynı biçimde uygulanması olanaklıdır.<sup>(4)</sup>

Planlama ilgili varsayımları, denetlenemeyen varsayımlar (Tamamen işletmenin dışındaki vergi oranları, nüfus artışı gibi), kısmen denetlenebilen varsayımlar (Kısmen işletmenin denetimindeki işçinin eğitimi, kalite artışı gibi) ve denetlenebilen varsayımlar (tamamen işletmenin kontrolündeki, prim dağıtmak gibi) olarak üçe ayırabiliriz.<sup>(5)</sup>

#### ***c.) Seçeneklerin Karşılaştırılması***

Amaca ulaşmak için seçenekler tanımlanıp belirlendikten sonra bu seçenekler arasında karşılaştırmalar yapılmalıdır.

<sup>(4)</sup> TOSUN, s.207.

<sup>(5)</sup> ÖZALP, s.135.

### ***d.) Seçenekler Arasından En Uygun Olanının Seçilmesi***

Seçenekler arasında karşılaştırmalar yapıldıktan sonra bu seçeneklerden en uygun olan seçenek amaçla göre seçilmelidir.

### ***2.) Planlamanın Yararları***

Planlamanın başlıca yararları şunlardır.

- Zamanın ve işgücünün boşa harcanmasını azaltır,
- Yöneticilerin dikkatini amaca çeker,
- Çabaları düzenleştirmeyi sağlar,
- Tüm olanakların amaca yönelip yönelmediğinin denetimini sağlar,
- Daha rasyonel kural ve ilkelerin geliştirilmesine olanak sağlar,
- Yetki devrini kolaylaştırır,
- Denetimde kullanılacak standartları ortaya çıkarır.<sup>(6)</sup>

### ***3.) Planlamanın Olumsuz Yanları***

Planlamanın yukarıda sayılan yararların ışığında kötü bir planın dahi plansızlıktan çok daha yararlı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak, planlamanın da bazı olumsuz yanları olabilir. Bu olumsuz yanlar şunlardır.

- Planlama için, önemli derecede zaman ve enerji harcanması gerekir. Yüksek nitelikli ve pahalı işgören ve araçları gerektirdiğinden, her işletme bu yükü kolayca göze alamaz.

- Planlarda önemli eksikliklerin bulunması, çok uzun veya çok kısa bir süreyi kapsamaması, amaçlardan çok dilek ve istekleri içermesi gibi durumunda hatalı yol izleneceğinden amaçlardan uzaklaşılabilir.

- Bireylerin dikkatlerini gereğinden fazla geleceğe çevirmesine ve içinde bulunduğu zamanı dikkate almamasına yol açabilir.

<sup>(6)</sup> CEMALCILAR, İlhan ve diğerleri, s.100.

- Planlama ne kadar önceden yapılacağı ve hangi ölçüde ayrıntılı planlanacağına hatalı seçilmesi de planın doğruluk derecesini azaltır. Planın doğruluğu için en uygun planlama dönemi ile kapsamın seçilmesi temel zorunluluktur.

- Planlama için harcanan zaman da önemlidir. Koşulların hızla değiştiği günümüzde çok hızlı karar almak gerekir. Gerekli araştırma ve incelemeler yapılmadan acele ile yapılan planlar, işletmelerin amaçlarına ulaşmalarına engel olur.

- Planlar, belli bir çalışma düzeni ve standart yöntemler ortaya çıkarır. Bu da insanların üzerinde bir kontrol aracı olarak algılanmasına neden olabilir. Bu durumda bir direnme ve karşı koyma durumu ortaya çıkabilir. Bu direnmeyi kırmak için, planın sahiplenilmesi ile planı uygulayacak kişilerin de bilgilerine başvurulması ve planın yararları ile amaçları hakkında bilgi verilip planın işletmeye mal edilmesi gerekir. Ayrıca gerektiğinde değişen koşullara göre plan revize edilmeli ve tepkilere göre alınacak tedbirler de planlanmalıdır.

- Planı, uygulama durumunda bulunan kişiler plana bağlı kalacağından, kendi bilgi ve becerilerini kullanmasına imkan tanınmaz. Bu çalışanların girişim güçlerinin körelmesine ve bir tür otomat durumuna gelmesine neden olabilir. Bunu önleyebilmek için planı uygulayacak kişileri de planlamaya katarak, onların düşünce ve isteklerini dikkate alarak demokratik bir planlama yapılmalıdır. <sup>(7)</sup>

Planların işletmeye sağlayacağı yararlar yanında bu olumsuzluklar bir nebze göz ardı edilebilir. Bu sakıncalardan dolayı planlamadan kaçınmak yerine bu olumsuzlukları azaltacak ve hatta ortadan kaldıracak tedbirleri de alarak planlamaya gidilmelidir.

Başta da dediğimiz gibi, kötü bir plan dahi plansızlıktan daha iyidir. Burada olumsuzluk gibi görünen bu faktörler aslında planlamanın gereğidir.

---

<sup>(7)</sup> TOSUN, s.214.



#### **4.) Planın Özellikleri**

İyi bir planın taşınması gereken özellikler şunlardır:

- Plan açık, seçik ve geçerli bir amaca sahip olmalıdır.
- Planlar, işletmenin değişen iç ve dış koşullarına uygun, değişimlere çabuk uyabilecek esnek bir yapıda olmalıdır.
- En uygun maliyetle yapılmalı ve uygulanmalıdır.
- Planlama dönemi, şartlara en uygun olmalıdır.
- İşletmenin her tür politika ve şartlarına uygun olmalıdır.
- Plana karşı, beklenen tavır ve direnmeleri en aza indirmek ve kırmak için alınacak tedbirler de plana dahil edilmiş olmalıdır.
- Plan, uygulamacıların mevki ve sorumluluklarına göre eşit yük ve iş getirerek çalışanlar arasında bir denge sağlamalı, dengesizliğe yol açmamalıdır.
- İlave birimlere, elemana, mevki ve yetkilere fazla gerek kalmadan, işletmenin mevcut durumundan en fazla faydalanma imkanı taşınmalıdır.<sup>(8)</sup>

#### **5.) Planlama ve Kontrolün İşletmelerde Kullanılması**

İşletmeler, belli amaç ve hedefler belirleyip o amaca ulaşmak için çalışırlar. Bu amaçlara ulaşmak için işletmeler sahip olduğu kaynakları verimli bir şekilde (zaman, insan, makine, malzeme vb) kullanmak zorundadırlar. Bu da ancak etkili bir planlama ve kontrolla sağlanır. Planlar amaçlar doğrultusunda, kaynakların verimli olarak kullanımını gösterirler.

Planlama ve kontrol, yöneticiler arasında çekişme, engelleme, görüş ayrılıkları gibi bir takım istenmeyen durumların da ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durum işletmenin yapısına

---

<sup>(8)</sup> CEMALCILAR, s.102.

göre değişiklik gösterebilir. Planlama ve kontrolün organizasyonlara getirilmesi, iyi bir ön çalışma ve planlama gerektirir. Bunun içinde öncelikle aşağıda belirtilen konular üzerinde durulmalıdır.

- Planlama ve kontrole, üst yönetimin bakışı ve desteği,
- Planlama ve kontrol sistemi içindeki personelin tutum, davranış, destek ve eğitimi,
- Planlama işlemlerinin uygulanması ve gerekli kontrollerin yapılması,
- Kontroller sırasında çıkan aksalıklar ile planın revizyonu sırasında tespit edilen eksiklerin tespiti, düzeltilmesi, gerekli yerlere bilgi transferinin sağlanması ve transfer hızı.

Yukarıdaki bu hususlar dikkate alınarak yapılan bir ön çalışma ile yapılan bir plan ve kontrolün başarıya ulaşma şansı daha fazladır. Bu da işletmenin başarısıdır.

## ***B.PROJE ve PROJE YÖNETİMİ***

Bir defaya mahsus, bir işle veya üretimle ilgili tüm işlemlerin oluşturduğu her faaliyete Proje denir.<sup>(9)</sup> Belirli bir çevre içinde, kaynaklar (makine, insan, para, malzeme, bilgi) yardımıyla amaçlara ulaşmak için bir kez uygulanan büyük ölçekli üretim eylemine de Proje Tipi Üretim denir.<sup>(10)</sup>

Proje tipi üretimde diğer üretim tiplerinden farklı olarak, bir takım yönetim yöntemlerine gerek duyulur. Proje tipi üretimde bilgiler çoğunlukla ya yetersiz ya da hiç yoktur. Proje tipi üretim daha çok işlem, daha uzun süre ve maddi kaynak gerektirir. Ayrıca belli bir süre içinde proje gerçekleştirilir. Bu gereklerden dolayı proje yönetimi kavramına gerek duyulmaktadır.

<sup>(9)</sup> KARA, İmdat, Proje Yönetimi Ders Notları, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 1992, s.1.

<sup>(10)</sup> ÖZSU, Tamer, Proje Planlama ve Denetim Teknikleri, Türkiye Bilişim Derneği Yayınları, Ankara, 1986, s.1-3.

## ***1. Proje Yönetimi***

Proje yönetimi; Var olan çevre koşulları içinde, projenin yaşam döngüsüne bağlı olarak projeye ayrılan kaynakların, belirlenen amaçlara ulaşabilmek için en iyi biçimde kullanılması olarak tanımlanabilir.<sup>(10)</sup>

Bir projenin başarısı o projenin yönetilmesine bağlıdır. Proje yönetimin başarılı olabilmesi için yöneticiler amaçlara uygun olarak yönetimin temel fonksiyonlarını yerine getirmek üzere örgütlenmelidir.

### ***a.) Proje Yönetiminin Amaçları***

Proje yöneticilerinin ana amacı, projeyi tespit edilen veya belirlenen süreden daha önce, eldeki kaynakları en iyi şekilde kullanarak, istenilen niteliklere uygun olarak en az çelişki ve karışıklıkla tamamlamaktır.

Bu amaçların yanında biraz daha az önemli, fakat yine de önemli amaçlar olabilir. Bu amaçlar her projeye göre değişebilmesine rağmen, genel olarak; işin ve iş ortamının özelliklerine göre kaynak kullanımı ve iş akışına özen göstermektir.

Projeyi kısa sürede bitirmek isteği ile maliyeti azaltma isteği yöneticilerde çelişkiye sebep olur. Bu çelişkileri en aza indirmek de yöneticilerin önemli amaçlarındanıdır.

### ***b.) Proje Yönetiminin Fonksiyonları***

Yönetimin temel fonksiyonları proje yönetimi açısından incelendiğinde, aşağıdaki fonksiyonların yerine getirilmesi gerekir.

#### ***i.) Proje Amaçlarının Belirlenmesi***

Amaçlar açık, kesin ve uygulama açısından mantıklı bir biçimde tanımlanmalıdır.

## **ii.) Projenin Belirlenmesi**

Projenin kendi çevresi ile üst düzeydeki ilişkilerin (iletişim, yetki ve sorumlulukların) ortaya konmasıdır.

## **iii.) Planlama**

Proje amaçlarına ulaşmayı sağlayacak sürecin ayrıntılı olarak planlamasıdır.

## **iv.) Örgütlenme, Yönlendirme ve Koordinasyon**

Projenin uygulanmaya konulup, yönlendirilmesi ve koordinasyonun sağlanması işlerini kapsar. Bu işler; örgütlenme, personel temini, donanım temini, malzeme tedariki, iş dağıtımını ve koordinasyondur.<sup>(11)</sup>

## **v.) Denetim**

Plan doğrultusunda planın uygulanmasının ve yapılan işlerin plana uygunluğunun saptanmasıdır. Plandan sapmaların zamanında saptanıp, gerekli düzeltici önlemlerin alınması gereklidir.

## **vi.) Değerlendirme**

Amaçlara ulaşmadaki başarının ölçülmesidir. Bunun için;

- Performans standartları belirlenmeli,
- Bu ölçütlere göre, projenin gerçek başarısı ölçülmeli,
- Standartlar ve gerçek başarı karşılanmalı,
- Sonuçlar yorumlanmalı, özetlenip kullanılmak üzere arşivlenmeli ve ilgili yerlere gerekli bilgiler iletilmelidir.

## **c.) Proje Yönetiminin Örgütlenmesi**

Örgütlenme, işlerin yetki ve sorumlulukların saptanması ve dağıtılması işlemidir.<sup>(12)</sup> İnsanlara iş yaptırabilmek için, öncelikle

---

<sup>(11)</sup> ÖZSU, s.4.

<sup>(12)</sup> TOSUN, 226.

onları yönlendirmek ve kontrol etmek gerekir. Yönlendirme olmazsa, insanlar ne yapacağını bilemez. Yapılan işler kontrol edilmezse, o işin yapılıp, yapılmadığı bilinmez, hiç kimse de bu işlerin sorumluluğunu almaz. Ortaya bir karmaşa ve düzensizlik çıkar. Bu karmaşıklığı ve düzensizliği ortadan kaldırmak için örgütlenmek gerekir.

Her örgüt, belirli amaçları gerçekleştirmek için kurulur. Bu amaçların başında işlerini başarı ile yapmak ve varlığını sürdürmek gelir. Örgütler, işlerini başarı ile yapmak, devamını sağlamak ve ayakta kalmak için örgütlenmelidirler. Örgütler, işlerini yapmak için teknik olarak, devamını sağlamak için de işlevsel ve yönetsel olarak örgütlenebilirler.

Proje örgütleri ileriye dönük varlığını sürdürme amacı olmayan örgütlerdir. Belirli bir süre sonunda proje ekibi dağılır. Proje örgütlerinin en temel gayesi, amacı gerçekleştirmek, işi başarmaktır. Başka bir deyişle proje örgütlerinin amacı, proje süresi boyunca gerekli kaynakları gerekli yerlerde yeterli miktarda sağlamak ve üst yönetime bilgi aktarmaktır. Proje örgütleri bu bakımdan diğer örgütlerden daha küçük ve sade yapıdadır.<sup>(13)</sup>

Proje örgütlerinin devamlı bir yapıya dönüştürülmesi ile matriks organizasyon yapısı ortaya çıkar. Matriks organizasyon dikey ve yatay yetkilerin birleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan organizasyondur.<sup>(14)</sup>

Matriks organizasyonda fonksiyonel hizmetlerle ilgili (pazarlama, üretim, finans, personel) ve üretilen mal veya hizmetlerle ilgili iki ayrı organizasyon yapısı (işletmenin ürettiği malları veya gerçekleştirmeye çalıştığı projeleri içeren) bulunur. Matriks organizasyon, fonksiyonel yapı ile mamül yapısının en iyi yönlerini biraraya getirmek için oluşturulan yapıdır. Örgüt üyeleri de bu iki ayrı yapı içinde yer alarak iki ayrı üste karşı sorumlu olurlar. Dolayısıyla böyle bir yapıda yetki ve sorumluluklar birbiri ile karışabilirler.

<sup>(13)</sup> ÖZSU, s.9.

<sup>(14)</sup> ÖZALP, İnan, "Matriks Organizasyon Yapısı", ANADOLU ÜN.İ.İ.B.F.DERGİĞİ, C.VI, S.1, (Haziran 1988), s.19.

Matriks yapıdaki fonksiyonel yöneticiler kaynakların dağıtımını, işin teknik yönünün fiilen yapılması, gerekli teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması gibi konulardan sorumludurlar. Mal ve proje yöneticileri ise, projenin zamanında tamamlanması, mal dizaynı, bütçelenen sınırlar içinde kalması gibi konulardan sorumludur. Bunlar arasındaki anlaşmazlıkları tartışarak, görüşerek, birbirleri ile haberleşerek ve birbirlerini ikna ederek çözmek zorundadırlar. Bu nedenle matriks yapı, değişik davranışları öngören bir yapıdır.

Matriks yapının en önemli yanı fonksiyonel ve proje yöneticilerinin sahip oldukları otoriteyi birlikte kullanmak durumunda olmalarıdır. Matriks yapı sürekli haberleşme, sorunları açık olarak tartışma, yardımlaşma ve ikna gibi davranışlar gerektirir.

Matriks yapının işlemesi sırasında güç mücadeleleri, kararlarda gecikme, belirsizliğin yarattığı sorunlar, grupların oluşması ve gruplar arası çatışmalar, yönetici masraflarının artması, aşırı iş baskısının oluşturduğu davranış bozuklukları gibi sorunlarla karşılaşmak her zaman mümkündür. Bu olumsuzlukları önlemenin en önemli adımı matriks yapıdaki herkesi bu yapının özellikleri ile ilgili bir eğitimden geçirmektir. Diğer de örgüt kültürünün mümkün olduğu ölçüde matriks yapının başarılı olabileceği yönde geliştirmektir.

Matriks organizasyon genellikle aşağıdaki koşulların bulunması halinde başarılı olabilir.

- Çok büyük projelerin gerçekleştirilmesi durumlarında,
- Çok çeşitli bilgi ve yeteneklere en üst düzeyde ihtiyaç duyulduğu durumlarda,
- Belirli bir projenin gerçekleştirilmesi sırasında koşulların değiştiği durumlarda,
- Koordinasyon, sorun çözme ve zamanlama konularının karmaşık ve önemli olduğu durumlarda,

- Organizasyon üyelerinin ( personelin ) nitelikleri ve tutumları açısından profesyonel ve yarı profesyonel olmaları durumunda,

- Gelişmiş teknolojinin esas olduğu endüstri dallarında.

Sonuç olarak söylemek gerekirse; matriks organizasyon yapısı proje gruplarının devamlı bir yapıya dönüşmesinden oluşan organizasyondur. Proje örgütleri ise bir amacı gerçekleştirmek için kurulur. Projedeki işgücü sürekli değildir. Personel belli süreler için çalıştığından personel geçicidir. Bu da işgücünün normalden daha pahalı olmasına neden olur. Matriks yapı, genel ve proje organizasyonlarının iyi yönlerini kapsar. Ancak bu yapının da sakıncası vardır. Matriks yapıda, proje elemanları kendi bölümlerinin yöneticilerine karşı sorumlu olmalarına rağmen, iş yönünden proje yöneticilerine de bağlıdır. Bu da çalışan üzerinde olumsuzluklar yaratabilir. Bu nedenden dolayı yöneticilerin görev, yetki ve sorumlulukları açıkça belirlenip, çelişki ve tereddütleri en aza indirmek gereklidir.

## ***2. Proje Planlama***

Bir proje planlanırken aşağıdaki işlemlerin yapılması gerekmektedir.<sup>(15)</sup> Bu işlemler,

### ***a.) İşlem Tanımlama***

Projedeki her bir işlemin tanımlanması gerekir. İşlemlerin herbiri, başlı başına tanımlanan bir faaliyettir. Her işlem amaçlara göre tanımlanmalıdır.

### ***b.) Kaynak Belirleme***

Belirlenen işlemler için kaynaklar belirlenmeli veya bu kaynaklar tahmin edilmelidir.

---

<sup>(15)</sup> KARA, s.3.

### **c.) Süre Belirleme**

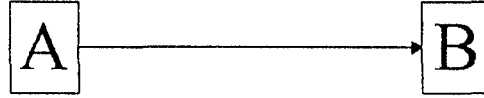
Herbir işlemin gerçekleştirilmesi için gerekli olan süreler belirlenmeli veya tahmin edilmelidir.

### **d.) İşlemleri İlişkilendirme**

Projelerde bazı işlemlerin başlaması veya bitmesi, başka işlemlerin başlaması veya bitmesine bağlıdır. Bu işlemler arasındaki ilişkileri dört başlık altında toplayabiliriz.<sup>(16)</sup>

#### **i.) Bitişten - Başlangıca İlişki**

Bir işlemin başlaması diğer bir işlemin bitmesine bağlıdır. Projelerdeki işlemler arasındaki genel ilişki bu çeşittir.



B işleminin başlaması için A işlemi bitmelidir.

#### **ii.) Bitişten - Bitişe İlişki**

Bir işlemin bitmesi için diğer bir işlemin bitmesi gereklidir.



B işleminin bitmesi, A işleminin bitmesine bağlıdır. B işlemi, A işleminin bitmesinden önce tamamlanamaz.

#### **iii.) Başlangıçtan - Başlangıca İlişki**

Bir işlemin başlaması, bir başka işlemin başlamasına bağlıdır.

<sup>(16)</sup> ÖZSU, s.32.

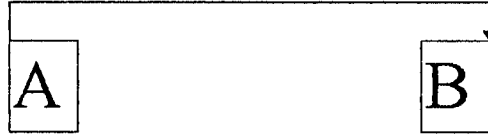




B işleminin başlaması, A işleminin başlamasına bağlıdır. B işlemi hiçbir şekilde A işlemi başlamadan önce başlayamaz.

#### ***iv.) Başlangıçtan - Bitişe İlişki***

Bir işlemin bitmesi, başka bir işlemin başlamasına bağlıdır.



B işleminin bitmesi, A işleminin başlamasına bağlıdır.

Bu ilişki türlerinin herbirinde, iki işlem arasında ilişkiler için süre de verilebilir. Bu süreye "Gecikme Faktörü" denir. <sup>(17)</sup> Bu süre, sonra gelen işlem ile önce gelen işlem arasında belirlenen ilişkinin kurulması için geçmesi gereken süreyi belirler.

#### ***e.) Örgütlenme***

Projeyi gerçekleştirecek insan, makine, malzeme gibi kaynakların temin edilmesi ve bir araya getirilmesidir.

#### ***f.) Yürütme***

Proje için gerekli olan kaynakların bir araya getirilmesinden sonra işlemlerin gerçekleştirilmesidir.

#### ***g.) Kontrol***

İşlemlerin, planda gösterildiği gibi kaynak ve süre kullanımına bağlı olarak gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrol edilmesi ve aksaklıklar ile sapmaların tespit edilmesidir.

<sup>(17)</sup> ÖZSU, s.33.

## ***h.) Revizyon***

Planda sapmalar ve aksaklıklar tespit edildiğinde, bunun plana dahil edilmesi, sapma ve aksaklığı giderici önlemlerin alınması ve bunların ortadan kaldırılmasıdır.

### ***1.) Raporlama***

Yapılan işler ile bu işlerin hangi aşamada olduğu gibi projeye ilgili çalışmalar ve kontrollerin raporlanması gereklidir. Bunun için çalışma veya kontrol raporları hazırlanıp, ilgili yerlere (üst yönetim, ilgili çalışanlar vb.) ulaştırılmalıdır. Bunlar aynı zamanda projenin seyri ve gerçekleşmesi ile ilgili bir dökümantasyonu da sağlayacaktır.

### ***3.) Proje Planlama Teknikleri***

Proje planlama tekniklerini 2 grup altında toplayabiliriz.

a.) Çubuk ( GANTT ) Şemaları

b.) Serim ( Ağ, Şebeke ) Modelleri. <sup>(18)</sup>

#### ***a.) Çubuk ( GANTT ) Şemaları***

Henry GANTT tarafından geliştirilen bu yöntem, basit ve az işlemler için yeterli bir yöntemdir.

#### ***i.) GANTT Şemalarının Yararları***

Gantt şemaları son derece basittir ve işlemin süreleri kolayca görülebilir. Ayrıca bir zaman ekseninde gösterildiklerinden, herhangi bir zaman diliminde gerekecek kaynakların hesaplanabilmesi için bu yöntem son derece uygundur. <sup>(19)</sup>

---

<sup>(18)</sup> KARA, s.4.

<sup>(19)</sup> ÖZSU, s.15-16.

## **ii.) GANTT Şemalarının Sakıncaları**

Gantt şemalarında işlemlerin birbirleriyle olan ilişkileri tam olarak görülmeyebilir. İlişkiler tam olarak görülemediğinden, şemayı hazırlayan tek tek işlemleri ele alırken, o işlemten önce bitmesi gereken işlemleri düşünmeyebilir. Bu da bazı işlemlerin unutulmasına yol açabilir.<sup>(19)</sup>

Ayrıca şemalardaki herhangi bir işlemin gecikmesi durumunda bunun proje toplam süresini nasıl etkileyeceğini tam olarak görmek mümkün değildir. Bu olumsuzluklarından dolayı, planlama aracı olarak GANTT şemaları yerine Serim ( Ağ ) modelleri geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanılmıştır.

### **b.) Serim ( Ağ, Şebeke ) Modelleri**

GANTT şemalarındaki sakıncalardan dolayı 1950'li yıllarda Kritik Yol Metodu (CPM) ile Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi (PERT) olarak bilinen iki yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler Serim (Ağ, Şebeke) modelleri olarak da bilinir.

CPM, ABD DuPont firmasınınca, PERT ise Polaris Füze çalışmaları sırasında ABD Deniz Kuvvetlerince geliştirilmiş birbirinden bağımsız tekniklerdir. Buna rağmen tekniklerin mantığında benzerlik vardır. Her iki tekniğin mantığında, bir projenin işlemlere bölünmesi ve işlemlerin birbiriyle ilişkilerini göstermek üzere serimin (ağ, şebeke) oluşturulması vardır. Bu tekniklerin ikisinde de işlemler arasındaki ilişkiler rahatlıkla gösterilebilmektedir. Ayrıca işlemlerdeki meydana gelebilecek gecikmelerin, daha sonraki işlemler ile proje toplam süresini ne şekilde etkileyebileceğini rahatça görebilmek mümkündür.<sup>(20)</sup>

---

<sup>(20)</sup> ÖZSU, s.17.

## **C.) PERT YÖNTEMİ**

CPM yönteminde serimdeki işlemler için tek bir süre kestirimi yapılır. Fakat, bu süreler çok kesin ve iyimser olup, kestirimler yapılırken çevredeki olumsuzluklar gözardı edilir. Havanın bozulabileceği, kişilerin hastalanabileceği veya makinaların bozulabileceği gibi olumsuz durumlar gözönüne alınmaz. Projeyi etkileyen bu olumsuzluklar proje süresinin uzamasına neden olabilirler. Örneğin PERT yöntemini geliştiren ekibin yaptığı belirlemelere göre, o tarihlerde, işlem süre kestirimlerinin genellikle % 50 oranında aşıldığı anlaşılmıştır.<sup>(21)</sup>

PERT yöntemi, kestirimler yapılırken ve proje zamanı bulunurken, bu gibi faktörlerinde dikkate alınması gerektiği görüşünden hareketle geliştirilmiştir.<sup>(21)</sup> Buna dayanarak, işlem sürelerinin belirli bir dağılıma uyduğu ( yani bir istatistiksel dağılıma uyduğu ) kabul edilir. Bunun için de hesaplamalarda istatistiksel yöntemler kullanılır.

### **1.) İstatistiksel Kavramlar**

#### **a.) Temel Olasılık Kavramları**

Bir proje işleminin ne kadar süreceğini kestirmenin en emin yolu, geçmişteki benzer işlerin ne kadar sürdüğüne bakmaktır. Böyle bir inceleme dikkatli olarak yapılırsa, gerçek işlem süreleri arasında farklar olduğu görülecektir. Bunun başlıca nedeni ise, daha önce de belirtildiği gibi, o işlemin her gerçekleştirilişinde bazı faktörlerin değişiyor olmasıdır. Bazen havalar iyi gider, iş çabuk bitebilir, bazen de kötü hava koşulları nedeniyle daha uzun süre alabilir.

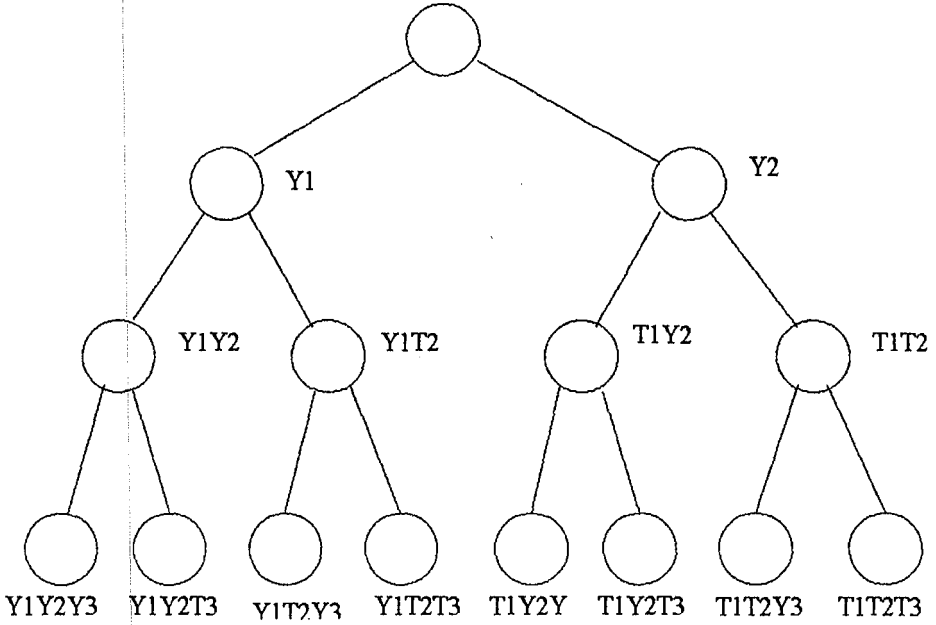
Tüm bu gibi işlere istatistikte deney adı verilir. Zar ve yazı - tura atmak ile bir proje işleminin süresini kestirmek deneydir. Deneyi yapan kişi, genellikle, o deney hakkında bir kaç şeyle ilgilidir. Deneyin ilgilenilen çıktılarının tümünü içeren listeye örnek uzayı adı verilir. Bir kez yazı-tura atma deneyinin örnek

<sup>(21)</sup> ÖZSU, s.83.

uzayı, bir yazı ile bir turadan oluşur. Projedeki bir işlemin süresini kestirme deneyinin örnek uzayı ise, o işlemin alabileceği süre değerlerinin tümünü içine alır.

Örnek uzaylarını ifade etmenin bir çok yolu vardır. Örneğin, üç kez yazı tura atmanın sıralı sonuçlarını içeren örnek uzayı Şekil 1.1' deki gibidir. Şekilde  $Y_i$ , i.inci deneyde yazı gelmesini,  $T_i$  ise i'nci deneyde tura gelmesini ifade etmektedir. Ayrıca, şeklin her bir düğümünde, o noktaya kadar yapılan deneylerin sonuçları sıralı olarak gösterilmektedir. Örneğin  $T_1Y_2T_3$ , ilk atışta tura, ikinci atışta yazı, üçüncü atışta gene tura gelme olayını simgelemektedir. Bu uzayı göstermenin bir başka yolu da liste halinde göstermektir:

$$S = (Y_1Y_2T_3, Y_1T_2Y_3, Y_1T_2Y_3, T_1Y_2Y_3, T_1Y_2T_3, T_1T_2Y_3, T_1T_2T_3, Y_1Y_2Y_3)^{(22)}$$



Şekil 1.2. Üç kez sıralı yazı tura atmanın örnek uzayı

Burada, olasılık kavramına ilişkin aksiyomları kısaca açıklamamız gerekir. Eğer  $P(A)$ , A olayının gerçekleşme olasılığı ise aşağıdaki kurallar geçerlidir:

<sup>(22)</sup> ÖZSU, s.84.

1) Bir A olayının olasılığı 0'a eşit veya büyüktür.  $P(A) \geq 0$ .

2) Bir deneydeki olayların olasılıkları toplamı 1'e eşittir.

3) A ve B olayları birbirinden bağımsız ise iki olaydan herhangi birinin gerçekleşmesi olasılığı o olayların gerçekleşme olasılıkları toplamıdır.  $P(A+B) = P(A) + P(B)$ .<sup>(23)</sup>

### ***b.) Rastlantısal Değişkenler***

Her deneyin sonucu için bir değişken tanımlanabilir. Bu değişken, her deneyde örnek uzaydaki bir değeri alır. Bu gibi değişkenlere rastlantısal değişken denir. Süreksiz ve sürekli rastlantısal değişkenler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

#### ***i. Süreksiz Rastlantısal Değişkenler***

Eğer değişkenin değerlerini aldığı örnek uzayı sonlu sayıda veya sayılabilir sonsuz sayıda öge içeriyorsa bu değişkene süreksiz rastlantısal değişken denir. Örneğin, yazı - tura atma deneyinde, yazı gelme olayını gösteren rastlantısal değişken süreksizdir. Çünkü örnek uzayında yalnızca iki öge vardır.

Rastlantısal değişkenin örnek uzayındaki bir x değerini alma olasılığı  $P(x)$  ise örnek uzayı içinde yer alan her değeri alma olasılığını gösteren fonksiyona da olasılık fonksiyonu veya sıklık fonksiyonu denir. Bu olasılık fonksiyonu formül ya da çizelge biçiminde gösterilebilir.

Üç kez yazı - tura atma deneyinde çıktılarının sırası önem taşımazsa ( yani, Y1T2T3 ile T1T2Y3 ) çıktılarının her ikisinde de bir yazı iki tura geldiği için eşit kabul edilebilir. İlgilenilen rastlantısal değişken üç denemede tura gelme toplamı olduğunu kabul edilirse, olasılık fonksiyonu şöyle gösterilebilir:

---

<sup>(23)</sup> ÖZSU, s.84

$x$	$P(x)$
0	1/8
1	3/8
2	3/8
3	1/8

Bu değerler şu şekilde elde edilir: Üç kere yazı - tura atıldığında, birbirine eşit olasılıklı 8 sonuç söz konusudur. Bunlardan biri hiç tura gelmemesi olayıdır (Y1Y2Y3), ki bunun olasılığı 1/8' dir. Örnek uzaydaki üç olay turanın bir kez gelmesi durumunu göstermektedir. ( T1Y2Y3, Y1T2Y3, Y1Y2T3). Üç olay turanın iki kez gelmesi durumunu göstermektedir. (T1T2Y3, Y1T2T3, T1Y2T3), bir olay ise turanın üç kez gelmesini (T1T2T3) göstermektedir.<sup>(24)</sup>

Olasılık fonksiyonları ile ilgili olarak ortalama değer ve standart sapma adlı iki ölçüt tanımlanır. Eğer örnek uzayı (  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) değerlerinden oluşuyorsa, rastlantısal değişkenin alacağı ortalama değer

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P(x_i)$$

olarak hesaplanır. Başka bir deyişle, rastlantısal değişkenin aldığı değerlerin toplamının deney tekrar sayısına bölünmesi ortalama değeri verir.

" Ortalama değer, rastlantısal değişkenin eksen üzerindeki yerini gösterir. Bununla beraber, deney sonunda elde edilen sonuçların bu ortalama değer etrafında nasıl dağıldıklarını göstermek amacıyla da standart sapmadan faydalanılır. Standart sapmanın karesine de varyans denir ve şu şekilde ifade edilir."<sup>(25)</sup>

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 P(x_i) = \sum_{i=1}^n x_i^2 P(x_i) - \bar{x}^2$$

<sup>(24)</sup> ÖZSU, s.87.

<sup>(25)</sup> ÖZSU, s.88.

veya

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2/n = \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2/n \right)/n$$

Bu formülleri hafriyat örneğine uygularsak, şu sonuçlar elde edilir.

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 2*(0,05) + 3*(0,15) + 4*(0,10) + 5*(0,50) + 6*(0,17) \\ &= 0,10 + 0,45 + 0,04 + 2,50 + 1,02 \\ &= 4,47 \text{ gün}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S^2 &= 4*(0,05) + 9*(0,15) + 16*(0,10) + 25*(0,50) + 6*(0,17) \\ &\quad + 100*(0,03) - (4,47)^2 \\ &= 4,79 \text{ gün}\end{aligned}$$

$$S = 2,19 \text{ gün}$$

Tanımlanması gereken bir başka kavram da birikimli (kümülatif) sıklık fonksiyonudur. Hafriyat örneğinde olduğu gibi, örnek uzayında yer alan değerler küçükten büyüğe doğru sıralanabilirse, rastlantısal değişkenin bu değerlerden birine eşit veya daha küçük bir değer alma olasılığını ifade eden işleve birikimli sıklık fonksiyonu denir.<sup>(26)</sup> Eğer rastlantısal değişken  $x$ , değer de  $y$  ile gösterilirse, birikimli sıklık fonksiyonu ( $x \leq y$ ) olayının olasılığını verir. Hafriyat örneğinde işin 4 gün veya daha az sürede yapılma olasılığı % 30' dur. Eğer örnek uzayındaki değerler ( $y_1, y_2, \dots, y_n$ ) ise ve  $G(x \leq y_i)$  de birikimli sıklık fonksiyonunu ifade ediyorsa, şöyle bir tanım verilebilir:

$$G(x \leq y_i) = 0$$

$$G(x \leq y_i) = \sum_{j=1}^i P(y_j)$$

$$G(x \geq y_n) = 1$$

<sup>(26)</sup> ÖZSU,, s.89.



## ii.) Sürekli Rastlantısal Değişkenler

Eğer değişkenlerin değerlerini aldıkları örnek uzayı sayılamaz sonsuz sayıda öğeden oluşuyorsa bu değişkenlere sürekli rastlantısal değişken denir. Burada bir süreklilik vardır. Dolayısıyla rastlantısal değişkenin tek bir değer alması olasılığı yoktur, ancak belirli bir aralıkta değer alma olasılığı tanımlanabilir. Süreklilik nedeni ile de toplama işleminin yerine integral işlemi kullanılır.

Süreksiz rastlantısal değişkenler için tanımlanan olasılık fonksiyonunun yerine olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılır. Bir  $x$  rastlantısal değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu  $f(x)$  şeklinde ifade ediliyorsa, şu özelliklere sahiptir:<sup>(27)</sup>

$$1.) P(x=a) = 0$$

$$2.) \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$$

$$3.) P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x)dx$$

Yukarıdaki  $a$  ve  $b$  değerleri, örnek uzayında yer alan iki değerdir ve  $a < b$  olmalıdır.

Sürekli rastlantısal değişkenler için birikimli dağılım fonksiyonu da, süreksiz değişkenlerdeki birikimli sıklık fonksiyonuna benzer şekilde, şöyle tanımlanır.

$$F(a) = \int_{-\infty}^a f(x)dx$$

<sup>(27)</sup> ÖZSU, s.90.

Sürekli rastlantısal değişkenler için ortalama değer

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

varyans ise

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2f(x)dx - (\mu)^2$$

şeklinde tanımlanır.

## 2.) İki Önemli Olasılık Dağılımı

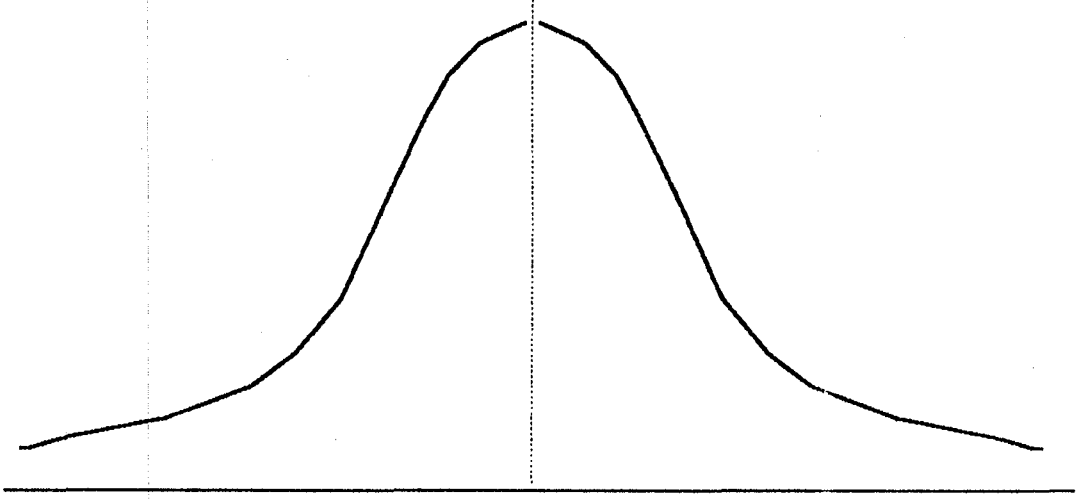
Sürekli rastlantısal değişkenlerin aldıkları değerleri gösteren olasılık fonksiyonu ile sürekli rastlantısal değişkenler için tanımlanan olasılık yoğunluk fonksiyonu aslında birer dağılım fonksiyonudurlar. Sürekli değişkenlerde, dağılımdaki değerler arasında kesintiler vardır, sürekli değişkenlerde böyle bir durum yoktur.

Sürekli dağılımların başlıcaları Binominal dağılım, Poisson dağılımı ve geometrik dağılımıdır. Sürekli dağılımların başlıcaları ise normal dağılım, üstel dağılım ve Beta dağılımıdır. PERT yöntemi açısından önemli olan dağılımlar ise normal ve Beta dağılımlarıdır. <sup>(28)</sup> Bu nedenle, her iki dağılım üzerinde de durmakta fayda vardır.

### a.) Normal Dağılım

Normal dağılım, doğadaki olayların genelde uyduğu dağılımdır. Bu dağılımda değerlerin çoğu ortalama bir değer etrafında toplanır ve bu ortalamadan büyük ve küçük değerler de mevcuttur. Biçim olarak benzediği için Çan Eğrisi adı da verilir.

<sup>(28)</sup> ÖZSU, s.90.



Şekil 1.3. Normal Dağılım Eğrisi

Normal dağılımın olasılık yoğunluk işlevi

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2\sigma^2} (x - \mu)^2 \right)$$

şeklinde gösterilir. Normal dağılımın iki parametresi ise şunlardır:

$$\begin{aligned} \mu &= m \\ \sigma^2 &= \sigma^2 \end{aligned}$$

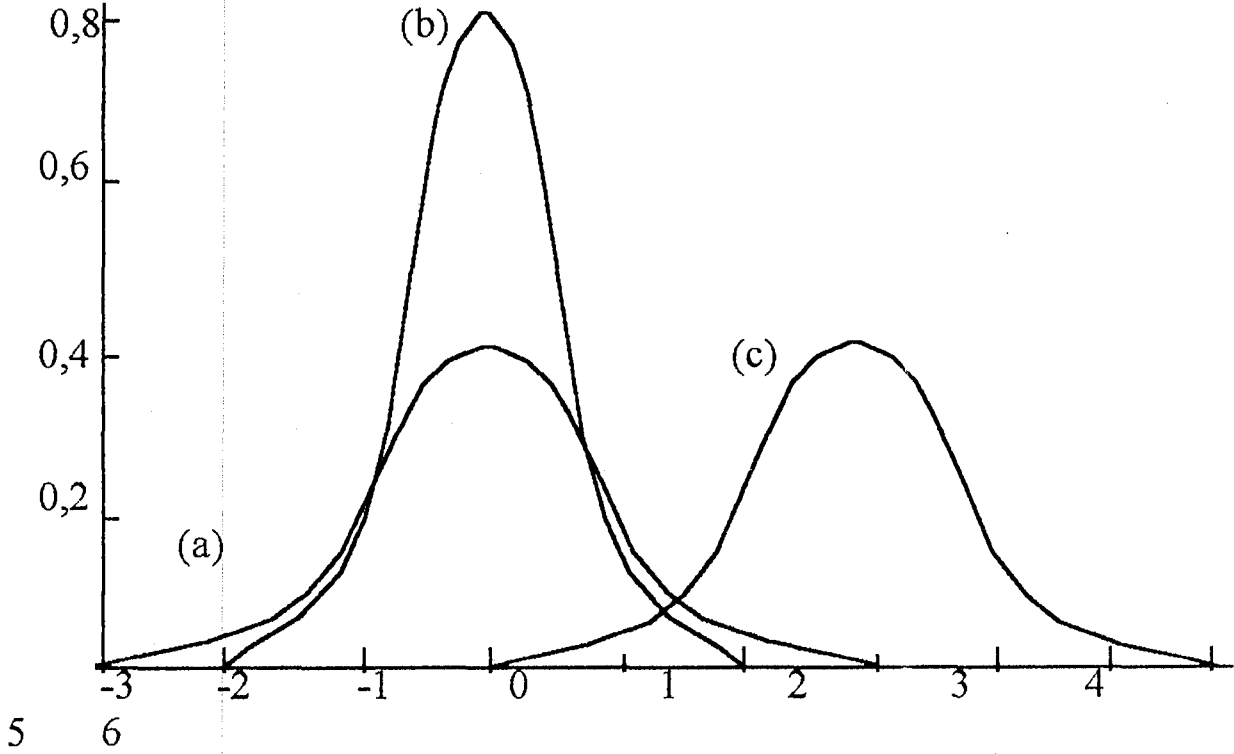
Yukarıda belirtilen  $m$ , Şekil 1.3.'de dağılımın doruk noktasından geçen doğrunun  $x$  eksenindeki değeridir.

Herhangi bir  $x$  rastlantısal değişkeninin normal olarak dağıldığı  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$  şeklinde gösterilir. Eğer  $\mu = 0$ ,  $\sigma = 1$  ise buna standart normal değişken adı verilir.

Normal dağılım  $\mu$  ve  $\sigma^2$  değerlerine göre değişik şekiller alır. Şekil 1.4' de bu iki parametre için şekiller gösterilmiştir.

Normal dağılım simetriktir. Yani  $\mu$  değerinin sağında ve solunda kalan alanlar birbirlerine eşittir. Bunun dışında şu özelliklerde önemlidir:

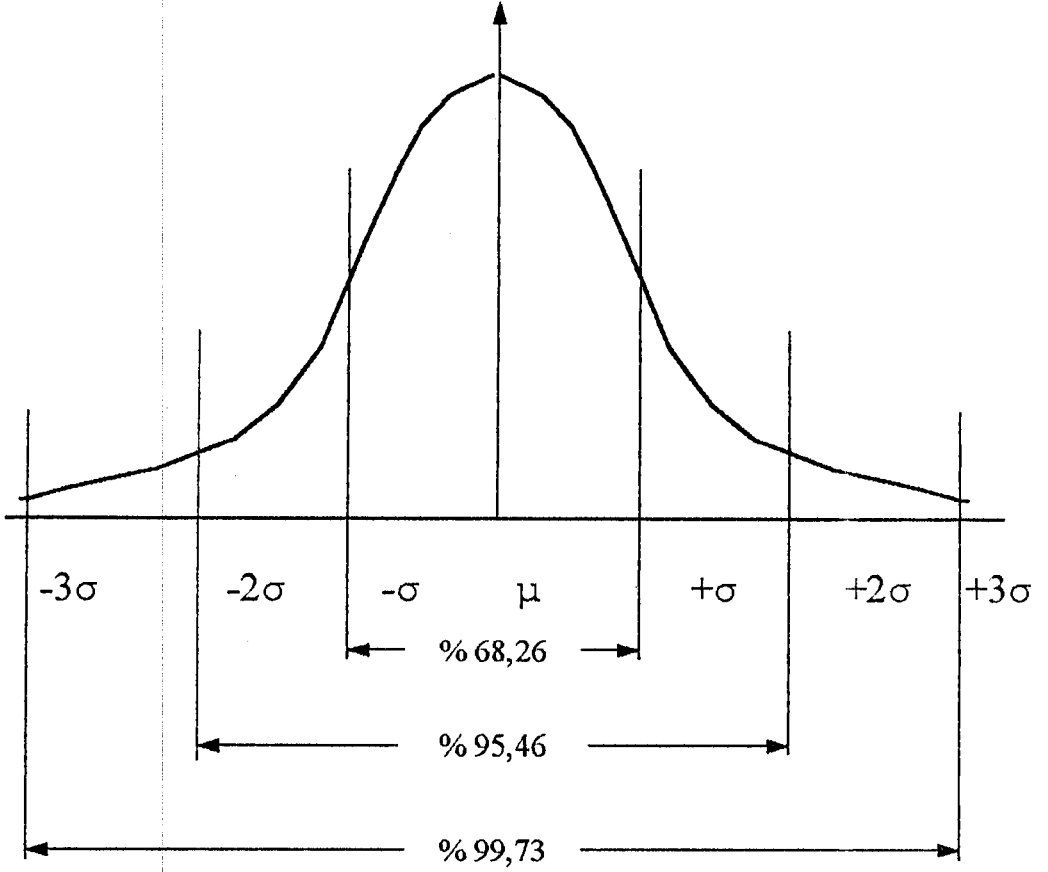
1. Normal dağılımda, değerlerin % 68,26' sı ortalamadan  $\pm 1$  standart sapma uzaklıktaki iki nokta arasında bulunur.
2. Değerlerin % 95,46' sı  $\pm 2$  standart sapma içinde bulunur.
3. Değerlerin % 99,73' ü ise,  $\pm 3$  standart sapma içinde yer alır. (Şekil 1.5.)<sup>(29)</sup>



Şekil 1.4. Çeşitli normal dağılım eğrileri

(a)  $\mu = 0, \sigma = 1$ ; (b)  $\mu = 0, \sigma = 1/2$ ; (c)  $\mu = 3, \sigma = 1$

<sup>(29)</sup> ÖZSU, s.92.



Şekil 1.5. Normal Dağılım Simetrik Yapısı

### ***b.) Beta Dağılımı***

Beta dağılımı, PERT yönteminde yaygın olarak kullanılan bir dağılımdır. Bunun nedeni de dağılımın hem simetrik hem de asimetrik ve a ile b gibi iki nokta arasında tanımlanabilmesindedir.

Eğer Beta rastlantısal değişkeninin  $[0,1]$  aralığında değiştiği kabul edilirse, olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(x) = \frac{x^{\alpha_1-1} * (1-x)^{\alpha_2-1}}{B(\alpha_1, \alpha_2)}$$

formülü ile gösterilir ki buradaki  $B(\alpha_1, \alpha_2)$ , beta fonksiyonu olarak adlandırılır ve

$$B(\alpha_1, \alpha_2) = \int_0^1 x^{\alpha_1-1} * (1-x)^{\alpha_2-1}$$

Beta rastlantısal değişkeninin beklenen değeri (yani  $\mu$ ) ve varyansı şöyle tanımlanır.

$$\mu = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

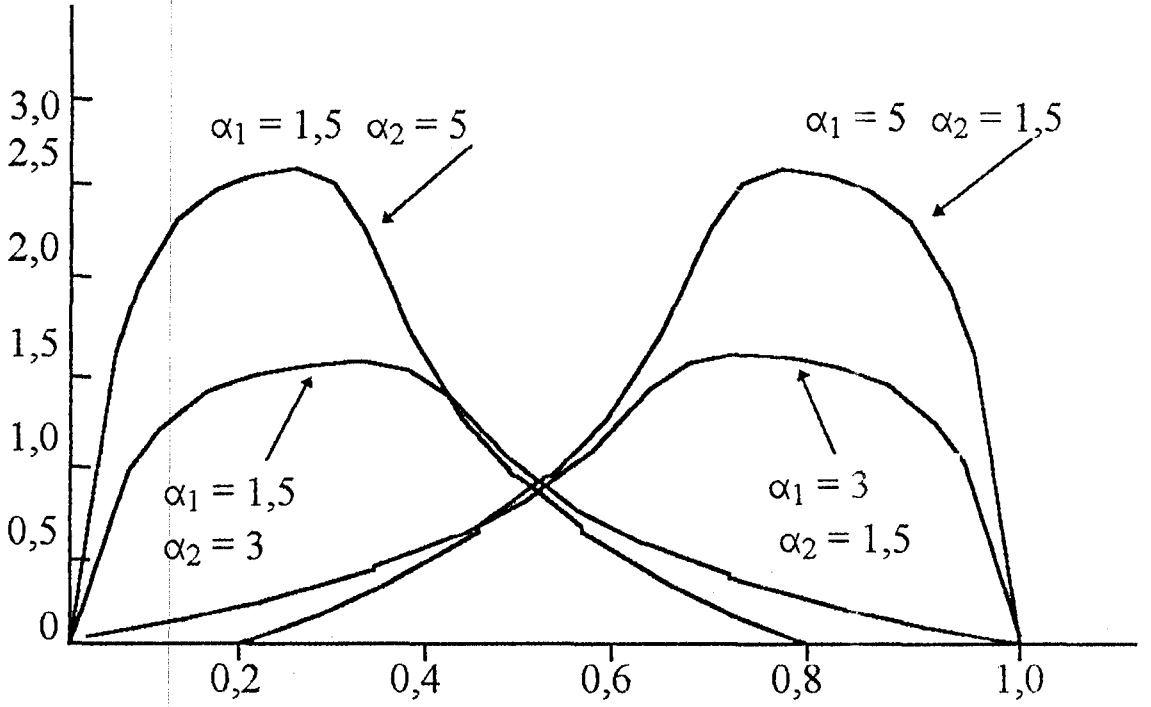
$$\sigma^2 = \frac{\alpha_1 * \alpha_2}{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + (\alpha_1 + \alpha_2 + 1)}$$

Bir  $x$  Beta rastlantısal değişkeni  $[0,1]$  değer aralığında tanımlanmış ise bunu  $[a,b]$  değer aralığına dönüştürmek için aşağıdaki formül kullanılır:

$$a + (b - a) * x$$

Beta dağılımı,  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  parametrelerinin aldığı değerlere göre, simetrik veya çarpık şekiller gösterir. Şekil 1.6. da değişik parametrelere göre çizilmiş Beta dağılımı örnekleri verilmiştir.<sup>(30)</sup>

<sup>(30)</sup> ÖZSU, s.94.



Şekil 1.6. Beta dağılımı örnekleri

### 3.) Süre Kestirimleri ve Zaman Hesapları

PERT yönteminde, her işlem için iyimser süre, kötümser süre ve en olası süre olmak üzere üç süre kestirimi yapılır. İyimser süre işlemin, her şey yolunda gittiği zaman alacağı süredir. Kötümser süre ise her şeyin kötü gittiği zaman işlemin alacağı süredir. En olası süre bazı işlerin iyi, bazı işlerinde kötü gittiğinde işlemin alacağı süredir. Kestirilen bu üç süreden bir ağırlıklı ortalama veya bir beklenen değer bulunur:

$$t_e = \frac{A + 4B + C}{6}$$

- $t_e$  : Beklenen süre
- A : İyimser süre
- B : Olası süre
- C : Kötümser süre

Şekil 1.7. de Beta dağılımı üzerinde bu değerler gösterilmiştir. Eğrinin doruk noktası B ile belirlenmektedir.

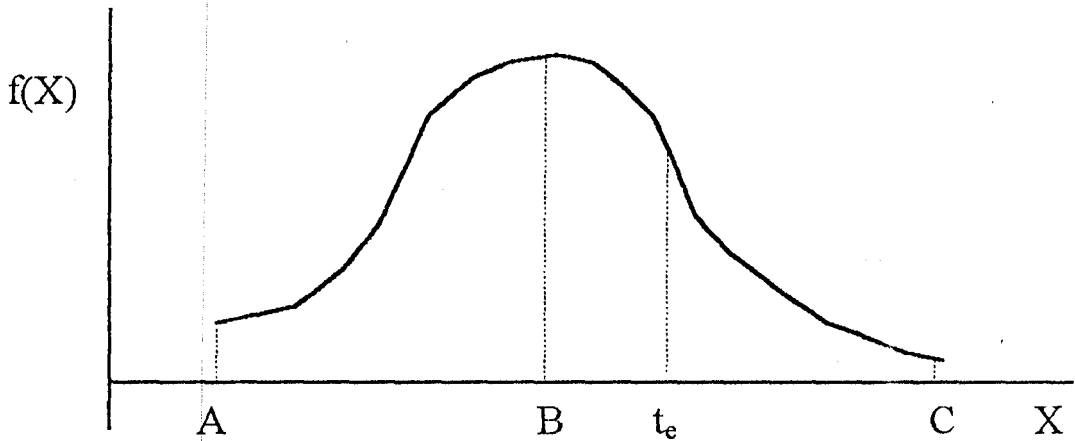
Bir işlemin süresini bir rastlantısal değişkenle ifade edersek, bu rastlantısal değişkenin alacağı değerler Beta dağılımı ile kestirilebilir. Bu durumda  $f(x)$  aşağıdaki gibi tanımlanabilir:<sup>(31)</sup>

$$f(x) = k (x - A)^{\alpha_1} (C - x)^{\alpha_2}, \quad A \leq x \leq C, \quad A, C \geq 0$$

Bu dağılımın ortalama değeri ve varyansı ise şu formüllerle belirlenir:

$$\mu = \frac{A + 4B + C}{6}$$

$$\sigma^2 = \frac{C - A}{3,2}$$



Şekil 1.7. İyimser, Kötümser ve En Olası Süreleri Belirlenmiş Beta dağılımı

Doğal olarak, sürelerin gerçek dağılımları bilinmediğinden, sadece yaklaşık değerler verilebilir. Ancak Beta dağılımının bazı özellikleri, yeteri kadar iyi sonuç elde edilmesini sağlar. Bu özellikler şöyle sıralanabilir:

<sup>(31)</sup> ÖZSU, s.95.



1. Pozitif iki noktada eğrinin absisini keser. İşlem süreleri artı olduğundan, bu istenen bir özelliktir.

2. Dağılım sürekli olup sonsuz sayıda değer alabilir.

3. Dağılım tek dorukludur. Bu işlem süreleri açısından önemlidir, zira her işlem için tek bir en olası süre olması beklenir.

Bu özellikler nedeniyle, Beta dağılımı işlem sürelerinin gerçek dağılımını yaklaşık olarak kestirmek için kullanılır.<sup>(32)</sup>

Bir örnek verilecek olursa, herhangi bir işlemin yapılması için gerekli olan süre tahminleri

A = 4 saat

B = 12 saat

C = 32 saat, olarak verilmiş olsun.

Bu değerleri formülde yerine koyarak:

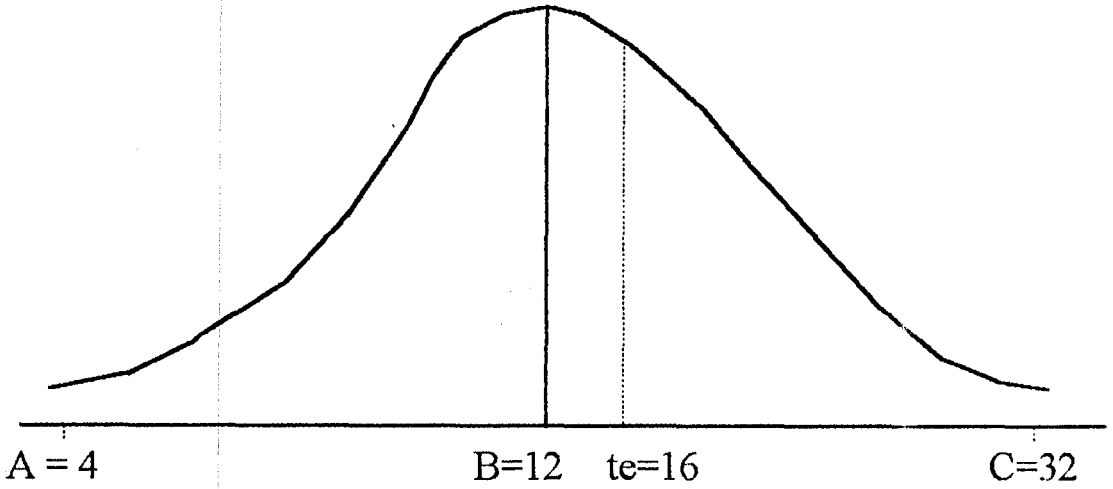
$$t_e = \frac{4 + (4 \cdot 12) + 32}{6} = 16 \text{ saat olarak bulunur.}$$

Burada, B değerinin A değerinden olan uzaklığı, B değerlerinin C değerine olan uzaklığından daha azdır. Bu yüzden sola doğru asimetrik bir Beta dağılımı söz konusudur. (Şekil 1.8.) Dolayısıyla, işlemin alması beklenen süre, en olası sürenin sağına düşmektedir.

PERT yönteminde süre kestirimleri yapıp bir kez  $t_e$  değerleri bulunduktan sonra, zaman hesapları CPM yönteminde olduğu gibi yapılır ve kritik yol bulunur.<sup>(33)</sup>

<sup>(32)</sup> ÖZSU, s.96.

<sup>(33)</sup> ÖZSU, s.97.



Şekil 1.8. Geçmesi Beklenen Sürenin En Olası Süre Kestiriminin Sağına Düştüğü Bir Beta Dağılımı

### 3.) Toplam Proje Süresinin Dağılımı

PERT yönteminde toplam proje süresi bulunurken, tek tek işlemlerin sürelerine göre hareket edilir. Ancak, her işlemin süresinin belirli bir olasılık dağılımına uyduğu göz önüne alınırsa toplam proje süresinde bir dağılıma uyması gerekir. Yani, ileriye doğru hesaplama ile bulunan süre hakkında da istatistiksel yorumlar yapılabilirdir.

İşlem sürelerine ilişkin iki varsayım vardır. Bu varsayımlardan birincisi, işlem sürelerinin Beta dağılımına uyduğu, ikincisi de işlem sürelerinin birbirinden bağımsız olduğudur. Bu durumda, işlem sürelerinin toplamı da, merkezi limit teoremine göre, normal dağılımlı bir rassal değişkendir. Merkezi limit teoremi,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  gibi, birbirinden bağımsız  $n$  rassal değişkenin her birinin ortalama değeri  $\mu_i$ , standart sapması ise  $\sigma_i$  ise, toplam rastlantısal değişkenin de yaklaşık olarak normal dağılıma uyduğunu belirtmektedir. <sup>(34)</sup>

Burada toplam rastlantısal değişken

$$X = \sum_{i=1}^n x_i,$$

<sup>(34)</sup> ÖZSU, s.98.

şeklinde ifade edilebilir. Toplam rastlantısal değişken için ortalama değer ve varyans şu şekilde hesaplanır:

$$\mu_x = \sum_{i=1}^n \mu_i$$

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

Örnek olarak aşağıda tabloda bir dizi işlem ve o işlemler arasındaki ilişkiler ve ayrıca her bir işlem için A, B, C, t<sub>e</sub> ile standart sapma değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre yapılan hesaplar Şekil 1.9. daki ağ üzerinde gösterilmiştir. Burada, kritik yol K - L - N - P işlemlerini kapsamaktadır.

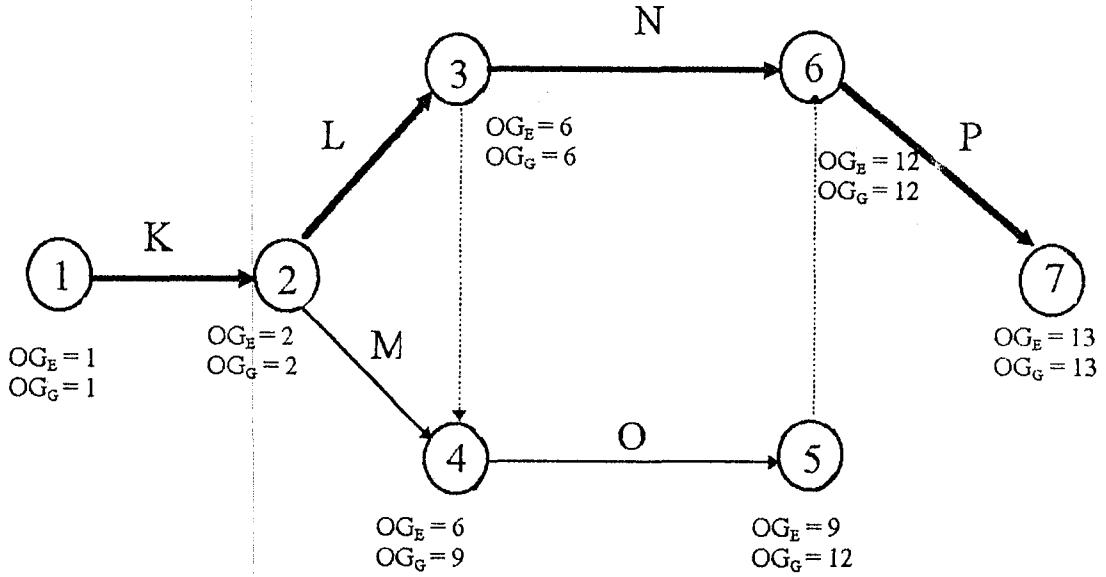
İşlem Kodu	Önce Gelen İşlem	Süre (Hafta)					
		A	B	C	t <sub>e</sub>	σ	
K	-	1	1	1	1	0	
L	K	3	4	5	4	0,025	
M	K	1	2	3	2	0,625	
N	L	4	6	8	6	1,25	
O	M,N	2	3	4	3	0,625	
P	N,O	1	1	1	1	0	

Merkezi limit teoremine göre, toplam proje süresi normal dağılımdır. Buna göre :

$$\mu_x = 1 + 4 + 6 + 1 = 12$$

$$\sigma_x^2 = 0^2 + (0,625)^2 + (1,25)^2 + 0^2 = 1,95 \text{ olarak bulunur. }^{(35)}$$

<sup>(35)</sup> ÖZSU, s.99.



Şekil 1.9. Örnek Ağ Üzerinde Hesaplar

Bu noktada üç soruya cevap aranabilir:

1. Projenin gerçekten 12 haftada tamamlanma olasılığı nedir?
2. Projenin belirli bir yüzde ile gerçekleşme süresi nedir ?
3. Projenin belli bir sürede ya da daha önce tamamlanma olasılığı nedir ?

Birinci soruyu yanıtlarsak: Normal dağılım  $\mu$  etrafında simetrik olduğuna göre, projenin 12 haftada tamamlanma olasılığı % 50'dir.

İkinci soruyu yanıtlamak için önce belirli bir olasılık seviyesi belirlemek gerekir. Örnek olarak projenin % 95 olasılıkla ne zaman tamamlanacağı sorulursa, aşağıdaki formül kullanılır.

$$\begin{aligned} \mu_x - 2\sigma_x &= 12 + 2*(1,4) \\ &= 14,8 \text{ Hafta} \end{aligned}$$

Dolayısıyla, proje % 95 olasılıkla 14,8 haftada tamamlanabilir. Burada kullanılan formül, normal dağılımda değerlerin % 95,46' sının  $\pm 2$  standart sapma içinde bulunduğu gerçeğinden çıkarılmaktadır.

Üçüncü soruyu yanıtlamak için normal dağılım tabloları kullanılır. Bu tablolar standart normal dağılıma göre hazırlanmış olduklarından önce rastlantısal değişkenin standart normal dağılıma uygun hale getirilmesi gerekir. Bir X rastlantısal değişkenini standart hale getirmek için

$$Z = \frac{X - \mu_x}{\sigma_x}, \text{ formülü kullanılır.}$$

Örneğin, projenin en çok 10 haftada tamamlanma olasılığını bulmak istersek; bunu  $P(X \leq 10)$  şeklinde ifade ederiz. Hesaplama yöntemi ise aşağıdadır:

$$\begin{aligned} P(X \leq 10) &= P\left(Z \leq \frac{10 - 12}{1,4}\right) \\ &= P(Z \leq -1,428) \\ &= 0,07636 \end{aligned}$$

Dolayısıyla, projenin 10 haftada tamamlanma olasılığının % 7,5 dolayında olduğu görülmektedir. Burada, 0,07636 değeri Standart Normal Tablodan bakılarak bulunmuştur. <sup>(36)</sup>

## *İKİNCİ BÖLÜM*

### *CPM ( CRITICAL PATH METHOD )*

CPM ( Kritik Yol Metodu ), işlem süreleri bilinen, bir projede işlerin zamana göre planlanması için özel olarak 1950'li yıllarda ABD'de DuPont firmasınınca geliştirilmiş bir yöntemdir.

CPM ile planlama ve kontrol sürecinde maliyet kavramı da yer almaktadır. CPM'de zamanında yapılacak bir işlemin kısalması aynı sıradaki diğer herhangi bir işlemin de kısalmasını sağlayarak kazanç sağlar. Serimi bitiren olayın beklenen en erken tarihi kısaltıldığı zaman, maliyet de azalmış demektir.

Bir projenin işlemlere bölünmesi ve işlemler arasındaki ilişkileri göstermek için serimin ifade edilmesi CPM'in temel ilkesidir.

#### *A.) SERİM*

Serim, ( ağ diyagramı ) bir projeyi oluşturan işlemleri, aralarındaki bağlantıları da belirterek gösteren şemadır.

Bir iş yada projenin gerçekleşmesi için yapılması gereken tüm eylemlerin herbirine işlem denir. Her işlemin bir süresi vardır. Her işlemin gerçekleşmesi için belirli kaynaklara ihtiyaç vardır ve

bu kaynaklarla işlem gerçekleştirilir. Ancak bekleme gibi, yalnızca süresi olan işlemler de olabilir.

Bir iş yada projenin zaman akışı içindeki belirli noktalarda varılması gereken aşamalarına olay denir. Projelerde olayların süresi yoktur. Fakat birer tarih ya da saati vardır.

Serimde okların birleştikleri yerlere düğüm denir.

Süresi olmayan ve bir olayın bir başka olaya bağımlı olduğunu belirtmek üzere var sayılan işlemlere kukla işlem veya kısaca kukla (dummy) denir.

Kuklalar kesik çizgili oklarla gösterilir ve paralel iki işlemin birbirinden ayırt edilmesi için de kullanılır.

### ***1.) Serimin Oluşturulması***

CPM ile Proje Planlamasında ilk adım, projedeki işlem tanımlarının yapılmasıdır. Daha sonra işlemleri belirli bir sırada gerçekleştirmek için işlemler listesi hazırlanarak işlemler arasındaki (öncül/ardıl) ilişkiler belirlenmelidir.<sup>(1)</sup>

İşlemler arasındaki öncül, ardıl ilişkiler araştırılırken şu sorulara cevap aranmalıdır.

- i.) Hangi işlemlerin bu işlemten önce yapılmalıdır ?
- ii.) Hangi işlemler bu işlemi izlemek zorundadır?
- iii.) Hangi işlemler bu işlemle birarada yapılabilir?

Bu sorular, serimin çizilmesi boyunca tekrarlanarak, serim oluşturulur.

Planlamanın serim oluşturma işlevinde mantıksal ve teknolojik zorunlulukların dışında kaynaklarda herhangi bir kısıtlama göz önünde tutulmamalıdır.

<sup>(1)</sup> İmdat KARA, *Proje Yönetimi Ders Notları*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 1992, s.4.

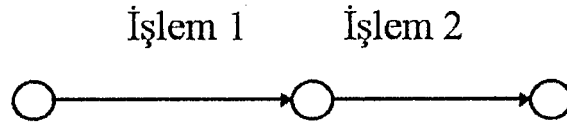
Serimin oluşturulmasında kullanılan yöntemler Ok Çizitleri ve Öncelik Çizitleri olmak üzere ikiye ayrılır.

### a.) Ok Çizitleri

Bu yöntemde ağ hazırlama da her işlem bir ok ile gösterilir. Her işlemin belirli bir başlangıç ve bitiş noktası vardır. Bu noktalar ağdaki düğüm noktalarını gösterir ki bu noktalar bir işlemin başlangıcına ya da bitişine denk gelen bir olayı belirler.

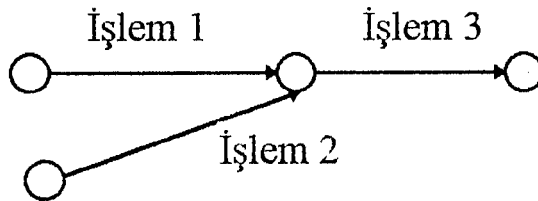
Bu yöntemde, her okun kuyruğundaki ve uçundaki düğümlere numara verilir. Böylece her işlem numaralanmış iki olayla belirlenir. Aynı olaydan başlayan veya aynı olayda biten tüm işlemler ortak ve tek bir numaraya sahiptirler. Dolayısıyla ok çiziti işlemlerin sırasını kolayca ve açıklıkla gösterir.

Eğer iki işlem birbirlerini izliyorsa ortak bir düğüm noktasına sahiptirler. Ortak olan bu düğüm noktası, önce gelen işlemi gösteren okun uç noktası ile sonra gelen işlemi gösteren okun kuyruk noktasını birleştirir. ( Şekil 2.1 )<sup>(2)</sup>



Şekil 2.1

Eğer bir işlemden önce birden fazla işlem geliyorsa, önce gelen işlemleri gösteren okların ucu aynı zamanda sonra gelen işlemi gösteren okun kuyruğu olan düğüm noktasında birleşirler. (Şekil 2.2 )<sup>(3)</sup>



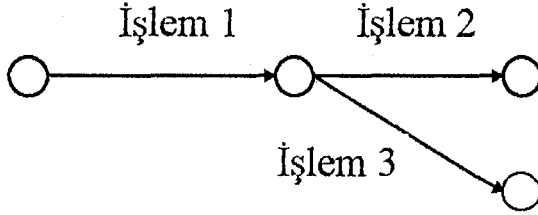
Şekil 2.2

<sup>(2)</sup> M.Tamer ÖZSU, Proje Planlama ve Denetim Teknikleri, Türkiye Bilişim Derneği Yayınları, Ankara, 1986, s.23.

<sup>(3)</sup> ÖZSU, s.24.

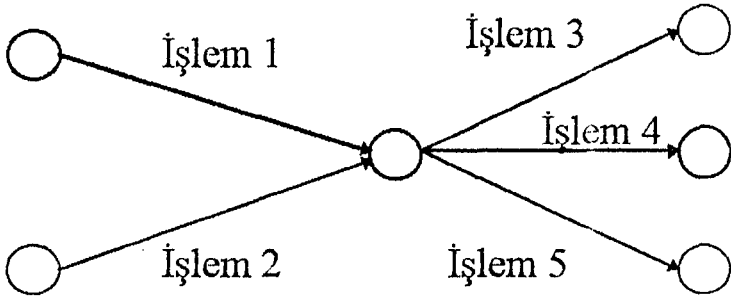


Eğer bir işlemi birden fazla işlem izliyorsa, izleyen işlemleri gösteren okların kuyrukları aynı zamanda önce gelen işlemi gösteren okun uç noktası olan düğümden çıkarlar. ( Şekil 2.3 )<sup>(4)</sup>



Şekil 2.3

Yukarıda sözü edilen durumların tümü aynı anda oluşabilir. Yani birden çok işlemin bitişinden sonra birden çok işlem başlayabilir. ( Şekil 2.4 )<sup>(4)</sup>



Şekil 2.4

Ok çizitlerinde bazen kukla işlemler kullanılabilir. Bu işlemler gerçekte var olmayan, kaynak ve zaman gerektirmeyen, fakat işlemler arasında ilişkileri gösterebilmek için kullanılan işlemlerdir.

Kukla işlem kullanımı ağ hazırlanmasını önemli ölçüde zorlaştırabilir. Kukla işlemlerin doğru yerde, doğru olarak kullanılması gerekir. Yanlış bir kullanım, ağın mantıksal yapısının bozulmasına yol açar.<sup>(5)</sup>

<sup>(4)</sup> ÖZSU, s.25.

<sup>(5)</sup> ÖZSU, s.28.

## ***Serim Oluşturulurken Dikkat Edilmesi Gereken Kurallar***

i.) Serimde her işlem yalnız bir ayrımda gösterilir. İşlemler başlangıç ve bitiş olaylarının numaraları ile gösterilir. Aynı iki numara sadece tek bir işlem içindir.

ii.) İki işlem aynı başlangıç ve bitiş düğümü ile gösterilemez.

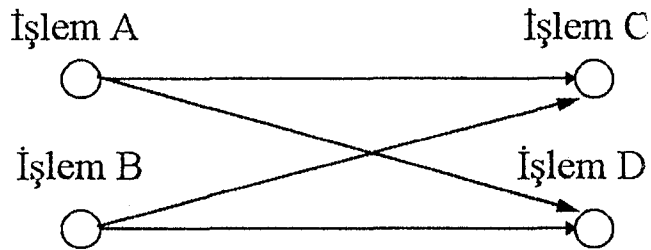
iii.) Aynı olayla başlayan veya aynı olayla biten tüm işlemler aynı düğüme sahip olmalıdırlar.

iv.) Olayların herbirine bir numara verilir. Serimde sadece bir başlangıç ve bir bitiş düğümü bulunur. Uç olayın numarası, daima başlangıç olayının numarasından büyük olmalıdır. <sup>(6)</sup>

### ***b.) Öncelik Çizitleri***

Serim çiziminde kullanılan diğer yöntem, öncelik çizitleridir. Bu çizitlerde, ağın düğüm noktaları ile olayları göstermek yerine işlemler gösterilir. Bu durumda oklar, işlemler arasındaki ilişkileri gösterirler ve genellikle sıralama çizgisi adını alırlar. <sup>(5)</sup>

Öncelik çizitlerinde kukla işlemlerle uğraşmaya gerek yoktur.



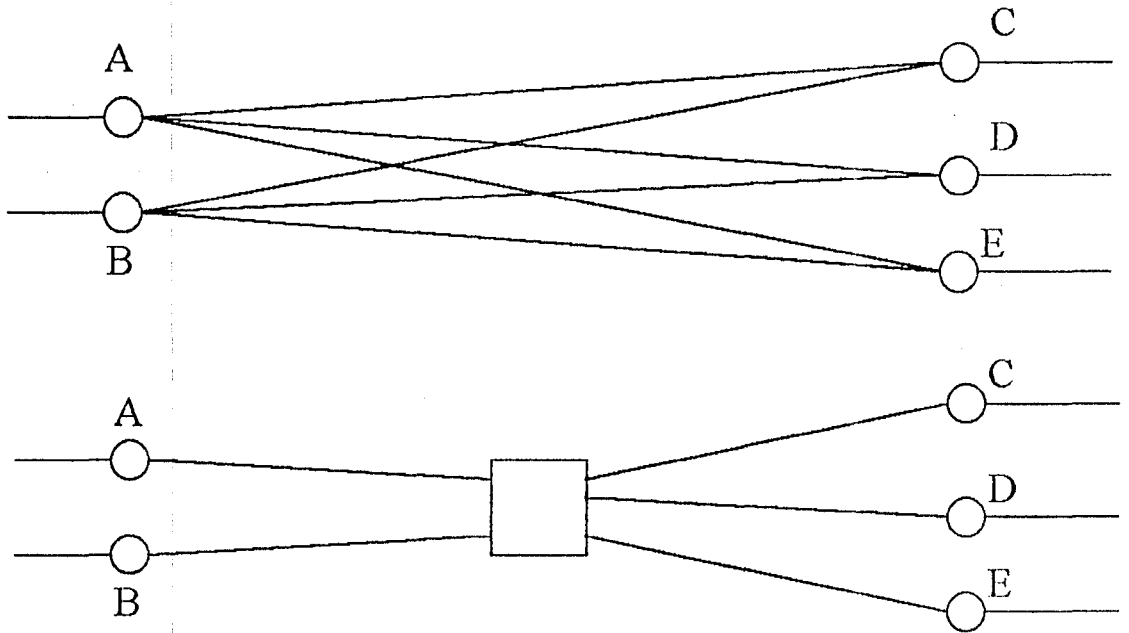
Şekil 2.5: Öncelik Çiziti Örneği

Öncelik çizitlerinde, işlemlerin akışı daima sağ tarafa akış yönünü belirtmek için ok uçları çizmeye gerek yoktur.

<sup>(6)</sup> KARA, s.5.

Projelerde özel önemli kilit olaylar vardır. Proje aşamalarını belirleyen bu olaylara düğüm noktası olayları denir. Düğüm noktası olayları, hiç zaman ve kaynak harcamayan, ancak projenin belirli aşamalarını belirleyen işlemler de denebilir. Bu olaylar kare gibi değişik bir işaret ile serimde gösterilirler.<sup>(7)</sup>

Bazı durularda serimi basitleştirmek için, hiçbir anlamı olmayan olaylar da kullanılabilir. Bu durum, bir grup işlemin başlamasının diğer bir grup işlemin bitmesine bağlı olması durumunda geçerlidir.



Şekil 2.6: Basitleştirmek İçin Olay Kullanımı

Öncelik çiziti yöntemi, genellikle, ok çizitine göre daha kolaydır. Ok çizitinde herhangi bir işlem ilave edileceği zaman ağdaki okların yerlerine ve okların nereye bağlanacağına dikkat etmek gerekir. Oysa öncelik çizitlerinde bir işlem eklenirken serimin uygun yerine bir düğüm çizilerek bir önceki ve bir sonraki işlem düğümleriyle bağlamak yeterlidir.<sup>(8)</sup>

<sup>(7)</sup> ÖZSU, s.30.

<sup>(8)</sup> ÖZSU, s.32.

## 2.) Serimin Doğrulanması

Serim, bir projenin mantıksal modelidir. Serimin oluşturulmasında yapılacak yanlışlar, projenin zamanında bitmemesine neden olabilir. Bunun önüne geçebilmek için oluşturulan serimin kontrol edilmesi gereklidir. Serimin kontrol edilmesinde;

i.) İşlemler arasındaki ilişkilerin doğruluğu kontrol edilmelidir. Bu amaçla,

- Her işlemin başlayabilmesi için hangi işlerin tamamlanması gerektiği,

- Bir işlemi hangi işlemlerin takip etmesi gerektiği,

- Bir işlemle birlikte hangi işlemlerin yapılabileceği araştırılmalı ve kontrol edilmelidir.

ii.) Projenin içinde yer alan tüm işlemlerin serimde yer alması gereklidir. Bu amaçla,

- Hiçbir işlem atlanmamış olmalı,

- İşlemler arasındaki ilişkilerin doğru olarak gösterilmiş olması gerekmektedir. Bunun için serim ilk işlemde başlayıp sona doğru incelenmelidir.

iii.) Serimde döngünün de olmaması gerekir. Bu amaçla serimin döngü kontrolü yapılmalıdır. Bunun için de döngü belirleme yöntemleri geliştirilmiştir.<sup>(9)</sup>

<sup>(9)</sup> KARA, s.6.

### 3.) Döngü Belirleme Yöntemleri

Serimde döngü kontrolü yapabilmek için 2 çeşit yöntem geliştirilmiştir. Bunlar

- a.) Topolojik Sıralama Yöntemi,
- b.) Bitişiklik Matrisi Yöntemidir.

#### a.) Topolojik Sıralama Yöntemi

Başlangıçtaki olaydan itibaren işlemleri, düzeylerine göre numaralamaya dayanır.

Bu yöntemin algoritması;

**Adım1:** Başlangıç olayı izleyen ve sadece bu olaya bağlı tüm işlemlere 1 değeri verilir. Bunlar 1.Düzye işlemlerdir.

**Adım2:** 1. Düzey işlemlerin tamamlandığı olayları izleyen ve yalnız onlara bağlı olaylarda tamamlanan işlemlere 2 değeri verilir. Bunlar 2.Düzey işlemlerdir.

**Adım3:** Adım.2' deki işlem, düzey numaraları artırılarak tekrarlanır. Bu işleme aşağıdaki adımların birisi gerçekleşinceye kadar devam edilir.

**Adım3a:** Son düzeyde bitişe gelinmiştir. Serimdeki tüm işlemlerin düzeyleri numaralanmış ise döngü yoktur. Aksi halde Adım4' e geçilmelidir.

**Adım3b:** Son düzeyde bitişe gelinmemiştir. Döngü var demektir ki Adım4' e geçilir.

**Adım4:** Son işaretlenen işlemleri izleyen işlemler incelenerek döngü bulunur. Döngü içinde yer alan işlemlere 0 değeri verilip, 0. Düzey işlemlerden başlanmak üzere Adım.2'ye dönülür.<sup>(10)</sup>

<sup>(10)</sup> ÖZSU, s.36.

### ***b.) Bitişiklik Matrisi Yöntemi***

Marimont tarafından geliştirilen ve serimde yer alan işlemlerin birbiriyle ilişkilerinin bir matris olarak ifade edildiği yönteme Bitişiklik Matrisi Yöntemi denir. Matrisin satır ve sütunları serimdeki olayları gösterir. Eğer j işlemi i işlemine bağlı bir işlem ise  $(i, j) = 1$  olur.

Bu yöntemin algoritması;

**Adım1:** Bitişiklik matrisinde tüm öğeleri sıfır olan satır ve/veya sütunlara karşı gelen satır ve/veya sütunlar matristen çıkartılarak indirgenmiş matris elde edilir.

**Adım2:** İndirgenmiş bitişiklik matrisinde Adım1 aşağıdaki durumlardan biriyle karşılaşıncaya kadar tekrarlanır.

**Adım2a:** Tüm satır ve sütunlar çıkartılmıştır. Bu durumda döngü yok demektir ve işlem bitirilir.

**Adım2b:** Eldeki indirgenmiş bitişiklik matrisinden çıkartılabilir satır ve sütun yoktur. Bu durumda döngü var demektir. Bu durumda son matrisi oluşturan işlemlerin arasında döngü vardır. Bu işlemler arasındaki ilişkiler ve serim kontrol edilerek döngü çözülür.<sup>(11)</sup>

### ***4.) Serimin ( Ağların ) Yenilenmesi***

Projelerin değişen koşulları göre güncelleştirilmesi gerekir. Bir projenin gerçekten başarılı olması bu güncellemeye bağlıdır.

Projeyi yenilemeyi gerektiren nedenler şunlardır;

- i. İşlem sürelerindeki değişiklikler,
- ii. İşlemlerin çizelgelenmesindeki değişiklikler,
- iii. Var olan işlemlerin ağıdan çıkarılması,

<sup>(11)</sup> KARA, s.9.

iv. Ağa yeni işlemlerin eklenmesidir.

Projenin güncelleştirilmesinde serimin tamamının güncellenmesine gerek yoktur. Sadece değişiklikten etkilenen işlemlerin yenilenmesi yeterlidir.

Bunun içinde herhangi bir işlemdeki değişikliklerin ağın geri kalan kısımlarını nasıl etkilediğini incelemek gerekir. <sup>(12)</sup>

### ***5.) Serimle Planlama ve Denetim Evreleri***

Serimle planlama ve denetim evreleri şunlardır.

- i. İş ayrımı yapılarak, işlemler tanımlanır.
- ii. İşlemlerarası ilişkiler doğrular.
- iii. Serim çizilerek, doğrulanır.
- iv. İşlemlerin gerektirdiği, süre, maliyet ve diğer kaynaklar (işgücü, malzeme, makine v.b. ) belirlenir veya tahmin edilir.
- v. Kritik yol bulunur.
- vi. Süre/Maliyet analizleri yapılır.
- vii. İşlemler çizelgelenir.
- viii. Kaynak tahsisi yapılır.
- ix. Uygulama başlatılır.
- x. Denetim ve değerlendirme başlatılarak, gerektiğinde serim yenilenir. <sup>(13)</sup>

---

<sup>(12)</sup> ÖZSU, s.105.

<sup>(13)</sup> KARA, s.9.

Serimle Planlama ve Denetimin Mantıksal Akış Modeli Şekil-2.7' de gösterilmiştir.<sup>(14)</sup>

## B.) CPM'DE ZAMAN

Proje planlamada, kaynak kısıtlarını ve maliyetleri dikkate alarak, projedeki herbir işlemin ve projenin gerçekleşme süresi tesbit edilmelidir.

Bir projenin belirlenen süresi içinde sonuçlanması için herbir işlemin en geç ne zaman başlatılması gerektiği de tesbit edilmelidir. Bundan sonra işlem süreleri, kaynak kısıtları ve maliyetler birlikte gözönüne alınarak gereken analizler yapılabilir.

### 1.) Proje Süresinin Bulunması

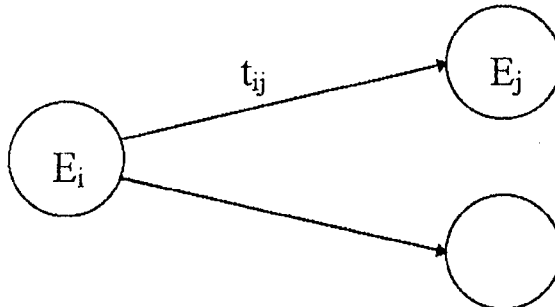
İşlemler ve işlem süreleri dikkate alınarak serim çizildikten sonra, başlangıç düğümünden hareket ederek, ileriye doğru olayların en erken gerçekleşme zamanları bulunur. Son olayın en erken gerçekleşme zamanı, o projenin süresini verir.

#### a.) İşlemlerin En Erken Gerçekleşme Zamanları (Baştan Sona Doğru Hesaplama)

Serimin ilk düğümünden hareketle, proje süresine bağlı olarak olayların en erken zamanları bulunur. Bunun için,

$E_i$  = i.inci olayın en erken gerçekleşme zamanı.

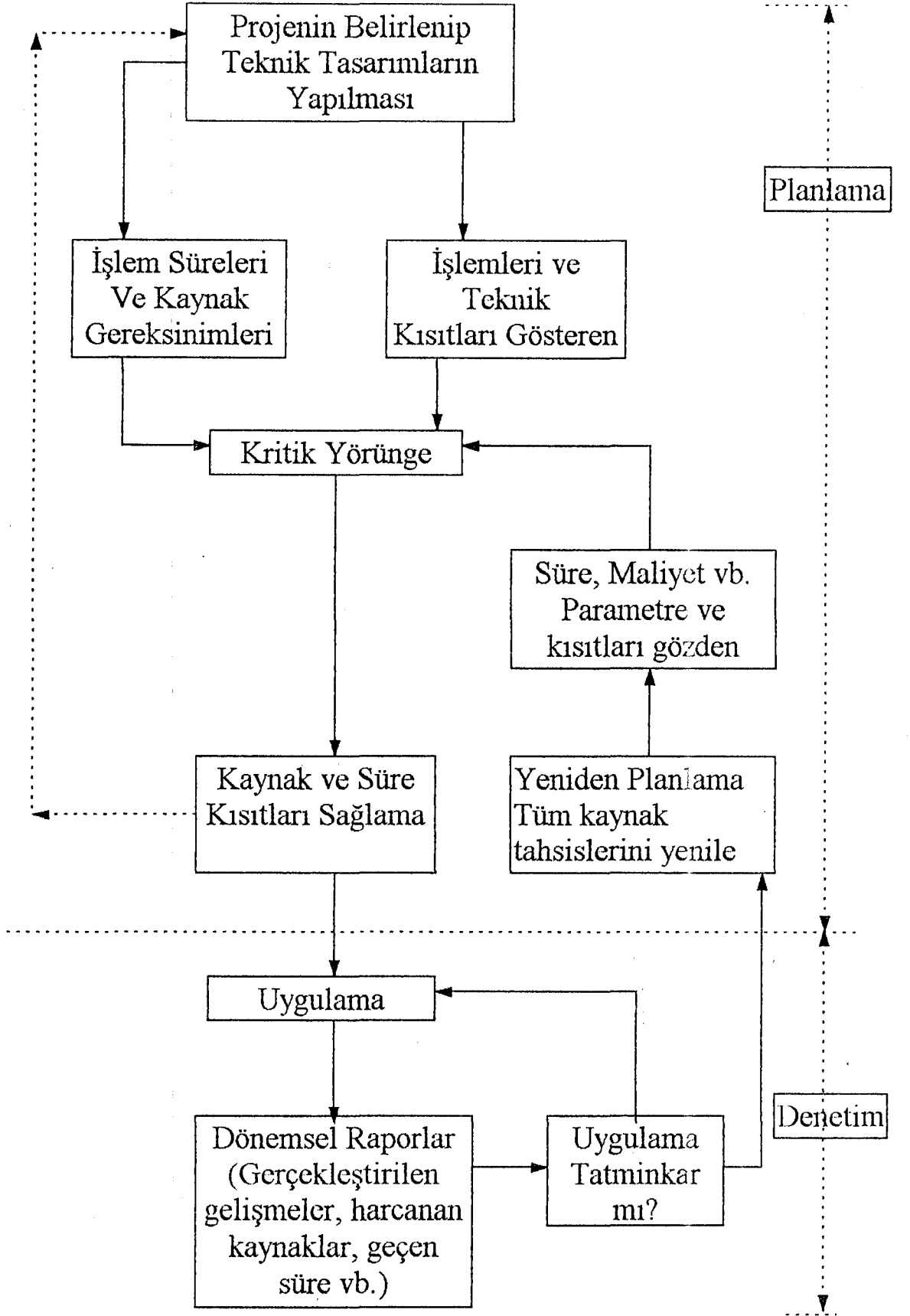
$t_{ij}$  = (i,j) ayrıtına karşı gelen işlemin gerçekleşme zamanı.



$E_j$  'ler ve  $t_{ij}$  'ler biliniyor.

<sup>(14)</sup> KARA, s.10.





Şekil. 2.7. Serimle Planlama ve Denetimin Mantıksal Akış Modeli

$E_j > E_i + t_{ij}$ ,  $\forall (i,j)$  olmak üzere,

$E_j = \text{Enb}_i ( E_i + t_{ij} )$  olarak bulunur.

### **Algoritması**

**Adım1:**  $E_1 = 0$

**Adım2:**  $E_j = \text{Enb}_j \{ E_i + t_{ij} \} \forall (i,j), j= 2, 3, \dots, n$

**Adım3:**  $E_n = \text{Proje Süresi}^{(15)}$

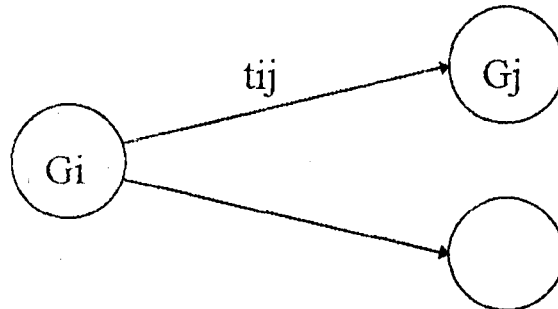
Düğüm j	Ayrıt (i,j)	Önceki (i)	$E_i$	$t_{ij}$	$E_i + t_{ij}$	$E_j$

### **b.) İşlemlerin En Geç Gerçekleşme Zamanları ( Sondan Başa Doğru Hesaplama )**

Serimin son düğümünden hareketle, proje süresine bağlı olarak olayların en geç gerçekleşme zamanları bulunur. Bunun için,

$G_i = i.$ inci olayın en geç gerçekleşme zamanı.

$t_{ij} = (i,j)$  olayının gerçekleşme zamanı.



$G_j$  'ler ve  $t_{ij}$  'ler biliniyor.

<sup>(15)</sup> KARA, s.13.

$G_j < G_j - t_{ij}$  olmak üzere,  $\forall (i,j)$  olmak üzere

$G_i = \text{Enk} (G_j - t_{ij})$  olarak bulunur.

### **Algoritması**

**Adım1:**  $G_n = E_n = \text{Proje süresi ( En Erken Gerçekleşme )}$

**Adım2:**  $G_i = \text{Enk}_j \{ G_j - t_{ij} \} \forall (i,j), i = n - 1, n - 2, \dots, n - j$  <sup>(16)</sup>

Düğüm i	Ayrıt (i, j)	Önceki (j)	$G_{ij}$	$t_{ij}$	$G_i + t_{ij}$	$G_i$

### **2.) Kritik Yolun Bulunması**

Bir projede en erken gerçekleşme zamanı (  $E_i$  ) ile en geç gerçekleşme zamanı (  $G_i$  ) birbirine eşit olan işlemler Kritik İşlemleri ve bu işlemleri birleştiren ayrıtlarda Kritik Yolu verir. <sup>(17)</sup>

### **3.) İşlem Bollukları**

Boşluk terimi, işlemlerin ne kadar gecikebileceğine ilişkin bir kavramdır. <sup>(18)</sup> İki tür boşluk tanımlayabiliriz.

**İşlem Toplam Boşluğu (TB);** İşlemin en erken tamamlanma zamanı ile en geç tamamlanma zamanı arasındaki (ya da en erken başlama zamanı ile en geç başlama zamanı arasındaki) farktır. İşlem toplam boşluğu, o işlemin, projenin toplam süresini etkilemeden, en erken tamamlanma zamanından ne kadar geç bitebileceğini gösterir. Başka bir deyişle, proje süresini etkilemeden o işlemin yapılması için fazladan verilebilecek süreyi belirler. <sup>(18)</sup>

<sup>(16)</sup> KARA, s.14.

<sup>(17)</sup> KARA, s.15.

<sup>(18)</sup> ÖZSU, s.59.

**İşlem Serbest Boşluğu (SB);** İşlemin en erken tamamlanma zamanıyla, kendisini izleyen işlemlerin en erken başlama zamanlarının en küçüğü arasındaki farktır. İşlem serbest boşluğu, o işlemin, kendinden sonra gelen işlemlerin en erken başlama zamanlarını etkilemeden ne kadar geç bitebileceğini gösterir. Diğer bir deyişle, başka hiç bir işlemde gecikme olmadan o işlemin yapılması için fazladan verilebilecek süreyi belirler

Bir işlemin serbest boşluğu ile toplam boşluğu arasındaki farka da Karışma Boşluğu denir.

Serimde toplam boşluğu sıfır olan işlemler hiç geciktirilmemesi gereken işlemlerdir. Başka bir deyişle ağın başından sonuna doğru en uzun yoldaki işlemlerdir. Bu işlemlere Kritik İşlemler ve bu işlemlerin oluşturduğu yola da Kritik Yol denir.<sup>(19)</sup>

### **C.) CPM'DE SÜRE-MALİYET ANALİZİ**

Verilen işlem sürelerine bağlı olarak bulunan proje süresi, istenmesi halinde, özel makina, parça, malzeme, ve fazla mesai veya primle kısaltılabilir. Böyle bir ihtiyaç ve imkan varsa,

- Projeyi bir gün önce bitirmenin ek maliyet nedir ?
- Projeyi farklı sürelerde tamamlamak mümkünse karşı gelen kritik yörüngeler ve üstlenilen maliyetler ne olacaktır ?
- Projenin sonuçlanma günleri ile üstlenilen ek maliyetler arasında nasıl bir ilişki vardır ?
- Projeyi erken bitirmenin maliyeti ile sabit maliyetler birlikte ele alınıp, ekonomik süre bulunabilir mi ? v.b. sorular önem kazanır.<sup>(20)</sup>

<sup>(19)</sup> ÖZSU, s.60.

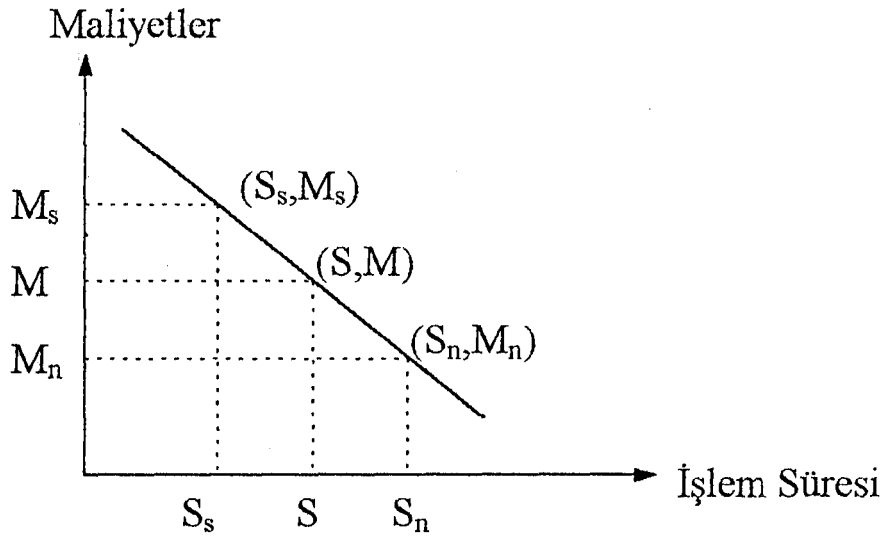
<sup>(20)</sup> KARA, s.18.

Toplam Maliyet = Sabit Maliyet + Değişken Maliyetler

Değişken Maliyet = Normal Maliyet + Sıkıştırılmış Mal.

Sıkıştırılmış Mal = F ( Fazla mesai, özel araç, gereç ve malzeme maliyetleri )

Projedeki her bir işlem için süre - maliyet eğrileri oluşturulur.



Şekil. 2.8. Süre - Maliyet İlişkisi Doğrusal İse  
Bunun Denklemi,

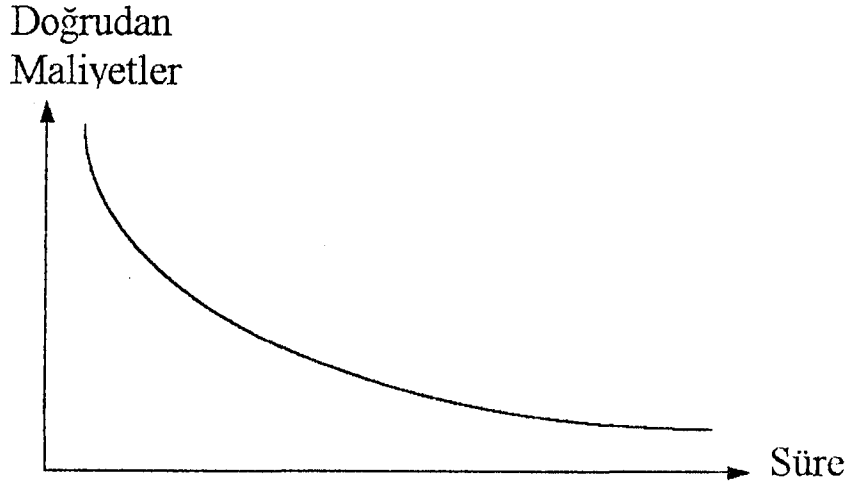
$$\frac{M - M_n}{S - S_n} = \frac{M_s - M}{S_s - S_n} \text{ eşitliğinden,}$$

$\Delta$  kısaltma süresi iken,

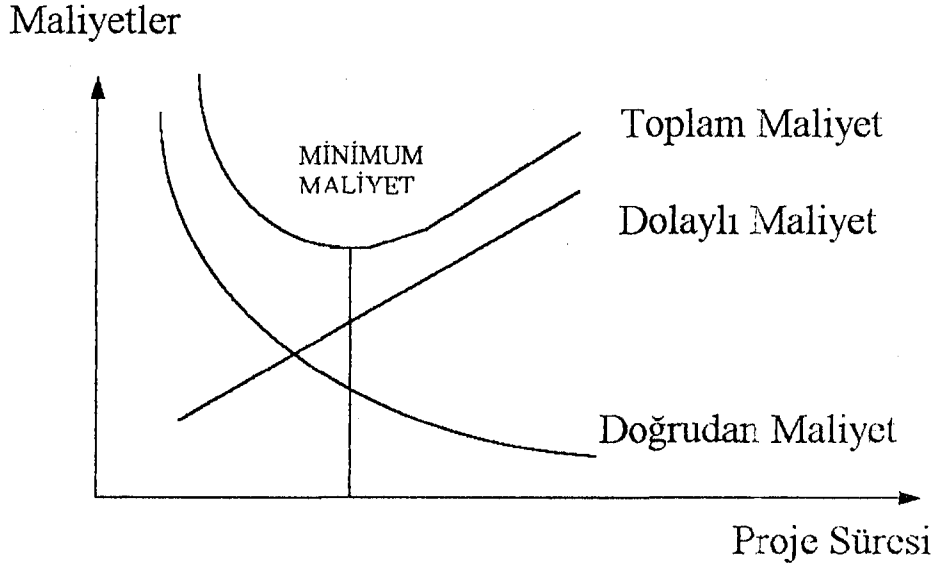
$S_s - \Delta$  alınarak,

$$M = M_n + \frac{M_s - M_n}{S_n - S_s} * \Delta, \text{ olur.}^{(21)}$$

<sup>(21)</sup> KARA, s.19.



Şekil. 2.9. Doğrudan Maliyetler ile Süre Arasındaki İlişki



Şekil. 2.10. Toplam Proje Süresi ile Toplam Maliyet İlişkisi <sup>(22)</sup>

<sup>(22)</sup> ÖZSU, s.127.

## ***Süre - Maliyet Eğrisinin Oluşturulması***

CPM'de süre - maliyet eğrisi oluşturulurken aşağıdaki adımlar uygulanır.

**Adım1:** Herbir işlemin, birim zaman kısaltma maliyetleri bulunur.

**Adım2:** Normal sürelerden hareketle, kritik yol, kritik işlemler ve işlemlerin serbest bollukları bulunur. Karşı gelen süre ve maliyetler hesaplanır.

**Adım3:** Birim zamanda kısaltma maliyeti en küçük olan kritik işlem ele alınarak, bunun son bulduğu düğümde sona eren işlemin serbest bolluğu ile bu işlemde yapılabilir, kısaltmanın hangisi küçükse, bu işlem o kadar sıkıştırılır.

**Adım4:** Proje süresi, sıkıştırılan süre kadar azaltılıp, maliyet, sıkışma süresinin birim azaltma maliyeti kadar artırılır.

**Adım5:** Hiçbir işlemde sıkıştırma yapılmayacak duruma kadar, Adım3 ve Adım4 tekrarlanır. Her seferinde bulunan süre ve maliyetle birlikte ele alınarak, süre - maliyet eğrisi çizilir.<sup>(23)</sup>

## ***D.) CPM' DE KAYNAK KULLANIMI***

Projedeki işlemlerin yerine getirilmesi için birtakım kaynaklara ihtiyaç vardır. Bu kaynaklar;

- a. İnsangücü,
- b. Malzeme,
- c. Makine,

<sup>(23)</sup> KARA, s.20

d. Para, olarak dört ana başlık altında toplayabiliriz. <sup>(24)</sup>

Bir projenin en az maliyetle ve zamanında bitirilmesi için bu kaynakların verimli bir şekilde kullanılması gerekir.

Bir projede kaynak kullanımı için iki sorunla karşılaşılır. Bunlar, sınırlı kaynakların en verimli şekilde kullanılması (Sınırlı Kaynak Kullanımı) ile kaynak sıkıntısı olmadan, projenin süresinde bitmesini sağlayacak şekilde kaynak kullanımının zaman içinde düzenli olarak sağlanmasıdır. (Kaynak Dengelenmesi)

### ***Kaynak Kullanım Yöntemleri***

Bir projenin kaynak dağıtımı genellikle çok zor ve karmaşıktır. Bu yüzden bilgisayarlardan yararlanılması faydalıdır. Ancak, karmaşık durumlarda da kullanılabilen ve bilgisayar kullanımına gerek duyulmadan üç değişik yöntem geliştirilmiştir.

Bu yöntemlerin uygulanmasında ilk önce, belirli bir zaman çizelgesine bağlı olarak kaynak kullanım çizelgeleri hazırlanır. Bu çizelgenin en basiti, işlemlerin en erken başlama zamanlarında başladıkları varsayımına dayanan çizelgedir. <sup>(25)</sup>

#### ***a.) Kısıtlı Kaynak Ataması***

Kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda kaynaklarda ortaya çıkan yetersizlik sorununa kısıtlı kaynak ataması sorunu denir. Kaynakların kısıtlı olmasından dolayı bazı işlemler zamanında başlayamayıp daha sonraki bir zamanda başlamak zorunda kalabilir. Bu da proje süresini uzatabilir. İhtiyaç duyulan kaynağın arttırılması maliyetleri arttıracaktır veya bu imkan da olmayacaktır. Bu nedenden dolayı da kısıtlı kaynak dağıtımında amaç, eldeki kaynakları kullanarak, kaynak dağıtımını yapmaktır.

Kısıtlı kaynak atamasında kesin çözüm veren yöntemler yoktur. Ancak küçük projelerde yaklaşık en iyi çözümü verebilecek

<sup>(24)</sup> ÖZSU, s.201.

<sup>(25)</sup> ÖZSU, s.201.



yaklaşımlar bulunmaktadır. Örneğin, işlemlerin toplam boşlukları dikkate alınarak yapılan kaydırmalarla belirli günlerdeki aşırı kaynak ihtiyacındaki yığılmalar azaltılabilir.<sup>(26)</sup>

### ***b.) Kısıtsız Kaynak Dengelemesi***

Sınırsız kaynakların dağılımlarının dengesiz olması sorununa sınırsız kaynak dengelemesi problemi denilmektedir. Burada amaç, projeyi süresi içinde kaynakları dengeli bir şekilde kullanılarak bitirmektir.

Kısıtsız kaynak dengelemesi problemlerinin çözümü için Burgess tarafından algoritma geliştirilmiştir. Bu yöntemde amaç her işlemi toplam bolluklarını dikkate alarak, en büyük kaynak kullanım miktarını aşağıya çekmektir.<sup>(27)</sup>

### ***c.) Uzun Vadeli Projelerde Kaynak Ataması***

Proje sürelerinin uzun olması halinde kaynak dağıtımını zor olur. Bunun için uzun süreli projelerde, açıklanan iki yöntemin kullanılması gerekir.

İlk yöntemde projenin kaynak ihtiyaçları incelenerek ana sorunlar ve çözümleri saptanır. İkinci yöntemde ise projenin kısa dönemi ele alınarak proje parçalanır. Bu alt projelerde kendi içinde kaynak atamaları yapılır. Ancak bu projenin bir bütün olarak görülmesini engelleyebileceğinden projenin bir bütün olarak ele alınması daha uygun olacaktır.<sup>(28)</sup>

## ***E.) CPM' DE BİLGİSAYAR KULLANIMI***

Projelerde ağıın çizimi, işlem süreleri ve maliyetlerin saptanması bittikten sonra kritik yolun bulunması için yapılması gereken işlemler bilgisayar yardımıyla da yapılabilir.

Bu işlemleri elle yapmak uzun zaman alabilir. Bu yüzden kolay çözüme ulaşabilmek için bilgisayarlardan faydalanmak

<sup>(26)</sup> KARA, s.35.

<sup>(27)</sup> KARA, s.35.

<sup>(28)</sup> ÖZSU, s.214.

yerinde olur. Böylece projelerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan işlemler kolayca ve hata yapılmadan gerçekleştirilebilir.

Şekil. 2.9' de serim çözümleme için bilgisayar programının akış şeması verilmiştir.<sup>(29)</sup>

Günümüzde proje yönetimi için yazılmış pek çok bilgisayar programı mevcuttur. Bu programlar seçilirken, programın kullanım kolaylığı ile beraber bazı kriterler de dikkate alınarak en uygun program seçilmelidir.

Bu kriterlerin başlıcaları şunlardır:

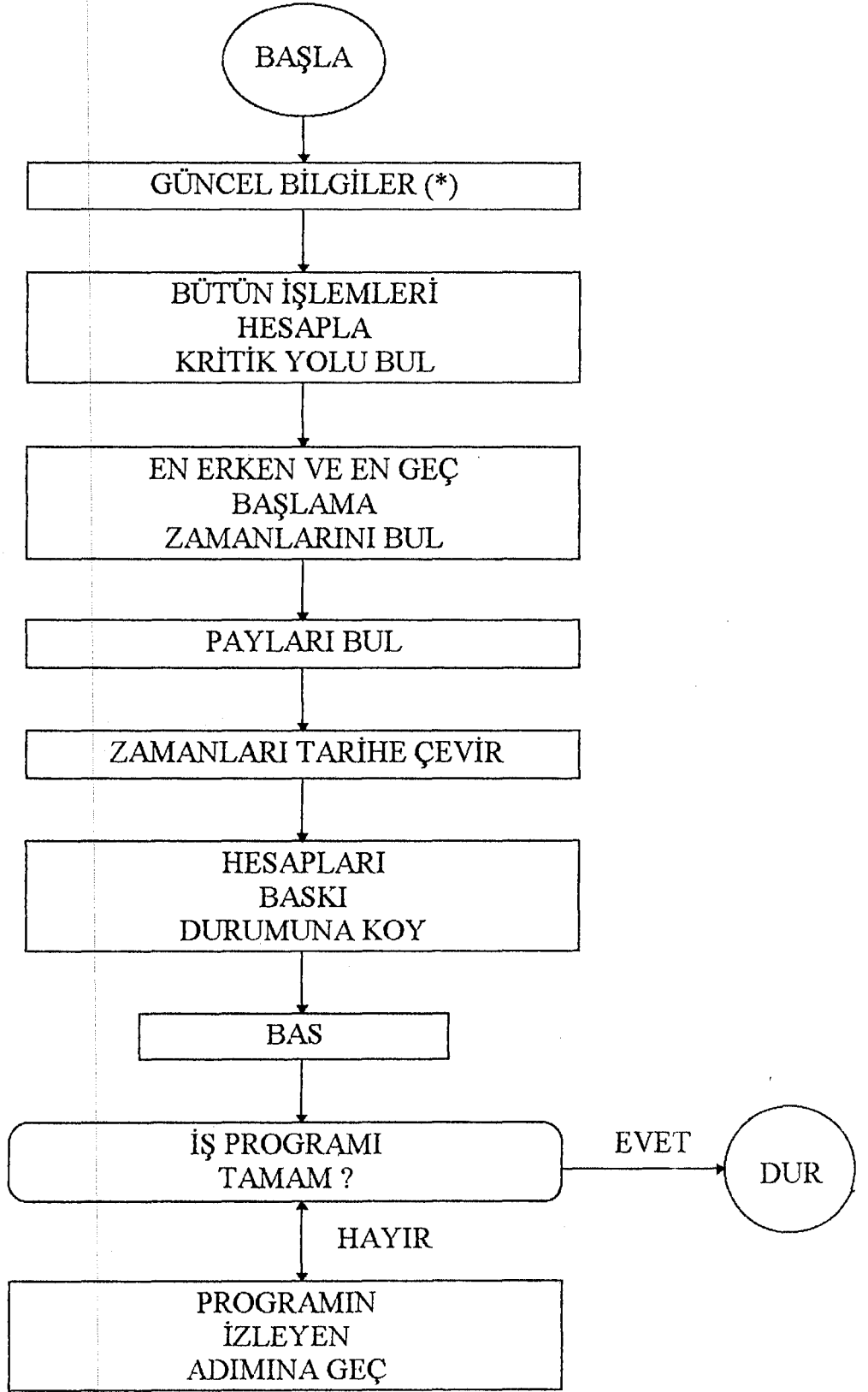
- \* Veri Girişi,
- \* Zamanlama,
- \* Kaynak Yönetimi,
- \* Raporlama
- \* Program Performansı,
- \* Maliyet Analizi ve
- \* Kapasitedir.

Piyasada proje yönetimi ile ilgili hazır paket programlar bulunmaktadır. Bu programlarının başlıcaları şunlardır.

- \* Harward Project Manager
- \* Microsoft Project
- \* Microsoft Project for Windows
- \* Primavera Project Planner
- \* Artemis Project
- \* Timeline
- \* Instaplan
- \* Super Project
- \* Scheduler.<sup>(30)</sup>

<sup>(29)</sup> S.Kaya SAĞIN, Ağ Çözümleme Yöntemleri İle Planlama ve İzleme, Sistem Yayın Dizisi, No:2, 1974, s.99.

<sup>(30)</sup> KARA, S.40.



(\*) Bilgiler, işlem numaralarını, kodları, olay numaraları, işlem numaraları ve diğer ilgili tüm bilgileri kapsamalıdır. İşlemler için ya başlangıç veya bitiş verilmelidir.

Şekil. 2.9. CPM Bilgisayar Akış Şeması

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **UYGULAMA ( CPM İLE BAKIM PLANLAMASI )**

#### **1.) Mevcut Sistem Hakkında Bilgiler**

Uygulamanın yapıldığı işletme kiremit, tuğla ve ateş tuğla imalatı yapan bir işletmedir.

Bu işletmenin bütün araç, gereç, ekipman ve makinelerin bakım onarım işleri, bakım-onarım departmanınca yapılır. Ancak işletmede planlı bir bakım faaliyeti yoktur. Makineler arıza yaptığında bunların onarılması şeklinde makineler çalışır vaziyette tutulmaya çalışılmaktadır. Bundan dolayı da makinelerde beklenmedik arızalar meydana geldiğinde üretimde önemli kayıplar olmaktadır.

#### **2.) Bakım Planlaması Neden Gereklidir ?**

İşletmede kiremit ve tuğla üretiminin ilk aşaması yaş imalattır. İşletmenin her fabrikasında yaş imalatı sağlayan vakumlu çamur makinaları mevcuttur. En önemli bakım faaliyetleri ise bu çamur makinaları üzerinde olmaktadır.

Bu çamur makinaları bakıma alındığında bütün tesisin üretimini durmaktadır. Bu yüzden bakım faaliyetinin kısa sürede bitirilmesi gerekmektedir. Bunun içinde iyi bir planlama şarttır. İyi bir bakım planı ile işletmede arızalardan dolayı meydana gelen üretim kayıpları en aza indirilip kapasite kullanım oranı arttırılabilir.

### **3.) Makinenin Tanıtılması**

#### **a.) Vakumlu Çamur Makinasının Tanıtılması**

Vakumlu çamur makinesi, hammadde hazırlama bölümünden gelen toprağın içindeki havayı emerek sıkıştırır ve vakumlu çamur plakaları haline dönüştürür. Bu çamur plakaları sonradan preslenerek yaş kiremit haline dönüştürülür.

Makine alt, orta ve üst olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. Makineye ait teknik resimler eklerde verilmiştir.

#### **b.) Makinenin Demontaj ve Montajı**

Makinenin bakım faaliyetlerini sırasıyla 6 başlık altında toplayabiliriz;

- i.) Üst kısmın demontajı ve kontrolü,
- ii.) Orta kısmın demontajı ve kontrolü,
- iii.) Alt kısmın demontajı ve kontrolü,
- iv.) Alt kısmın montajı,
- v.) Orta kısmın montajı,
- vi.) Üst kısmın montajı.

Bu faaliyetlere ait işlemler ayrıntılı olarak aşağıda açıklanmıştır.

**ÜST KISMIN DEMONTAJI**

<b>İŞLEM KODU</b>	<b>İŞLEM ADI</b>	<b>ÖNCELİK İŞLEMİ</b>	<b>İŞÇİ ADEDİ</b>	<b>ADAM DAKİKA</b>	<b>SÜRE DAKİKA</b>
1	Üst tablanın civatalarının sökülerek yerinden alınması	-	2	30	15
2	Kafanın sökülmesi	1	3	45	15
3	Çapa civatalarının gevşetilmesi	2	4	120	30
4	Çapaların çekirme ile çıkartılması	3	3	180	60
5	Adaptör parçanın sökülmesi	-	1	6	6
6	Pinyon imil kapağının sökülmesi	5	1	12	12
7	Birinci rulman kapağının sökülmesi	6	1	15	15
8	Rulmanın çıkarılması	7	2	30	15
9	Volan kayışlarının çıkartılması	5	2	60	30
10	Volanın çıkartılması	8, 9	2 + 1	45	15
11	Kavrama grubunun çıkartılması	10	2	30	15
12	İkinci rulman kapağının sökülmesi	11	1	15	15
13	Rulmanın çıkartılması	12	2	60	30
14	Pinyon milinin çıkartılması	13	4	48	12
15	Dişli grubunun kapağının sökülmesi	14	2	60	30
16	Kapak içindeki rulmanın çıkartılması	15	2	30	15
17	Dişli çarkın yerinden çıkartılması	15	2 + 1	45	15
18	Küçük mil kapağının sökülmesi	17	1	6	6
19	Mil üzerindeki kamaların sökülmesi	4	2	60	30
20	Hareket aktarıcı 2 adet milin çıkartılması	18	4	120	30
21	Gövdede bulunan gömleklerin sökülmesi	19, 20	2	90	45
22	Çapalarla dişli çarkı ayıran flanşların (4 adet) sökülmesi	21	2	60	30
23	Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların sökülmesi	-	2	30	15
24	Üst Makina gövdesinin yana alını (orta ve alt makinanın sökümü için )	22, 23	4 + 1	75	15

**ORTA KISMIN DEMONTAJI**

<b>İŞLEM KODU</b>	<b>İŞLEM ADI</b>	<b>ÖNCELİK İŞLEMİ</b>	<b>İŞÇİ SAYISI</b>	<b>ADAM DAKİKA</b>	<b>SÜRE DAKİKA</b>
25	Milleri sabitleyen kapakların çıkarılması	24	2	30	15
26	Baskı grubunun civatalarının sökülmesi	24	2	60	30
27	Baskı grubunun yerinden çıkartılması	26	2	30	15
28	Baskıya hareket veren dişlilerin çıkartılması	25, 27	2	12	6
29	Baskı millerinin çıkartılması	28	4	60	15
30	Bronz yatakların sökülmesi	29	2	60	30
31	Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan sökülmesi	-	2	30	15
32	Orta gövdenin yana alınması	30,31	4 + 1	75	15

ALT KISMIN DEMONTAJI

<b>İŞLEM KODU</b>	<b>İŞLEM ADI</b>	<b>ÖNCELİK İŞLEMİ</b>	<b>İŞÇİ SAYISI</b>	<b>ADAM DAKİKA</b>	<b>SÜRE DAKİKA</b>
33	Adaptör parçanın sökülmesi	-	1	6	6
34	Rulman üst yatağının sökülmesi	32	1	15	15
35	Rulman alt yatağının ayaklarının sökülmesi	34	1	15	15
36	Rulmanın alt yatağıyla çıkartılması	35	1	6	6
37	Kavrama grubu bileziğinin sökülmesi	36	1	15	15
38	Kavrama grubunun yerinden çıkartılması	37	2	30	15
39	Volan kayışlarının çıkartılması	36	2	30	15
40	Volanın yerinden çıkartılması	38, 39	2 + 1	45	15
41	Rulman kapağının sökülmesi	40	1	6	6
42	Pinyon milinin rulmanla birlikte çıkarılması	41	2	24	12
43	Rulmanın pinyon milinden çıkarılması	42	2	60	30
44	Yan kapağın sökülmesi	-	1	15	15
45	Rulman yatağının üstünün sökülmesi	32,44	1	15	15
46	Yataktaki rulmanın yerinden çıkarılması	42, 45	1	3	3
47	Ağızlığın sökülmesi	-	2	30	15
48	Ara aparatın sökülmesi	32, 47	2	30	15
49	Boğaz bağlantıların çıkarılması	48	1	9	9
50	Boğazın açılması	49	1	3	3
51	Helezonların çıkartılması	50	2	30	15
52	Alın rulmanının sökülmesi	51	2	30	15
53	Boğaz keçe grubunun civatalarının sökümü	52	1	9	9
54	Rulman yatak kafa civatalarının sökülmesi	53	1	9	9
55	Rulman yatak kafalarının çıkarılması	54	1	15	15
56	Helezon milinin komple yuvasından çıkarılması	55	3	270	90
57	Alt gruptaki tüm gömleklerin çıkartılması	56	1	30	30
58	Mil üzerindeki dişli ve rulmanların çıkarılması	56	2	120	60

ALT KISMIN MONTAJI

<u>İŞLEM KODU</u>	<u>İŞLEM ADI</u>	<u>ÖNCELİK İŞLEMİ</u>	<u>İŞÇİ SAYISI</u>	<u>ADAM DAKİKA</u>	<u>SÜRE DAKİKA</u>
59	Mil üzerindeki dişli ve rulmanların montajı	58	2	120	60
60	Alt gruptaki tüm gömleklerin montajı	57	1	90	90
61	Helezon milinin komple yuvasına montajı	59	3	270	90
62	Rulman yatak kafalarının montajı	61	2	120	60
63	Rulman yatak kafa civatalarının takılması	62	1	15	15
64	Boğaz keçe grubunun civatalarının takılması	63	1	9	9
65	Alın rulmanının takılması	64	2	60	30
66	Helezonların montajı	60, 62	2	180	90
67	Boğazın kapanması	66	1	6	6
68	Boğaz bağlantıların montajı	67	1	24	24
69	Ara aparatın takılması	68	2	30	15
70	Ağzılığın takılması	69	2	30	15
71	Yataktaki rulmanın yerine montajı	46	1	3	3
72	Rulman yatağının üstünün takılması	71	1	15	15
73	Yan kapağın takılması	72	1	15	15
74	Rulmanın pinyon miline montajı	43	2	120	60
75	Pinyon milinin rulmanla birlikte montajı	71, 74	2	30	15
76	Rulman kapağının takılması	75	1	12	12
77	Volanın yerine montajı	76	2 + 1	270	90
78	Volan kayışlarının yerine takılması	77	2	30	15
79	Kavrama grubunun yerine montajı	77	2	30	15
80	Kavrama grubu bileziğinin takılması	79	2	60	30
81	Rulmanın alt ayağıyla montajı	78, 80	2	24	12
82	Rulman alt yatağının ayaklarının civatalarının takılması	81	1	15	15
83	Rulman üst yatağının takılması	82	1	15	15
84	Adaptör parçanın takılması	33, 83	1	6	6

ORTA KISMIN MONTAJI

<u>İŞLEM KODU</u>	<u>İŞLEM ADI</u>	<u>ÖNCELİK İŞLEMİ</u>	<u>İŞÇİ SAYISI</u>	<u>ADAM DAKİKA</u>	<u>SÜRE DAKİKA</u>
85	Orta gövdenin yerine konması	32, 65	4 + 1	150	30
86	Alt ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların takılarak sıkılması	85	2	60	30
87	Bronz yatakların takılması	30	2	90	45
88	Baskı millerinin montajı	87	4	120	30
89	Baskıya hareket veren dişlilerin montajı	88	2	30	15
90	Milleri sabitleyen kapakların takılması	89	2	30	15
91	Baskı grubunun yerine montajı	90	2	90	45
92	Baskı grubunun civatalarının takılması	91	2	90	45



ÜST KISMIN MONTAJI

<b>İŞLEM KODU</b>	<b>İŞLEM ADI</b>	<b>ÖNCELİK İŞLEMİ</b>	<b>İŞÇİ SAYISI</b>	<b>ADAM DAKİKA</b>	<b>SÜRE DAKİKA</b>
93	Üst Makina gövdesinin yerine konulması	91	4 + 1	150	30
94	Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların takılarak sıkılması	93	2	60	30
95	Çapalarla dişli çarkı ayıran flanşların takılması	22	2	48	24
96	Gövdede bulunan gömleklerin takılması	21	2	180	90
97	Hareket aktarıcı 2 adet milin montajı	95, 96	4	240	60
98	Mil üzerindeki kamaların takılması	97	2	60	30
99	Küçük mil kapağının takılması	98	1	6	6
100	Dişli çarkın yerine montajı	99	2 + 1	45	15
101	Kapak içindeki rulmanın montajı	16	2	30	15
102	Dişli grubunun kapağının takılması	100, 101	2	90	45
103	Pinyon milinin montajı	102	4	96	24
104	Rulmanın montajı	103	2	60	30
105	Rulman kapağının takılması	104	1	15	15
106	Kavrama grubunun montajı	105	2	60	30
107	Volanın montajı	106	2 + 1	90	30
108	Volan kayışlarının takılması	107	2	48	24
109	Rulmanın montajı	107	2	48	24
110	Rulman kapağının takılması	109	1	15	15
111	Pinyon mil kapağının takılması	110	1	12	12
112	Adaptör parçanın takılması	108, 111	1	12	12
113	Çapaların montajı	98	3	270	90
114	Çapa civatalarının sıkılması	113	4	180	45
115	Kafanın takılması	114	3	135	45
116	Üst tablanın yerine konularak civatalarının takılması	115	2	48	24

## ***i.) Üst Kısımın Demontajı ve Kontrolü***

### ***İşlem. 1: Üst tablanın civatalarının sökülerek yerinden alınması***

Tabla ile makina gövdesini birbirine bağlayan civatalar (12 adet) 2 işçi tarafından alyan anahtar yardımıyla gevşetilerek çıkarılır. Civatalar yerinden çıkartıldıktan sonra, üst tabla bulunduğu yerden alınarak uygun bir yere konur. Bu iş bittikten sonra kafanın sökülmesine geçilir.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik ise 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 2: Kafanın sökülmesi***

Kafa gövdesine bağlı olan 2 dış kapak 6' şar adet civatası 3 işçi tarafından sökülerek yerinden alınır. Milleri sabitlemeye yarayan şapkalı kapakların 3' er adet civatası sökülüp dışarıya alınır. Alın rulmanları çıkarılır. Alın rulmanını sabitlemeye yarayan aparat parçalar da çıkarılır. Kovanlar, içindeki millerin yataklanmasını sağlayan rulmanlarla birlikte komple çıkarılıp kenara konur. (Daha sonra rulmanlar çıkarılıp kontrol edilir.) Kafayı ana gövdeye bağlayan civatalar anahtar yardımı ile sökülerek kafa gövdesi yerinden alınarak uygun bir yere konur.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 45 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 3: Çapa civatalarının gevşetilmesi***

Birbirine paralel 2 milin üstünde bulunan 15' li 30 çapanın herbirinde bulunan 4'er adet alyan civata, 4 işçi tarafından alyan anahtar yardımıyla gevşetilir. Miller üstünde rahatça oynayacak şekilde gevşeyen çapalar bu işlemten sonra çıkartılabilir.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.4:Çapaların çekirme ile çıkartılması***

Millerin üstünde gevşemiş haldeki çapalar, 3 işçi tarafından önden arkaya doğru sırayla elle çekilerek çıkartılır.

Bu işlemin süresi 60 dk. olup harcanan işçilik 180 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.5:Adaptör parçanın sökülmesi***

Kavramaya hava sağlayan adaptör parça, 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek yerinden çıkartılır. Bu işlem volan kavrama grubu ve aktarma gruplarının demontajını yapabilmek için gerekli bir işlemdir.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.6:Pinyon mil kapağının sökülmesi***

Pinyon mil kapağının üzerindeki civatalar 1 işçi tarafından sökülerek kapak yerinden çıkartılır. Pinyon mil kapağı rulmanın dış çerçevesinin yataklanmasını sağlar.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 12 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.7: Birinci rulman kapağının sökülmesi***

Rulman kapağını sıkan 2 adet civata 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek rulman iç bileziğinin sabitlenmesine yarayan kapak yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. ve harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.8:Rulmanın çıkarılması***

Volanın yatağında bulunan rulmanlar (sabit bilyeli) 2 işçi tarafından çekirme ile yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.9: Volan kayışlarının çıkartılması***

Volanı çevirmek için kullanılan elektrik motoru ile volan arasındaki 8 adet V kayışları 2 işçi tarafından eksen kaydırma yoluyla yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem.10: Volanın çıkartılması***

Rulman ve kayışların çıkartılmasından sonra volan 2 işçi ve 1 forklift yardımıyla çekilerek yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 45 adam.dk.dır.

### ***İşlem.11: Kavrama grubunun çıkartılması***

Sürekli çalışan motorun hareketini, istenilen zaman dilimlerinde çapaların bulunduğu millere aktarmaya yarayan kavrama grubu 2 işçi tarafından çektirme yardımıyla çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.12: İkinci rulman kapağının sökülmesi***

Dişli grubu kapağında bulunan ve pinyon milinin yataklanmasını sağlayan rulmanı sabitlemeye yarayan kapak üzerindeki civataların 1 işçi tarafından sökülmesi ile yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 13: Rulmanın çıkartılması***

Yataklamaya yarayan rulman kapağının 2 işçi tarafından sökülmesi ile yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 14: Pinyon milinin çıkartılması***

Üzerindeki tüm parçalar alınan pinyon mili 4 işçi tarafından çekilerek bulunduğu yerden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 48 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 15: Dişli grubunun kapağının sökülmesi***

Büyük helezon ve pinyon milinin yataklanmasına yardımcı olan dişli grubu kapağı etrafındaki civataların 2 işçi tarafından sökülmesiyle yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 16: Kapak içindeki rulmanın çıkartılması***

Dişli grup kapağı içinde bulunan rulman, dış kapak vidaları 2 işçi tarafından sökülerek yerinden çektirme yardımıyla çıkartılır. Çıkartılan rulman mazotla temizlenerek, sentil ile boşluğu olup olmadığı kontrol edilir.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 17: Dişli çarkın yerinden çıkartılması***

Dişli çarkın önündeki emniyet segmanı alınıp, 2 işçi ve 1 forklift yardımıyla çekilerek yerinden alınır. Dişli çark temizlenerek, gerekli kontrolleri yapılır. Eğer dişli kontrolden geçerse, tekrar kullanılmak üzere bir kenara konur. Eğer kontrolden geçmez ise dişli hurdaya ayrılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 45 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 18: Küçük mil kapağının sökülmesi***

Kapak üzerindeki 4 adet civata 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek, kapak bulunduğu yerden alınır.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 19: Mil üzerindeki kamaların sökülmesi***

Mil üzerinde bulunan kamalar, kamaları, kendilerini mile sabitleyen civatalar 2 işçi tarafından alyan anahtar yardımıyla sökülmesiyle yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 20: 2 adet hareket aktarıcı milin çıkartılması***

Hareket aktarıcı 2 adet mil yuvalarından 4 işçi tarafından çekilerek çıkartılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 21: Gövdede bulunan gömleklerin sökülmesi***

Gömlek üzerindeki civatalar 2 işçi tarafından alyan anahtar yardımıyla sökülerek gömlekler yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

***İşlem.22: Çapalarla dişli çarkı ayıran flanşların (4 adet) sökülmesi***

Flanşlar ters yönde, (araya takos konularak) 2 işçi tarafından çekiçle vurularak yerinden çıkartılır. Yerinden çıkan flanşların ölçüleri kontrol edilerek flanşlarda aşınma olup olmadığına bakılarak, aşınan flanşlar hurdaya ayrılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

***İşlem.23: Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların sökülmesi***

İki gövdeyi birbirine bağlayan ve tüm gövde çevresinde bulunan civatalar 2 işçi tarafından anahtar yardımı ile sökülerek yerlerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

***İşlem.24: Üst Makina gövdesinin yana alını***

Makinanın orta ve alt kısmına ulaşmak için üst makina gövdesi 4 işçi ve 1 vinç operatörü tarafından halatlarla arabalı vince bağlanarak yana uygun bir yere alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 75 adam.dk.dır.

## ***ii.) Orta Kısımın Demontajı ve Kontrolü***

### ***İşlem.25: Milleri sabitleyen kapakların çıkarılması***

Millerin yatay yönde hareket etmesini engelleyen kapaklar 2 işçi tarafından üzerindeki civataların sökülmesiyle buldukları yerden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.26: Baskı grubunun civatalarının sökülmesi***

Baskı üzerinde bulunan toplam 32 adet civata 2 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülür.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem.27: Baskı grubunun yerinden çıkartılması***

Civataları sökülen baskılar, 2 işçi tarafından 2 parçaya ayrılarak yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.28: Baskıya hareket veren dişlilerin çıkartılması***

Alt dişli grubundan, baskılara hareket veren dişliler milleri ile birlikte 2 işçi tarafından yatağından çıkartılır.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 12 adam.dk.dır.



### ***İşlem.29: Baskı millerinin çıkartılması***

Dişli önünde bulunan emniyet bileziği, 4 işçi tarafından üzerindeki civatanın sökülmesiyle çıkartılarak, mil üzerindeki dişli çekilerek çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem.30: Bronz yatakların sökülmesi***

Millere yataklama yapan gövde üzerindeki bronz yataklar 2 işçi tarafından çektirme yardımıyla çıkartılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem.31: Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların sökülmesi***

İki gövdeyi birbirine bağlayan ve tüm gövde çevresinde bulunan civatalar 2 işçi tarafından anahtar yardımı ile sökülerek yerlerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.32: Orta gövdenin yana alınması***

Makinanın alt kısmına ulaşmak için orta kısmın gövdesi 4 işçi ve 1 vinç operatörü tarafından halatlarla arabalı vince bağlanarak yana uygun bir yere alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 75 adam.dk.dır.

### ***iii.) Alt Kısımın Demontajı ve Kontrolü***

#### ***İşlem.33:Adaptör parçanın sökülmesi***

Alt kavramaya hava sağlayan adaptör parçası 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek bir kenara konur.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.34:Rulman üst yatağının sökülmesi***

Rulman üst yatağındaki 2 adet civata 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek yerinden alınır.Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.35:Rulman alt yatağının ayaklarının sökülmesi***

Rulmanı seviyelendirmek için, zemine 4 adet civata ile bağlı olan ayak, 1 işçi tarafından üzerindeki civatalar sökülerek yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.36:Rulmanın alt yatağıyla çıkartılması***

Rulman alt yatağını ayaklara bağlayan 4 adet civata 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek, rulman ve alt yatağı mil üzerinde kaydırılarak çıkartılır. Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.37:Kavrama grubu bileziğinin sökülmesi***

Kavrama grup bileziğini mil üzerinde sabitleyen 2 adet civata, 1 işçi tarafından alyan anahtar yardımıyla sökülür ve bilezik mil üzerinde kaydırılarak çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem.38:Kavrama grubunun yerinden çıkartılması***

Motordan alınan hareketi istenilen zaman diliminde alt dişli grubuna aktarılmasını sağlayan alt kavrama grubu 2 işçi tarafından çekilerek mil üzerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.39:Volan kayışlarının çıkartılması***

Volanı çevirmek için kullanılan elektrik motoru ile volan arasındaki V kayışları 2 işçi tarafından eksen kaydırma yoluyla yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.40:Volanın yerinden çıkartılması***

Volan 2 işçi ve forklift yardımıyla çekilerek yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 45 adam.dk.dır.

### ***İşlem.41:Rulman kapağının sökülmesi***

Kapak üzerinde bulunan 4 adet civata 1 işçi tarafından sökülerek pinyon mili üzerinde kaydırılmak suretiyle yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.42: Pinyon milinin rulmanla birlikte çıkarılması***

Pinyon miline yataklama sağlayan gövdedeki rulman mil ile birlikte 2 işçi tarafından çekilerek çıkartılır.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 24 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.43: Rulmanın pinyon milinden çıkarılması***

Makine üzerinden birlikte çıkarılan rulman ve pinyon mili, 2 işçi tarafından rulmanın tavlama ile milderden çıkarılır. (Tavlama sırasında, milin ısınmamasına dikkat edilir.)

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.44: Yan kapağın sökülmesi***

Makina gövdesi yanında bulunan kapak üzerindeki 16 adet civata 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek kapak yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.45: Rulman yatağının üstünün sökülmesi***

Pinyon milini yataklamaya yarayan sabit rulman, üst yatağındaki üzerindeki 4 adet civata 1 işçi tarafından anahtarla sökülerek yatak üst kapağı yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.46: Yataktaki rulmanın yerinden çıkarılması***

Sabit yatak içinde bulunan rulman 1 işçi tarafından yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 3 dk. olup harcanan işçilik 3 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.47:Ağızluğun sökülmesi***

Ağızlık ile ara aparatı birbirine bağlayan 10 adet civata 2 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek ağızlık yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.48:Ara aparatın sökülmesi***

Ara aparatı makinanın gövdesine bağlayan 10 adet civata, 2 işçi tarafından anahtar yardımıyla sökülerek ara aparat yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.49:Boğaz bağlantılarının çıkarılması***

Boğazı açabilmek için, boğazın altında ve üstünde bulunan 8 adet civata 1 işçi tarafından sökülür.

Bu işlemin süresi 9 dk. olup harcanan işçilik 9 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.50:Boğazın açılması***

Bağlantı civataları sökülen boğaz, 1 işçi tarafından bulunduğu menteşeler üzerinde açılır.

Bu işlemin süresi 3 dk. olup harcanan işçilik 3 adam.dk.dır.

#### ***İşlem.51:Helezonların çıkartılması***

Helezonların önünde bulunan civata sökülerek helezonlar, mil üzerinden tek tek çekilerek 9 adet helezon 2 işçi tarafından yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.52:Alın rulmanının sökülmesi***

Alt gövdede bulunan alın rulmanı 2 işçi tarafından bulunduğu yerden alınır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.53:Boğaz keçe grubunun civatalarının sökülmesi***

Vakum bölgesindeki hava kaçağını önlemek için kullanılan boğaz keçe grubu 1 işçi tarafından bulunduğu yerden çıkartılır. Gerekli kontroller yapılır.

Bu işlemin süresi 9 dk. olup harcanan işçilik 9 adam.dk.dır.

### ***İşlem.54:Rulman yatak kafa civatalarının sökülmesi***

Alt helezon milini yataklayan, sabit yatağı tutan 2 adet civata 1 işçi tarafından sökülür.

Bu işlemin süresi 9 dk. olup harcanan işçilik 9 adam.dk.dır.

### ***İşlem.55:Rulman yatak kafalarının çıkarılması***

Civataları sökülen yatak 1 işçi tarafından yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem.56:Helezon milinin komple yuvasından çıkarılması***

Helezon mili üzerindeki dişli ve rulmanlar birlikte 3 işçi tarafından komple dişli grubu tarafından (makinenin arka tarafından) çıkartılır.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 270 adam.dk.dır.

***İşlem.57:Alt gruptaki tüm gömleklerin çıkartılması***

Makinanın gövdesindeki toprak sürtünmesinden meydana gelen aşınmaları önlemek amacıyla kullanılan kalın saçtan (10'luk) yapılmış olan gömlekler 1 işçi tarafından üzerindeki alyan civataları, alyan anahtar yardımıyla sökülerek gömlekler tek tek yerinden alınır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

***İşlem.58:Mil üzerindeki dişli ve rulmanların çıkarılması***

Komple yerinden çıkartılan mil, dişli ve rulmanlar birbirinden usulüne uygun olarak ( milin, dişli ve rulmanların durumuna göre tavlama, kesme veya balyozla vurma ) 2 işçi tarafından yerinden çıkartılır.

Bu işlemin süresi 60 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

***iv.) Alt Kısımın Montajı***

***İşlem.59:Mil üzerindeki dişli ve rulmanların montajı***

Komple yerinden çıkartılan mil, dişli ve rulmanlar usulüne uygun olarak 2 işçi tarafından yerine takılır.

Bu işlemin süresi 60 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

### ***İşlem.60:Alt gruptaki tüm gömleklerin montajı***

Makinanın gövdesindeki toprak sürtünmesinden meydana gelen aşınmaları önlemek amacıyla kullanılan kalın saçtan (10'luk) yapılmış olan gömlekler 1 işçi tarafından yenilenerek yerine takılır.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

### ***İşlem.61:Helezon milinin komple yuvasına montajı***

Helezon mili üzerindeki dişli ve rulmanlarla birlikte komple dişli grubu tarafından (makinenin arka tarafından) makinedeki yuvasına 3 işçi tarafından takılır.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 270 adam.dk.dır.

### ***İşlem.62:Rulman yatak kafalarının montajı***

Rulman yatakları 2 işçi tarafından yerine yerleştirilir.

Bu işlemin süresi 60 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

### ***İşlem.63:Rulman yatak kafa civatalarının takılması***

Alt helezon milini yataklayan, sabit yatağı tutan 2 adet civata 1 işçi tarafından takılarak, sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.64:Boğaz keçe grubunun civatalarının takılması***

Vakum bölgesindeki hava kaçağını önlemek için kullanılan boğaz keçe grubu 1 işçi tarafından keçeleri yenilenerek yerine takılır.



Bu işlemin süresi 9 dk. olup harcanan işçilik 9 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 65: Alın rulmanının takılması***

Alt gövdede bulunan alın rulmanı 2 işçi tarafından yerine takılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 66: Helezonların montajı***

9 adet helezon, 2 işçi tarafından mil üzerine tek tek takılır ve en önde bulunan helezonun ucundaki civatalar takılarak sıkılır.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 180 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 67: Boğazın kapanması***

Boğaz, bulunduğu menteşeler 1 işçi tarafından üzerinde kapatılarak, bağlantı civataları takılarak sıkılır.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 68: Boğaz bağlantılarının montajı***

Boğazın altında ve üstünde bulunan 8 adet civata 1 işçi tarafından takılır.

Bu işlemin süresi 24 dk. olup harcanan işçilik 24 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 69: Ara aparatın takılması***

Ana aparat yerine yerleştirilir ve ara aparatı makinanın gövdesine bağlayan 10 adet civata 2 işçi tarafından takılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 70: Ağızlığın takılması***

Ağızlık ile ara aparatı birbirine bağlayan 10 adet civata 2 işçi tarafından anahtar yardımıyla sıkılarak ağızlık yerine takılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 71: Yataktaki rulmanın yerine montajı***

Sabit yatak içinde bulunan rulman kontrolden geçirildikten sonra ( sağlam değilse yenisi ) yerine 1 işçi tarafından takılır.

Bu işlemin süresi 3 dk. olup harcanan işçilik 3 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 72: Rulman yatağının üstünün takılması***

Pinyon milini yataklamaya yarayan sabit rulman yatakları 1 işçi tarafından üzerindeki yatak kapağı yerine konularak 4 adet civata anahtarla sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 73: Yan kapağın takılması***

Makina gövdesi yanında bulunan kapak yerine konularak kapak 1 işçi tarafından üzerindeki 16 adet civata anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 74: Rulmanın pinyon miline montajı***

Rulman 2 işçi tarafından yağda ısıtılarak mile takılır.

Bu işlemin süresi 60 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 75: Pinyon milinin rulmanla birlikte montajı***

Rulmanı takılan pinyon mili 2 işçi tarafından yerine takılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 76: Rulman kapağının takılması***

Kapağın temas yüzeylerine silikon sürülerek yerine takılır ve üzerinde bulunan 4 adet civata 1 işçi tarafından sıkılır.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 12 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 77: Volanın yerine montajı***

Volan 2 işçi ve forklift yardımıyla yerine monte edilir.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 270 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 78: Volan kayışlarının yerine takılması***

Volanı çevirmek için kullanılan elektrik motoru ile volan arasındaki V kayışları 2 işçi tarafından yerine takılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 79: Kavrama grubunun yerine montajı***

Motordan alınan hareketi istenilen zaman diliminde alt dişli grubuna aktarılmasını sağlayan alt kavrama grubu 2 işçi tarafından mil üzerine monte edilir.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 80: Kavrama grubu bileziğinin takılması***

Kavrama grup bileziği 2 işçi tarafından mil üzerine monte edilir ve bileziği mil üzerinde sabitleyen 2 adet setsukur, civataları, alyan anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 81: Rulmanın alt ayağıyla montajı***

Rulman ve alt yatağı 2 işçi tarafından mil üzerine monte edilir ve rulman yatağını ayaklara bağlayan 4 adet civata anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 24 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 82: Rulman alt yatağının ayaklarının civatalarının takılması***

Rulmanı seviyelendirmek için zemine 4 adet civata ile bağlı olan ayak 1 işçi tarafından yerine konur ve üzerindeki civatalar sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem.83:Rulman üst yatağının takılması***

Rulman yatağının üst kapağı 1 işçi tarafından yerine konur ve 2 adet civata anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem.84:Adaptör parçanın takılması***

Alt kavramaya hava sağlayan adaptör parçası 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla yerine takılır.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

### ***v.) Orta Kısımın Montajı***

### ***İşlem.85:Orta gövdenin yerine konması***

Orta kısmın gövdesi, 4 işçi ve 1 vinç operatörü tarafından alt gövdedeki temas yüzeylerine silikon sürülerek arabalı vinç yardımıyla yerine konur.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 150 adam.dk.dır.

### ***İşlem.86:Alt ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların takılarak sıkılması***

İki gövdeyi birbirine bağlayan ve tüm gövde çevresinde bulunan civatalar 2 işçi tarafından yerine takılarak, anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 87: Bronz yatakların takılması***

Millere yataklama yapan gövde üzerindeki bronz yataklar 2 işçi tarafından yerine takılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 88: Baskı millerinin montajı***

Dişli 4 işçi tarafından mil üzerine takılır ve önüne emniyet bileziği geçirilerek civatalar sıkılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 120 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 89: Baskıya hareket veren dişlilerin montajı***

Alt dişli grubundan, baskılara hareket veren dişliler milleri ile birlikte 2 işçi tarafından yatağına monte edilir.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 90: Milleri sabitleyen kapakların takılması***

Millerin arkaya doğru hareketini engelleyen kapaklar 2 işçi tarafından üzerlerindeki civataların takılarak sıkılmasıyla sabitlenirler.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 91: Baskı grubunun yerine montajı***

Baskılar 2 işçi tarafından yerine konularak civataları sıkılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

### ***İşlem.92:Baskı grubunun civatalarının takılması***

Baskı üzerinde bulunan toplam 48 adet civata 2 işçi tarafından anahtar yardımıyla takılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

### ***vi.) Üst Kısımın Montajı***

### ***İşlem.93:Üst Makina gövdesinin yerine konulması***

Üst makina gövdesi 4 işçi ve 1 vinç operatörü tarafından orta gövdedeki temas yüzeylerinin silikonlanmasından sonra arabalı vinç yardımıyla yerine konulur.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 150 adam.dk.dır.

### ***İşlem.94:Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civataların takılarak sıkılması***

İki gövdeyi birbirine bağlayan bütün gövde çevresinde bulunan civatalar 2 işçi tarafından yerine takılarak, anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem.95:Çapalarla dişli çarkı ayıran flanşların (4 adet) takılması***

Flanşlar 2 işçi tarafından (araya takos konularak) çekiçle vurularak yerine takılır.

Bu işlemin süresi 24 dk. olup harcanan işçilik 48 adam.dk.dır.

### ***İşlem.96:Gövdede bulunan gömleklerin takılması***

Gömlekler 2 işçi tarafından yerine konularak, gömlek üzerindeki civatalar alyan anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 180 adam.dk.dır.

### ***İşlem.97:Hareket aktarıcı 2 adet milin montajı***

Hareket aktarıcı 2 adet mil 4 işçi tarafından yuvalarına konur.

Bu işlemin süresi 60 dk. olup harcanan işçilik 240 adam.dk.dır.

### ***İşlem.98:Mil üzerindeki kamaların takılması***

Mil üzerinde bulunan kamalar, 2 işçi tarafından yerine takılır ve kamaları mile sabitleyen civatalar alyan anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem.99:Küçük mil kapağının takılması***

Kapak 1 işçi tarafından yerine takılır ve kapak üzerindeki 4 adet civata anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 6 dk. olup harcanan işçilik 6 adam.dk.dır.

### ***İşlem.100:Dişli çarkın yerine montajı***

Dişli çark 2 işçi ve forklift yardımıyla yerine konur ve önüne emniyet segmanı takılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 45 adam.dk.dır.



### ***İşlem.101:Kapak içindeki rulmanın montajı***

Dişli grup kapağı içindeki rulman 2 işçi tarafından kontrol edilerek, sağlam değilse değiştirilerek, yerine yerleştirilir ve dış kapak vidaları sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 30 adam.dk.dır.

### ***İşlem.102:Dişli grubunun kapağının takılması***

Büyük helezon ve pinyon milinin yataklanmasına yardımcı olan dişli grubu kapağı, 2 işçi tarafından temas yüzeylerine silikon sürüldükten sonra yerine konularak kapağın etrafındaki civatalar sıkılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

### ***İşlem.103:Pinyon milinin montajı***

Pinyon mili 4 işçi tarafından yerine monte edilir.

Bu işlemin süresi 24 dk. olup harcanan işçilik 96 adam.dk.dır.

### ***İşlem.104:Rulmanın montajı***

Pinyon milini yataklamaya yarayan rulman 2 işçi tarafından yerine monte edilir.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 105: Rulman kapağının takılması***

Dişli grubu kapağında bulunan ve pinyon milinin yataklanmasını sağlayan rulmanı sabitlemeye yarayan kapak 1 işçi tarafından yerine konur. Temas yüzeyleri silikonlanıp üzerindeki civatalar sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 106: Kavrama grubunun montajı***

Sürekli çalışan motorun hareketini, istenilen zaman dilimlerinde çapaların bulunduğu millere aktarmaya yarayan kavrama grubu 2 işçi tarafından yerine monte edilir.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 60 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 107: Volanın montajı***

Volan 2 işçi ve forklift yardımıyla yerine takılır.

Bu işlemin süresi 30 dk. olup harcanan işçilik 90 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 108: Volan kayışlarının takılması***

Volanı çevirmek için kullanılan elektrik motoru ile volan arasındaki 8 adet V kayışları 2 işçi tarafından eksen kaydırma yöntemi ile yerine takılır.

Bu işlemin süresi 24 dk. olup harcanan işçilik 48 adam.dk.dır.

### ***İşlem. 109: Rulmanın montajı***

Volanın yatağında bulunan rulmanlar (sabit bilyeli) 2 işçi tarafından yerine takılır.

Bu işlemin süresi 24 dk. olup harcanan işçilik 48 adam.dk.dır.

### ***İşlem.110:Rulman kapağının takılması***

Rulman iç bileziğinin sabitlenmesine yarayan kapak 1 işçi tarafından yerine takılır ve rulman kapağını sıkın 2 adet civata anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 15 dk. olup harcanan işçilik 15 adam.dk.dır.

### ***İşlem.111:Pinyon mil kapağının takılması***

Kapak 1 işçi tarafından yerine takılır ve pinyon mil kapağının üzerindeki civatalar sıkılır.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 12 adam.dk.dır.

### ***İşlem.112:Adaptör parçanın takılması***

Kavramaya hava sağlayan adaptör parça, 1 işçi tarafından anahtar yardımıyla yerine takılır.

Bu işlemin süresi 12 dk. olup harcanan işçilik 12 adam.dk.dır.

### ***İşlem.113:Çapaların montajı***

Çapalar, 3 işçi tarafından millerin üstüne arkadan öne doğru sırayla takılır.

Bu işlemin süresi 90 dk. olup harcanan işçilik 270 adam.dk.dır.

### ***İşlem.114:Çapa civatalarının sıkılması***

Birbirine paralel 2 milin üstünde bulunan 15' li 30 çapanın herbirinde bulunan 4'er adet alyan civata, 4 işçi tarafından alyan anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 180 adam.dk.dır.

### ***İşlem.115:Kafanın takılması***

Kafa 3 işçi tarafından olduğu yerden alınarak ana gövde ile temas eden yüzeyler silikonlanıp civataları sıkılır. Kontrol edilen rulmanların bozukları değiştirilerek, kovanlar içine takılır. Kovanlar kafa gövdesindeki yerlerine yerleştirilir. Alın rulmanını sabitlemeye yarayan aparat parçalar yerine yerleştirilip alın rulmanları takılır. Milleri sabitlemeye yarayan şapkalı kapaklar yerine konularak 3 adet civatası sıkılır. Dış kapaklar da yerine takılarak 6 adet vida ile sıkılır.

Bu işlemin süresi 45 dk. olup harcanan işçilik 135 adam.dk.dır.

### ***İşlem.116:Üst tablanın yerine konularak civatalarının takılması***

Üst gövdedeki, tabla ile temas eden yüzeyler silikonlandıktan sonra tabla 2 işçi tarafından yerine alınır. Tabla ile makina gövdesini birbirine bağlayan 12 adet civata alyan anahtar yardımıyla sıkılır.

Bu işlemin süresi 24 dk. olup harcanan işçilik 48 adam.dk.dır.

#### **4.) CPM ile Bakım Planlaması**

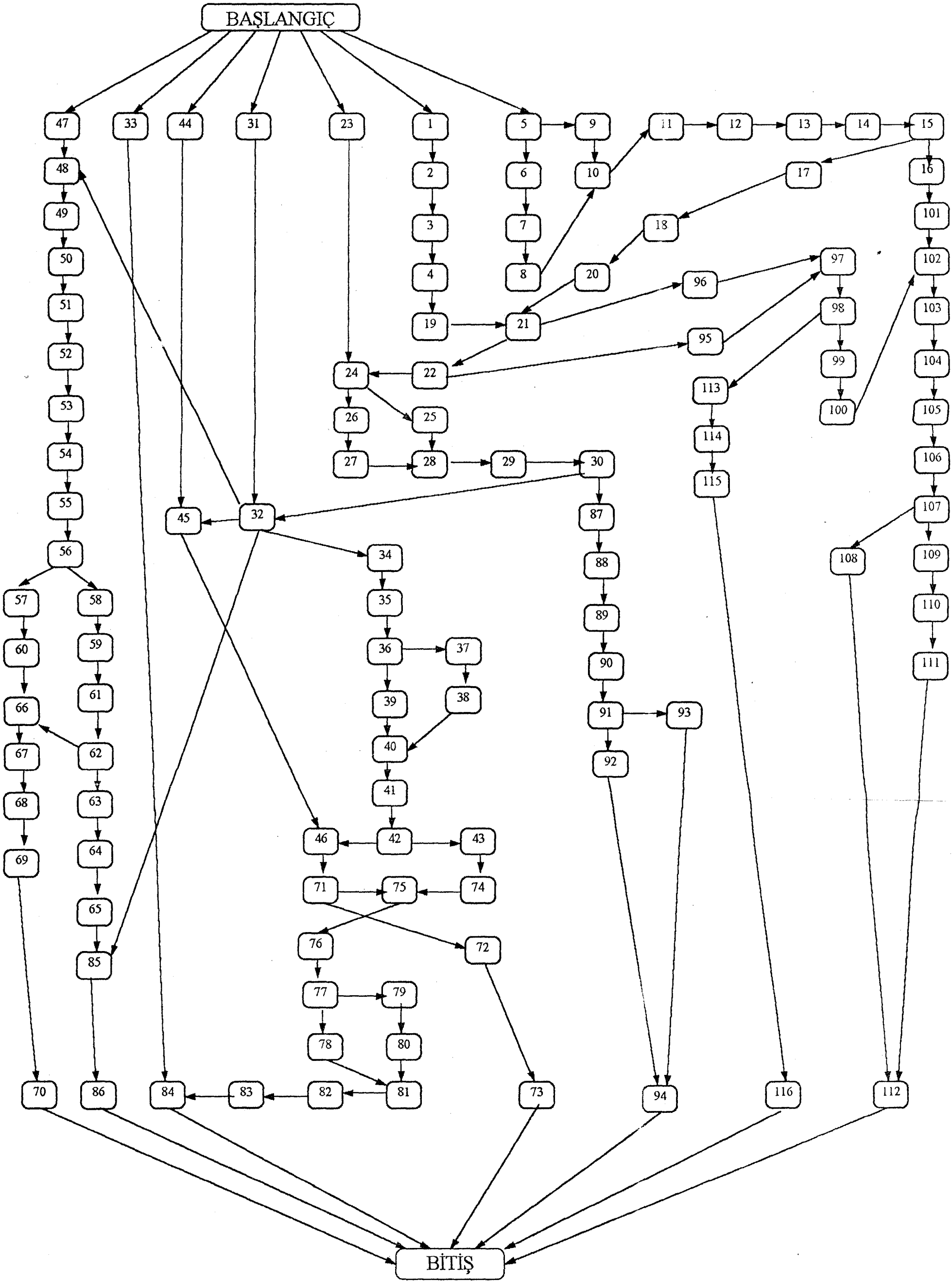
Vakumlu Çamur makinesinin üst, orta ve alt bölümlerinin demontajı, kontrolü ve montajını gerçekleştirmek için gerekli işlemler tanımlanarak, serim çizilecektir. Daha sonra her bir işlemin süresine göre kritik yol ve kritik işlemler bulunacaktır. Böylece bakım için gerekli olan en az süre saptanacaktır. Süreler saptandıktan sonra her bir işlemin toplam ve serbest boşlukları bulunacaktır.

Bütün bunları gerçekleştirmek için;

- Serim çizilerek,
- Başlangıçtan başlayarak sona doğru işlemlerin en erken gerçekleşme zamanları,
- Son işlemde hareketle, başa doğru işlemlerin en geç tamamlanma zamanları,
- Serimdeki işlemlerin toplam, serbest ve karışma boşlukları hesaplanacaktır.
- En erken ve en geç gerçekleşme zamanları birbirine eşit olan (toplam boşlukları '0' olan) işlemler bulunup bunları birleştiren yörünge, ( kritik yol ) bulunacaktır.

##### **a.) Serimin Çizilmesi**

İşlemlerin birbiriyle olan ilişkileri dikkate alınarak serim oluşturulur. Serim Şekil.1' de verilmiştir.



ŞEKİL.1 : SERİM (AĞ DİYAGRAMI)

## b.) İşlemlerin En Erken Tamamlanma Zamanları

Baştan sona doğru hesaplama ile işlemlerin en erken tamamlanma zamanları aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

### Baştan Sona Doğru Hesaplama

Bitiş Tarihi: 24 / 05 / 1995 Saat: 8:00

OLAY ( j )	j'DE BİTEN	( i )	$E_i$	$t_j$	$E_i + t_j$	$E_j$	EN ERKEN BİTİŞ
1	0, 1	0	0	15	15	15	24/5 - 8:15
2	1, 2	1	15	15	30	30	24/5 - 8:30
3	2, 3	2	30	30	60	60	24/5 - 9:00
4	3, 4	3	60	60	120	120	24/5 - 10:00
5	0, 5	0	0	6	6	6	24/5 - 8:06
6	5, 6	5	6	12	18	18	24/5 - 8:18
7	6, 7	6	18	15	33	33	24/5 - 8:33
8	7, 8	7	33	15	48	48	24/5 - 8:48
9	5, 9	5	6	30	36	36	24/5 - 8:36
10	9, 10	9	36	15	51	63	24/5 - 9:03
	8, 10	8	48		63		
11	10, 11	10	63	15	78	78	24/5 - 9:18
12	11, 12	11	78	15	93	93	24/5 - 9:33
13	12, 13	12	93	30	123	123	24/5 - 10:03
14	13, 14	13	123	12	135	135	24/5 - 10:15
15	14, 15	14	135	30	165	165	24/5 - 10:45
16	15, 16	15	165	15	180	180	24/5 - 11:00
17	15, 17	15	165	15	180	180	24/5 - 11:00
18	17, 18	17	180	6	186	186	24/5 - 11:06
19	4, 19	4	120	30	150	150	24/5 - 10:30
20	18, 20	18	186	30	216	216	24/5 - 11:36
21	19, 21	19	150	45	195	261	24/5 - 13:21
	20, 21	20	216		261		
22	21, 22	21	261	30	291	291	24/5 - 13:51
23	0, 23	0	0	15	15	15	24/5 - 8:15
24	23, 24	23	15	15	30	306	24/5 - 14:06
	22, 24	22	291		306		
25	24, 25	24	306	15	321	321	24/5 - 14:21
26	24, 26	24	306	30	336	336	24/5 - 14:36
27	26, 27	26	336	15	351	351	24/5 - 14:51
28	25, 28	25	321	6	327	357	24/5 - 14:57
	27, 28	27	351		357		
29	28, 29	28	357	15	372	372	24/5 - 15:12
30	29, 30	29	372	30	402	402	24/5 - 15:42

<i>OLAY</i> ( <i>j</i> )	<i>j</i> 'DE BİTEN	( <i>i</i> )	$E_i$	$t_j$	$E_i + t_j$	$E_j$	<i>EN ERKEN</i> BİTİŞ
31	0, 31	0	0	15	15	15	24/5 - 8:15
32	31, 32	31	15	15	30	417	24/5 - 15:57
	30, 32	30	402		417		
33	0, 33	0	0	6	6	6	24/5 - 8:06
34	32, 34	32	417	15	432	432	24/5 - 16:12
35	34, 35	34	432	15	447	447	24/5 - 16:27
36	35, 36	35	447	6	453	453	24/5 - 16:33
37	36, 37	36	453	15	468	468	24/5 - 16:48
38	37, 38	37	468	15	483	483	25/5 - 8:03
39	36, 39	36	453	15	468	468	24/5 - 16:48
40	38, 40	38	483	15	498	498	25/5 - 8:18
	39, 40	39	468		483		
41	40, 41	40	498	6	504	504	25/5 - 8:24
42	41, 42	41	504	12	516	516	25/5 - 8:36
43	42, 43	42	516	30	546	546	25/5 - 9:06
44	0, 44	0	0	15	15	15	24/5 - 8:15
45	44, 45	44	15	15	30	432	24/5 - 16:12
	32, 45	32	417		432		
46	42, 46	42	516	3	519	519	25/5 - 8:39
	45, 46	45	432		435		
47	0, 47	0	0	15	15	15	24/5 - 8:15
48	32, 48	32	417	15	432	432	24/5 - 16:12
	47, 48	47	15		30		
49	48, 49	48	432	9	441	441	24/5 - 16:21
50	49, 50	49	441	3	444	444	24/5 - 16:24
51	50, 51	50	444	15	459	459	24/5 - 16:39
52	51, 52	51	459	15	474	474	24/5 - 16:54
53	52, 53	52	474	9	483	483	25/5 - 8:03
54	53, 54	53	483	9	492	492	25/5 - 8:12
55	54, 55	54	492	15	507	507	25/5 - 8:27
56	55, 56	55	507	90	597	597	25/5 - 9:57
57	56, 57	56	597	30	627	627	25/5 - 10:27
58	56, 58	56	597	60	657	657	25/5 - 10:57
59	58, 59	58	657	60	717	717	25/5 - 11:57
60	57, 60	57	627	90	717	717	25/5 - 11:57
61	59, 61	59	717	90	807	807	25/5 - 14:27
62	61, 62	61	807	60	867	867	25/5 - 15:27
63	62, 63	62	867	15	882	882	25/5 - 15:42
64	63, 64	63	882	9	891	891	25/5 - 15:51
65	64, 65	64	891	30	921	921	25/5 - 16:21
66	60, 62	60	717	90	807	957	25/5 - 16:57
	62, 66	62	867		957		
67	66, 67	66	957	6	963	963	26/5 - 8:03
68	67, 68	67	963	24	987	987	26/5 - 8:27
69	68, 69	68	987	15	1002	1002	26/5 - 8:42



OLAY (j)	j'DE BİTEN	(i)	$E_i$	$t_j$	$E_{i+t_j}$	$E_j$	EN ERKEN BİTİŞ
70	69, 70	69	1002	15	1017	1017	26/5 - 8:57
71	46, 71	46	519	3	522	522	25/5 - 8:42
72	71, 72	71	522	15	537	537	25/5 - 8:57
73	72, 73	72	537	15	552	552	25/5 - 9:12
74	43, 74	43	546	60	606	606	25/5 - 10:06
75	71, 75	71	522	15	537	621	25/5 - 10:21
	74, 75	74	606		621		
76	75, 76	75	621	12	633	633	25/5 - 10:33
77	76, 77	76	633	90	723	723	25/5 - 13:03
78	77, 78	77	723	15	738	738	25/5 - 13:18
79	77, 79	77	723	15	738	738	25/5 - 13:18
80	79, 80	79	738	30	768	768	25/5 - 13:48
81	80, 81	80	768	12	780	780	25/5 - 14:00
	78, 81	78	738		750		
82	81, 82	81	780	15	795	795	25/5 - 14:15
83	82, 83	82	795	15	810	810	25/5 - 14:30
84	33, 84	33	6	6	12	816	25/5 - 14:36
	83, 84	83	810		816		
85	32, 85	32	417	30	447	951	25/5 - 16:51
	65, 85	65	921		951		
86	85, 86	85	951	30	981	981	26/5 - 8:21
87	30, 87	30	402	45	447	447	24/5 - 16:27
88	87, 88	87	447	30	477	477	24/5 - 16:57
89	88, 89	88	477	15	492	492	25/5 - 8:12
90	89, 90	89	492	15	507	507	25/5 - 8:27
91	90, 91	90	507	45	552	552	25/5 - 9:12
92	91, 92	91	552	45	597	597	25/5 - 9:57
93	91, 93	91	552	30	582	582	25/5 - 9:42
94	92, 94	92	597	30	627	627	25/5 - 10:27
	93, 94	93	582		612		
95	22, 95	22	291	24	315	315	24/5 - 14:15
96	21, 96	21	261	90	351	351	24/5 - 14:51
97	95, 97	95	315	60	375	411	24/5 - 15:51
	96, 97	96	351		411		
98	97, 98	97	411	30	441	441	24/5 - 16:21
99	98, 99	98	441	6	447	447	24/5 - 16:27
100	99, 100	99	447	15	462	462	24/5 - 16:42
101	16, 101	16	180	15	195	195	24/5 - 11:15
102	100, 102	100	462	45	507	507	25/5 - 8:27
	101, 102	101	195		240		
103	102, 103	102	507	24	531	531	25/5 - 8:51
104	103, 104	103	531	30	561	561	25/5 - 9:21
105	104, 105	104	561	15	576	576	25/5 - 9:36
106	105, 106	105	576	30	606	606	25/5 - 10:06
107	106, 107	106	606	30	636	636	25/5 - 10:36

<i>OLAY</i> <i>(j)</i>	<i>j'DE</i> <i>BİTEN</i>	<i>(i)</i>	$E_i$	$t_j$	$E_i + t_j$	$E_j$	<i>EN ERKEN</i> <i>BİTİŞ</i>
108	107, 108	107	636	24	660	660	25/5 - 11:00
109	107, 109	107	636	24	660	660	25/5 - 11:00
110	109, 110	109	660	15	675	675	25/5 - 11:15
111	110, 111	110	675	12	687	687	25/5 - 11:27
112	108, 112	108	660	12	672	699	25/5 - 11:39
	111, 112	111	687		699		
113	98, 113	98	441	90	531	531	25/5 - 8:51
114	113, 114	113	531	45	576	576	25/5 - 9:36
115	114, 115	114	576	45	621	621	25/5 - 10:21
116	115, 116	115	621	24	645	645	25/5 - 10:45
BİTİŞ	70, BİTİŞ	70	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
	73, BİTİŞ	73	552		552		
	84, BİTİŞ	84	816		816		
	86, BİTİŞ	86	981		981		
	94, BİTİŞ	94	627		627		
	112, BİTİŞ	112	699		699		
	116, BİTİŞ	116	645		645		

**c.) İşlemlerin En Geç Tamamlanma Zamanları**

Sondan başa doğru hesaplama ile işlemlerin en geç gerçekleşme zamanları aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

**Sondan Başa Doğru Hesaplama**

Bitiş Tarihi: 26 / 5 / 1995 Saat: 8:57

<i>OLAY</i> <i>( i )</i>	<i>( i, j )</i>	<i>( j )</i>	$G_j$	$t_j$	$G_j - t_j$	$G_i$	<b>EN GEÇ BİTİŞ</b>
116	116, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
115	115, 116	116	1017	24	993	993	26/5 - 8:33
114	114, 115	115	993	45	948	948	25/5 - 16:48
113	113, 114	114	948	45	903	903	25/5 - 16:03
112	112, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
111	111, 112	112	1017	12	1005	1005	26/5 - 8:45
110	110, 111	111	1005	12	993	993	26/5 - 8:33
109	109, 110	110	993	15	978	978	26/5 - 8:18
108	108, 112	112	1017	12	1005	1005	26/5 - 8:45
107	107, 108	108	1005	24	981	954	25/5 - 16:54
	107, 109	109	978	24	954		
106	106, 107	107	954	30	924	924	25/5 - 16:24
105	105, 106	106	924	30	894	894	25/5 - 15:54
104	104, 105	105	894	15	879	879	25/5 - 15:39
103	103, 104	104	879	30	849	849	25/5 - 15:09
102	102, 103	103	849	24	825	825	25/5 - 14:45
101	101, 102	102	825	45	780	780	25/5 - 14:00
100	100, 102	102	825	45	780	780	25/5 - 14:00
99	99, 100	100	780	15	765	765	25/5 - 13:45
98	98, 99	99	765	6	759	759	25/5 - 13:39
	98, 113	113	903	90	813		
97	97, 98	98	759	30	729	729	25/5 - 13:09
96	96, 97	97	729	60	669	669	25/5 - 11:09
95	95, 97	97	729	60	669	669	25/5 - 11:09
94	94, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
93	93, 94	94	1017	30	987	987	26/5 - 8:27
92	92, 94	94	1017	30	987	987	26/5 - 8:27
91	91, 92	92	987	45	942	942	25/5 - 16:42
	91, 93	93	987	30	957		
90	90, 91	91	942	45	897	897	25/5 - 15:57
89	89, 90	90	897	15	882	882	25/5 - 15:42
88	88, 89	89	882	15	867	867	25/5 - 15:27
87	87, 88	88	867	30	837	837	25/5 - 14:57
86	86, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57

<i>OLAY</i> ( <i>i</i> )	( <i>i, j</i> )	( <i>j</i> )	$G_j$	$t_j$	$G_j - t_j$	$G_i$	<i>EN GEÇ</i> <i>BİTİŞ</i>
85	85, 86	86	1017	30	987	987	26/5 - 8:27
84	84, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
83	83, 84	84	1017	6	1011	1011	26/5 - 8:51
82	82, 83	83	1011	15	996	996	26/5 - 8:36
81	81, 82	82	996	15	981	981	26/5 - 8:21
80	80, 81	81	981	12	969	969	26/5 - 8:09
79	79, 80	80	969	30	939	939	25/5 - 16:39
78	78, 81	81	981	12	969	969	26/5 - 8:09
77	77, 78	78	969	15	954	924	25/5 - 16:24
	77, 79	79	939	15	924		
76	76, 77	77	924	90	834	834	25/5 - 14:54
75	75, 76	76	834	12	822	822	25/5 - 14:42
74	74, 75	75	822	15	807	807	25/5 - 14:27
73	73, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
72	72, 73	73	1017	15	1002	1002	26/5 - 8:42
71	71, 72	72	1002	15	987	807	25/5 - 14:27
	71, 75	75	822	15	807		
70	70, BİTİŞ	BİTİŞ	1017	0	1017	1017	26/5 - 8:57
69	69, 70	70	1017	15	1002	1002	26/5 - 8:42
68	68, 69	69	1002	15	987	987	26/5 - 8:27
67	67, 68	68	987	24	963	963	26/5 - 8:03
66	66, 67	67	963	6	957	957	25/5 - 16:57
65	65, 85	85	987	30	957	957	25/5 - 16:57
64	64, 65	65	957	30	927	927	25/5 - 16:27
63	63, 64	64	927	9	918	918	25/5 - 16:18
62	62, 63	63	918	15	903	867	25/5 - 15:27
	62, 66	66	957	90	867		
61	61, 62	62	867	60	807	807	25/5 - 14:27
60	60, 66	66	957	90	867	867	25/5 - 15:27
59	59, 61	61	807	90	717	717	25/5 - 11:57
58	58, 59	59	717	60	657	657	25/5 - 10:57
57	57, 60	60	867	90	777	777	25/5 - 13:57
56	56, 57	57	777	30	747	597	25/5 - 9:57
	56, 58	58	657	60	597		
55	55, 56	56	597	90	507	507	25/5 - 8:27
54	54, 55	55	507	15	492	492	25/5 - 8:12
53	53, 54	54	492	9	483	483	25/5 - 8:03
52	52, 53	53	483	9	474	474	24/5 - 16:54
51	51, 52	52	474	15	459	459	24/5 - 16:39
50	50, 51	51	459	15	444	444	24/5 - 16:24
49	49, 50	50	444	3	441	441	24/5 - 16:21
48	48, 49	49	441	9	432	432	24/5 - 16:12
47	47, 48	48	432	15	417	417	24/5 - 15:57
46	46, 71	71	807	3	804	804	25/5 - 14:24
45	45, 46	46	804	3	801	801	25/5 - 14:21

OLAY (i)	(i, j)	(j)	$G_j$	$t_j$	$G_j - t_j$	$G_i$	EN GEÇ BİTİŞ
44	44, 45	45	801	15	786	786	25/5 - 14:06
43	43, 74	74	807	60	747	747	25/5 - 13:27
42	42, 43	43	747	30	717	717	25/5 - 11:57
	42, 46	46	804	3	801		
41	41, 42	42	717	12	705	705	25/5 - 11:45
40	40, 41	41	705	6	699	699	25/5 - 11:39
39	39, 40	40	699	15	684	684	25/5 - 11:24
38	38, 40	40	699	15	684	684	25/5 - 11:24
37	37, 38	38	684	15	669	669	25/5 - 11:09
36	36, 37	37	669	15	654	654	25/5 - 10:54
	36, 39	39	684	15	669		
35	35, 36	36	654	6	648	648	25/5 - 10:48
34	34, 35	35	648	15	633	633	25/5 - 10:33
33	33, 84	84	1017	6	1011	1011	26/5 - 8:51
32	32, 34	34	633	15	618	417	24/5 - 15:57
	32, 45	45	801	15	771		
	32, 48	48	432	15	417		
	32, 85	85	987	30	957		
31	31, 32	32	417	15	402	402	24/5 - 15:42
30	30, 32	32	417	15	402	402	24/5 - 15:42
	30, 87	87	837	45	792		
29	29, 30	30	402	30	372	372	24/5 - 15:12
28	28, 29	29	372	15	357	357	24/5 - 14:57
27	27, 28	28	357	6	351	351	24/5 - 14:51
26	26, 27	27	351	15	336	336	24/5 - 14:36
25	25, 28	28	357	6	351	351	24/5 - 14:51
24	24, 25	25	351	15	336	306	24/5 - 14:06
	24, 26	26	336	30	306		
23	23, 24	24	306	15	291	291	24/5 - 13:51
22	22, 24	24	306	15	291	291	24/5 - 13:51
	22, 95	95	669	24	645		
21	21, 22	22	291	30	261	261	24/5 - 13:21
	21, 96	96	669	90	579		
20	20, 21	21	261	45	216	216	24/5 - 11:36
19	19, 21	21	261	45	216	216	24/5 - 11:36
18	18, 20	20	216	30	186	186	24/5 - 11:06
17	17, 18	18	186	6	180	180	24/5 - 11:00
16	16, 101	101	780	15	765	765	25/5 - 13:45
15	15, 16	16	765	15	750	165	24/5 - 10:45
	15, 17	17	180	15	165		
14	14, 15	15	165	30	135	135	24/5 - 10:15
13	13, 14	14	135	12	123	123	24/5 - 10:03
12	12, 13	13	123	30	93	93	24/5 - 9:33
11	11, 12	12	93	15	78	78	24/5 - 9:18
10	10, 11	11	78	15	63	63	24/5 - 9:03

<i>OLAY</i> <i>( i )</i>	<i>( i, j )</i>	<i>( j )</i>	<i>G<sub>j</sub></i>	<i>t<sub>j</sub></i>	<i>G<sub>j</sub> - t<sub>j</sub></i>	<i>G<sub>i</sub></i>	<i>EN GEÇ</i> <i>BİTİŞ</i>
9	9, 10	10	63	15	48	48	24/5 - 8:48
8	8, 10	10	63	15	48	48	24/5 - 8:48
7	7, 8	8	48	15	33	33	24/5 - 8:33
6	6, 7	7	33	15	18	18	24/5 - 8:18
5	5, 6	6	18	12	6	6	24/5 - 8:06
	5, 9	9	48	30	18		
4	4, 19	19	216	30	186	186	24/5 - 11:06
3	3, 4	4	186	60	126	126	24/5 - 10:06
2	2, 3	3	126	30	96	96	24/5 - 9:36
1	1, 2	2	96	15	81	81	24/5 - 9:21
BAŞLA	0, 47	47	417	15	402	0	24/5 - 8:00
	0, 33	33	1011	6	1005		
	0, 44	44	786	15	771		
	0, 31	31	402	15	387		
	0, 23	23	291	15	276		
	0, 1	1	81	15	66		
	0, 5	5	6	6	0		

### d.) İşlemlerin Toplam ve Serbest Boşlukları

Serimdeki, bütün işlemlerin toplam ve serbest boşlukları aşağıda verilmiştir.( \* )

İŞLEM	EN ERKEN BİTİŞ ( E )	EN GEÇ BİTİŞ ( G )	İŞLEM SÜRESİ	BOŞLUKLAR		
				TOPLAM	SERBEST	KARIŞMA
1	15	81	15	66	0	66
2	30	96	15	66	0	66
3	60	126	30	66	0	66
4	120	186	60	66	0	66
5	6	6	6	0	0	0
6	18	18	12	0	0	0
7	33	33	15	0	0	0
8	48	48	15	0	0	0
9	36	48	30	12	12	0
10	63	63	15	0	0	0
11	78	78	15	0	0	0
12	93	93	15	0	0	0
13	123	123	30	0	0	0
14	135	135	12	0	0	0
15	165	165	30	0	0	0
16	180	765	15	585	0	585
17	180	180	15	0	0	0
18	186	186	6	0	0	0
19	150	216	30	66	66	0
20	216	216	30	0	0	0
21	261	261	45	0	0	0
22	291	291	30	0	0	0
23	15	291	15	276	276	0
24	306	306	15	0	0	0
25	321	351	15	30	30	0
26	336	336	30	0	0	0
27	351	351	15	0	0	0
28	357	357	6	0	0	0
29	372	372	15	0	0	0
30	402	402	30	0	0	0
31	15	402	15	387	387	0
32	417	417	15	0	0	0
33	6	1.011	6	1.005	804	201
34	432	633	15	201	0	201
35	447	648	15	201	0	201
36	453	654	6	201	0	201

\* Toplam Boşluk ( i, j ) = En geç tamamlanma süresi ( Gi ) - En erken tamamlanma süresi ( Ej )

Serbest Boşluk = En erken tamamlanma zamanı ile işlemi izleyen diğer işlemlerin en erken zamanlarının arasındaki farkın en küçük olanıdır.

Karışma Boşluğu = Toplam ve serbest boşluklar arasındaki farktır.

İŞLEM	EN ERKEN BİTİŞ ( E )	EN GEÇ BİTİŞ ( G )	İŞLEM SÜRESİ	BOŞLUKLAR		
				TOPLAM	SERBEST	KARIŞMA
37	468	669	15	201	0	201
38	483	684	15	201	0	201
39	468	684	15	216	15	201
40	498	699	15	201	0	201
41	504	705	6	201	0	201
42	516	717	12	201	0	201
43	546	747	30	201	0	201
44	15	786	15	771	402	369
45	432	801	15	369	84	285
46	519	804	3	285	0	285
47	15	417	15	402	402	0
48	432	432	15	0	0	0
49	441	441	9	0	0	0
50	444	444	3	0	0	0
51	459	459	15	0	0	0
52	474	474	15	0	0	0
53	483	483	9	0	0	0
54	492	492	9	0	0	0
55	507	507	15	0	0	0
56	597	597	90	0	0	0
57	627	777	30	150	0	150
58	657	657	60	0	0	0
59	717	717	60	0	0	0
60	717	867	90	150	150	0
61	807	807	90	0	0	0
62	867	867	60	0	0	0
63	882	918	15	36	0	36
64	891	927	9	36	0	36
65	921	957	30	36	0	36
66	957	957	90	0	0	0
67	963	963	6	0	0	0
68	987	987	24	0	0	0
69	1002	1002	15	0	0	0
70	1017	1017	15	0	0	0
71	522	807	3	285	0	285
72	537	1002	15	465	0	465
73	552	1017	15	465	465	0
74	606	807	60	201	0	201
75	621	822	15	201	0	201
76	633	834	12	201	0	201
77	723	924	90	201	0	201
78	738	969	15	231	30	201
79	738	939	15	201	0	201
80	768	969	30	201	0	201
81	780	981	12	201	0	201



İŞLEM	EN ERKEN BİTİŞ (E)	EN GEÇ BİTİŞ (G)	İŞLEM SÜRESİ	BOŞLUKLAR		
				TOPLAM	SERBEST	KARIŞMA
82	795	996	15	201	0	201
83	810	1011	15	201	0	201
84	816	1017	6	201	201	0
85	951	987	30	36	0	36
86	981	1017	30	36	36	0
87	447	837	45	390	0	390
88	477	867	30	390	0	390
89	492	882	15	390	0	390
90	507	897	15	390	0	390
91	552	942	45	390	0	390
92	597	987	45	390	0	390
93	582	987	30	405	15	390
94	627	1017	30	390	390	0
95	315	669	24	354	36	318
96	351	669	90	318	0	318
97	411	729	60	318	0	318
98	441	759	30	318	0	318
99	447	765	6	318	0	318
100	462	780	15	318	0	318
101	195	780	15	585	267	318
102	507	825	45	318	0	318
103	531	849	24	318	0	318
104	561	879	30	318	0	318
105	576	894	15	318	0	318
106	606	924	30	318	0	318
107	636	954	30	318	0	318
108	660	1005	24	345	27	318
109	660	978	24	318	0	318
110	675	993	15	318	0	318
111	687	1005	12	318	0	318
112	699	1017	12	318	318	0
113	531	903	90	372	0	372
114	576	948	45	372	0	372
115	621	993	45	372	0	372
116	645	1017	24	372	372	0

### *e.) Kritik İşlemler ve Kritik Yolun Belirlenmesi*

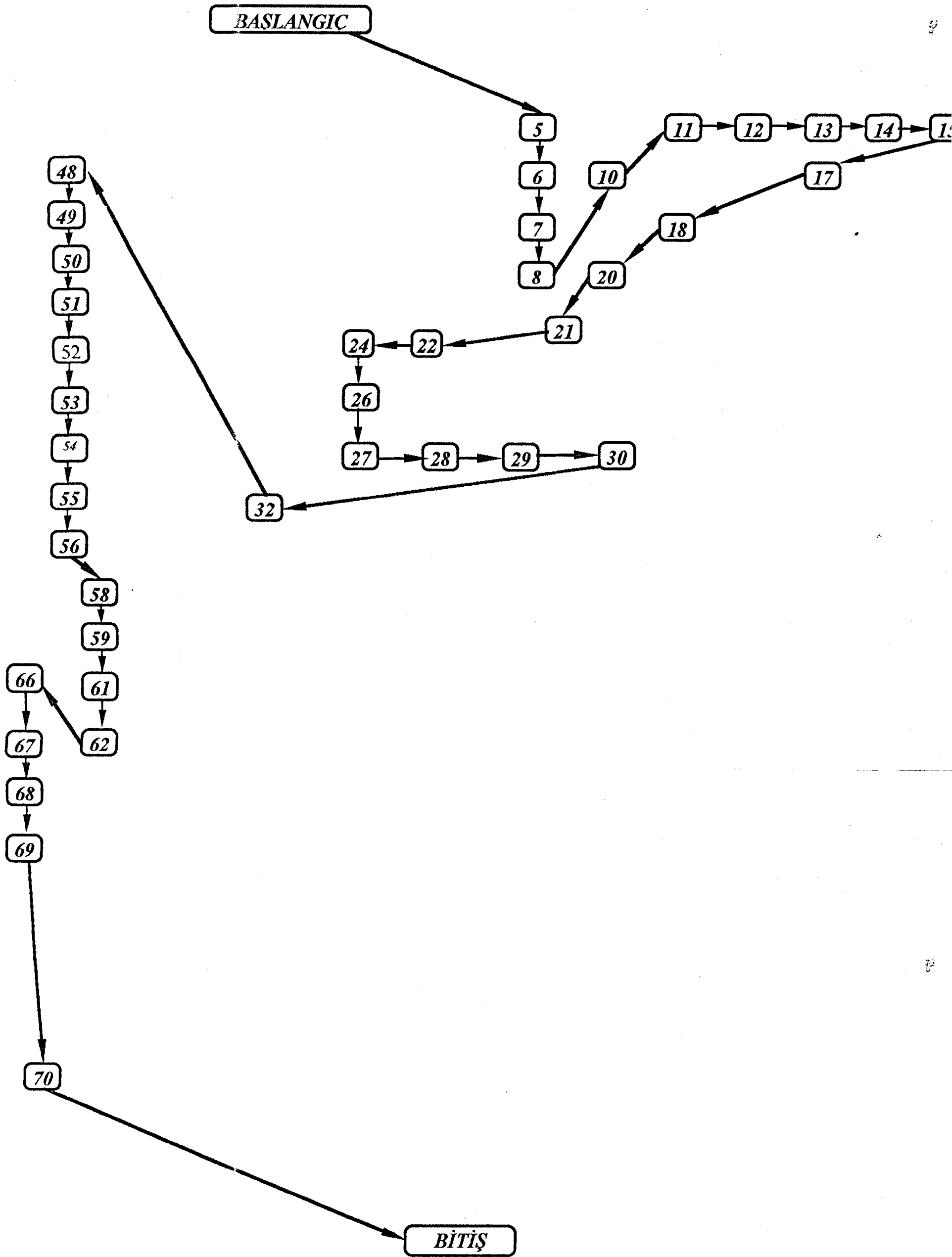
En erken ve en geç tamamlanma zamanları birbirine eşit olan (Toplam boşluğu '0' olan) işlemler kritik işlemlerdir.

Kritik işlemleri de birleştiren yol da kritik yolu verir.

Şekil.2' de Kritik İşlemler ve Kritik Yol verilmiştir.

<i>İŞLEM</i>	<i>EN ERKEN BİTİŞ (E)</i>	<i>EN GEÇ BİTİŞ (G)</i>	<i>TOPLAM BOŞLUK</i>
5	6	6	0
6	18	18	0
7	33	33	0
8	48	48	0
10	63	63	0
11	78	78	0
12	93	93	0
13	123	123	0
14	135	135	0
15	165	165	0
17	180	180	0
18	186	186	0
20	216	216	0
21	261	261	0
22	291	291	0
24	306	306	0
26	336	336	0
27	351	351	0
28	357	357	0
29	372	372	0
30	402	402	0
32	417	417	0
48	432	432	0
49	441	441	0
50	444	444	0
51	459	459	0
52	474	474	0
53	483	483	0
54	492	492	0
55	507	507	0
56	597	597	0

<b>İŞLEM</b>	<b>EN ERKEN BİTİŞ (E)</b>	<b>EN GEÇ BİTİŞ (G)</b>	<b>TOPLAM BOŞLUK</b>
58	657	657	0
59	717	717	0
61	807	807	0
62	867	867	0
66	957	957	0
67	963	963	0
68	987	987	0
69	1002	1002	0
70	1017	1017	0



**ŞEKİL.2 : KRİTİK YOL ve KRİTİK İŞLEMLER**

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çok çetin geçen rekabet ortamında işletmelerin ayakta kalabilmesi piyasadaki diğer rakiplerle rekabet edebilmesine bağlıdır. Bu da ancak kaliteli malı piyasaya ucuza sunmakla mümkün olur. Kaliteli ve ucuz malın üretilip piyasaya sunulması işletmenin verimli çalışmasına bağlıdır. Verimli çalışma için iyi bir yönetim, iyi bir yönetim içinde mutlaka iyi bir planlama gereklidir.

Günlük hayatımızın adeta bir parçası olan planlama için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bunlardan biriside serim modellerinden CPM tekniğidir. CPM tekniğinde işlem yoğunluğu fazla olmasına rağmen bilgisayarların yardımıyla bu yoğunluk azaltılabilir. İşletmeler özellikle geniş kapsamlı ve bol işlemli projelerin planlanmasında bu tekniği kullanmalıdırlar.

1950'li yıllardan beri kullanılan CPM tekniği ile çeşitli planlar yapmak mümkündür. Bu planlardan biri de bakım planıdır. İşletmelerin verimli çalışabilmesi için elindeki makine ve ekipmanlarını mümkün olduğu kadar arızasız çalışması gerekir. Bu amaçla işletmeler, olabilecek arıza ve duruşları önceden tahmin ederek gerekli tamir ve bakım faaliyetlerinde bulunmalıdırlar. Bakım planı ile bu işler planlanarak, işler daha kolay ve süratli olarak gerçekleştirilir. Bu amaçla da böyle bir çalışma yapılarak CPM ile bakım planı hazırlanmıştır.

Uygulamanın yapıldığı işletme, kiremit, tuğla ve ateş tuğla imalatı yapan bir işletmedir. İşletmedeki bütün araç, gereç, ekipman ve makinelerin bakım onarım işleri, bakım-onarım departmanınca yapılır. Planlı bakım faaliyeti olmayan bu işletmede arıza anında arızayı giderici, onarım veya yenileme faaliyetleri yapılarak makineler çalışır vaziyette tutulmaya çalışılır. Bundan dolayı da makinelerde beklenmedik arızalar meydana geldiğinde üretimde önemli kayıplar olmaktadır.

İşletmede kiremit ve tuğla üretiminin ilk aşaması yaş imalattır. İşletmenin her fabrikasında yaş imalatı sağlayan vakumlu çamur makinaları mevcuttur. En önemli bakım faaliyetleri ise bu çamur makinaları üzerinde olmaktadır. Vakumlu çamur makinesi, hammadde hazırlama bölümünden gelen toprağın içindeki havayı emerek sıkıştırır ve vakumlu çamur plakaları haline dönüştürür. Bu çamur plakaları sonradan preslenerek yaş kiremit haline dönüştür.

Çamur makinaları bakıma alındığında bütün tesisin üretimi durmaktadır. Bu yüzden bakım faaliyetinin kısa sürede bitirilmesi gerekmektedir. Bunun içinde iyi bir planlama şarttır. İyi bir bakım planı ile işletmede arızalardan dolayı meydana gelen üretim kayıpları en aza indirilip kapasite kullanım oranı arttırılabilir.

Vakumlu çamur makinasının revizyonu için gerekli olan süre CPM tekniği ile 1.017 dk. (16 saat 57 dk.) olarak bulunmuştur. CPM tekniği kullanılmadan yapılan bir revizyonda bu süre yaklaşık 48 saattir. Mevcut durum ile planlanan arasında 31 saat 3 dk.lık ( 1 gün 7 saat 3 dk. ) bir fark vardır ki bu hiç de küçümsenemeyecek bir zamandır. Bu süre içinde üretim yapılarak firmaya büyük bir kazanç sağlanabilir.

Bu süre hafta tatili olan 24 saatlik süreden de azdır Bakım buna göre programlanarak, üretim programında hiçbir aksaklığa ve üretim kaybına neden olmadan bakım yapılacak duruma getirilmiştir Makine hafta tatili olan bir pazar günü 07:00'de üretim durduktan sonra bakıma alınarak Pazartesi saat 07:00'e kadar hazır hale getirilebilir.

Sonuç olarak söylemek gerekirse CPM planlama tekniği olarak, kullanışlı ve yararlı bir tekniktir. CPM’ de işlemler yoğunluğu olmasına rağmen işletmelere sağlayacağı büyük yararlar yanında bu özelliği göz ardı edilebilir. Ayrıca bilgisayarların işletmelerde yaygın olarak kullanılması ile işlemler yoğunluğu sorunu azaltılabilir.

CPM’ nin bu yararları yanında uygulamada bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Bu teknik işletmelerde kullanılmadan önce yönetimin desteği alınmalı, ilgili kişilerin katkılarıyla planlama yapılmalı ve CPM hakkında eğitim verilmelidir. Böylece planın gerçekleştirilmesi kolaylaşacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- ACAR, Nesime : Üretim Planlama Yöntem ve Uygulamaları, MPM Yayın No:280, Ankara, 1989.
- AFYONKALE, Kadir : Ağ Planlaması İle Planlama ve Kontrol, Yıldız Üniv. Yayın No:217, İstanbul, 1988.
- AKMUT, Özdemir : Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri, Atatürk Üniv. Yayın No:470, Erzurum, 1976.
- AŞKUN, İnal Cem : “ Yönetimde Uzun Dönem Planlaması ”, ESKİŞEHİR, İ.T.İ.A. DERGİSİ, C.VIII, S.2 (Haziran1972) s.18.
- CEMALCILAR, İlhan ve Diğerleri : İşletmecilik Bilgisi, 2.Baskı, Anadolu Üniv. Eskişehir, 1991.

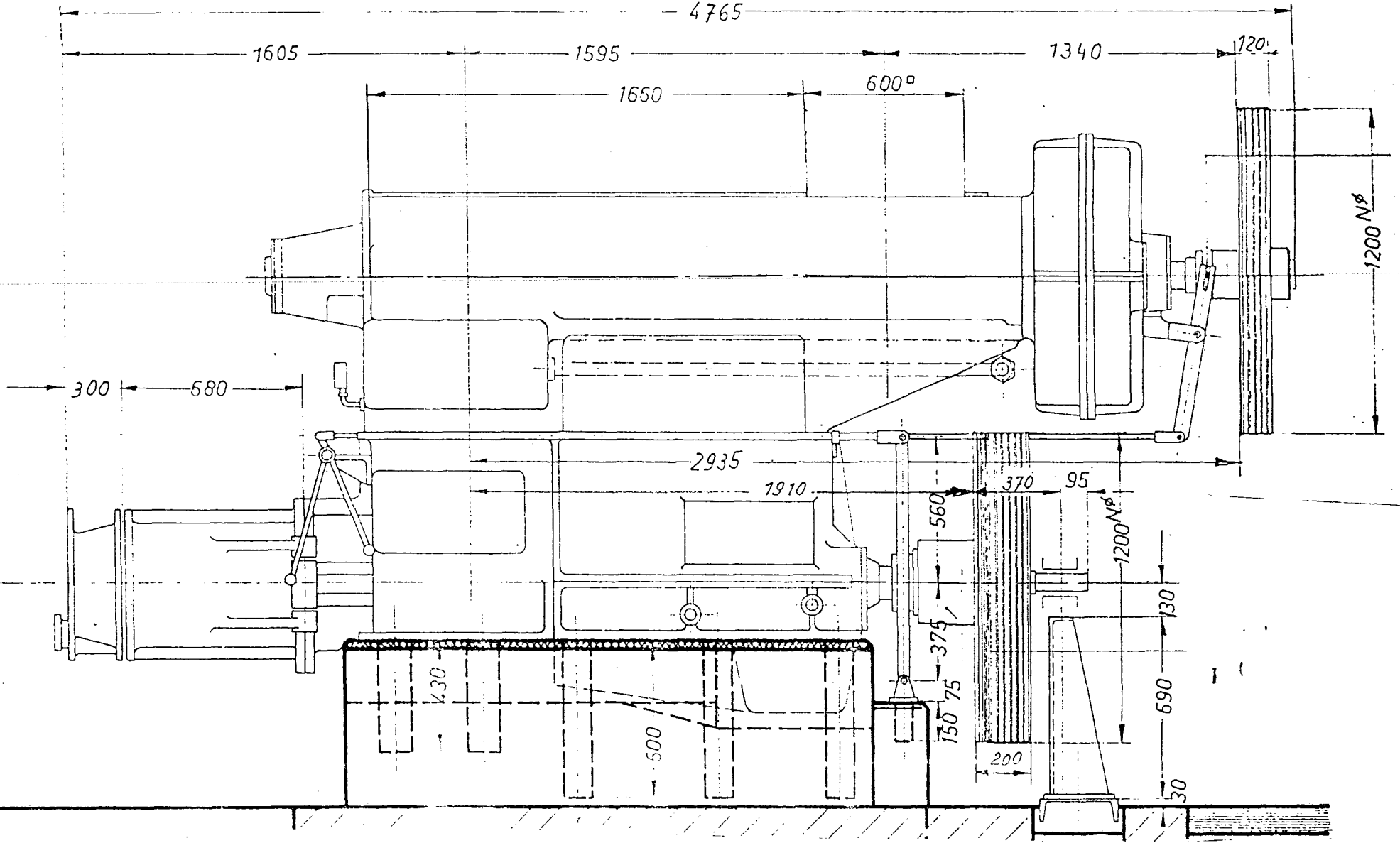


- ÇETİN, Hikmet : “ Plan Kavramı ve İktisadi Kalkınmada Planlamanın Gereği ve Önemi ” ESKİŞEHİR İ.T.İ.A. DERGİSİ, C.XI, S.1, (Ocak. 1995), s.165.
- ÇETMELİ, Enver : Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge (CPM) ve PERT Metodları, İstanbul, 1972.
- EREN, Erol : Yönetim ve Organizasyon, İstanbul Üniv. İşletme Ekonomisi Dizisi, No:33, 2.Baskı, İstanbul, 1993.
- FİLİZ, Atilla : Yapı Üretiminde Planlama, Programlama ve Kontrol Teknikleri, CPM - PERT Seminer Notları, Ankara, 1979.
- GAGE, W.L. : Kritik Yol Analizi, MPM.Yayın No:72, Ankara, 1970.
- İSLAMOĞLU, A.Hamdi : “ Verimlilik Yönetim ve Firma Kültürü İlişkisi ”, 1.VERİMLİLİK KONGRESİ BİDİRİLERİ, MPM Yayın No:454, Ankara,1991, s.365.
- KARA, İmdat : Anadolu Üniv., Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Proje Yönetimi Ders Notları,1992.
- KARAYALÇIN, İlhami : Endüstri Mühendisliği ve Üretim Yönetimi Elkitabı, C.2, 2.Baskı, İstanbul, 1986.
- KOBU, Bülent : Üretim Yönetimi, İstanbul Üniv. Yayın No:3029, 4.Baskı, İstanbul.

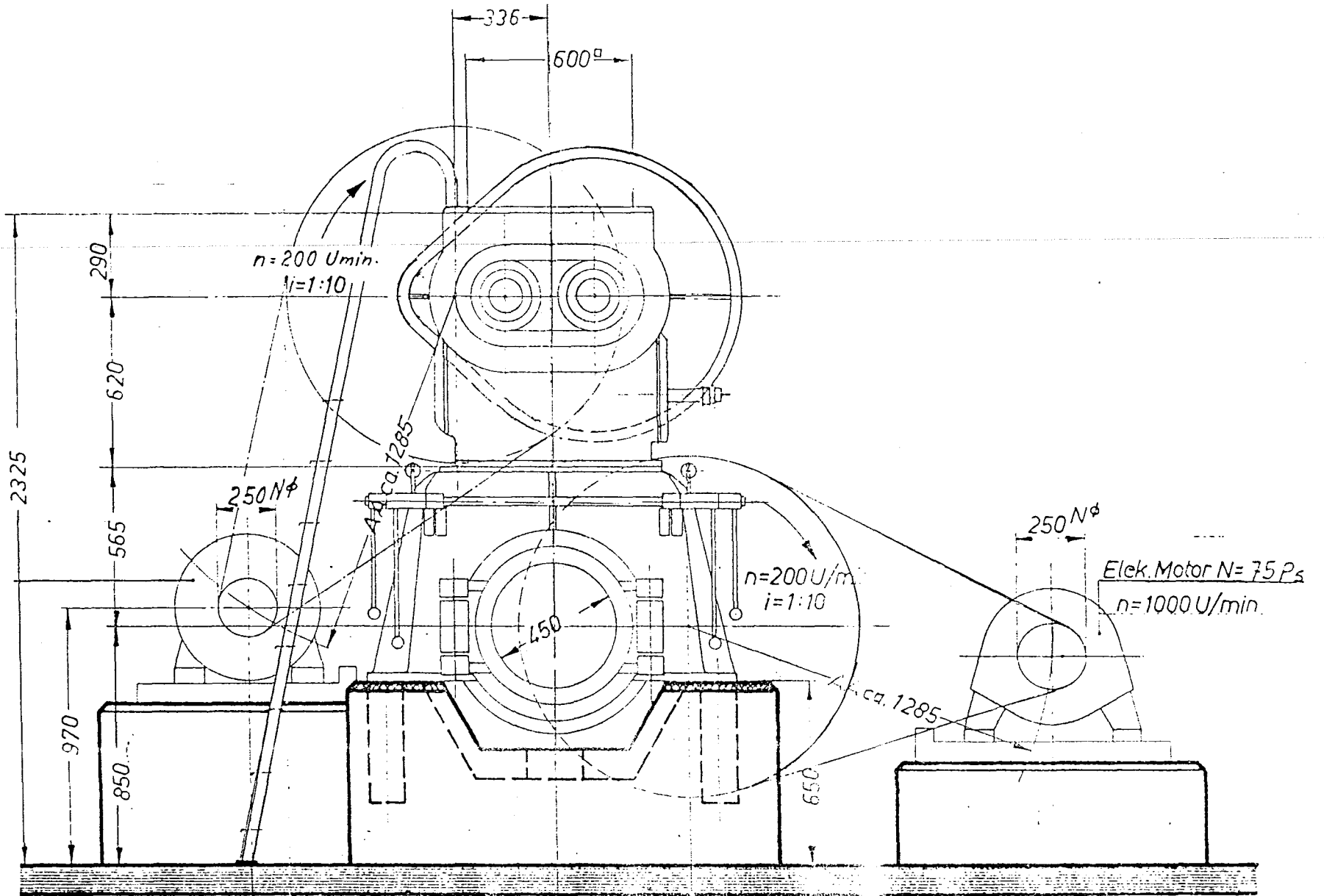
- LEVIN, Richard I. (Çev: Kurul) : PERT ve CPM ile Planlama ve  
KIRKPATRICK, Charles A Denetim, ODTÜ Yayın No:12,  
Ankara, 1968.
- ÖZALP, İnan : Yönetim ve Organizasyon, C.1,  
Eskişehir, 1992
- 
- “ Matriks Organizasyon Yapısı ”,  
ANADOLU ÜNİV. İ.İ.B.F.  
DERGİSİ, C. VI, S.1, (Haziran  
1988), s.19.
- ÖZSU, M.Tamer : Proje Planlama ve Denetim  
Teknikleri, Türkiye Bilişim Derneği  
Yayınları, Ankara, 1986.
- SAĞIN, S.Kaya : Ağ Çözümleme Yöntemleri ile  
Planlama ve İzleme, Sistem Yayın  
Dizisi, No:2, 1974.
- TOSUN, Kemal : İşletme Yönetimi, C,1, B.6, İstanbul  
1992.
- VILLERS, Raymand : “ İşletmenin Denetim Sisteminde  
(Çev. Fevzi SÜRMELE) Ölçme ve Planlama Rolü ”,  
ESKİŞEHİR İ.T.İ.A. DERGİSİ, C.X  
S.2, (Haziran 1974), s.99.

## ***EKLER TABLOSU***

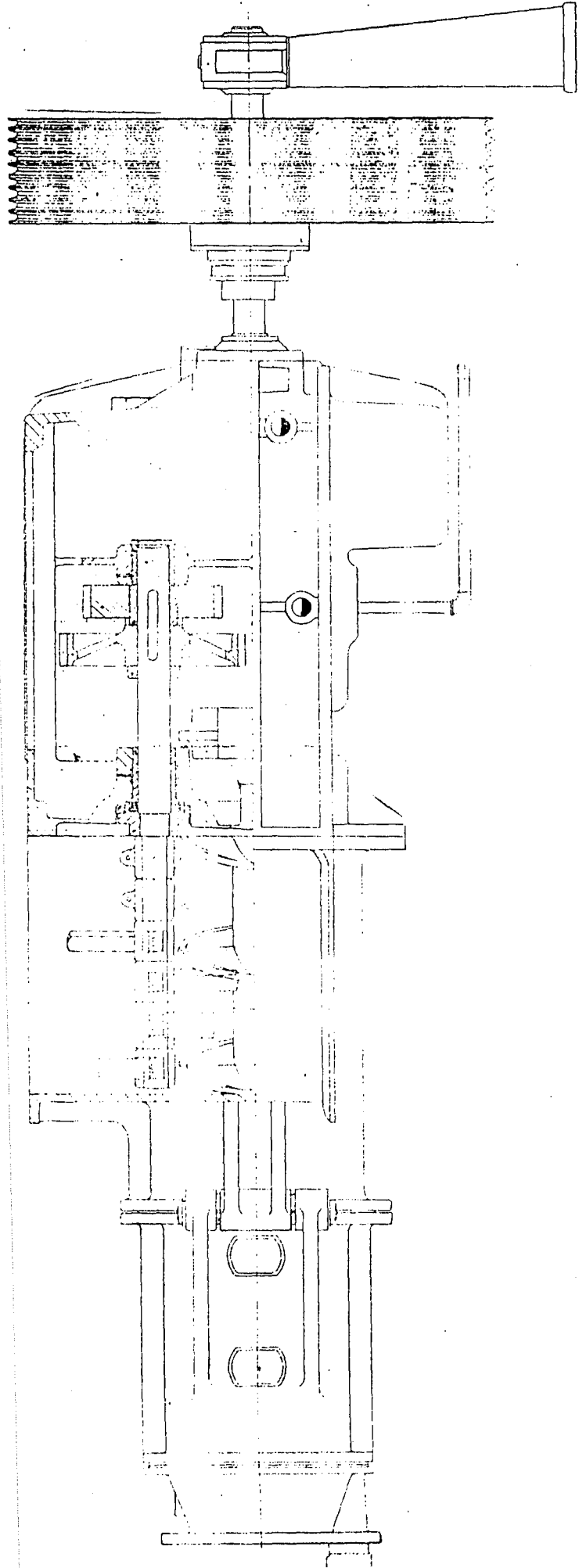
- 1.) EK. 1.1. Vakumlu amur Makinesinin Yandan Gorunüşü
- 2.) EK. 1.2. Vakumlu amur Makinesinin Arkadan Gorunüşü
- 3.) EK. 1.3. Çamur Makinesinin Alt ve Orta Kısımın Yandan Gorunüşü
- 4.) EK. 1.4. Vakumlu amur Makinesinin Üst Kısımın Yandan Gorunüşü
- 5.) EK. 1.5. Vakumlu amur Makinesi Üst ve Kafa Grubunun Üstten Gorunüşü
- 6.) EK. 1.6. Vakumlu amur Makinesi Üst Baskı Grubunun Önden Gorunüşü
- 7.) EK. 1.7. Vakumlu amur Makinesi Alt Kısımın Arkadan Gorunüşü
- 8.) EK. 1.8. Vakumlu amur Makinesi Baskı Grubunun Önden Gorunüşü
- 9.) EK. 2.1. Uygulamanın Gantt Şeması
- 10.) EK. 2.2. Uygulamanın Bilgisayarda Çözümü ( Kritik İşlemler ile İşlemlerin Başlama ve Bitiş Zamanları )



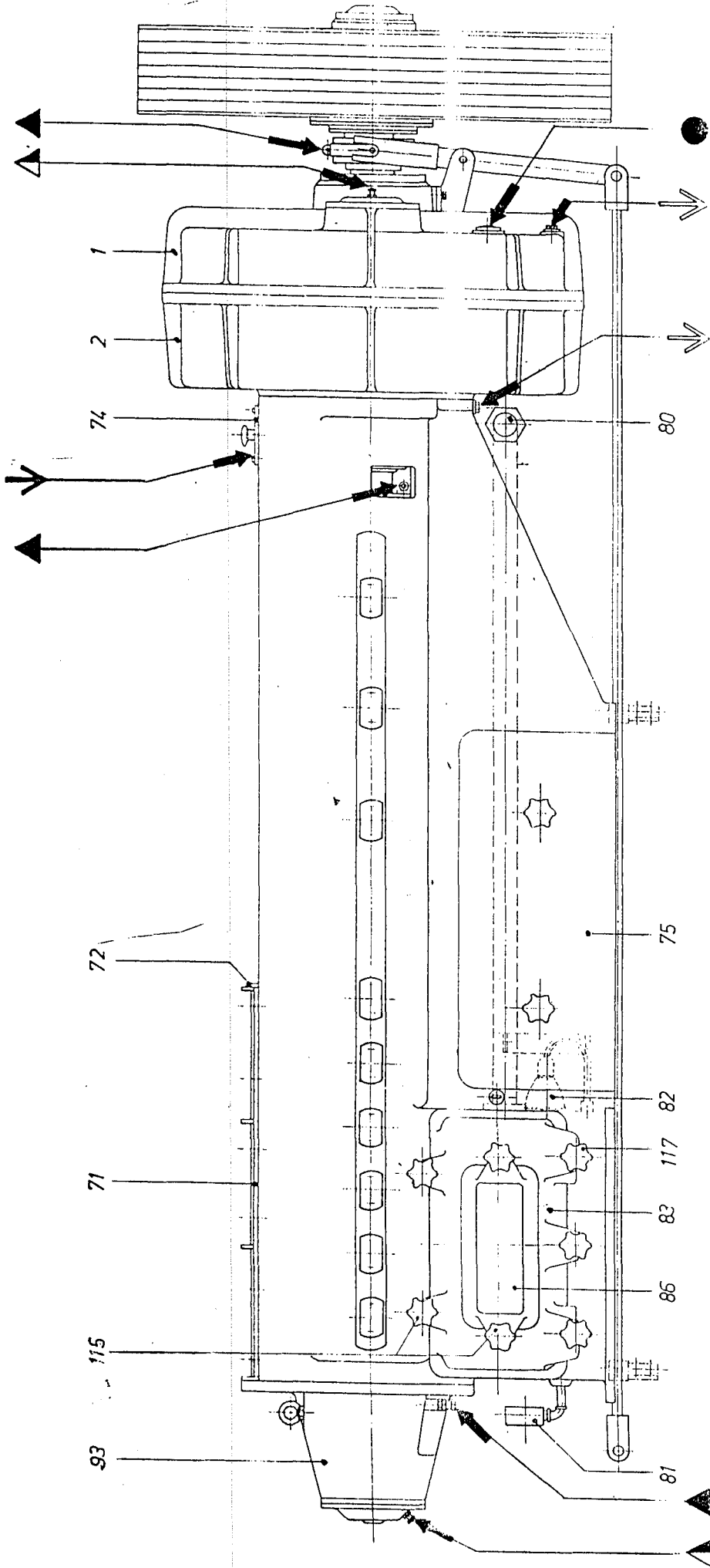
EK.1.1 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİNİN YANDAN GÖRÜNÜŞÜ



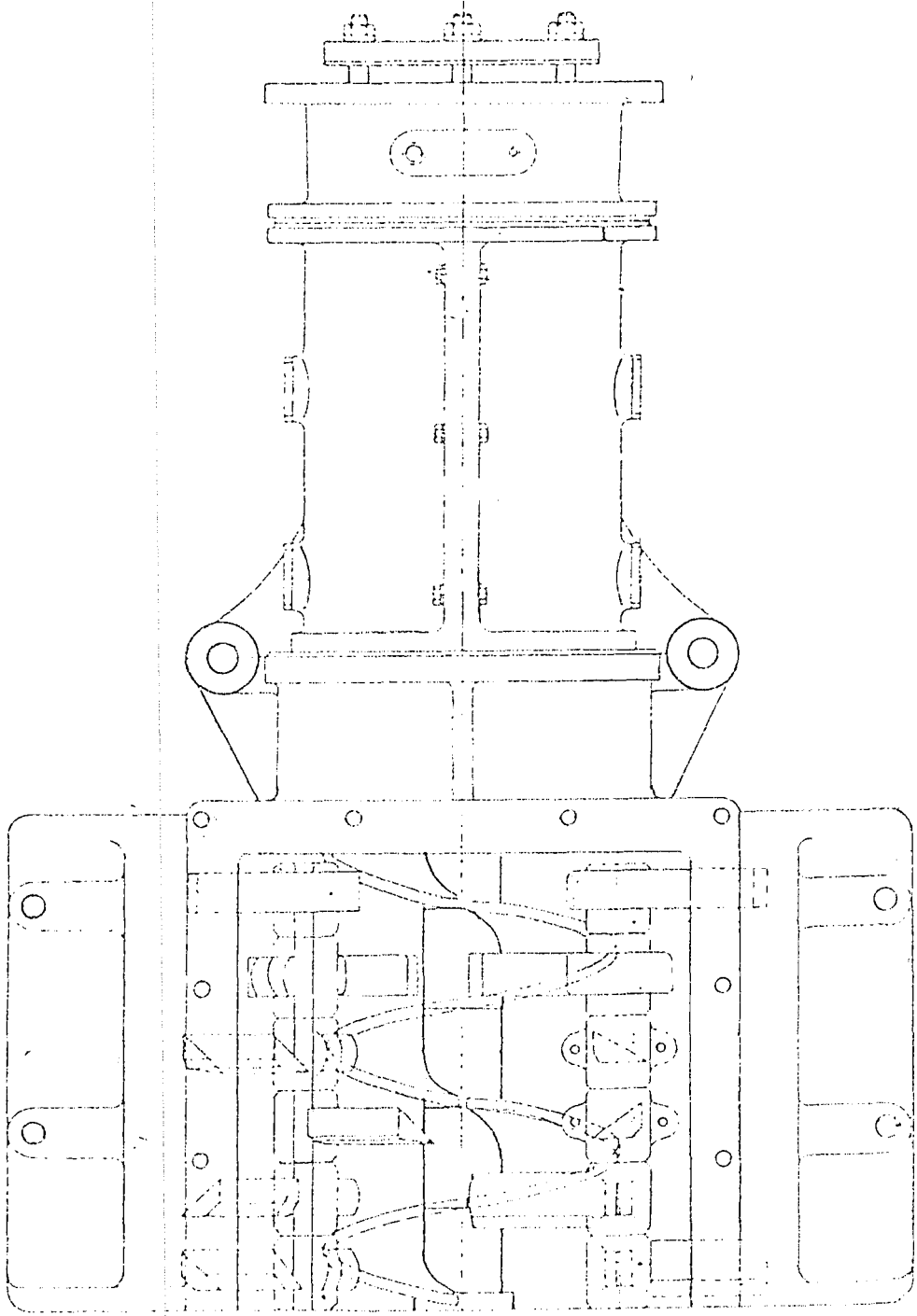
EK. 1.2 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİNİN ARKADAN GÖRÜNÜŞÜ



EK. 1.3 - ÇAMUR MAKİNESİNİN ALTI ve ORTA  
KISMINI YANDAN GÖRÜNÜŞÜ

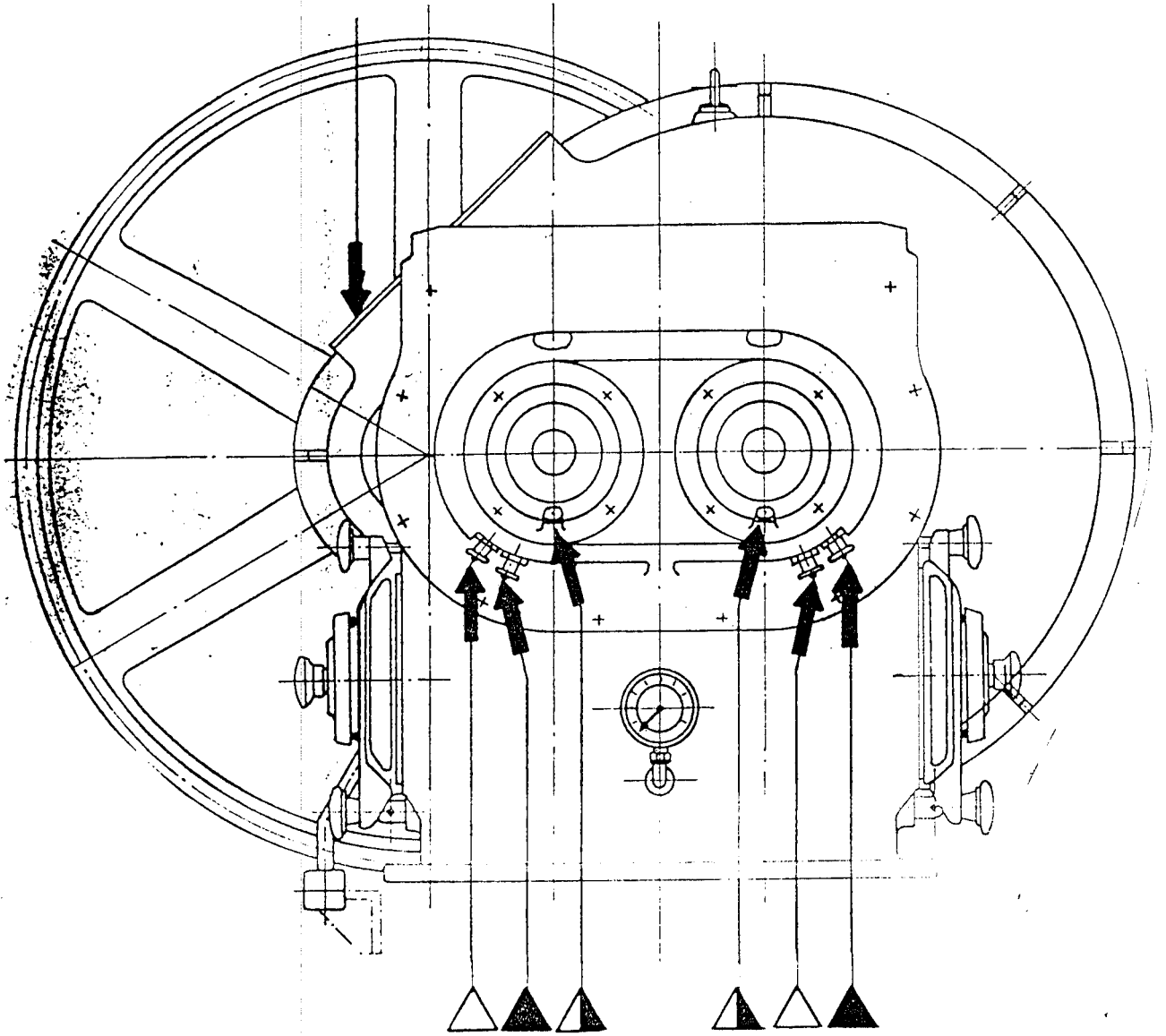


EK. 1.4 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİNİN ÜST KISMININ  
YANDAN GÖRÜNÜŞÜ

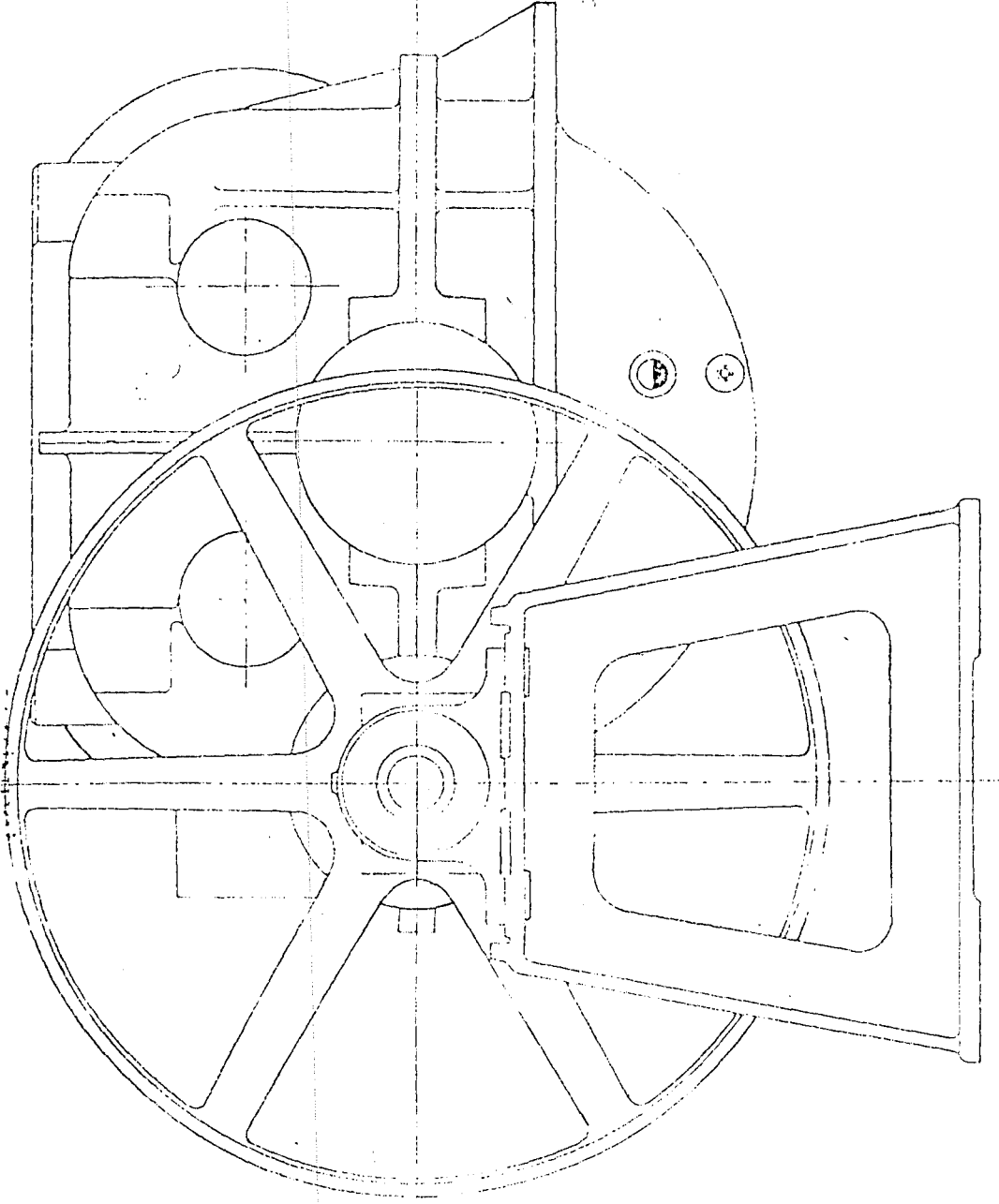


FK. 1.5 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİ ÜST ve KAPA GRUBUNUN ÜSTTEN GÖRÜNÜŞÜ

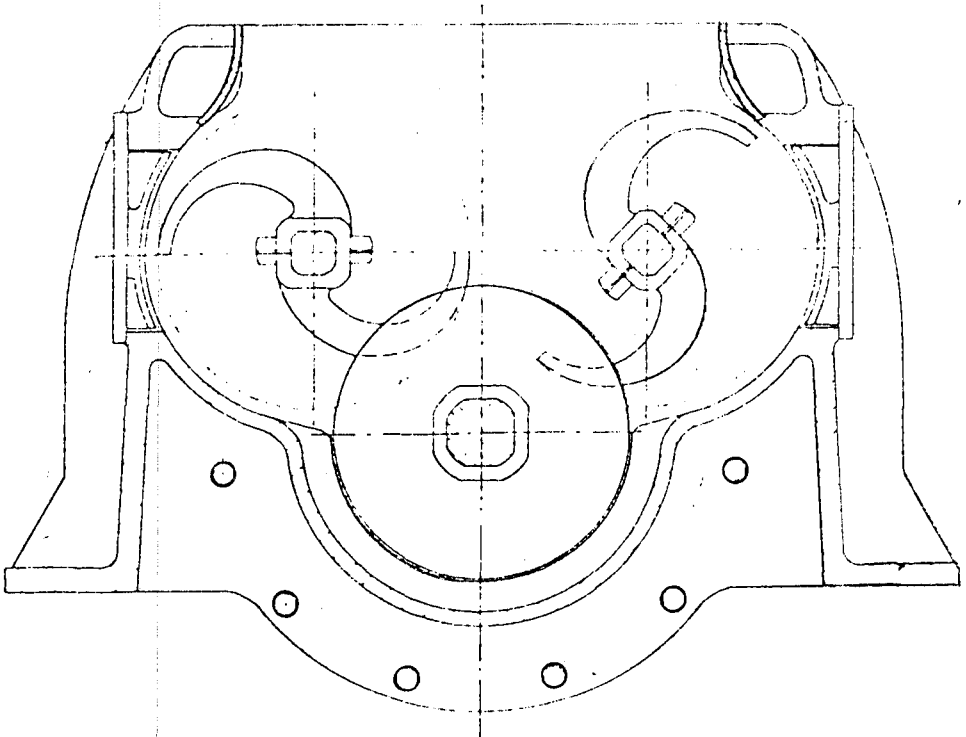
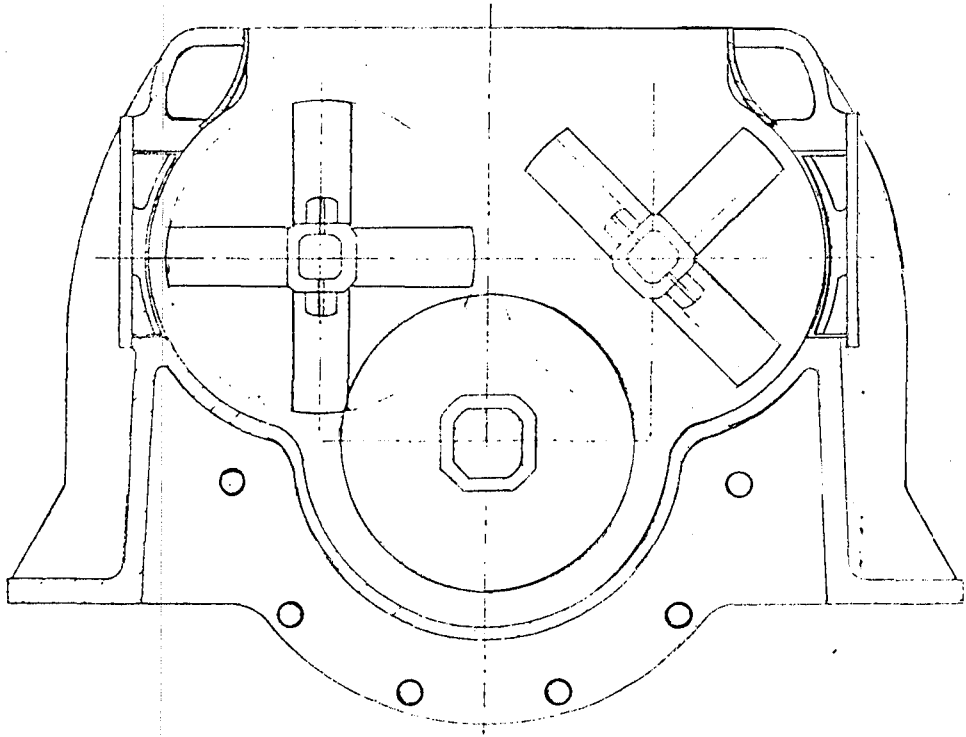




EK. 1.6 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİ ÜST BASKI GRUBUNUN ÖNDEN GÖRÜNÜŞÜ

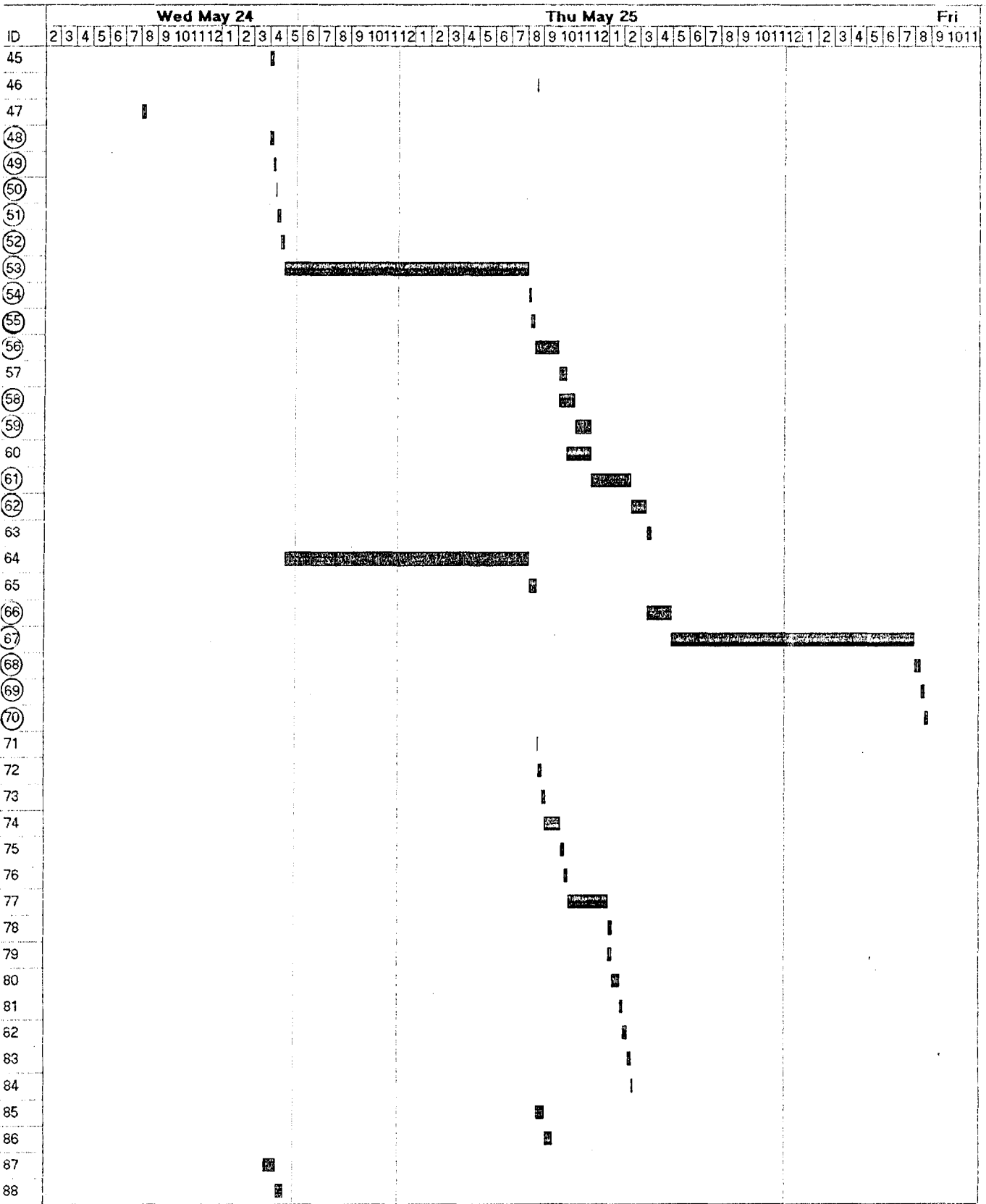


EK. 1.7 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİ ALT KISMIN  
ARKADAN GÖRÜNÜŞÜ









EK. 1.8 - VAKUMLU ÇAMUR MAKİNESİ BASKI GRUBUNUN  
ÖNDEN GÖRÜNÜŞÜ






Project:  
 Date: 6/1/95

Critical   Progress  Summary   
 Noncritical  Milestone 



ID	Name	Duration	Scheduled Start	Scheduled Finish	Wed May 24															
					2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
1	Üst tablanın civatalarının sökülerek yerinder	15m	5/24/95 8:00am	5/24/95 8:15am																
2	Kafanın sökülmesi	15m	5/24/95 8:15am	5/24/95 8:30am																
3	Çapa civatalarının gevşetilmesi	30m	5/24/95 8:30am	5/24/95 9:00am																
4	Çapaların çekirme ile çıkartılması	1h	5/24/95 9:00am	5/24/95 10:00am																
5	Adaptör parçanın sökülmesi	6m	5/24/95 8:00am	5/24/95 8:06am																
6	Pinyon mil kapağının sökülmesi	12m	5/24/95 8:06am	5/24/95 8:18am																
7	Birinci rulman kapağının sökülmesi	15m	5/24/95 8:18am	5/24/95 8:33am																
8	Rulmanın çıkarılması	15m	5/24/95 8:33am	5/24/95 8:48am																
9	Volan kayışlarının çıkartılması	30m	5/24/95 8:06am	5/24/95 8:36am																
10	Volanın çıkartılması	15m	5/24/95 8:48am	5/24/95 9:03am																
11	Kavrma grubunun çıkartılması	15m	5/24/95 9:03am	5/24/95 9:18am																
12	İkinci rulman kapağının sökülmesi	15m	5/24/95 9:18am	5/24/95 9:33am																
13	Rulmanın çıkartılması	30m	5/24/95 9:33am	5/24/95 10:03am																
14	Pinyon milinin çıkartılması	12m	5/24/95 10:03am	5/24/95 10:15am																
15	Dişli grubunun kapağının sökülmesi	30m	5/24/95 10:15am	5/24/95 10:45am																
16	Kapak içindeki rulmanın çıkartılması	15m	5/24/95 10:45am	5/24/95 11:00am																
17	Dişli çarkın yerinden çıkartılması	15m	5/24/95 10:45am	5/24/95 11:00am																
18	Küçük mil kapağının sökülmesi	6m	5/24/95 11:00am	5/24/95 11:06am																
19	Mil üzerindeki kamaların sökülmesi	30m	5/24/95 10:00am	5/24/95 10:30am																
20	Hareket aktarıcı 2 adet milin çıkartılması	30m	5/24/95 11:06am	5/24/95 11:36am																
21	Gövdede bulunan gömleklerin sökülmesi	45m	5/24/95 11:36am	5/24/95 1:21pm																
22	Çapalarla dişli çarkı ayıran flanşların (4 adet)	30m	5/24/95 1:21pm	5/24/95 1:51pm																
23	Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civatalar	15m	5/24/95 8:00am	5/24/95 8:15am																
24	Üst makina gövdesinin yana alımı	15m	5/24/95 1:51pm	5/24/95 2:06pm																
25	Milleri sabitleyen kapakların çıkartılması	15m	5/24/95 2:06pm	5/24/95 2:21pm																
26	Baskı grubunun civatalarının sökülmesi	30m	5/24/95 2:06pm	5/24/95 2:36pm																
27	Baskı grubunun yerinden çıkarılması	15m	5/24/95 2:36pm	5/24/95 2:51pm																
28	Baskıya hareket veren dişlilerin çıkartılması	6m	5/24/95 2:51pm	5/24/95 2:57pm																
29	Baskı millerinin çıkartılması	15m	5/24/95 2:57pm	5/24/95 3:12pm																
30	Bronz yatakların sökülmesi	30m	5/24/95 3:12pm	5/24/95 3:42pm																
31	Alt ve orta kısmı birbirine bağlayan civataları	15m	5/24/95 8:00am	5/24/95 8:15am																
32	Orta gövdenin yana alınması	15m	5/24/95 3:42pm	5/24/95 3:57pm																
33	Adaptör parçanın sökülmesi	6m	5/24/95 8:00am	5/24/95 8:06am																
34	Rulman üst yatağının sökülmesi	15m	5/24/95 3:57pm	5/24/95 4:12pm																
35	Rulman alt yatağının ayaklarının sökülmesi	15m	5/24/95 4:12pm	5/24/95 4:27pm																
36	Rulmanın alt yatağıyla çıkartılması	6m	5/24/95 4:27pm	5/24/95 4:33pm																
37	Kavrma grubu bileziğinin sökülmesi	15m	5/24/95 4:33pm	5/24/95 4:48pm																
38	Kavrma grubunun yerinden çıkartılması	15m	5/24/95 4:48pm	5/25/95 8:03am																
39	Volan kayışlarının çıkartılması	15m	5/24/95 4:33pm	5/24/95 4:48pm																
40	Volanın yerinden çıkartılması	15m	5/25/95 8:03am	5/25/95 8:18am																
41	Rulman kapağının sökülmesi	6m	5/25/95 8:18am	5/25/95 8:24am																
42	Pinyon milinin rulmanla birlikte çıkartılması	12m	5/25/95 8:24am	5/25/95 8:36am																
43	Rulmanın pinyon milinden çıkartılması	30m	5/25/95 8:36am	5/25/95 9:06am																
44	Yan kapağın sökülmesi	15m	5/24/95 8:00am	5/24/95 8:15am																

roject:	Critical 	Progress 	Summary 
ale: 6/1/95	Noncritical 	Milestone 	


## EK.2.2 - UYGULAMANIN BİLGİSAYARDA ÇÖZÜMÜ (KRİTİK İŞLEMLER VE İŞLEMLERİN BAŞLAMA VE BİTİŞ ZAMANLARI)





Wed May 24

ID	Name	Duration	Scheduled Start	Scheduled Finish	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
89	Baskıya hareket veren dişlilerin montajı	15m	5/24/95 4:57pm	5/25/95 8:12am																
90	Milleri sabitleyen kapakların takılması	15m	5/25/95 8:12am	5/25/95 8:27am																
91	Baskı grubunun yerine montajı	45m	5/25/95 8:27am	5/25/95 9:12am																
92	Baskı grubunun civatalarının takılması	45m	5/25/95 9:12am	5/25/95 9:57am																
93	Üst makina gövdesinin yerine montajı	30m	5/25/95 9:12am	5/25/95 9:42am																
94	Üst ve orta kısmı birbirine bağlayan civatalar	30m	5/25/95 9:57am	5/25/95 10:27am																
95	Çapalarla dişli çarkı ayıran flanşların (4 adet)	24m	5/24/95 1:51pm	5/24/95 2:15pm																
96	Gövdede bulunan gömleklerin takılması	90m	5/24/95 1:21pm	5/24/95 2:51pm																
97	Hareket aktarıcı 2 adet milin montajı	1h	5/24/95 2:51pm	5/24/95 3:51pm																
98	Mil üzerindeki kamaların takılması	30m	5/24/95 3:51pm	5/24/95 4:21pm																
99	Küçük mil kapağının takılması	6m	5/24/95 4:21pm	5/24/95 4:27pm																
100	Dişli çarkın yerine montajı	15m	5/24/95 4:27pm	5/24/95 4:42pm																
101	Kapak içindeki rulmanın montajı	15m	5/24/95 11:00am	5/24/95 11:15am																
102	Dişli grubu kapağının takılması	45m	5/24/95 4:42pm	5/25/95 8:27am																
103	Pinyon milinin montajı	24m	5/25/95 8:27am	5/25/95 8:51am																
104	Rulmanın montajı	30m	5/25/95 8:51am	5/25/95 9:21am																
105	Rulman kapağının takılması	15m	5/25/95 9:21am	5/25/95 9:36am																
106	Kavrama grubunun montajı	30m	5/25/95 9:36am	5/25/95 10:06am																
107	Volanın montajı	30m	5/25/95 10:06am	5/25/95 10:36am																
108	Volan kayışlarının takılması	24m	5/25/95 10:36am	5/25/95 11:00am																
109	Rulmanın montajı	24m	5/25/95 10:36am	5/25/95 11:00am																
110	Rulman kapağının takılması	15m	5/25/95 11:00am	5/25/95 11:15am																
111	Pinyon mil kapağının takılması	12m	5/25/95 11:15am	5/25/95 11:27am																
112	Adaptör parçasının takılması	12m	5/25/95 11:27am	5/25/95 11:39am																
113	Çapaların montajı	90m	5/24/95 4:21pm	5/25/95 8:51am																
114	Çapa civatalarının sıkılması	45m	5/25/95 8:51am	5/25/95 9:36am																
115	Kafanın takılması	45m	5/25/95 9:36am	5/25/95 10:21am																
116	Üst tablanın yerine konularak civatalarının takılması	24m	5/25/95 10:21am	5/25/95 10:45am																

Project:  
Date: 6/1/95Critical Noncritical Progress Milestone Summary 

X