

1080.

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

uygunluk
—

PROJE PLANLAMASINDA KRİTİK YOL METODUNA
DAYALI OPTİMAL ÇÖZÜM
ve
Bir Uygulama
(MASTER TEZİ)

DANIŞMAN
Öğretim Üyesi
Prof.Dr.Tevfik TATAR

HAZIRLAYAN
Atilla GÖKÇE

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ANKARA-1986

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

GİRİŞ.....IV

BİRİNCİ BÖLÜM

PROJE PLANLAMASI ve KRİTİK YOL METODU

1.1	Proje Planlaması Kavramı.....	1
1.2	Proje Planlamasının Önemi ve Amaçları.....	2
1.3	Proje Planlamasının Elemanları.....	4
1.4	Proje Planlamasında Kullanılan Metodlar.....	5
1.4.1	Gantt Şemaları ve Tarihsel Gelişim.....	5
1.4.2	Şebeke Çizimine Dayanan Metodlar.....	8
1.5	Şebeke Elemanları.....	8
1.5.1	Faaliyetler ve Olaylar.....	9
1.5.2	Faaliyetlerin Zaman Birimi ve Bitme Süresi.....	10
1.5.3	Kukla Faaliyetler.....	11
1.6	Şebekenin Grafikle Temsili.....	11
1.7	Şebekenin Çizilmesi.....	15

İKİNCİ BÖLÜM

ZAMAN HESAPLAMALARI ve KRİTİK YOLUN BULUNMASI

2.1	Bağlantı Noktalarının En Erken Tamamlanma (EET) Zamanlarının Hesaplanması.....	17
2.2	Bağlantı Noktalarının En Geç Tamamlanma (EGT) Zamanlarının Hesaplanması.....	19
2.3	Kritik Yolun Bulunması.....	20
2.4	Faaliyetlerin Başlama Zamanları ve Bollukları...	22
2.4.1	Toplam Bolluk.....	24
2.4.2	Serbest Bolluk.....	25
2.4.3	Bağımlı Bolluk.....	27
2.4.4	Bağımsız Bolluk.....	27
2.4.5	Programlanan Bolluk.....	28
2.4.6	Ara Bolluk.....	28
2.5	Proje Süresinin Kontrolü ve Aksamalar.....	31

2.6	Şebekenin Gantt Diyagramına Dönüştürülmesi.....	34
-----	---	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ZAMAN-MALİYET İLİŞKİSİ ve OPTİMUM ÇÖZÜM

3.1	Proje Maliyetinin Unsurları.....	37
3.1.1	Dolaysız (Direkt) Masraflar.....	37
3.1.2	Dolaylı (Endirekt) Masraflar.....	39
3.2	Toplam Proje Maliyeti ve Zaman.....	40
3.3	Maliyetlerin Zamana Göre Değişimi.....	42
3.4	Toplam Proje Zamanının Kısaltılması.....	43
3.5	Proje Zamanının Azaltılması Metodları.....	44
3.5.1	Proje Zamanının Sıkıştırılmalarla Azaltılması.....	47
3.5.2	Optimum Çözüm ve Maliyetler.....	62
3.6	Proje Planlamasında Bilgisayarların Yeri.....	64

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ANKARA-ESENBGA YOLU GENİŞLETME PROJESİNE AİT BİR UYGULAMA

SONUÇ.....	80
FAYDALANILAN KAYNAKLAR.....	82

GİRİŞ

1080 İnsanlar var olduklarından buyana, isteyerek ya da farkında olmadan tüm faaliyetlerinde planlar yapmak durumunda kalmışlardır. İlk insanların içgüdüleriyle var olan sistem, zamanla akıla ve bilime dayanarak değişik boyutlarda günlük hayatta yer almaya başlamıştır.

Bir işin ya da faaliyetin planlanarak yapılmasındaki amaç, elde edilecek faydanın maksimum seviyeye çıkarılması olarak belirlenmektedir. Daha az çabayla daha çok fayda sağlama isteği, insanlık tarihinde kaçınılmaz sonuçları ile teknolojik yeniliklere yol açarken planlı çalışma sayesinde daha iyi verim alınacağı gerçeğininde beraberinde getirmiştir. Artık günümüzde hayatın her alanında planlamaya büyük önem verilmekte, işlerin kendiliğinden akışı bilinç kontrolunda ve sistemli olarak yönlendirilmektedir. Geniş boyutlarıyla, devletler kalkınma planları geliştirirken daha dar çerçevede işletmelerde faaliyetlerini belli bir plana göre yürütmeyi amaç edinmektedirler.

Çağımız, sürekli gelişen teknolojik yapısıyla işletmeleride gelişmeye, yenilik arayışlarına yönelmektedir. Bu yönelme, yeni ve alışılmalı gelen işlerin yapılmasında çeşitli modern tekniklerin geliştirilmesine neden olmuştur. Özellikle proje planlaması alanında İkinci Dünya Savaşı'ndan buyana önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Proje planlamasında yeni metodların kullanılması ile birlikte kaynakların daha verimli değerlendirilmesi yolu açıldığından, zaman ve maliyet kayıpları en aza indirilebilmektedir. Projenin mümkün olan en kısa ve en düşük maliyetli sürede tamamlanması isteği proje yönetimine verilen önemi artırmıştır. Zamanında tamamlanamayan yatırım projelerinin maliyetlerinin enflasyonist ekonomilerde büyük oranlarda artış göstermesi bu önemi daha da belirleyici kılmaktadır.

Proje planlaması alanında çeşitli metodlar bulunmakla birlikte bunlar arasında en yaygın olanı "Kritik Yol Metodu" (Critical Path Method) dur. Metodun özellikle tek zaman tahminine dayanması uygulanabilirliğini kolaylaştırmaktadır. En kısa zamanda ve en az maliyetle projenin tamamlanması problemi (optimal çözüm problemi), bu metoda verilen önemi artırırken bilgisayar kullanımı da metodun büyük projelere uygulanabilirliğinin yolunu açmaktadır. Ancak bilgisayar kullanımının yanısıra, proje planlamasındaki optimal çözümün elde edilmesine yönelik amaca ulaşmada el ile yapılan hesaplamalarda öneminden ve geçerliliğinden birşey kaybetmiş değildir. Projedeki faaliyetler el ile hesaplama yapmaya uygun sayıda ise, bilgisayar kullanarak maliyet artışına neden olmak rasyonel bir yol sayılmamaktadır.

Bu çalışma, esas olarak kritik yol metoduna dayalı optimal çözüme ulaşmayı amaç edinmiştir. Onun için önce, uygulamaya temel olacak ve konu ile ilgili teoride yer alan açıklamalara yer verilmeye çalışılarak daha sonra, örnek proje modelleri üzerinde gerekli sayısal hesaplamaların yapılması yoluna gidilmiştir. Yatırım projelerindeki gecikmenin zaman ve maliyet yönüyle olduğu kadar kıt kaynakların kullanımı yönüyle de dikkate değer yanları olduğu gerçeği, özellikle gelişme yolundaki ülkelerin konuya veremeleri gereken önemi artırmaktadır. Çalışmanın hedefi, bu çerçevede içinde, zamanın değerinin ortaya konulabilmesidir.

Çalışmanın birinci bölümünde, proje planlaması üzerinde durularak, kritik yol metodunun gerektirdiği şebeke mantığı ve çizimleri genel hatlarıyla incelenmek istenmektedir. İkinci bölümde, şebeke üzerinde yapılması gereken zaman hesaplamaları ile kritik yolun bulunması yöntemleri araştırılmaya çalışılmaktadır. Üçüncü bölümde, proje zamanı ile proje maliyeti arasındaki ilişkiye dayalı optimal çözümün elde edilmesi problemi ele alınmaktadır. Proje zamanının azaltılması metodlarından belirli kuralları olan "sıkıştırma" metodu, proje zamanının azaltılmasında temel alınırken, kurala bağlı olmayıp denemeye dayalı diğer me-

todlar çalışma dışında tutulmuşlardır.

Ayrıca, proje zamanının azaltılması için gerekli ilave kaynakların kullanılması, hesaplamalarda maliyet artışı olarak yer aldığından ayrı bir çalışma komüsü olabilecek genişlikteki "Kaynakların Tahsisi ve Kapasite Dengelemesi" problemine girilmemiştir.

Dördüncü bölümde, bir yol genişletme projesi üzerinde uygulama yapılmaya çalışılmaktadır. Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü tarafından yaptırılan "Ankara-Esenboğa Yolu Genişletme Projesi"ne ilişkin uygulamada, yol inşaatının uzun yılları kapsamı nedeniyle, bütün projeyi içine alan bir optimum çözümün elde edilmesi mümkün olamamaktadır. Ancak, sözkonusu yolun ihale ile yaptırılan "Ankara-Esenboğa Yolu 9000-13500 Metreleri Arası Mekanik Stabilizasyon Temel Yapımı" işi üzerinde optimal çözüme yönelik çalışmalar yapılırken, tüm projeye ait faaliyetler de sıralanarak şebeke çizimi yapılmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

PROJE PLANLAMASI ve KRİTİK YOL METODU

Günümüzde işletmeler, faaliyet alanları ne olursa olsun, gelecekle ilgili sorunların çözümünü kolaylaştırmak ve önceden tedbir alabilmek için planlama tekniklerine müraaat etmek zorundadırlar. İyi bir planlamanın yapılabilmesi için, konunun gerektirdiği kavramların ve anlamlarının açıkça belirlenmesinde fayda vardır. Böylece iyi bir planlama sayesinde projelerin yönetimi daha kolaylaşmakta ve daha iyi sonuçlar alınabilmektedir.

1.1 Proje Planlaması Kavramı

Plan; "gelecekte mümkün olabilen eylem biçimlerini araştırmak ve bunlar arasından kuruluşun amaçlarına en uygun olanını çeşitli değerlendirme ve karşılaştırma yöntemleri kullanarak saptamak ya da seçmektir"(1), şeklinde tarif edilebilir.

Planlama ise; belirli amaçlarla meydana getirilmiş kuruluşların, bu amaçlarına nasıl, ne zaman ve ne ölçüde ulaşabileceğinin tesbit edilmesidir. Planlama sonucunda oluşan plan, yapılacak çalışma biçimlerinin ne olduğu, bunların niçin seçildiği, kimlerin hangi görevleri yapacakları, hangi yer ve durumlarda, ne zaman ve ne şekilde çalışılacağı gibi konuları içine alır(2).

Plan ve planlama kavramlarından da anlaşılacağı gibi, bir projenin mümkün olabilecek en kısa sürede bitirilmesi bu projenin etkin şekilde planlanmasına bağlıdır. Proje ve planlama kavramları bu nedenle birbirlerinden ayrı düşünülemez. Herhangi bir projeden söz edildiğinde artık bu

(1) Erol Eren, "Plan", Ekonomi Ansiklopedisi, 3. Cilt İstanbul: Paymaş Yayınları, 1984, s. 1103.

(2) Eren, s. 1103.

projenin planlanmasından söz etmek gereksizdir.Çünkü,planlanmamış bir projeden söz etmek anlamsızdır.

Proje;belirli bir başlangıcı ve sonu olan,kuruluş amacına ulaşabilmesi için bir ya da birden çok kaynak kullanılarak birbirinden ayrı fakat birbiriyle ilgili bir bağlantı içindeki faaliyetlerin tamamlanmasının gerekli olduğu bir iş,olarak tanımlanmaktadır.Yine,farklı bir anlatımla planlama;bir projenin birbirine bağlı çeşitli faaliyetlerinin her birine gerekli kaynakların tahsisi ve bağlantı sırasının tesbitidir.Buna dayanarak denilebilir ki bir projenin planlamasında ilk adım,yapılması gereken faaliyetlerin tesbit edelmesidir.Daha sonra,bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi sırası belirlenmektedir(3).

1.2 Proje Planlamasının Önemi ve Amaçları

Proje planlamasına verilen önem,herşeyden önce işletmenin yönetim fonksiyonu ile ilgilidir.Çünkü,planlama önemli bir yönetim fonksiyonudur(4).İşletme yöneticisi,karar verme sürecinin ve organizasyonunun belirleyici bir aşamasında yer aldığından,etkin kararlar verebilmek için zamanında doğru bilgilere sahip olmak zorundadır.Genellikle,ortaya çıkan sorunlarla ilgili olmayan parça parça bilgilerin gerektiğinde göz önüne alınması imkanı bulunmayabilir.Bu nedenle proje planlamasının önemi,sonradan ortaya çıkabilecek sorunlara ait bilgilerin önceden toplanmasında,sistematize edilmesinde ve etkin bir planlamanın gerçekleştirilmesinde kendini göstermektedir.Özellikle büyük ölçekli projelerin uygulama aşamasında ortaya çıkabilecek problemler,zaman ve kaynak israfına,dolayısıyla maddi zararlara yol açacağından,proje planlamasının ne derece hassas olması konusunda bir fikir ortaya koymaktadır.Denilebilir ki,proje planlamasının önemi,projeye harcanacak zaman ve kaynakların kıt,buna karşılık maliyetlerinin yük-

(3) R.L.Martino,Project Management and Control, Volume 1,American Management Association,New York,1964 , s.16-18.

(4) Halil Can,Meral Tecer,İşletme Yönetimi,Ankara: TODAİE Yayını,1978,s.126.

sek olmasında yatmaktadır.

Proje planlamasındaki amaç, işletme amaçları ile uyumlu olmak şartıyla, projenin tamamlanma süresi ile maliyetinin optimize edilmesidir. Ancak, bazı özel durumlarda projenin mümkün olduğunca erken bitirilmesi çok önem taşıyorsa, tamamlanma süresinin kısaltılması için maliyet artışından kaçınılmaması gerekebilir. Örneğin, yol yapımına ait bir projenin kış aylarından önce bitmesi gerekiyorsa, burada maliyet artışına rağmen süre kısaltılması yapılmalıdır. Çünkü, asfalt işleri düşük sıcaklıklarda (7 dereceden az) mümkün olamamaktadır.

İşletme yöneticisi, izlediği yolun, diğer bir ifade ile projenin ayrıntılı tanımını yapmadan önce, ulaşabileceği amaçlara yönelik olarak aşağıdaki soruları cevaplandırmak zorundadır (5);

1. Projenin amaçları nelerdir?

2. Uygulanacak olan işin ana unsurları nelerdir ve bunlar birbirleriyle nasıl ilişkilendirileceklerdir?

3. Proje amaçlarının başarılmasında görev ve sorumluluklar kimlerin olacaktır?

4. Mevcut ya da ihtiyaç duyulan kaynakların organizasyonu nasıl olacaktır?

5. Projeye ilgili olarak, yönetimin farklı kademele-ri için mümkün olacak bilgi ihtiyaçları nelerdir?

Şebekeye dayalı proje planlamasında ilk olarak projenin amaçları ortaya koyulmalıdır. Daha sonra, projenin uygulanması için kurulacak organizasyon tanımlanmalıdır. Diğer planlama ve kontrol fonksiyonlarının neler olacağı kararlaştırılarak, maliyet, muhasebe sistemleri gibi projeye ilgili konuların proje amaçları içindeki tanımları yapılmalıdır. Farklı kademelerdeki yönetim birimlerinin ihtiyaç duyacakları bilgi akışı sağlanarak bu bilgiler her tür ve seviyedeki yöneticilere sunulmalıdır.

(5) Russel D. Archibald and Richard L. Villoria, Network Based Management Systems, PERT-CPM, New York: John Wiley and Sons Inc., 1967, s. 23-26.

1.3 Proje Planlamasının Elemanları

Proje planları bir takım temel elemanlardan meydana gelmektedir. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkün olabilir (6);

1. Projenin tanımlanması,
2. Organizasyonun tanımlanması,
3. İş planları,
4. İş planlarının bir takvim cetveli üzerinde ayrılarak programlanması,
5. Kaynak tahmini,
6. Maliyet tahmini,
7. Rapor hazırlama.

Yukarıdaki elemanlardan zaman ve maliyetin tahmin edilmesinde, varsa önceki yıllardaki benzer projelerden yararlanmak daha gerçekçi olacaktır.

1.4 Proje Planlamasında Kullanılan Metodlar

Planlama, örgütleme, yönetme ve denetleme görevleri, yapıları ve amaçları farklı olsa da bütün işletmeler için gerekli olan görevlerdir. Ancak, bu görevleri yerine getirmek için kullanılan teknikler bir şirketten ötekine değişir. Çünkü, bu tekniklerin her şirketin içinde bulunduğu özel şartlara uydurulması gerekir (7).

Proje planlamasında kullanılan metodlar yapılan işin tekrarlanmayan veya tekrarlanan işler olmasına bağlı olarak değişmektedir. Tekrarlanabilen, dolayısıyla geçmiş bilgi ve tecrübeye dayanarak denetlenebilen işlerde PERT ve CPM gibi metodların katkısı sınırlıdır. Tekrarlanamayan, geçmiş bilgi ve tecrübenin çok az olduğu ya da hiç olmadığı işlerde, işletmeciler, planlama ve denetim için yeni me-

(6) Archibald, s.27-28

(7) Richard I. Levin, Charles A. Kirkpatrick, PERT ve CPM ile Planlama ve Denetim, Ankara, ODTÜ, İdari İlimler Fakültesi Yayını, No:12, 1968, s.7.

todlar aramak zorunda kalmışlardır(8).Bu metodlar Gantt cetvellerinden başlayarak,"CPM'e Sistem Yaklaşımı Modeli" ne(9),kadar varan bir gelişme izlemiştir.

1.4.1 Gantt Şemaları ve Tarihsel Gelişim

Kritik yol metodunun (CPM) geliştirilmesinden önce plan yapmanın en iyi yolu olarak Gantt cetveli veya çubuk diyagramı bilinmekteydi.Bu metod birçok durumda fazlasıyla faydalı olduğu halde,çeşitli işlemlerin aralarındaki ilişkileri gösterme yeteneğinden yoksun bulunmaktadır.Omun için,X işinin tamamlanmasından önce Y işinin başlayıp başlayamayacağı veya Y işi ile Z işi arasında gecikmelere izin verilip verilemeyeceği gibi sorulara Gantt cetveli aracılığı ile mantıki cevaplar vermek mümkün olamamaktadır. Küçük projelerde sözkonusu durum,planlayıcının değişik işlemler arasındaki bağlantıları hafızasında tutabilmesi ile çözümlenebilmesine karşın,büyük projelerde bu mümkün değildir ve Gantt cetvelleri tekniği çok sınırlı bir yararlılık göstermektedir(10).

Bilimsel işletmeciliğin babası olarak kabul edilen F.W.Taylor'un çağdaşı olan H.L.Gantt,üretim denetlemesi üzerine yaptığı çalışmaları sırasında kendi adıyla anılan "Gantt Aşama Cetveli" (Gantt Milestone Chart) ni geliştirmiştir.Bu cetvel ya da şema,sadece yapılacak işi gösterme ile yetinmiyor,aynı zamanda yapılacak işin bütün evreleri arasındaki ilişkileri de ortaya koyuyordu.Başka bir ifade ile,bir projenin çeşitli aşamaları arasındaki gerekli eşgüdümü bir dereceye kadar belirtebiliyordu(11).

Şekil:1 de basit bir Gantt cetveli yer almaktadır. Alttaki zaman ölçeğinin yardımıyla da belirli bir projenin ne kadar zamanda bitirilebileceği kolaylıkla görülebilir.

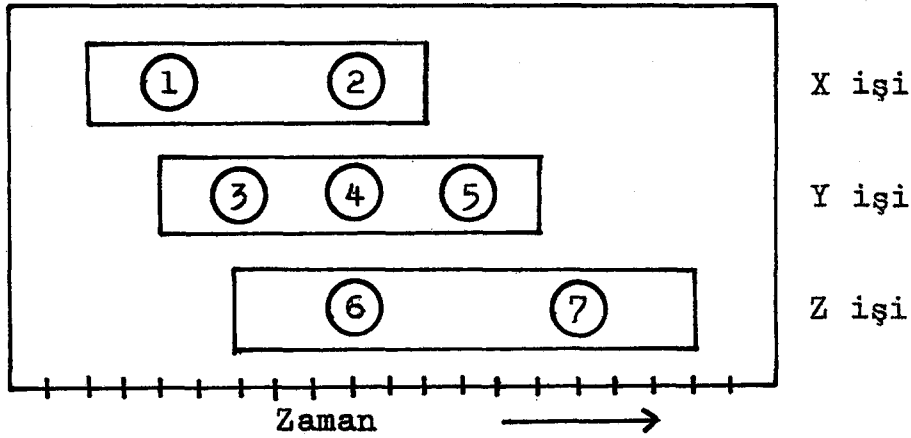
(8) Levin,s.7-8

(9) James M.Antill,Ronald W.Woodhead,Critical Path Methods in Construction Practice,Third Edition,A Wiley Interscience Publication,1982,s.365.

(10) K.G.Lockyer,A Introduction to Critical Path Analysis,Third Edition,London:Sir Isaac Pitman and Sons Ltd.,1969,s.2-3

(11) Levin,s.10.

Şekilde görülen her daire, bir işin belirli aşamalarını ve her dikdörtgen birbirine bağlı aşamalardan meydana gelen belirli bir işi ifade etmektedir. Dikdörtgenlerin tamamında bütün projeyi oluşturmaktadır(12).



Şekil:1 Gantt Cetveli

Şekil:1'den anlaşılacağı gibi, Gantt cetveli, bir işe ait olan aşamaların birbirleriyle ilişkisini göstermektedir. Birinci aşama tamamlanmadan X işine ait ikinci aşamaya geçilememektedir. Yine, Y işindeki üçüncü aşama tamamlanmadan dördüncü ve beşinci aşamalara başlamak mümkün olamamaktadır. Aynı durum Z işi içinde geçerlidir. Cetvel bir projenin çeşitli aşamaları arasındaki ilişkileri göstermesine karşın, X işi ile Y işi arasındaki veya X işi ile Z işi arasındaki ilişkiyi göstermekten yoksundur. Bu tekniğin en önemli sakıncası da bu olmaktadır(13).

Gantt cetvelini kısaca tanımaya çalıştıktan sonra proje planlama tekniklerinin tarihsel gelişimine ana hatlarıyla bakmak mümkündür. Çünkü, Gantt cetvelinin yetersizliği, yeni metodların geliştirilmesi için araştırma-geliştirme çabalarına önem verilmesini gerektirmiştir.

1950'lerin ortalarında probleme duyulan ilgide büyük artış görüldü. 1957 yılında ise, İngiltere'de Central Electricity Generating Board'un Operations-Research bölümü "kısaltılmayan en uzun süreli faaliyetler" şeklinde bir yöntem geliştirmiştir. Daha sonra, bunu düzelterek 1958 yı-

(12) Levin, s.10.

(13) Levin, s.10.

linda bir güç santralının onarımında kullandılar. Böylece, aynı iş için önceden hesaplanan ortalama zamanı yüzde 42 oranında kısaltmayı başardılar. Yine aynı tarihlerde konu üzerinde Amerika Birleşik Devletlerinde çalışmalar başlamış ve 1958 yılının başlarında "U.S. Navy Special Projects Office" adlı bir çalışma ekibi oluşturularak kompleks işlerin planlanması ve kontrolünün tasarlanmasına geçilmiştir. Bu konu üzerindeki çalışmalar "Program Evaluation Research Task" adı altında yayımlanmıştır. 1958 Şubat'ında bu ekibin matematikçilerinden biri olan Dr. C. E. Clark, çalışmalarını grafiklerle göstermek yoluyla "ok-diyagramı" (arrow-diagramming) diye anılan şebeke çizimlerini ortaya koymuştur. Çalışmalar daha da ilerleyerek sonuçta 1958 Temmuz'unda "Program Evaluation and Review Technique" (PERT) başlığı altında bir özet raporla yayımlanmıştır. Bu yeni yöntem ilk defa "Donanma Balistik Füze Programı" çerçevesinde uygulamaya konularak polaris roketi üzerindeki araştırmalar planlanan süreden iki yıl önce tamamlanmıştır(14).

Benzer gelişmeler ABD Hava Kuvvetlerinde de gözlenmektedir. 1958 yılında Du Pont de Nemours Company adlı işletme tarafından çok büyük bir projenin planlanması ve uygulanmasında "Critical Path Method" (CPM) adı altında yeni bir yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem, şirkete milyonlarca dolar tasarruf sağlamıştır. 1959'da Dr. Mauchly, Du Pont firmasının bu projesi üzerinde çalışarak yöntemi basitleştirmiş ve endüstriyel problemlerin çözümünde kritik yol metodunun uygulanabilirliğini göstermiştir(15).

Proje planlama ve kontrol tekniklerinin çok çeşitli alanlarda kullanılması, elektronik endüstrisindeki gelişmelere bağlı olarak giderek yaygınlaşmıştır. Günümüzde bilgisayarların ulaştığı teknik üstünlükler şebeke çizimine dayalı proje planlama metodlarının uygulanabilirliğini kolaylaştırmaktadır.

(14) Lockyer, s.3-4.

(15) Lockyer, s.6.

1.4.2 Şebeke Çizimine Dayanan Metodlar

Gantt cetveli, bir işin belirli aşamaları arasındaki bağlantıyı gösterebildiği halde, değişik işlemler arasındaki bağlantıları göstermekten uzaktır. Bu nedenle, gerek PERT, gerekse CPM üzerindeki çalışmalar, Gantt'ın orijinal aşama cetvelini değiştirip, daha iyi duruma getirmiş, sonunda bir projedeki bütün aşamaların birbirleriyle ilgi ve bağlantısını gösterecek bir yönteme dönüştürülmüştür.

Gantt şemalarından sonra geliştirilen ve şebeke "Network" esasına dayanan proje planlama ve kontrol yöntemlerine "Yörünge Ağına Dayalı Yönetim Sistemleri" (Network Based Management Systems) denilmektedir. Başlangıç aşamasında PERT ve CPM adı altında ortaya konulan bu yöntemler daha sonraki yıllarda geliştirilerek "PERT-COST, PERT-TIME, PEP, LESS, CPS" gibi değişik isimlerle işletmecilik alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bütün bu yöntemlerin esasını, projede yer alan işlemlerin ya da faaliyetlerin birbirleriyle ilişkileri gözönünde bulundurulularak serimlenmesi oluşturmaktadır(16).

Şebeke çizimine dayalı metodlarda önemli olan faaliyetlerin birbirleriyle olan bağlantılarının doğru tesbit edilebilmesidir. Böylece diğer metodların yanında kritik yol metodunun da iyi sonuçlar vermesi sağlanmış olacaktır. Eğer çizimlerde mantık hatası yapılmışsa, yapılacak kontroller ile bu hataların düzeltilmesi lazımdır. Şebeke çizimi ile ilgili kurallar daha sonra verilmeye çalışılacağından burada sadece şebeke çizimine dayalı metodlar bir fikir edinebilmek için isimleriyle sıralanmıştır.

1.5 Şebeke Elemanları

Yörünge ağı veya şebeke, bir projenin ayrıntılarıyla belirli bir sıra düzeninde temsil edilerek olaylar ve işlemler arasındaki ilişkiyi projenin amaçlarına uygun o-

(16) Özdemir Akmut, Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Basımevi, 1976, s.24.

olarak başarıya yönelik bir biçimde gösteren diyagramlar , şeklinde tanımlanmaktadır(17).Bir şebekeyi meydana getiren başlıca elemanlar,faaliyetler ve olaylardır.

1.5.1 Faaliyetler ve Olaylar

Projelerde birbirleriyle ilgili birçok faaliyet ya da faaliyet grubu yer almaktadır.Faaliyetler,projenin tamamlanması için yapılması gereken işlerdir ve şebeke mantığı içinde sistematik olarak dizilirler.Faaliyetlerin seçilmesi,yani,hangi işlerin veya işler grubunun bir faaliyet ünitesi olarak alınacağını programcılar belirler (18).Örneğin,bir yol genişletme çalışmasında,şantiye kurulmasının ötesinde çok çeşitli faaliyetler yer alabilir.

Projelerde yer alan bütün faaliyetler bir ok ile temsil edilirler.Okun uzunluğu ve eğimi ile,faaliyetin zamanı arasında bir bağlantı bulunmamaktadır.Burada okun ya da bütün proje için çizilen okların fonksiyonu;projede yer alan faaliyetlerin birbirleri ile var olan mantıki ilişkisini temsil etmesi biçiminde belirlenmektedir.Uygulamada okların yönü soldan sağa doğru çizilmektedir(19).

Faaliyetleri gösteren okların birbirleriyle birleşme ya da birbirlerinden ayrılma noktalarına "olay" (event) veya "düğüm" (node),adı verilmektedir.Başka bir ifade ile her faaliyetin başlangıç ve bitiş noktalarına olay denilmektedir.Faaliyetler oklarla temsil edilirken,olaylar,daire veya elips şeklinde her okun başlangıcında ve bitişinde gösterilirler.Ayrıca,dairelerin içine,yanlışlıkları ve karışıklıkları önlemek maksadıyla olay numaraları yazılır. Bu numaralandırma işlemi ,küçük numaralardan büyük numaralara doğru bir yol izler(20).

(17) Antill,s.11.

(18) Enver Çetmeli,Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge (CPM) ve PERT Metodları,Birinci Baskı, İstanbul:Çağlayan Basımevi,1972,s.7

(19) Gail Thornley,Critical Path Analysis in Practice,Collected Papers on Project Control,Edited by Gail Thornley,Tavistock Publications,1968,s.7.

(20) Thornley,s.8.

Faaliyetler ve olaylar, proje içinde belirli bir hüviyet kazanabilmek için şebeke üzerinde numaralandırılırlar. Numaralandırmanın sırasının önemi olmamakla beraber, geleneksel nedenler okun bitişindeki numaranın her zaman başlangıçtaki numaradan büyük olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle proje, ilk olayla başlar ve olay-olay ilerleyerek işin bitirilmesiyle sonuçlanır(21).

1.5.2 Faaliyetlerin Zaman Birimi ve Bitme Süresi

Proje içerisinde yer alan faaliyetler belirli bir zaman birimi ile ifade edilmelidirler. Zaman birimlerinin tüm proje için aynı olması önem taşımaktadır. Uzun vadeli bir yatırımın zaman birimi ay, yıl olarak seçilebilir. Kısa vadeli projelerde ise, zaman biriminin gün ya da hafta olarak seçilmesi uygun olmaktadır. Uzay çalışmaları daha ayrıntılı projelerle yürütülmek zorunda olduğundan zaman birimi olarak, saniye hatta saniyenin bölümleri seçilebilmektedir.

Kritik yol metodu ile proje planlamasında zamanın önemi büyüktür ve temel bir değişken durumundadır. Bu zamanın uzatılması veya kısaltılması eğer mümkünse proje yöneticisi tarafından yapılmaktadır. Bu metodun bir tek bitme zamanı mevcuttur. Dolayısıyla projedeki küçük bir değişiklik bitme zamanını etkilemektedir.

Bir faaliyetin tamamlanma ya da bitme süresi, başlama ve bitme noktaları arasında geçen zamandır. Bir projenin herhangi bir faaliyetinin tamamlanma süresi (t), faaliyet miktarının (V), birim zamanda yapılan iş miktarına (v), bölünmesiyle elde edilir:

$$t = V/v$$

Birim zamanda yapılan iş miktarının tesbitinde, işlemin bünyesi içerisinde yer alan insan ve makine gücünün bilinmesi zorunluluğu vardır. Faaliyetlerin her biriminin (m, m³, ton, v.b.) ne kadar zamanda yapılabileceğini belirten analizler vardır. Bunlara ek olarak programcının

(21) Antill, s.13-14.

bilgi ve tecrübeside zamanın tebitinde önemli bir yere sahiptir(22).

1.5.3 Kukla Faaliyetler

Proje planlamasında her faaliyetin bir zamanı ile maliyeti vardır.Şebeke çizimleri yapılırken,şebeke mantığı içinde kalınarak olaylar ve faaliyetlerin birbirleriyle olan bağlantıları gösterilir.Ancak,bazı durumlarda bu bağlantılar "kukla faaliyetler" (dummy activities) denen faaliyetleri gerekli kılar.

"Kukla faaliyet" (dummy activities),proje içerisinde ve şebeke üzerinde hiç zaman harcamayan,herhangibir aşamada kaynak kullanımının gerekli olmadığı,dolayısıyla maliyetinin de sıfır olduğu faaliyetlere verilen isimlerdir(23).

1.6 Şebekenin Grafikle Temsili

Bir önceki alt bölümde (1.5) açıklanmaya çalışıldığı gibi projeler faaliyetler ve olaylardan oluşmaktadır . Herhangi bir projeye ait faaliyetler şebeke üzerinde oklarla;olaylar ise,genellikle küçük dairelerle temsil edilirler.Şekil:2'deki oklar faaliyetleri,okların başlangıç ve bitişindeki daireler de olayları göstermektedir.



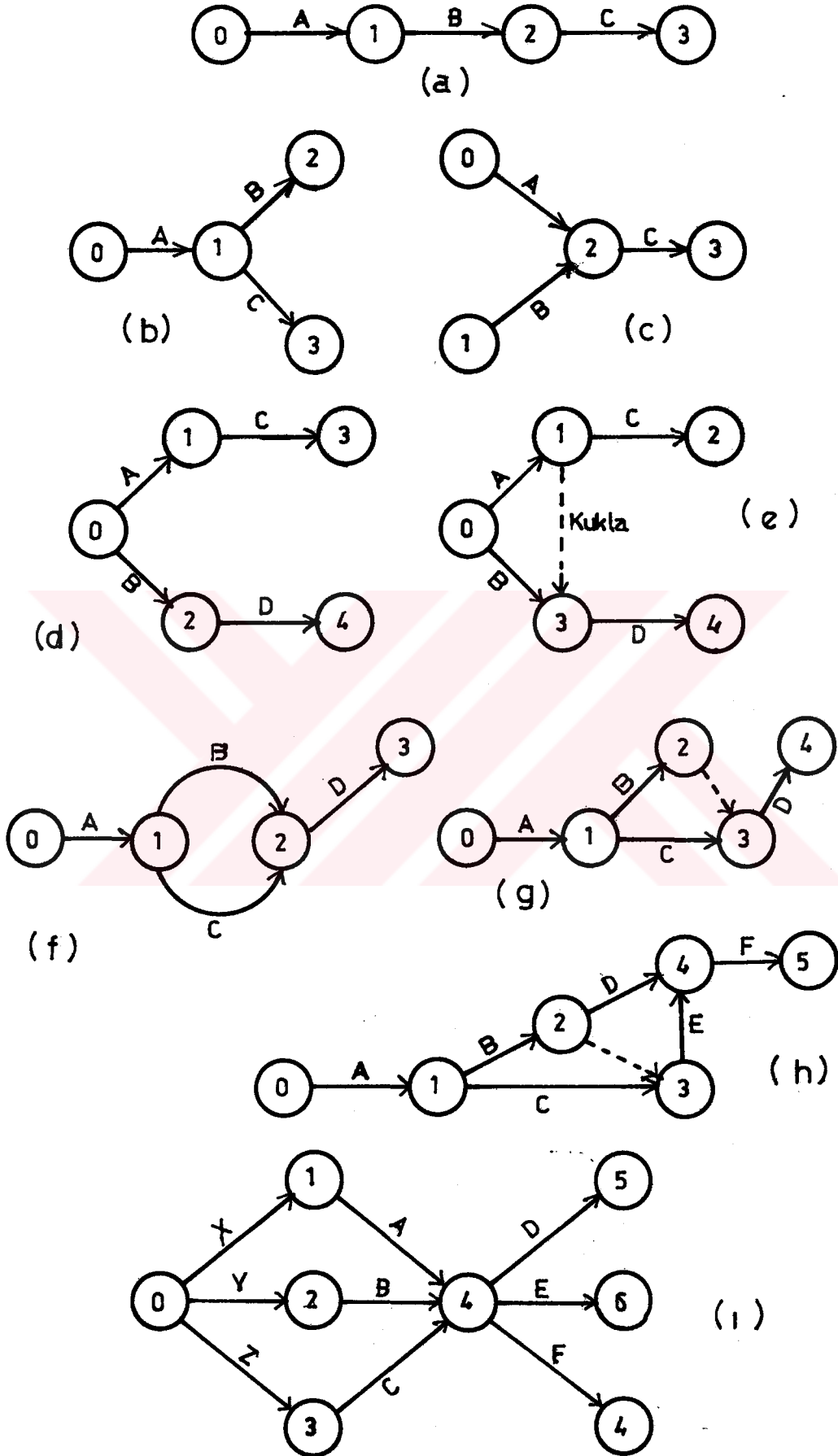
Şekil:2 Olaylar ve Faaliyetler

Bir proje çalışmasında projenin büyüklüğüne göre çok sayıda faaliyet yer alabilir.Bu faaliyetlerin şebeke üzerinde noksansız ve mantık kuralları içerisinde temsil edilmesi projenin başarısını kolaylaştırır.Bu nedenle,şebekenin çizilmesine geçmeden önce şebeke çizimine ait bir takım kuralları Şekil:3 üzerinde topluca göstererek incelemeye çalışmakta fayda vardır(24),

(22) Çetmeli,s.7-8.

(23) Lockyer,s.22.

(24) Antill,s.11-13



Şekil: 3 Şebekeler Çizim Şekilleri

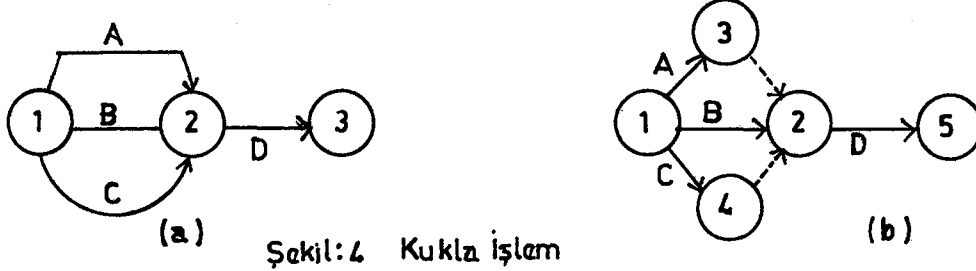
Şekil:3'deki şebeke diyagramları kritik yol metodu ile ilgili mantık süreçlerinin bazılarına örnek gösterilebilir.Bu örneklerin ifade ettikleri anlamlar sırasıyla şu şekilde açıklanabilir:(a) daki örnek,A,B,C,faaliyetlerinin birbirleriyle olan ilişkisini göstermektedir.Buna göre A faaliyeti B faaliyetinden,B faaliyeti de C faaliyetinden önce gerçekleştirilmelidir.Yani,A faaliyeti bitmeden B faaliyeti,B faaliyeti bitmeden de C faaliyeti başlayamaz . (b) daki örnek,hem B,hem de C faaliyetinin A faaliyeti tamamlandıktan sonra aynı zamanda başlayabileceğini ifade etmektedir.(c) daki çizim,A ve B faaliyetleri sona ermeden C faaliyetinin başlayamayacağını göstermektedir.(d) ise,A ve B faaliyetlerinin aynı anda başlayabileceğini,ancak,A faaliyeti sona ermeden C faaliyetinin,B faaliyeti sona ermeden de D faaliyetinin başlayamayacağını gösteren bir şebekedir.(e) daki şebekede daha özel bir durum vardır.Daha önce belirtildiği gibi,zamanı ve maliyeti olmayan kukla faaliyet burada A ve D faaliyetleri arasındaki mantık düzeninin sürdürülmesi için bağ olarak kullanımın temsilcisidir.Yani,D faaliyetinin başlayabilmesi için A ve B faaliyetlerinin tamamlanması gerekmektedir.(f) daki çizim hem mantık hem de şekil yönüyle yanlıştır.Daha doğru gösteriliş (g) daki şebeke ile mümkündür.Burada,A faaliyetinin B ve C faaliyetlerinden önce,B ve C faaliyetlerinin de D faaliyetinden önce tamamlanacağı ifade olunmaktadır.Mantık süreçleriyle ilgili daha karmaşık çizimler (h) ve (i) daki örnekler üzerinde yer almaktadır.

Bu açıklamalardan sonra şebeke çiziminde göz önüne alınması gereken kuralları sıralamak mümkündür:

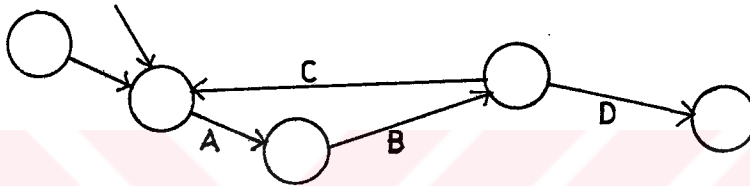
1.İki bağlantı noktası ya da iki olay arasında en az iki faaliyet yer almaktaysa,bu durumda bunlar kırık çizgiler veya eğri ile gösterilemezler.Faaliyetlerin başladığı veya bittiği düğüm noktaları arasına kukla faaliyetler ilave edilerek her faaliyet bir doğru parçası şeklinde temsil edilmelidir (Şekil:4).

Şekil:4 (a) da,mantık hatası olduğu kadar,hesaplama hatası da sözkonusudur.Çünkü,kritik yolun hesaplanma -

sında, ister el ile, isterse bilgisayar programları ile işlem yapılırken, her faaliyet, başlama ve bitme noktalarını belirleyen iki sayı ile tanımlanmaktadır. Şebeke üzerinde aynı sayı çiftiyle bir faaliyet gösterilmesi gerektiğinden ancak Şekil:4 (b) de bu durum geçerli olmaktadır.



2. Bir faaliyet, kendisinden önce sona eren faaliyetlerin başlangıç noktalarına bağlanmamalıdır (Şekil:5).



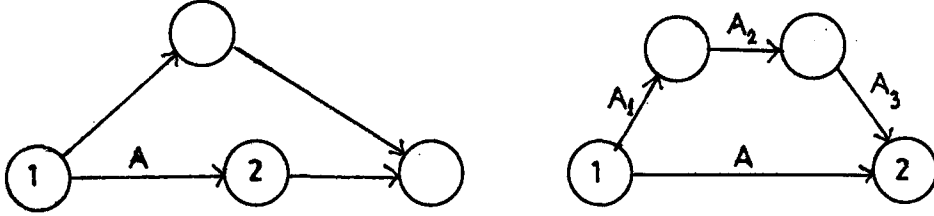
3. Bir faaliyet, kendinden önceki faaliyetin yalnız bir kısmına bağlı ise, önceki faaliyet kısımlarına ayrılmalı ve sonraki faaliyetin ne zaman başlayacağı bu kısımlarla ilişkilendirilerek gösterilmelidir. Örneğin, bir bina temelini atılmasında, hafriyat, temel kalıbı ve temel betonu gibi faaliyetlerin başlaması mutlaka diğerinin sona ermesine bağlı olmayabilir. Hafriyat yapılırken temel kalıbı da hazırlanabilir. Şebeke üzerinde bunların açıklıkla gösterilmesi zorunludur.

4. Bir projedeki bütün düğüm noktaları başlangıç ve bitme noktalarına bağlanmalıdır (Şekil:6).



Şekil: 6

5. Ana programda yer alan bir faaliyet ayrıntılı olarak gösterilecek ise, bu detay faaliyetler kapalı bir şekil oluşturmali ve başlangıç noktası bir önceki faaliyete bitiş noktası da bir sonraki faaliyete ya da düğüm noktalarına bağlanmalıdır (Şekil:7) (25).



Şekil: 7

1.7 Şebekenin Çizilmesi

Şebeke çizimi ile ilgili olarak temel kuralları incelemeye çalıştıktan sonra, bir şebekenin kurulması için gerekli aşamalar ele alınabilir. Ancak, unutulmaması gereken önemli bir nokta, şebekenin kurulmasına yönelik hazır programların ya da makinelerin bulunmayışıdır. Bu nedenle, gerek programcının teorik bilgi ve tecrübesi, gerekse proje ile ilgili faaliyetlerin iyi bilinmesi, şebekenin kurulmasında büyük önem taşımaktadır.

Şebeke kurulmadan önce, faaliyetler arasındaki bağlantıların doğru yapılabilmesi için aşağıdaki üç sorunun doğru olarak cevaplandırılması gerekmektedir:

1. Hangi faaliyetler bu faaliyetin başlamasından önce bitirilmelidir?

2. Hangi faaliyetler bu faaliyetten bağımsızdır ve hangi faaliyetler aynı anda yapılabilir?

3. Hangi faaliyetler bu faaliyetin tamamlanmasından sonra başlamalıdır? (26).

Bu soruların cevapları şebeke üzerinde görülebil -mekte ise, şebeke çiziminde tutarlılık söz konusudur.

(25) Çetmeli, s.11-15.

(26) Antill, s.30.

Bir şebekenin çizilmesi, çalışmanın önceki kısımlarında da belirtildiği gibi birtakım kuralların bilinmesini zorunlu kılmaktadır.

Şebekenin ya da bir proje modelinin oluşturulması için bilinmesi gereken kurallar şöyle özetlenebilir:

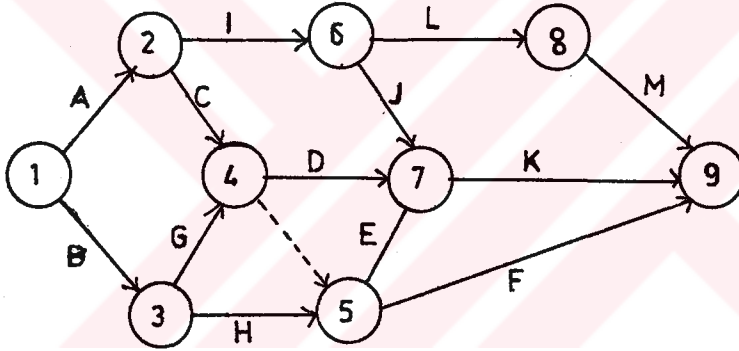
1. Her faaliyet bir okla gösterilir.

2. Bu oklar, hangi faaliyetler önce, hangi faaliyetler aynı anda, hangi faaliyetler sonra gelir, sorularına cevap verecek şekilde birleştirilir ve şebeke kurulur.

3. Okların birleştikleri yerlere "olay" denir. Şebekede yer alan olaylar bir sisteme göre numaralandırılır.

4. Gerktiğinde mantık bağınının devamı için, " kukla-faaliyetler" kullanılır(27).

Böylece bir projede bulunabilecek bütün faaliyetler, birbirleriyle olan bağlantılarına göre sıralanarak ortaya bir şebeke modeli koymak mümkün olacaktır(Şekil:8).



Şekil: 8

Şekil:8 de, her faaliyet bir harfle isimlendirilerek, faaliyet adlarının okların üzerine yazılması durumunda ortaya çıkacak karışık görüntü önlenmiş olmaktadır. Ancak, şebeke üzerindeki bir faaliyetten söz edildiğinde daha çok iki olay numarası esas alınmaktadır. Örneğin, 1-2, 4-7, faaliyeti gibi bir yol izlemek en uygundur.

(27) Martino, s.18-37.

İKİNCİ BÖLÜM

ZAMAN HESAPLAMALARI ve KRİTİK YOLUN BULUNMASI

Kritik yol metodu sadece, faaliyetlerin şebeke üzerinde birbirleriyle olan bağlantılarına göre sıralanması ile ilgili olmayıp, ayrıca, işlemlerin tamamlanmasının maliyet ve zamanını da kapsar. İlk tasarımda bir şebeke, yalnız projenin kapsadığı değişik işlemler arasındaki ilişkiyi ve öncelik sırasını gösterir. Tamamlanmış bir şebeke de ise, buna ilave olarak, her bir faaliyetin gerektirdiği zamanın da gösterilmesi zorunludur. Bunun için, bir projeye ait ilk şebeke ortaya konulduktan sonra bağlantı noktalarının; yani, olayların en erken ve en geç tamamlanma zamanları, toplam proje zamanı, kritik yol ve faaliyet bolluklarının da belirlenmesi istenir.

2.1 Bağlantı Noktalarının En Erken Tamamlanma (EET) Zamanlarının Hesaplanması

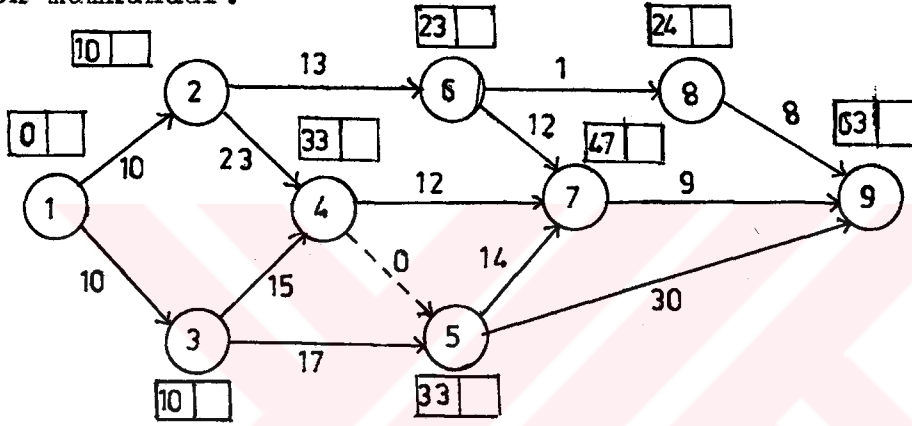
Şebeke üzerinde yer alan herhangi bir bağlantı noktası (i) gözönüne alındığında, bu noktada bazı faaliyetlerin başladığı, bazılarının ise tamamlandığı görülmektedir. (Şekil:9). Her bağlantı noktasında önce tamamlanan faaliyetin EET zamanı hesaplanır. Bu zaman, kendinden bir önceki bağlantı noktasının en erken tamamlanma zamanına i-j işleminin zamanı ilave edilerek hesaplanır. Şayet, bir bağlantı noktasında birden fazla faaliyet bitiyor ise (Şekil:9'daki 4,5,7 ve 9. bağlantı noktaları gibi) bu bağlantı noktasının EET zamanı, her bir faaliyet için hesaplanan en erken tamamlanma zamanlarının en büyüğüdür. Buradan da anlaşılacağı gibi herhangi bir bağlantı noktasının (i), EET zamanının hesaplanabilmesi için bir önceki bağlantı noktası ya da noktalarının EET zamanlarının bilinmesi zorunludur. Bu nedenle, hesaplama yapılırken şebekenin ilk olayından başla-

narak sırasıyla her bağlantı noktasının(olayın) EET zamanları bulunur(28);

$$(EET)_i = (EET)_{i-j} + t_{ij}$$

Hesaplanan bu değerler her bağlantı noktasının yanına çizilen "zaman kutusunun" (time box) sol tarafına yazılır(29).

En erken tamamlanma zamanı konusunda anlatılmaya çalışılanları faaliyetlerin zamanlarının tesadüfi olarak seçilip yerleştirildiği Şekil:9'daki şebeke üzerinde göstermek mümkündür.



Şekil:9 En Erken Tamamlanma Zamanları

Şekil:9'daki örnek şebeke üzerinde görüldüğü gibi ilk bağlantı noktasının EET zamanı sıfırdır.Bitiş noktasının EET zamanı ise,kendisinden önceki bağlantı noktaları arasında en büyük EET zamanına (5 no'lu olay) devam eden faaliyetin zamanı ilave edilerek 63 olarak bulunmuştur.Her olaya ait EET zamanları,bu bilgiler ışığında rahatlıkla hesaplanabilir:

$$(EET)_1 = 0$$

$$(EET)_2 = 0 + 10 = 10$$

$$(EET)_3 = 0 + 10 = 10$$

$$(EET)_4 = 0 + 10 + 23 = 33$$

$$(EET)_5 = 0 + 10 + 23 = 33$$

(28) Çetmeli, s.21.

(29) Antill, s.18.

$$(EET)_6 = 0 + 10 + 13 = 23$$

$$(EET)_7 = 0 + 10 + 23 + 14 = 47$$

$$(EET)_8 = 0 + 10 + 23 + 1 = 24$$

$$(EET)_9 = 0 + 10 + 33 + 30 = 63$$

2.2 Bağlantı Noktalarının En Geç Tamamlanma (EGT) Zamanlarının Hesaplanması

Şebeke üzerinde her bağlantı noktasının en erken tamamlanma zamanları hesaplandıktan sonra, kritik yolun bulunabilmesi için, ayrıca bu noktaların en geç tamamlanma zamanlarının da hesaplanması gerekmektedir.

Bir şebekenin son bağlantı noktasının EET zamanı, o projenin de tamamlanma zamanıdır;

$$(EET)_{\text{son}} = (T)_{\text{proje}}$$

Yukarıdaki eşitlikten anlaşılacağı üzere, bir projenin tamamlanabilmesi, son faaliyetin en erken tamamlanması için gerekli olan zamana bağlıdır. Buradan çıkarılabilecek diğer bir sonuç da, son bağlantı noktasında birleşen faaliyetlerin en erken ve en geç tamamlanma zamanlarının eşit olacaktır;

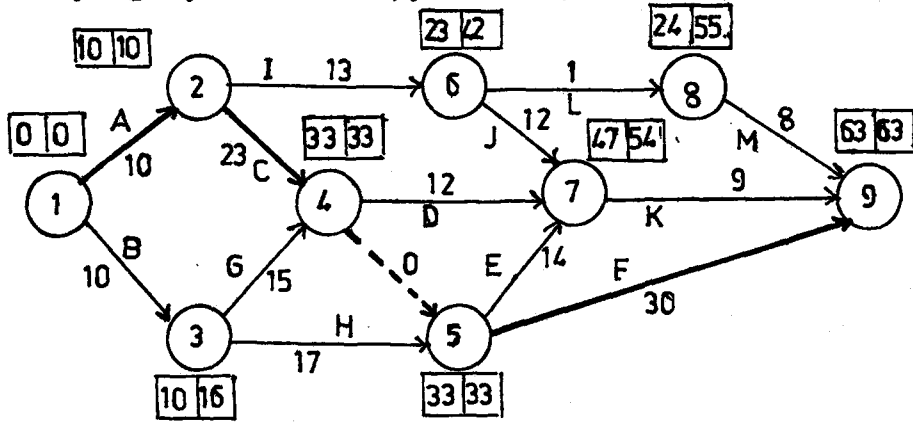
$$(EET)_{\text{son}} = (EGT)_{\text{son}} = (T)_{\text{proje}}$$

Yukarıdaki eşitliğe dayanarak şebekenin son bağlantı noktasının EGT zamanının tesbiti yapılabilir. Buradan hareketle geriye doğru gidilerek bütün bağlantı noktalarının EGT zamanları hesaplanmaktadır. Böylece (i-j) bağlantı noktalarının EGT zamanları, bir önceki bağlantı noktasına ait en geç tamamlanma zamanından, iki bağlantı noktası arasındaki faaliyetin süresi çıkarılarak bulunabilir;

$$(EGT)_{i-j} = (EGT)_j - t_{ij}$$

Bu bağıntıyı kullanarak yapılan hesaplamalarda şayet, herhangi bir bağlantı noktasına ait birden fazla EGT zamanı elde ediliyorsa, bu durumda bunlardan en küçüğü o bağlantı noktasının EGT zamanı olarak alınır(30).

En geç tamamlanma zamanının hesaplanması ile ilgili olarak yapılan açıklamalara göre, her bağlantı noktasının en geç tamamlanma zamanları örnek şebeke üzerinde gösterilebilirler. EGT zamanları "zaman kutusu" nun sağ tarafındaki boşluğa yazılırlar (Şekil:10).



Şekil:10 En Geç Tamamlanma Zamanları

Şekil:10'daki şebeke üzerinde görülen EGT zamanları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$(EGT)_9 = 63$$

$$(EGT)_8 = 63 - 8 = 55$$

$$(EGT)_7 = 63 - 9 = 54$$

$$(EGT)_6 = 54 - 12 = 42$$

$$(EGT)_5 = 63 - 30 = 33$$

$$(EGT)_4 = 33 - 0 = 33$$

$$(EGT)_3 = 33 - 17 = 16$$

$$(EGT)_2 = 33 - 23 = 10$$

$$(EGT)_1 = 10 - 10 = 0$$

2.3 Kritik Yolun Bulunması

Bir yatırım projesinin çeşitli faaliyetlerden meydana gelmesi ve her faaliyetin belirli bir tamamlanma zamanı olması projenin bitirilmesine etki eden en önemli faktördür. Ancak, bu faaliyetler içerisinde bazı faaliyetlerin önemi daha fazladır. Çünkü bir kısım işler istenilen zaman içinde bitirilmek zorundadır. Eğer, bu işler istenen

zamanda tamamlanamıyorsa,projenin tamamlanma süresinin uzaması kaçınılmaz olacaktır.Anlaşılacağı üzere,şebeke üzerinde yer alan faaliyetlerden bazıları kritik,bazıları ise kritik değildir.Faaliyetlerin kritik olup olmadığı belirli yollar izlenerek araştırılabilmektedir.

Bir şebeke üzerindeki faaliyetlerin en erken tamamlanma (EET) ve en geç tamamlanma (EGT) zamanları hesaplandıktan sonra (Şekil:10),herhangi bir i-j faaliyeti gözönüne alındığında,bu faaliyetin başlangıç ve bitiş noktalarının daki EET ve EGT değerleri bakımından üç farklı duruma çıkabilir(31):

1.i-j faaliyeti;en erken tamamlanma zamanlarının en geç tamamlanma zamanlarından küçük olduğu iki olay arasında olabilir.

$$(EET)_i < (EGT)_i \text{ ve } (EET)_j < (EGT)_j$$

Görüldüğü gibi,i-j faaliyetinin belirli bir tamamlanma zamanı yoktur.Yani,faaliyetin belirli bir serbestliği veya bolluğu vardır.Örneğin;Şekil:10'daki şebeke üzerinde yer alan 6.ve 8.bağlantı noktaları arasındaki L faaliyeti en erken 24,en geç 55 günde tamamlanabilir.L faaliyeti bu süreler arasında ne zaman tamamlanırsa tamamlansın projenin tamamlanma zamanına etki edemez.Bu koşulu taşıyan faaliyetlere "kritik olmayan faaliyetler" denir.

2.i-j faaliyeti;en erken ve en geç tamamlanma zamanlarının eşit,en erken tamamlanma zamanının en geç tamamlanma zamanından küçük olduğu ya da en erken tamamlanma zamanının en geç tamamlanma zamanından küçük,en erken ve en geç tamamlanma zamanlarının eşit olduğu iki bağlantı noktası arasında olabilir.

$$(EET)_i = (EGT)_i ; (EET)_j < (EGT)_j \text{ ya da};$$

$$(EET)_i < (EGT)_i ; (EET)_j = (EGT)_j$$

Yukarıdaki her iki faaliyet grubunun da kritik olmadığı açıkça görülebilmektedir.Şekil:10'daki şebeke üzerinde yer alan 2.ve6.düğüm noktaları arasındaki I faaliyeti

(31) Çetmeli,s.26-29.

ti ile 3.ve 4.düğüm noktaları arasındaki G faaliyeti bu tür faaliyetler grubundandırlar.

3.i-j faaliyeti;en erken ve en geç tamamlanma sürelerinin eşit olduğu iki bağlantı noktası (olay) arasında olabilir.

$$(EET)_i = (EGT)_i \text{ ve } (EET)_j = (EGT)_j$$

Şekil:10'daki şebekede,1-2,2-4,4-5,5-9 olayları arasında kalan faaliyetler yukarıdaki eşitliği sağlamaktadırlar ve kalın oklarla birleştirilmişlerdir.

Sonuç olarak denilebilir ki;bir şebeke üzerinde en erken ve en geç tamamlanma zamanları eşit olan faaliyetlere kritik faaliyetler denir(32).

Bir faaliyetin kritik olabilmesi için iki şartı yerine getirmesi gerekmektedir;

1.Faaliyet,en erken ve en geç tamamlanma zamanları birbirine eşit olan iki olay arasında yer almalıdır.

2.Faaliyetin başlangıç noktasının tamamlanma zamanına süresi eklendiğinde,faaliyetin bitiş noktasının tamamlanma zamanı elde edilmelidir(33).

Projeye ait şebeke düzenlendikten sonra,projenin ne kadar zamanda (gün,hafta,ay v.s.) tamamlanacağı kritik yol tesbit edilerek bulunur.Kritik yol (Critical Path), başlangıç ve bitiş olayları arasında kalan bütün yollar içerisinde en uzun zamanda tamamlanan yoldur.Proje bu yolun gösterdiği zamanda bitirilebilir(34).Başka bir deyişle,bir projenin tamamlanma zamanı kritik yol üzerinde yer alan faaliyetlerin zamanına bağlıdır.Bir şebekede birden fazla kritik yol olmasıda mümkündür.

2.4 Faaliyetlerin Başlama Zamanları ve Bollukları (Serbest Zamanları)

Proje içerisinde yer alan faaliyetler kritik ve kri-

(32) Antill,s.67.

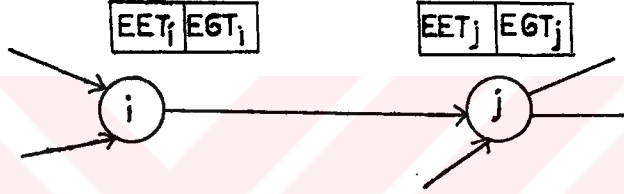
(33) Çetmeli,s.28.

(34) Akmut,s.44.

tik olmayan faaliyetler olarak sınıflandırılabilir. Kritik faaliyetler projenin tamamlanma süresine etki ettiği halde, kritik olmayan faaliyetlerin projenin tamamlanma süresi üzerinde mutlak bir baskısı yoktur. Başka bir deyişle, bu faaliyetlerin tamamlanması belirli zaman aralığında mümkün olduğu takdirde projenin toplam süresi değişmeyecektir.

Belirli zaman aralıkları içinde tamamlandıkları için projenin toplam süresini değiştirmeyen faaliyetlere bolluğu olan faaliyetler denmektedir(35).

Şebeke üzerindeki herhangi bir i-j faaliyeti göz önüne alınarak birtakım bağıntıların yazılmasından önce, bağıntıların anlaşılmasının daha kolay hale geleceği için bir faaliyeti şekil üzerinde göstermek yararlı olacaktır.



Şekil:11

Şekil:11'de t_{ij} i-j faaliyetinin süresini ifade etmektedir. i-j faaliyetinin başlayabilmesi için, i bağlantı noktasında birleşen bütün faaliyetlerin tamamlanması gerekmektedir. Buradan hareketle aşağıdaki eşitlikler yazılabilir(36);

i bağlantı noktasının (olayının) en erken tamamlanma zamanı i-j faaliyetinin en erken başlama (EEB) zamanıdır. Başka bir ifade ile, bir faaliyetin en erken başlama zamanı, okun kuyruğundaki olayın en erken tamamlanma zamanıdır.

$$(EEB)_{i-j} = (EET)_i$$

Ayrıca, i-j faaliyeti j bağlantı noktasında birleşen diğer faaliyetlerle birlikte tamamlanacağından buradaki en geç tamamlanma zamanı aynı zamanda i-j faaliyetinin en geç başlama zamanıdır.

(35) Çetmeli, s.41.

(36) Antill, s.20.

$$(EGT)_j = (EGB)_{ij}$$

En geç başlama zamanı, i olayının en geç tamamlanma zamanından faaliyet süresi çıkarılarak da hesaplanabilir.

$$(EGB)_i = (EGT)_i - t_{ij}$$

Bir i-j faaliyeti için; toplam bolluk (total float), serbest bolluk (free float), bağımlı bolluk (interfering float), bağımsız bolluk (independent float) ve proramlanan bolluk (scheduled float) (37), ile ara bolluk(38), sözkonusu olmaktadır.

Faaliyet bollukları ile ilgili olarak önce hesaplama şekilleri ortaya konulmaya çalışılıp daha sonra şebeke üzerinde sayısal hesaplamaların yapılması bütün bolluk çeşitlerini aynı anda görebilmek açısından daha uygun olacaktır.

2.4.1 Toplam Bolluk (TB) "Total Float"

Başlama tarihinde değişiklik yapılamayan her görev kritiktir ve başlama tarihinin değiştirilebilmesi mümkün olan görevler kritik görevler değildirler. Bir görevin (faaliyetin) en erken başlama zamanı ile en geç başlama zamanı arasındaki fark da bir kritiklik ölçüsüdür. Fark sıfır ise görev kritiktir, sıfır değilse kritik değildir. Bu fark, "toplam bolluk" olarak adlandırılmaktadır(39).

Başka bir deyişle; i-j faaliyeti en erken başlama zamanı olan $(EEB)_i$ zamanında başlamakta ve t_{ij} süresince devam etmektedir. Bu faaliyetin bittiği zaman ile, j bağlantı noktasının (ya da i-j faaliyetinin) izin verilen en geç tamamlanma (EGT) zamanı arasındaki farka bu faaliyetin "toplam bolluğu" denir(40).

(37) Antill, s.69-70.

(38) Çetmeli, s.46.

(39) R.L.Martino, Critical Path Networks, Management Development Institute, Inc., Pennsylvania, 1967, s.78.

(40) Çetmeli, s.42.

Toplam bolluk için,

$$TB = (EGT)_j - ((EET)_i + t_{ij})$$

$$TB = (EGT)_{ij} - (EET)_{ij}$$

$$TB = (EGB)_{ij} - (EEB)_{ij}$$

bağıntıları yazılabilir(41).

Toplam bolluğun anlamına gelince; eğer bir i-j faaliyetinin toplam bolluğu varsa, bu faaliyetin süresi toplam bolluk kadar uzatılabilir ya da bu faaliyet toplam bolluk zamanı kadar geç başlatılabilir demektir.

Kritik faaliyetlerin toplam bollukları sıfırdır. Bir faaliyetin toplam bolluğu küçükse, bu faaliyet kritik olmaya gidebilir. Bu faaliyetler dikkatli izlenmediğinde en küçük bir aksama projenin tamamlanma süresine etki edecektir. Ayrıca bir faaliyetin toplam bolluğu hemen kullanıldığı takdirde bundan sonra gelen faaliyetler genellikle kritik duruma gelirler. Bolluklar içinde en uzun zamana sahip olan toplam bolluktur(42).

2.4.2 Serbest Bolluk (SB) "Free Float"

Bir faaliyetin tamamlandığı j noktasında, bu faaliyetin süresi okun kuyruğundaki i noktasının en erken tamamlanma zamanına ilave edilerek j noktasının (olayın) en erken tamamlanma zamanından çıkarıldığında ortaya çıkan farka serbest bolluk denilmektedir. Yani;

$$SB = (EET)_j - ((EET)_i + t_{ij}) \text{ ya da,}$$

$$SB = (EEB)_j - (EET)_i$$

eşitlikleri yazılabilir(43).

Serbest bolluk, bir faaliyetin yalnız kendisini ilgilendiren ve şebekenin tümüne bağlı olmayan bir bolluktur. Serbest bolluk sadece o faaliyet içinde kullanılabilir.

(41) Gail Thorley, Critical Path Analysis in Practice, Collected Papers on Project Control, Edited by Gail Thornley, Tavistock Publications, 1968, s.13.

(42) Antill, s.70.

(43) Antill, s.72.

lır.Sözkomusu faaliyet serbest bolluk kadar geç başlatılabileceği gibi,süresi serbest bolluk kadar uzatılabilir.Yani,serbest bolluklar başka faaliyetlere yansıtılamazlar.Bu tür bolluğu olan faaliyetlerde bir kapasite fazlalığı sözkomusudur.Bu nedenle şebeke üzerindeki hangi faaliyetlerin serbest bolluğa sahip olduklarının bilinmesi,kapasite dengelenmesi,sıkıştırma ya da şebeke zamanının kısaltılması durumlarda gereklidir.Ayrıca,serbest bolluğa ilişkin özellikler şöyle sıralanabilmektedir(44).

1.Serbest bolluk süre bakımından toplam bolluğun süresinden kısa veya ona eşittir.

$$SB \leq TB$$

2.Serbest ve toplam bolluk ile j bağlantı noktasının tamamlanma zamanları arasında,

$$(TB-SB)_{1j} = (EGT)_j - (EET)_j$$

bağıntısı vardır.

3.En geç ve en erken tamamlanma zamanları eşit olan bağlantı noktalarında sona eren faaliyetlerin serbest ve toplam bollukları birbirine eşittir.

4.Kritik faaliyetlerin serbest bollukları sıfırdır.

5.Serbest bolluklar negatif değer alamazlar.Bağlantı noktalarının tamamlanma zamanları ile faaliyet süreleri arasındaki,

$$(EET)_j \geq (EET)_i + t_{ij}$$

bağıntısı,kukla faaliyetler dahil şebekenin her faaliyeti için geçerlidir.

6.Serbest bolluklar sadece o faaliyet içinde kullanılarak veya o faaliyet için ayrılmış insan ve makine gücünün bir kısmı başka yerlere aktarılarak faaliyet süresini uzatmak suretiyle kullanılabilirler.

Uygulamada üzerinde önemle durulan bolluk çeşitleri olan toplam ve serbest bolluklar hesaplanırken kolaylık olması açısından en erken ve en geç tamamlanma zamanları eşit olan faaliyetler için sıfır olarak alınabilirler.

(44) Çetmeli,s.44-45.

2.4.3 Bağımlı Bolluk (IB) "Interfering Float"

Bu bolluk çeşidi, toplam bolluk ile serbest bolluk arasındaki fark olarak tarif edilmektedir(45).

$$IB = TB - SB$$

Şebekede kirtik yol üzerinde bulunan faaliyetlerin tamamlanma zamanları eşit olduğundan bağımlı bolluk kritik faaliyetler için sıfır olacaktır. Eğer, bulunan değer kritik işlemler için pozitif bir değerse mutlaka bir yanlışlık yapıldığı anlamındadır.

2.4.4 Bağımsız Bolluk (BB) "Independent Float"

Bir i bağlantı noktasının en geç tamamlanma zamanına faaliyet süresi ilave edilerek, j bağlantı noktasının en erken tamamlanma zamanından çıkarıldığında bulunan farka bağımsız bolluk denilmektedir(46).

$$BB = (EET)_j - ((EGT)_i + t_{ij})$$

Bağımsız bolluk da sadece ait olduğu faaliyeti ilendiren bir bolluk türüdür. Eğer bir faaliyetin bağımsız bolluğu varsa, bu faaliyet en hızlı tamamlanan faaliyettir. Yani, kapasite fazlalığı çok fazladır. Bunlara ilave olarak bağımsız bolluğun özellikleri şöyle sıralanabilmektedir(47):

1. Bağımsız bolluk zaman itibariyle serbest ve toplam bolluktan küçük değerler almaktadır.

$$BB < SB \leq TB$$

2. Bağımsız ve serbest bolluk ile i olayının tamamlanma zamanları arasında,

$$SB - BB = (EGT)_1 - (EET)_1$$

eşitliği vardır.

3. En erken ve en geç tamamlanma zamanları eşit olan

(45) Antill, s.73.

(46) Antill, s.72.

(47) Çetmeli, s.45-46.

bağlantı noktasının serbest ve bağımsız bollukları da eşittir.

4.Kritik faaliyetlerin bağımsız bollukları sıfırdır.

5.Bağımsız bolluklar,pozitif,sıfır ve negatif değer alabilirler.

6.Bağımsız bolluğu olan faaliyet kritik olma ihtimali en az olan faaliyettir.

2.4.5 Programlanan Bolluk (PB) "Scheduled Float"

Programlanan bolluk çeşidi,proje yöneticisi tarafından tayin edilen bolluktur.Genellikle,kaynakların optimum dağıtımı sırasında gerekli faaliyet değişikliklerine dayanılarak belirlenmektedir.Programlanan bolluk keyfi olabilmesine rağmen,toplam bolluk miktarını aşmamakta dolayısıyla proje süresini uzatmamaktadır.Bu bolluk çeşidi bilgisayara dayalı uygulamalarda kullanılmakta ve bir olayın en erken ve en geç tamamlanma zamanları yerine geçmektedir(48).

2.4.6 Ara Bolluk (AB)

$$AB = (EGT)_j - ((EGT)_i + t_{ij})$$

bağıntısına dayanılarak hesaplanan ara bolluk kritik yol metodunda faaliyetlerin başlatılma zamanlarının tesbit edilmesinde önemli bir yer tutmaktadır.i-j faaliyeti genel iş programını aksatmamak için,i bağlantı noktasının en geç tamamlanma zamanından ara bolluk kadar daha geç başlayabilir.Yani,ara bolluk yardımıyla faaliyetlerin en geç başlama zamanları tesbit edilebilir.Ara bolluk şu özellikleri taşımaktadır(49):

1.Ara bollukla diğer bolluklar ve olayların tamamlanma zamanları arasında,

$$AB - BB = (EGT)_j - (EET)_j$$

$$TB - AB = (EGT)_i - (EET)_i$$

bağıntıları mevcuttur.

(48) Antill,s.73-74

(49) Çetmeli,s.46-47.

2.Kritik faaliyetlerin ara bollukları sıfırdır.

3.Bir faaliyetin ara bolluğu büyükse,kritik olma olasılığı daha azdır.

4.Ara bolluklar negatif değer alamazlar.

Bolluk miktarlarına göre şebekedeki faaliyetlerin gecikme göstermeleri mümkündür.Faaliyetlerin belirli değerlerde gecikme göstermesi,projenin kritik yolun gösterdiği zaman içerisinde bitirilmesini etkilemez.Ancak,bu gecikmeler kendilerinden sonraki faaliyetlerin boş zamanlarını (bolluklarını) azaltırlar(50).

Faaliyet bollukları,en erken ve en geç başlama zamanları cinsinden ifade edilebilirler.Yani,

$$TB = (EGB)_i - (EEB)_i$$

$$SB = (EEB)_j - (EET)_i$$

bağıntıları yazılabilmektedir(51).

Buraya kadar incelenmeye çalışılan bolluk çeşitleriyle diğer zaman hesaplamalarını sayısal olarak bularak toplu halde göstermek mümkündür.En erken ve en geç tamamlanma zamanlarının hesaplanmış olduğu Şekil:10'daki şebekeyi esas alarak bu sayısal hesaplamalar yapılabilir.Ancak,bütün faaliyetlerin tek tek bolluklarının hesaplanması yerine bazı faaliyetlerin seçilerek bunlara ait hesapların yapılması ve tüm faaliyetlerin çeşitli zaman-bolluk değerlerini bir tabloda göstermek daha uygun olacaktır.

Bazı faaliyetlere ait toplam bolluk hesaplamaları şöyle gösterilebilir:

$$TB_{1-2} = 10 - (0 + 10) = 0$$

$$TB_{2-6} = 42 - (10 + 13) = 19$$

$$TB_{4-5} = 33 - (33 + 0) = 0$$

$$TB_{8-9} = 63 - (24 + 8) = 31$$

(50) Akmut, s.57.

(51) Antill, s.20.

Toplam bolluk şunu ifade etmektedir: Mesela, 2-6 faaliyetinin toplam bolluğu 19 dur. Yani, bu faaliyet en erken başlama zamanı olan 23. gün başlanıldığı takdirde müsaade edilen en geç zamandan 19 gün önce bitecektir. Ya da faaliyet süresi toplam bolluk kadar (12+19) uzatılırsa yine en geç tamamlanma zamanı olan 54 günden önce tamamlanmış olacaktır. Bir başka alternatif; bu faaliyet toplam bolluk kadar geç başlatıldığı takdirde (23+19+12+54) yine en geç tamamlanma zamanı olan 54 günde tamamlanacağından program gecikmeyecektir.

Bazı faaliyetlerin serbest bollukları hesaplandığında;

$$SB_{1-2} = 10 - (0 + 10) = 0$$

$$SB_{2-4} = 33 - (10 + 23) = 0$$

$$SB_{6-7} = 47 - (23 + 12) = 12$$

$$SB_{8-9} = 63 - (24 + 8) = 31$$

değerleri elde edilmektedir.

Şebekenin bazı faaliyetlerinin bağımsız bollukları;

$$BB_{1-2} = 10 - (0 + 10) = 0$$

$$BB_{1-3} = 10 - (0 + 10) = 0$$

$$BB_{6-7} = 47 - (42 + 12) = -7$$

$$BB_{5-9} = 63 - (33 + 30) = 0$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Bazı faaliyetlerin ara bolluk hesaplamaları ise;

$$AB_{1-2} = 10 - (0 + 10) = 0$$

$$AB_{4-7} = 54 - (33 + 12) = 9$$

$$AB_{3-5} = 33 - (16 + 17) = 0$$

sonuçlarını vermektedir.

Şebekeye ait bütün zaman ve bollukları (serbest zamanları) bir tablo halinde düzenlediğimizde aralarındaki ilişkileri etraflıca görmek mümkün olacaktır. (Tablo:1). Burada hangi faaliyetlerin kritik olduğu, zamanlarından anlaşılacağı gibi ayrıca başka bir sütun üzerinde faaliyetlerin kritikliği de belirtilmektedir.

Tablo:1 Faaliyetlerin Zaman ve Bollukları

Faaliyet												
Adı	Ok	Süre	EEB	EGB	EET	EGT	TB	SB	BB	AB	EB	Durumu
A	1-2	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	Kritik
B	1-3	10	0	6	10	16	6	0	0	6	6	-
C	2-4	23	10	10	33	33	0	0	0	0	0	Kritik
D	2-6	13	10	29	23	42	19	0	0	19	19	-
E	3-4	15	10	18	25	33	8	8	2	2	0	-
F	3-5	17	10	16	27	33	6	6	0	0	0	-
Kukla	4-5	0	33	33	33	33	0	0	0	0	0	Kritik
G	4-7	12	33	42	45	54	9	2	2	9	7	-
H	5-7	14	33	40	47	54	7	0	0	7	0	-
I	5-9	30	33	33	63	63	0	0	0	0	0	Kritik
J	6-7	12	23	42	35	54	19	12	-7	0	7	-
K	6-8	1	23	54	24	55	31	0	0	8	31	-
L	7-9	9	47	54	56	63	7	7	7	0	0	-
M	8-9	8	24	55	32	63	31	31	0	0	0	-

Tablo:1'de görülebileceği gibi,kritik faaliyetlerin bütün bollukları sıfırdır.Ayrıca,kritik faaliyetlerin en erken ve en geç başlama ile en erken ve en geç tamamlanma zamanları kendi aralarında birbirlerine eşittirler.

2.5 Proje Süresinin Kontrolü ve Aksamalar

Bir yatırım projesine ait faaliyetler birbirleriyle ilgilendirilip sıraya komulduktan ve şebeke çizimi yapıldıktan sonra,kritik yol tesbit edilerek proje süresinin gerçek değeri elde edilmektedir.Elde edilen bu süre proje yöneticisi tarafından uygun görülmediği takdirde,kritik olan faaliyetlere müdahale edilerek proje süresi değiştirilebilmektedir.

Proje süresinin değişiklik gösterip göstermeyeceği her kritik faaliyet için aşağıdaki üç sorunun cevabına bağlıdır:

1.Proje süresi doğru tahmin edilmiş midir?Yani,bu değer içinde ihtiyat payları mevcut mudur?Böyle ise bu payları çıkarmak gerekir.

2.Bir sonraki kritik faaliyete geçmeden önce,bu kritik faaliyet tümüyle tamamlanmalı mıdır?

3.Gereksiz sınırlamaları kaldırmak suretiyle faaliyetleri hızlandırabilecek alternatifler bulunabilir mi?Eğer mümkünse bu sınırlamalar kaldırılmalıdır(52).

Proje süresinin kontrolu uygulamanın her aşamasında yapılabilmektedir.Bu demektir ki,projenin sürekli kontrol altında tutulması,iç ve dış etkilerin gerektirdiği değişikliklerin anında yapılması gerekmektedir.Zaten kritik yol metodu (CPM) ile proje planlamasının anlamı budur.Proje süresinin tahmin edilmesinde daha çok benzer işlerin süreleri gözönüne alınarak geçmiş bilgi ve tecrübeye dayanılır.Ancak,geçmiş bilgi ve tecrübenin olmadığı durumlarda zaman tahminlerinin yapılabilmesi için istatistik metodları geliştirilmiştir.Zaman tahminleri,bir tek zamana dayanan CPM'e oranla üç zaman tahminine (iyimser,en olası, en kötümser) dayanan PERT ile proje planlamasında daha çok uygulama alanı bulmaktadır(53).

Proje süresinin kontrolunun etkin bir şekilde yapılabilmesi,yatırım projesine etki eden sebeplerin bilinmesine bağlıdır.Bir projenin gecikmesine etki eden nedenler şunlar olabilir:

1.Faaliyet zamanlarının başlangıçta yanlış tahmin edilmesi.

2.Faaliyetlerin gerektirdiği kaynakların (insan ve makina gibi) temin edilememesi.

3.Kötü hava şartları ve doğal afetler.

4.Bazı faaliyet miktarlarındaki önemli artışlar.

5.Malzeme,makina gibi kaynakların tesliminde önceden haber verilmeyen gecikmeler.

(52) R.L.Martino,Proje İdaresi ve Kontrolü,Cilt 2, Çeviren,C.Cahit Yalçın,Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No:159,1967,s.15.

(53) Akmut,s.32.

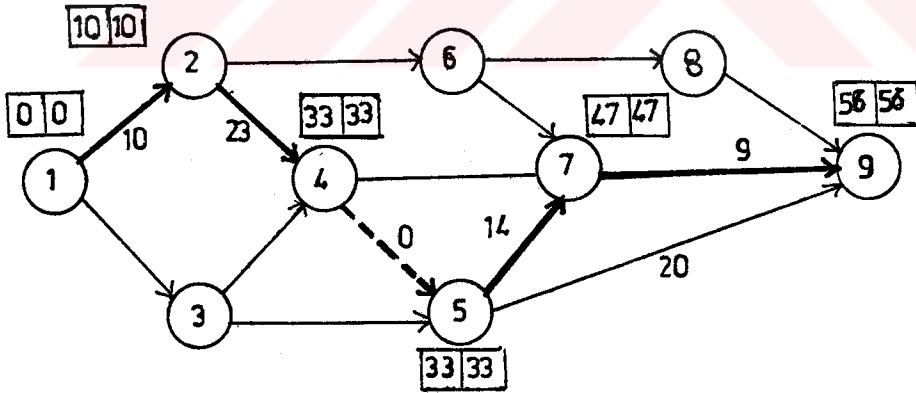
6.Grev v.b.gibi insan gücünü aksatan olaylar.

7.Projeye yeniden ilave edilen veya çıkartılan üniteler.

8.Mali güçlükler v.b.(54).

Projeyi ilgilendiren ilk altı nedene dayalı kontroller normal olan kontrollardır.Eğer,projeye yeni üniteler ilave edilmekte ya da çıkartılmakta ise,bu durumda yatırım programının düzeltilmesi gerekmektedir.

Proje süresinin değiştirilmesine örnek olarak daha önce çizilen şebekeyi (Şekil:10),esas alarak gerekli düzenlemeleri yapmak mümkündür.Şebeke üzerinde yazıldığı üzere projenin süresi 63 gündür.Ancak,varsayalım ki,5-9 (I) faaliyetinin 30 gün olarak belirlenen süresi dış etkiler dikkate alınarak (yağmur yağması beklendiğinden), fazla tutulmuştur.Ya da maliyet artışı dikkate alınmıyarak projenin 63 günden daha kısa zamanda bitirilmesi istenmiş olsun.Bu nedenle 5-9 faaliyetinin süresinin 10 gün kısaltılması durumunda projenin tamamlanma süresi 56 güne inecektir.Proje süresinin değişmesi ile birlikte daha önce belirlenen kritik yolda değişme olmaktadır.Buradaki değişmeyi şebeke üzerinde görmek mümkündür(Şekil:12).



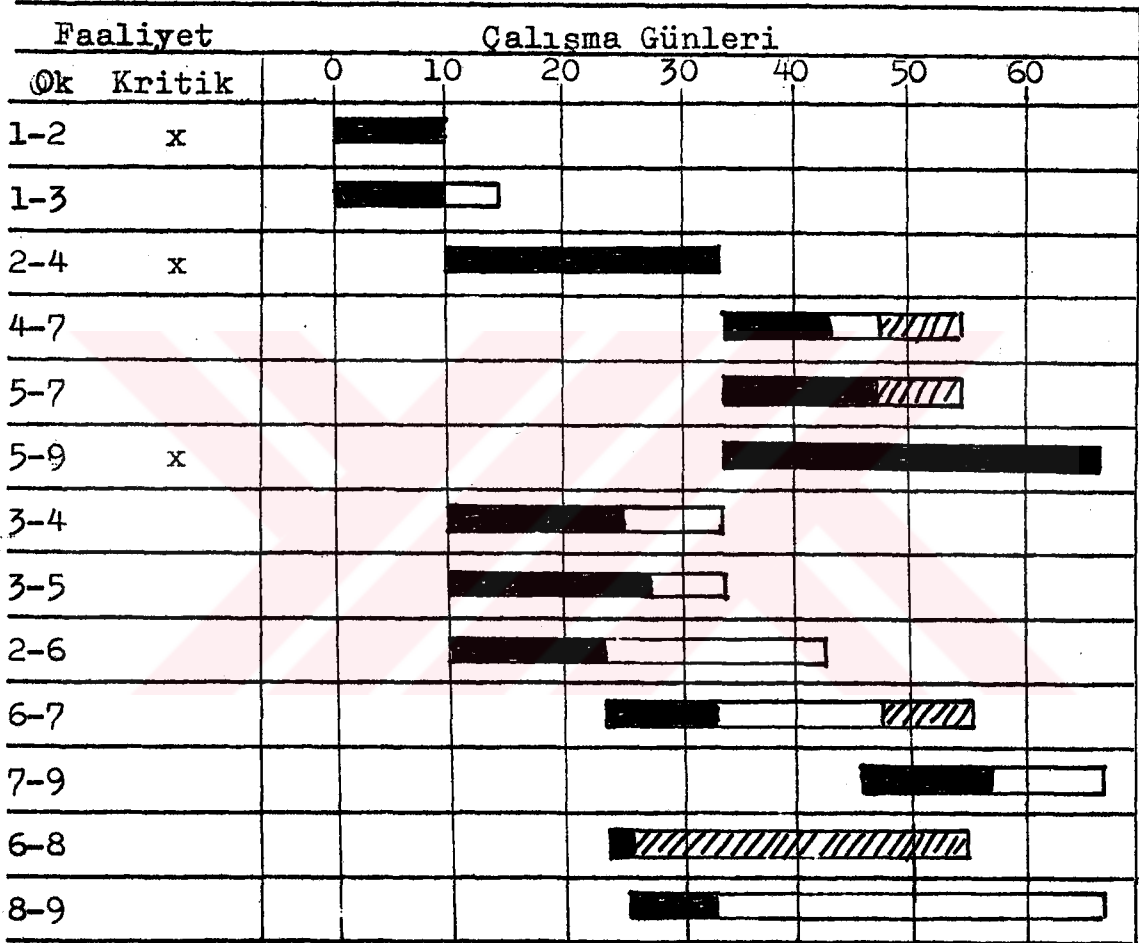
Şekil:12 Alternatif Kritik Yol

Şekil:12'den kritik yolun değiştiğini ve 1-2-4-5-7-9 faaliyetlerini içine aldığını görmek mümkündür.Bu değişmeyi göstermekteki amaç,herhangi bir faaliyetin süresindeki azalmanın (ya da artmanın) toplam proje zamanına yaptığı etkiye yöneliktir.Optimum çözüm için buna benzer

bir dizi değiştirme ve hesaplama yapılmaktadır. Ancak, optimum çözümler Üçüncü Bölüm'de ele alınmaya çalışılacağından burada sadece konuya işaret edilmiştir.

2.6 Şebekenin Gantt Diyagramına Dönüştürülmesi

Şekil:10'daki şebeke Gantt (çubuk) diyagramına dönüştürüldüğünde Şekil:13'deki görünüm elde edilmektedir.



■ İşlem Süresi □ Serbest Bolluk ▨ Bağımsız Bolluk

Şekil:13 Faaliyetlerin Gantt Diyagramı

Günümüzde proje planlaması alanında daha yeni teknikler kullanılmakla beraber, iş programının Gantt diyagramı ile gösterilmesi istenebilmektedir. Ancak, bu metod faaliyet sayısı çok fazla olan büyük projelerde oldukça güç uygulama şansına sahiptir. Fakat, daha küçük çaplı projelerin şebekeleri gerektiğinde çubuk diyagramlarına dönüştürülmektedir.

rülerek, faaliyetlerin birbirlerine göre başlama ve bitme zamanları, zaman ölçeği üzerinde gösterilebilmektedir.

Bir şebekenin çubuk diyagramına dönüştürülmüş durumu Şekil:13 üzerinde görülmektedir. Dikkat edilecek olursa burada tümüyle siyah olan dikdörtgenlerin hiç bolluğu bulunmamaktadır ve bunların kritik faaliyetler oldukları ilgili sütunda işaretlenerek tesbit edilmişlerdir. Örneğin ; 1-2 faaliyeti kritik faaliyettir ve 0 zamanında başlayıp 10 gün devam etmektedir. Burada önemli olan nokta, faaliyetlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin sadece başlama ve bitme zamanları cinsinden gösterilmiş olmasıdır. Oysa şebeke üzerinde faaliyetlerin birbirleriyle olan bağlantıları daha ayrıntılı olarak görülebilmektedir. Diyagramdan da anlaşılacağı gibi, 1-2, 2-4, ve 5-9 faaliyetleri kritik yolu oluşturmaktadır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ZAMAN-MALİYET İLİŞKİSİ ve OPTİMUM ÇÖZÜM

Bir işin, bir projenin mümkün olan en kısa zamanda bitirilmesi, işletme yöneticilerinin sürekli olarak üzerinde durdukları bir konudur. Konunun önemi şüphesiz zamanın rasyonel kullanımından dolayı elde edilecek faydanın büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. Çünkü, bir projenin tamamlanabilmesi harcama yapılmasına bağlıdır. Yani, maliyetlerin proje zamanına bağlı olarak artması sözkonusudur. İşletme yöneticileri projenin en kısa zamanda bitirilmesini istemekle beraber ayrıca, en az maliyetle de bitirilmesine önem vermektedirler.

Şebeke esasına dayalı proje planlamasında amaç, proje tamamlanma süresinin (T) fonksiyonu olan bir maliyet eğrisi bulmaktır. Projedeki faaliyetlerin zamanı ile maliyeti arasında ters oranlı bir ilişki vardır. Diğer bir deyişle, proje zamanı azaltılmak istenirse maliyet artışı zorunlu olacaktır. Ancak, faaliyetlerin normal süre içerisinde tamamlanmalarının maliyeti minimumdur. Önemli olan, yoğun çalışma ile proje süresini kısaltmak için, yapılan ek masraflarla projenin erken tamamlanması halinde beklenen kazançlar arasında optimizasyonu sağlayan bir denge noktasının bulunmasıdır.

Bütün plan ve programlamaların amacı, yatırımların ekonomik olarak yapılmasını sağlamaktır. Ekonomik yatırımın üç temel unsuru vardır. Bunlar; yatırım süresi (T), kapasite (K) ve maliyet (M) tir. Bu üç unsuru, bazı özel durumlar dışında aynı anda minimum yapan bir çözüm mümkün değildir. Çünkü bunlardan en az birisi, diğerleriyle ters orantılı bir bağlantı içindedir. Ancak, lineer programlama metodu kullanılarak yatırımın maliyetini minimum yapan süre hesaplanabilir. Bu süre esas alınarak işgücü ve makina kapasiteleri tesbit edilir. Projede bu üç unsurun hangisi

daha önemli ise onu minimum yapacak çözümler araştırılmalıdır(54).

Burada sözü edilen"ekonomik olmak" terimi geniş anlamıyla;emek,sermaye,arazi gibi üretim faktörlerini en az kullanarak en yüksek faydayı sağlayacak ve topluma en yüksek düzeyde hizmet edecek üretime,en az üretim faktörü kullanımını ile,diger bir deyişle en düşük maliyetlerle ulaşmak"(55),olarak tarif edilmektedir.

Bir projede yer alan maliyet unsurları çeşitlidir. Bu maliyetler sabit ve değişken olabilirler.Zaman ve maliyet ilişkisini incelemeye çalışmadan önce,maliyet ve maliyet türleri üzerinde durmakta fayda vardır.

3.1 Proje Maliyetinin Unsurları

Proje planlamasında maliyet,proje kaynaklarının kullanımının ortak ölçüsü olarak anlaşılmaktadır.Yani,"insan,para,makinalar,malzemeler ve zamanın kullanılması maliyetin ortak ölçüsüne bağlanır"(56).

Proje maliyeti esas olarak direkt ve endirekt masraflardan oluşmaktadır.Bu masraf türlerini kendi içlerinde de kısımlara ayırarak alt başlıklar halinde incelemek mümkündür.

3.1.1 Dolaysız (Direkt) Masraflar (M_1)

Bu masraflar üretime dolaysız bir biçimde etki eden masraflardır(57).Makinaların boş durma maliyetleri,faliyetlerin bünyesine giren masraflar ve malzeme masrafları gibi masraflar dolaysız masraflar arasında sayılabilir. Optimum çözümün araştırılmasında dolaysız maliyetlerin iyi bir ayırımı tabi tutularak belirlenmesi,doğru çözümler elde etmenin önemli koşulları arasında yer almaktadır.

(54) Çetmeli,s.67.

(55) Tefik Tatar,İşletmeciliğin Temel Kuralları, Gazi Üniversitesi,Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları,s.24.

(56) Martino,Proje İdaresi ve Kontrolü,s.35.

(57) Tatar,s.111.

3.1.1.1 Faaliyetin bünyesine giren masraflar (M_{11})

Projede yer alan bir faaliyetin tamamlanabilmesi için gerekli işçilik masrafları ile makinaların kiralama masraflarının (akaryakıt, yağ v.s.hariç) toplamı olarak yapılan masraflardır ve aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır(58):

$$M_{11} = \sum_{i=1}^n V_i (q_a \cdot k_a + q_b \cdot k_b)_i$$

Formüldeki semboller şu manaları ifade etmektedir;

V_i , herhangi bir i faaliyetinin miktarı (ton, m^3 , v.b.),

q_a, q_b , faaliyetin birim miktarını yapmak için gerekli işçilik ve makinaların saat cinsinden değerleri,

k_a, k_b , işçiliğin birim saat, makina ekipmanının ise ton-saat tutarları.

Faaliyetlerin bünyesine giren masraflar şu formül yardımıyla da hesaplanabilmektedir;

$$M_{11} = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot t_i \cdot d_i \cdot k_a + B_i \cdot d_i \cdot t_i \cdot k_b)$$

t_i i faaliyetinin süresi (gün v.s.)

d_i günlük çalışma süresi (saat)

k_b makinaların bir tonunun saat ücreti

k_a işçiliğin saat ücreti

B_i i faaliyeti için gerekli makina miktarı (ton)

A_i i faaliyeti için gerekli işçi miktarı (adet).

3.1.1.2 Makinaların boş durma masrafları (M_{12})

Projeye ait bir faaliyet devam ederken bazı güçlükler nedeniyle, zaman zaman makinalar ve onları çalıştıran işçiler de boşta kalabilir. Faaliyetlerin özelliklerine ve türlerine göre değişebilen bu masraflar, faaliyetin bünye-

sine giren masrafların bir yüzdesi olarak alınabilmektedir. Hesaplama için şu formülden faydalanılmaktadır(59);

$$M_{12} = \sum_{i=1}^n C_{12} \cdot M_{11}$$

C_{12} , faaliyetlerin bünyesine giren masrafların bir yüzdesi cinsinden makinaların boş durma masraflarını temsil etmektedir.

Dolaysız, diğer bir ifade ile direkt masraflar arasında malzeme masrafları da yer almaktadır. Bu masraflar arasında, faaliyetlerin gerektirdiği tüm malzeme masrafları ile akaryakıt, yağ, tesisatlar gibi masraflar bulunmaktadır. Dolaysız maliyetler toplam maliyete ilave edilirken, malzeme masrafları (M_{13}) da ihmal edilmemelidir.

3.1.2 Dolaylı (Endirekt) Masraflar (M_2)

Dolaylı maliyet giderleri, birim üzerinde doğrudan doruya tesbiti mümkün olmayan ve üretime doğrudan doğruya katılmayan giderler olup, hesaplamaları özel metodlarla yapılan masraflardır(60).

3.1.2.1 Bir defaya mahsus yapılan masraflar (M_{21})

Bu masraflar, ihale ve sözleşme masrafları, sigorta, faiz v.b.gibi bir defaya mahsus olarak yapılan masraf türleri olup projenin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedirler. Hesaplamalarda dolaysız (direkt) masrafların bir fonksiyonu olarak alınır(61).

$$M_{21} = f(M_{11})$$

3.1.2.2 Şantiye dolaysız personel masrafları (M_{22})

Şantiyenin kurulması, bakımı ve işletilmesi için lüzumlu personel giderlerini içine alan bu masraf çeşidi de

(59) Çetmeli, s.71.

(60) Tatar, s.111.

(61) Çetmeli, s.68.

yatırımın tipine ve çeşidine göre değişir. Dolaysız masrafların yüzdesi olarak alınan bu masraflar, proje süresinin uzamasına bağlı olarak da artar(62).

$$M_{22} = C_{22} M_1$$

$$M_{22} = C_{22} \cdot M_1 + (Z - Z_n) \frac{C_{22} \cdot M_1}{Z_n}$$

$$M_{22} = \frac{Z}{Z_n} C_{22} \cdot M_1$$

Formülde yer alan Z, gerçek yatırım süresini; Z_n ise planlanan yatırım süresini ifade etmektedir.

3.1.2.3 İlk tesis masrafları (M_{23})

İlk tesis masrafları arasında, servis yolları, geçiş köprüleri gibi yardımcı işler için yapılan; maliyeti zaman ve kapasiteden bağımsız olduğu için sabit kabul edilen tesis masrafları, şantiye tesisleri masrafları, iş makinalarının montajı ve demontajı masrafları ile yardımcı makinaların kapasite noksanlığı masrafları yer almaktadır(63).

3.1.2.4 Merkez masrafları (M_{24})

Bu masraflar, belirli bir iş için merkezden yapılan yönetim, seyahat, malzeme gibi masrafların toplamı olup normal yatırım süresi için dolaysız masrafların bir yüzdesi olarak alınmaktadır(64).

3.2 Toplam Proje Maliyeti (N_m) ve Zaman

Toplam proje maliyeti, dolaylı (endirekt) ve dolaysız (direkt) proje maliyetlerinin toplamından meydana gelmektedir.

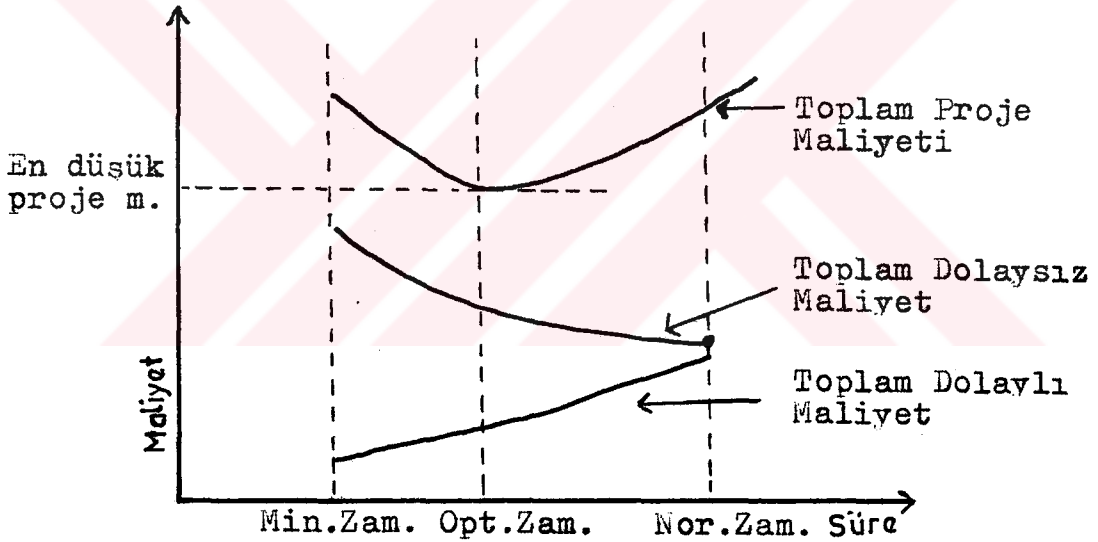
$$N_m = M_1 + M_2 = (M_{11} + M_{12} + M_{13}) + (M_{21} + M_{22} + M_{23} + M_{24})$$

(62) Çetmeli, s.68.

(63) Çetmeli, s.69.

(64) Çetmeli, s.70.

Bir projenin süresi ile maliyeti arasında en uygun durumun bulunması, proje planlamasında önemli bir yer tutmaktadır. En uygun proje süresi problemi en düşük toplam maliyetle ilgilidir. Genellikle optimum süre, normal ve minimum proje süreleri arasında bir komuta denk gelmektedir. Her süre için toplam proje maliyeti, bu süreye karşılık gelen direkt ve endirekt maliyetlerin toplamıdır. Toplam proje maliyeti daha çok toplam direkt maliyetlerin bulunmasına bağlıdır. Çünkü, dolaysız maliyetler genellikle yöneticiler tarafından tesbit edildiğinden; bir tartışma, karar, muhasebe ve bazen tahmin işi olup, direkt maliyetler gibi projenin her faaliyetine bağlı değildirler. Bu nedenle uygulamada zaman-maliyet ilişkisi, daha çok dolaysız maliyetlerle ilgilidir. Proje süre-maliyet ilişkisini grafik üzerinde göstermek olanıdır(65).



Şekil:14 Maliyet-Zaman İlişkisi

Şekil:14'deki toplam dolaysız maliyetlere ait eğri kritik faaliyetler üzerinde çalışılarak bulunan değişik maliyet değerlerinin meydana getirdiği eğridir. Anlaşılacağı gibi, bir projenin tamamlanma zamanı uzarsa maliyeti artacaktır. Yine, proje süresi zorlanırsa maliyetlerde artacaktır. Ancak bir noktada maliyetin minimum olması kaçınılmazdır. Proje planlamasındaki hedeflerden biri bu noktanın

(65) Martino, Proje İdaresi ve Kontrolü, s.40-41.

bulunmasına yöneliktir. Zaten toplam maliyet eğrisinin konkav bir eğri oluşu teorik olarak da bu imkanı ortaya koymaktadır.

3.3 Maliyetlerin Zamana Göre Değişimi

Projenin toplam zamanının değiştirilebilmesi için bazı faaliyetlerin sürelerinin kısaltılması zorunludur. Bu durumda faaliyetlerin direkt maliyetlerinde bir miktar artış meydana gelecektir. Çünkü daha fazla makina, daha çok çalışma saatine (vardiya olarak) ihtiyaç duyulacaktır.

Proje süresinin kısaltılması demek yoğun çalışma yapılması demektir. Ancak, bu çalışmalar sadece kritik faaliyetler üzerinde yapılabilir. Çünkü yatırımın toplam süresi kritik faaliyetlerin sürelerinin toplamından oluşmaktadır. Eğer kritik yol üzerinde bulunmayan faaliyetler üzerinde yoğun çalışmalar yapılırsa bunun proje süresinin azaltılmasına olumlu bir etkisi olmayacaktır. Tersine bu çalışmalar proje maliyetini artıracaktır.

Bir faaliyetin yoğun çalışılarak tamalanması için gerekli masraf,

$$\sum Y_{m_{ij}} = \sum N_{m_{ij}} + \sum (N_{t_{ij}} - Y_{t_{ij}}) \cdot e$$

formülü ile hesaplanmaktadır(66).

Yukarıdaki formülde yer alan (e), bir faaliyetin normal süreden bir zaman birimi (gün, hafta, v.s.) daha önce bitirilmesi halinde normal maliyetteki artışı göstermektedir. Yani (e), o faaliyete ait maliyet eğrisinin eğimini ifade etmektedir ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır(67).

$$e = \frac{Y_m - N_m}{N_t - Y_t}$$

Başka bir ifade ile (e), "görev eğimi" olarak adlandırılmaktadır. Birim zaman azalmasına karşılık, birim mali -

(66) Akmut, s.101.

(67) Akmut, s.101.

Thomas R. Garquilo, "Use of CPM in systems Installations", Management Services, May-June 1967, s.36.

yet artış oranı olan görev eğimi, matematik olarak negatif değerler alabilmesine karşın buradaki hesaplamalarda pozitif değer olarak yer almaktadır. Görev eğimini aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür(68);

$$\text{Görev Eğimi} = \frac{\text{Zorlama Maliyeti} - \text{Normal Maliyet}}{\text{Normal Zaman} - \text{Zorlama Zamanı}}$$

Bir projede yer alan bütün faaliyetlere ait görev eğimleri hesaplanarak bir tablo üzerinde gösterilirler. Böylece proje yöneticisi, projenin normal süresinden önce bitirilmesi sözkonusu olduğunda, hangi faaliyetler üzerinde yoğun çalışma yapacağına bu değerlere bakarak karar verebilir. Şüphesiz bu faaliyetler kritik yol üzerindeki faaliyetlerdir.

Projede yer alan bütün faaliyetler üzerinde yoğun çalışma yapılması gerekli değildir. Eğer, projenin kritik yolun gösterdiği süreden daha kısa zamanda bitirilmesi isteniyorsa, bu durumda proje yöneticisi minimum maliyetler dahilinde süreyi kısaltabilmek için kritik yol (yollar) üzerinde çalışmalar yapmak zorundadır. Bu yol üzerindeki tüm faaliyetler arasında (e) değeri en düşük olan faaliyet seçilerek yoğun çalışma yapılmalıdır(69).

Eğer şebekede birden fazla kritik yol varsa, yoğun çalışma yapabilmek için ortak işlem veya işlemler aranarak (e) değeri en düşük olan işlem seçilir. Büyük projelerde kritik yol genellikle birden fazla olduğundan ortak faaliyetler aramaksızın masraf eğimi (e) en düşük olan faaliyet üzerinde yoğun çalışma yapılmalıdır(70).

3.4 Toplam Proje Zamanının Kısaltılması

Projenin toplam zamanı, kritik yol üzerindeki faaliyetlerin sürelerinin toplamı olduğundan, toplam proje zamanının kısaltılması ancak bu faaliyetlerin zamanında kısaltmalar yaparak mümkündür.

(68) Martino, Proje İdaresi ve Kontrolü, s.28.

(69) Martino, Proje İdaresi ve Kontrolü, s.50.

(70) Akmut, s.104-105.

Ancak, bu işlem yapılırken şu noktalara dikkat edilmelidir(71):

1.Süresi kısaltılacak kritik faaliyetler,iş ve makina kapasiteleri artırılarak zamanları kısaltılabilen faaliyetler olmalıdır.

2.Kritik yol üzerindeki bazı faaliyetlerin zamanları kısaltılırken bunlara bağlı bazı faaliyetler kritik hale gelebilir ve yeni kritik yollar oluşabilir.Bu nedenle, yeni oluşan kritik yollar da kontrol edilerek mümkünse buradaki faaliyetlerin süreleri de kısaltılmalıdır.

Ayrıca kritik yol üzerindeki faaliyetlerin zamanlarının ne kadar kısaltılması gerektiği problemi için iki alternatif vardır:

1.Eğer süre kısaltılmasında maliyet artışı gözönüne alınmıyacaksa,tamamlanma hızı çok iyi kontrol edilebilen yani,süresi kısaltıldığı zaman yeni süre içinde tamamlanacağından emin olunan faaliyetler zorlanmalıdır.Bunlar genellikle tek cins ekipman gerektiren faaliyetlerdir.

2.Eğer süre kısaltılmasında yatırım maliyetinin artışının da minimum olması isteniyorsa,sıkıştırma ve genişletme yapılarak hangi faaliyetlerin süresinin ne kadar kısaltılacağı belirlenmelidir(72).

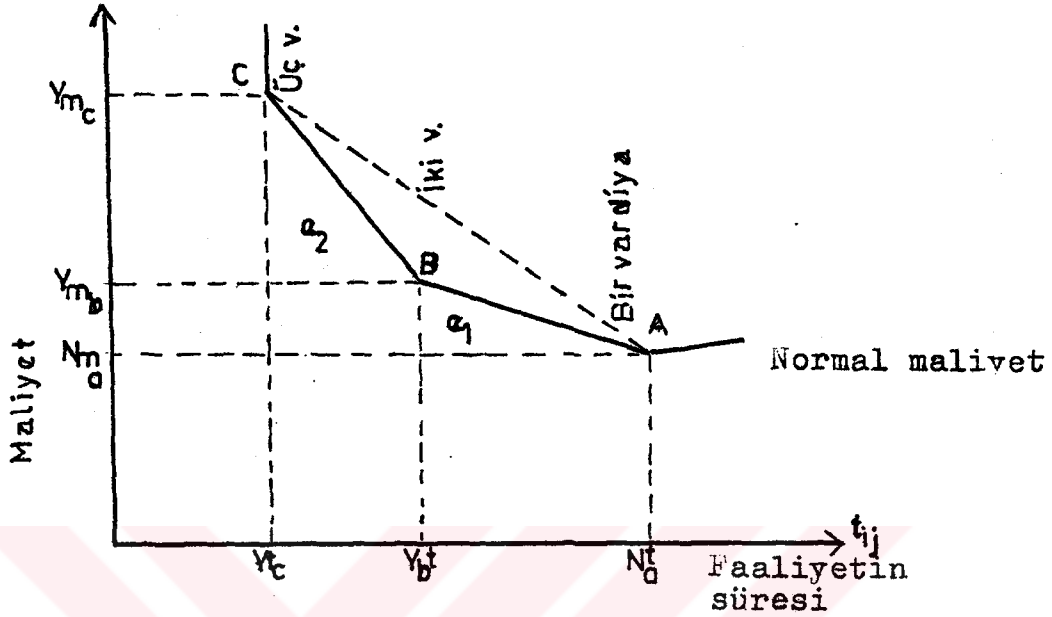
3.5 Proje Zamanının Azaltılması Metodları

Bir faaliyetin zamanı ile maliyeti arasında tüm projede olduğu gibi tersine bir ilişki vardır.Başka bir deyişle faaliyetin süresi kısaltıldıkça maliyeti artacak ve her kısaltma işlemine karşılık gelen bir maliyet değeri elde edilecektir.Ortaya çıkan yeni zaman ve maliyet değerleri esas alınarak çizilecek grafikte maliyet doğrusu negatif eğimli olacaktır.Şekil:15'deki faaliyetin normal bir Nt_a zamanında tamamlanması halinde direkt maliyeti Nm_a dir. Faaliyetin zamanının azaltılması gerekirse,yoğun çalışma uygulanacağından faaliyet süresi Yt_b ,maliyeti de Ym_b ola-

(71) Çetmeli, s.79.

(72) Çetmeli, s.80.

caktır. Faaliyetin vardiya usulü çalışılarak süresinin azaltılabileceğini varsayarsak, a, b, c noktaları için ayrı (e) değerleri elde edilir. Çünkü bu noktalarda maliyet doğrusunun eğimi farklı değerdedir.



Şekil:15 Faaliyet-Süre İlişkisi

Faaliyetin maliyet artışı A-B ve B-C arasında değişik değerler göstermekle birlikte, uygulamada A-C doğrusunun A-B ve B-C doğrularından önemli sapmalar göstermediği kabul edildiğinden, faaliyetin zamana göre değişimi A-C doğrusu olarak kabul edilmektedir. Bu doğru esas alınarak (e) değerinin (görev eğiminin) hesaplanmasına "basit zorlama" denilmektedir. Eğer, A-B ve B-C için ayrı ayrı (e) değerleri hesaplanıyorsa "bileşik zorlama" dan sözedilmektedir (73).

Yukarıda sözü edilen (e) değerlerine, projenin süresinin kısaltılması halinde meydana gelecek maliyet artışının hesaplanmasında ihtiyaç duyulduğundan bu değerlerin şebeke üzerinde gösterilmeleri yararlı olmaktadır. Bunu ifade etmek için şebekedeki normal faaliyet sürelerinin üzerine,

$$n/e \downarrow Nt_{ij}$$

(73) Çetmeli, s.75.

notasyonunun gerektirdiği değerler yazılır. Buradaki $N_{t_{ij}}$; faaliyetin normal süresini, (); faaliyet zamanının kısaltılabileceğini, (n); faaliyet zamanının en çok kaçbirim (gün, hafta, ay gibi) kısaltılabileceğini, (e); faaliyetin birim zamanda gösterdiği maliyet artışını ifade etmektedir(74).

Şekil:12'de bir tek faaliyetin süresinin kısaltılmasının proje zamanı üzerindeki etkisi incelenmeye çalışılmıştı. Fakat bu kez hesaplamalara maliyetler de dahil edildiğinden önemli olan, planlanmış maliyetlerden çok, gerçek maliyetlere dayanan maliyet-zaman eğrisinin bulunmasıdır.

Proje zamanının (şebekenin) sıkıştırılması işlemi (compression) işgücü ve ekipman gibi kaynak ilavelerini gerektirir. İşleme dahil edilen kaynakların hesaplamalarda maliyet artışı şeklinde görüleceği açıktır. Optimum çözüme ulaşma aslında değişik işlemlerin sürelerinin kısaltılıp bunun projeye etkisinin araştırılmasından ibarettir. Böylece, projenin daha fazla hızlandırılmıyacağı optimum çözüme ulaşıncaya kadar araştırma devam etmelidir. Bu prosedür, şebeke sıkıştırılması olarak bilinmektedir(75).

Proje zamanının azaltılmasının bir diğer yolu gevşetme metodudur. Kısaltmalar yaparak proje süresi azaltıldığında maliyet artışı olması tabiidir. Eğer projedeki kritik faaliyetlerin süreleri kısaltılarak maliyetler artıyorsa, kritik olmayan bazı faaliyetlerinde süreleri uzatılarak (gevşetme) maliyetlerinin azaltılması yoluna gidilebilir. Özellikle serbest bollukları çok fazla olan faaliyetler gereğinden önce tamamlanıp, fazladan maliyet yüklenmişlerse bu faaliyetlerin başlamaları geciktirilebilir. Burada önemli olan yapılan gevşetmenin diğer faaliyetlerin en erken başlama zamanını etkilemeden yapılmasıdır. Yani ilk olarak, serbest bollukları olan faaliyetler sınıra kadar ya da normal zamanlarına kadar gevşetilirler(76). Yinede, faaliyetlerin gevşetilmesi konusunda genel bir kural verile-

(74) Antill, s.86.

(75) Antill, s.23.

(76) Martino, Proje İdaresi ve Kontrolü, s.56.

mediğinden en uygun çözüm metodu olarak zorlama metodunun kullanılması daha uygundur(77).

Sıkıştırma ve gevşetme işlemleri tekrara dayanan işlemler olarak optimal çözüme ulaşmada 200-300 faaliyete kadar elle uygulanabilen metodlardır. Fakat daha büyük ve karmaşık işlerde bilgisayar kullanılmaktadır. Ancak, gevşetme için bilgisayar kullanımı henüz geliştirilme aşamasındadır(78).

3.5.1 Proje Zamanının Sıkıştırmalarla Azaltılması

Proje süresinin, maliyet artışının minimum olacak şekilde azaltılması için sıkıştırma metoduna başvurulmaktadır. Bu metodun uygulanabilmesi için faaliyetlerin normal süreleri ile normal maliyetlerinin yanısıra faaliyetlerin sıkıştırılabilme süreleri ve bunun gerektirdiği sıkıştırma maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir. Eğer bu bilgiler mevcutsa, her faaliyete ait "görev eğimi" veya "maliyet eğimi" hesaplanabilir. Sıkıştırma işlemine maliyet eğimi(e) en düşük olan ve kritik yol üzerinde bulunan faaliyet belirlenerek başlanır. Sıkıştırma işlemi şu aşamalarla sonuçta ulaşır:

1. Kritik yol üzerindeki faaliyetler listelenir.

2. Bunlardan sıkıştırma potansiyeli bulunmayan faaliyetler silinir. Bunlar arasında normal ve sıkıştırılmış süreleri özdeş olanlar yer alacağı gibi, önceki aşamalarda tamamen sıkıştırılmış faaliyetlerde yer alır.

3. En ucuz sıkıştırmayı sağlayacak, maliyet eğimi en düşük olan faaliyet belirlenir.

4. Sıkıştırma işleminin bu faaliyetin maliyetine olan etkisi hesaplanır.

5. Eğer şebekenin durumu, bu sıkıştırmanın yapılmasına sınırlamalar getiriyorsa (serbest bolluklar olarak) belirlenir.

6. Bu sınırlamalar dikkate alınarak sıkıştırma yapı-

(77) Çetmeli, s.89.

(78) Antill, s.26.

lır.

7.Yeni proje süresi ve bununla ilişkili proje maliyeti hesaplanır(79).

Bu safhalar en son çözüme yani,proje süresinin kısaltılmasının mümkün olamayacağı çözüme kadar sürdürülür.

Sıkıştırma metodunun bir örnek proje(80) üzerinde uygulanması anlaşılmasını daha da kolaylaştıracaktır.Örnek projeye ilişkin gerekli bilgiler Tablo:2'de verilmiştir.

Tablo:2 Örnek Projeye İlişkin Bilgiler

Faaliyet	Normal Zaman (gün)	Normal Maliyet (TL)	Sıkıştırma Sonr.Zaman (gün)	Sıkıştırma Maliyeti (TL)	Maliyet Eğimi (TL/gün)
i-j	$N_{t_{ij}}$	$N_{m_{ij}}$	$Y_{t_{ij}}$	$Y_{m_{ij}}$	e
0-1	10	200	10	200	0
1-2	20	200	20	200	0
1-3	40	1800	40	1800	0
1-6	28	500	20	580	10
2-4	8	150	8	150	0
3-5 (K)	0	0	0	0	0
3-6	10	100	6	260	40
4-5	30	3000	10	6600	180
5-6	20	2800	8	3400	50
5-7	24	1000	14	1650	65
6-8	10	200	6	520	80
7-8	12	400	8	520	30
8-9 (K)	0	0	0	0	0
8-10	10	200	5	500	60
8-11	6	200	3	320	40
9-10	6	150	4	290	70
10-11	4	300	4	300	0
11-12	4	100	2	180	40

Tablo:2'de iki kukla faaliyet (K) bulunmaktadır. Ayrıca,(e) değerleri,maliviet farklarının zaman farklarına

(79) Antill,s.84.

(80) Antill,s.92-99.

oranını göstermektedir.Sıkıştırma maliyetleri ise,normal ve sıkıştırmadan sonraki zaman farkının maliyet eğimi ile çarpılarak elde edilen değerin normal maliyete eklenmesiyle bulunmuştur.Misal olarak,3-6 faaliyeti için sıkıştırma maliyeti;

$$Y_{m_{3-6}} = (10-6)(40) + 100 = 260 \text{ TL.dır.}$$

Şekil:16'da örnek projeye ait şebeke yer almaktadır.Kritik yol,0-1-2-4-5-7-8-10-11-12 numaralı olaylarını birleştiren yoldur.Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin hiç bolluğu bulunmamaktadır.Şebeke üzerinde sıkıştırma yapılabilecek faaliyetler de dolavısıyla kritik yol üzerindeki faaliyetlerdir.Sözkonusu faaliyetlerin zamanlarının ne kadar azaltılabileceği Tablo:2'de gösterilmiştir.Ayrıca,bolluğu olan faaliyetlere ait değerler de aynı şebeke üzerinde yer almaktadır.Kritik yol üzerindeki hangi faaliyetlerin sıkıştırılamıyacağıının anlaşılması için,sıkıştırma yapılmış veya yapılamıyacak faaliyetlere ait okların üzerine (X) işareti konulmuştur(Şekil:17).Sıkıştırma potansiyeli olmayan 0-1,1-2,2-4,10-11 faaliyetleri bu nedenle (X) işareti ile işaretlenmişlerdir.Bu faaliyetlerin sıkıştırılmalarının mümkün olmadığı Tablo:2'deki değerlerden anlaşılmaktadır.Sıkıştırma süresince faaliyet zamanları değişeceğinden şebeke üzerinde yeni kritik yollar meydana gelebilecektir.Bu durumda da yine sıkıştırma süreci kuralları içinde yürütülmelidir.Sıkıştırma yapılabilecek faaliyetler ($\downarrow n/e$) notasyonuna uygun olarak gösterilmişlerdir.Mesela, 11-12 faaliyeti için bu değerler ($\downarrow 2/40$) tır.Yani faaliyet 2 gün kısaltılabilir ve bunun gün başına maliyeti 40 TL. dır.Bunlara ilave olarak,sıkıştırma işleminin kritik olmayan faaliyetlerin serbest bollukları üzerinde değişiklik yapması mümkün olduğundan,bu bolluk miktarları da aynı şebeke üzerinde gösterilmektedir.

Şebekeye ait ilk sıkıştırma,maliyet eğimi en düşük olan 7-8 faaliyeti üzerinde yapılmalıdır(Şekil:17).Bu faaliyetin süresi 12 gündür ve 4 gün kısaltılabilir.Şüphesiz ki kısaltma işlemi daha fazla kavnak kullanımı demektir. İlave kavnak kullanımı,projeye ilave maliyet şeklinde yan-

sıtılmaktadır.7-8 faaliyetinin süresi sıkıştırmadan sonra 8 güne inmektedir.Yapılan işlem sonunda en erken ve en geç tamamlanma zamanları değişeceğinden faaliyetlere ait serbest bolluklarda değişecektir.Sözkonusu değişikliklere ilişkin yeni değerler Şekil:18'de yer almaktadır.İlk sıkıştırma ile projenin süresi; $Yt_p = 122-4 = 118$ gün, projenin maliyeti ise; $Ym_p = 11300 + (4 \times 30) = 11420$ TL. olmaktadır.Yani, bir günlük kısaltma maliyeti olan 30 TL ile kısaltma süresi çarpılıp, elde edilen değer bir önceki şebekenin toplam maliyetine ilave edilmiştir.7-8 faaliyeti tüm kısaltma süresini kullandığından (X) işaretiyle işaretlenerek çözüm dışı bırakılmıştır.

Birinci sıkıştırmadan sonra 6-8 faaliyetinin 6 gün olan serbest bolluğu 2 güne indiğinden sözkonusu faaliyet kritik olmaya yaklaşmıştır.İkinci sıkıştırma,11-12 faaliyetine uygulanmalıdır.Bu durumda proje süresi;iki gün kısalarak 116 güne, proje maliyeti ise, $(2 \times 40 = 80)$ artarak 11500 TL değerine ulaşacaktır.İkinci sıkıştırmadan sonraki şebeke Şekil:19'da yer almaktadır.

İkinci sıkıştırmadan sonraki şebekede (Şekil:19), en düşük maliyet eğimi 8-10 faaliyetine aittir.Bu faaliyetin sıkıştırılabilme limiti 5 gündür.Sıkıştırma 5 gün olarak yapıldığında 10 olayının en erken tamamlanma zamanı 5 gün azalmaktadır.Ancak,8-9-10 yolunun serbest bolluğu 4 gündür.Eğer,8-10 faaliyeti 5 gün kısaltılırsa 9-10 faaliyetinin serbest bolluğu negatif değer alacaktır.Oysa ki serbest bollukların negatif değer alamıyacıkları çalışmanın bundan önceki bölümünde kural olarak ortaya konulmuştur.Dolayısıyla,8-10 faaliyetini 5 gün kısaltmak mümkün değildir.Yinede en ucuz maliyete bu faaliyet sahip olduğundan mümkün olan en fazla kısaltmanın yapılması gerekmektedir.Bu süre 4 gündür ve kısaltma işlemi proje süresini 112 güne indirirken proje maliyetini 11740 TL na çıkarmaktadır.Fakat,9-10 faaliyetinin 4 gün olan serbest bolluğu tümüyle kullanıldığından bu faaliyet de kritik hale gelmiş ve ikinci bir kritik yol oluşmuştur.

Üçüncü sıkıştırmadan sonraki şebekede (Şekil:20), 8-10 faaliyeti daha fazla sıkıştırılamıyacağı için en dü-

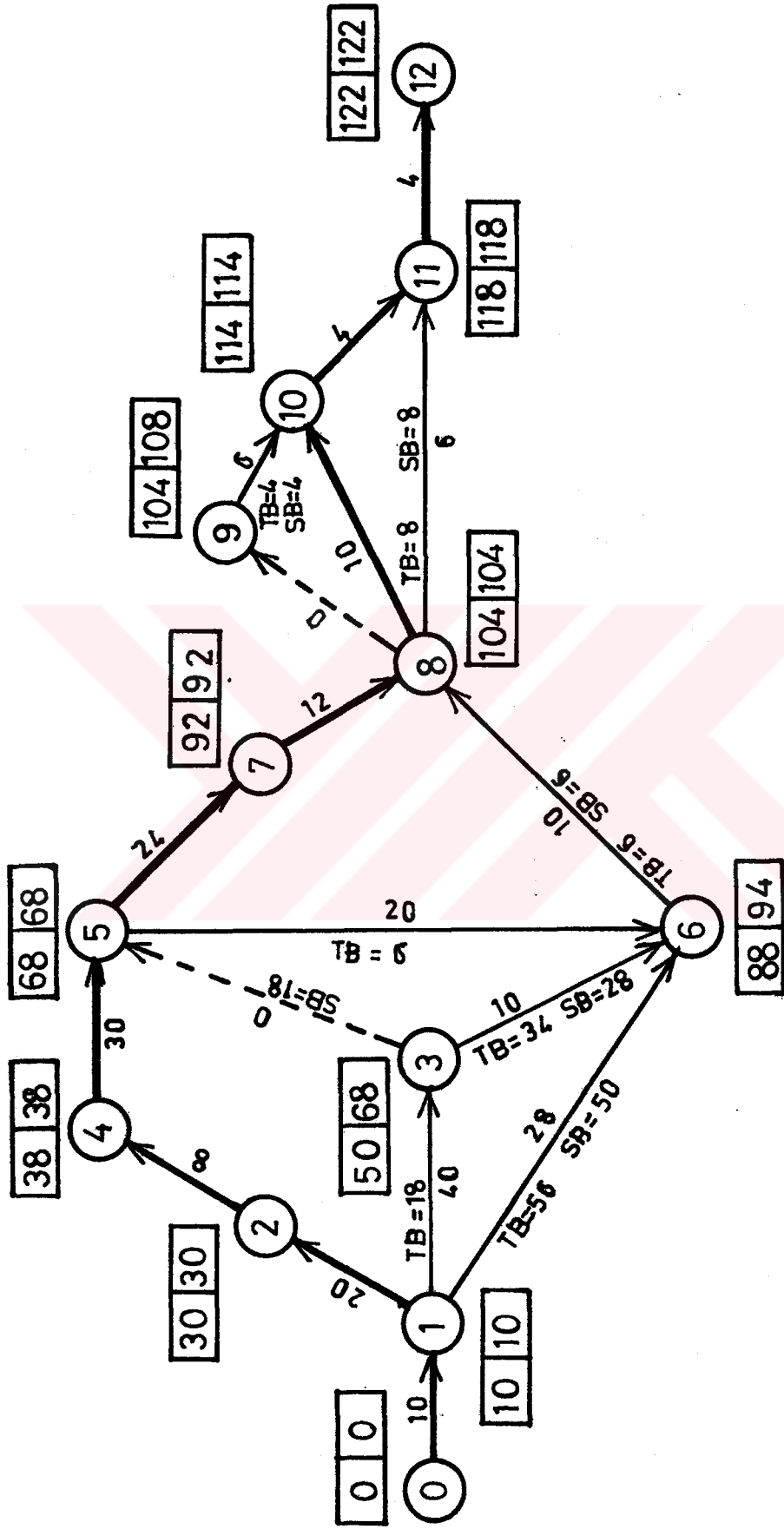
şük (e) değeri olan 5-7 faaliyeti üzerinde durmak gereklidir. Bu faaliyetin süresi 10 gün kısaltılabileceği halde 5-6-8 yolunun sadece 2 gün serbest bolluğa sahip olması kısaltma süresine etki etmektedir. Böylece 5-7 faaliyeti ancak 2 gün kısaltılabilecektir. Proje süresi 110 güne inerken proje maliyeti 11870 TL olacaktır (Şekil:21).

Dördüncü sıkıştırmadan sonraki şebekede (Şekil:21), 5-6-8 yolu da kritik hale gelmiştir. Dolayısıyla bunlara ilişkin maliyet eğimleri arasında en düşük değerde olan 5-6 faaliyetinin kısaltılabılme süresi 12 gün olmasına rağmen tamamen kullanılması mümkün değildir. Çünkü burada aynı anda kısaltma yapılabilecek iki yol mevcuttur. 5-7 ve 5-6 faaliyetleri aynı anda 8'er gün kısaltılabilirler. Sadece 5-6 faaliyeti 8 gün kısaltılsaydı, 5-7-8 faaliyetleriyle bağlantılı olarak 6-8 faaliyetinin serbest bolluğu olan 6 gün aşılmış olacaktı. Bu dengesizliği gidermek için hem 5-6 hem de 5-7 faaliyetleri aynı anda kısaltılmak zorundadırlar. Böylece proje süresi 102 güne inmiş olacaktır. Proje maliyeti ise; $Ym_p = 11870 + (8 \times 50 + 8 \times 65) = 12790$ TL olarak hesaplanmaktadır (Şekil:22).

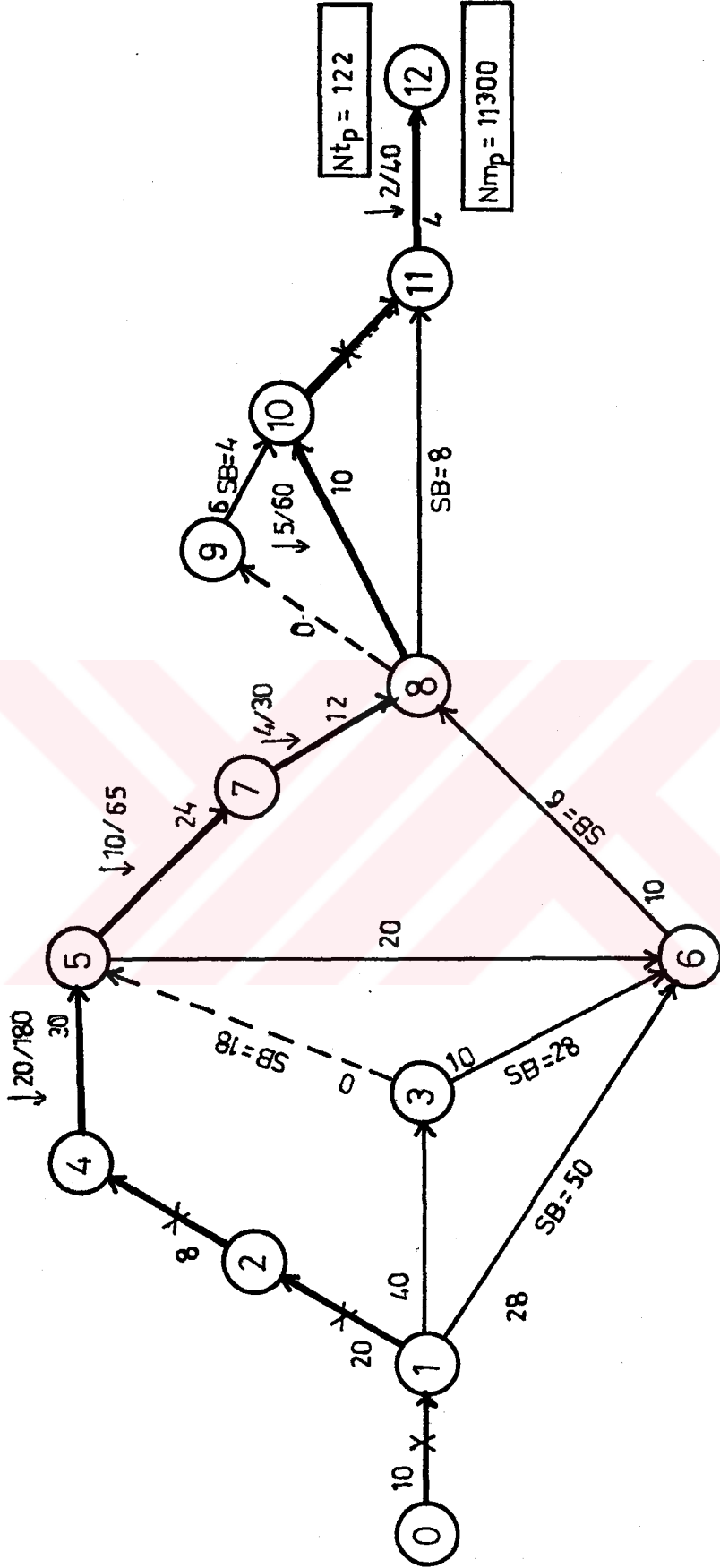
Beşinci sıkıştırmadan sonraki şebekede de (Şekil:22) iki faaliyetin aynı anda sıkıştırılması gerekmektedir. Bunlar; 8-10 ve 9-10 faaliyetleridir. Şebeke üzerindeki diğer faaliyetlerin serbest bolluklarının aşılmaması için her iki faaliyet 1'er gün kısaltıldığında proje süresi 101 gün, proje maliyeti de 12920 TL olmaktadır (Şekil:23).

Altıncı sıkıştırmadan sonraki şebekede (Şekil:23), 8 ve 11 olaylarından önceki kritik yollarda (5-7-8 ve 8-10-11) faaliyetler, kısaltılabılme zamanlarının tümünü kullandıklarından daha fazla kısaltılmaları mümkün olamamaktadır. Ancak, 4-5 faaliyeti, 1-3-5 yolunun serbest bolluğu olan 18 gün kısaltılabılır. Bu kısaltma işlemi yapıldığında proje süresi 83 güne inecektir. Proje maliyeti de, 3240 TL ($18 \times 180 = 3240$) artarak 16160 TL olacaktır (Şekil:24).

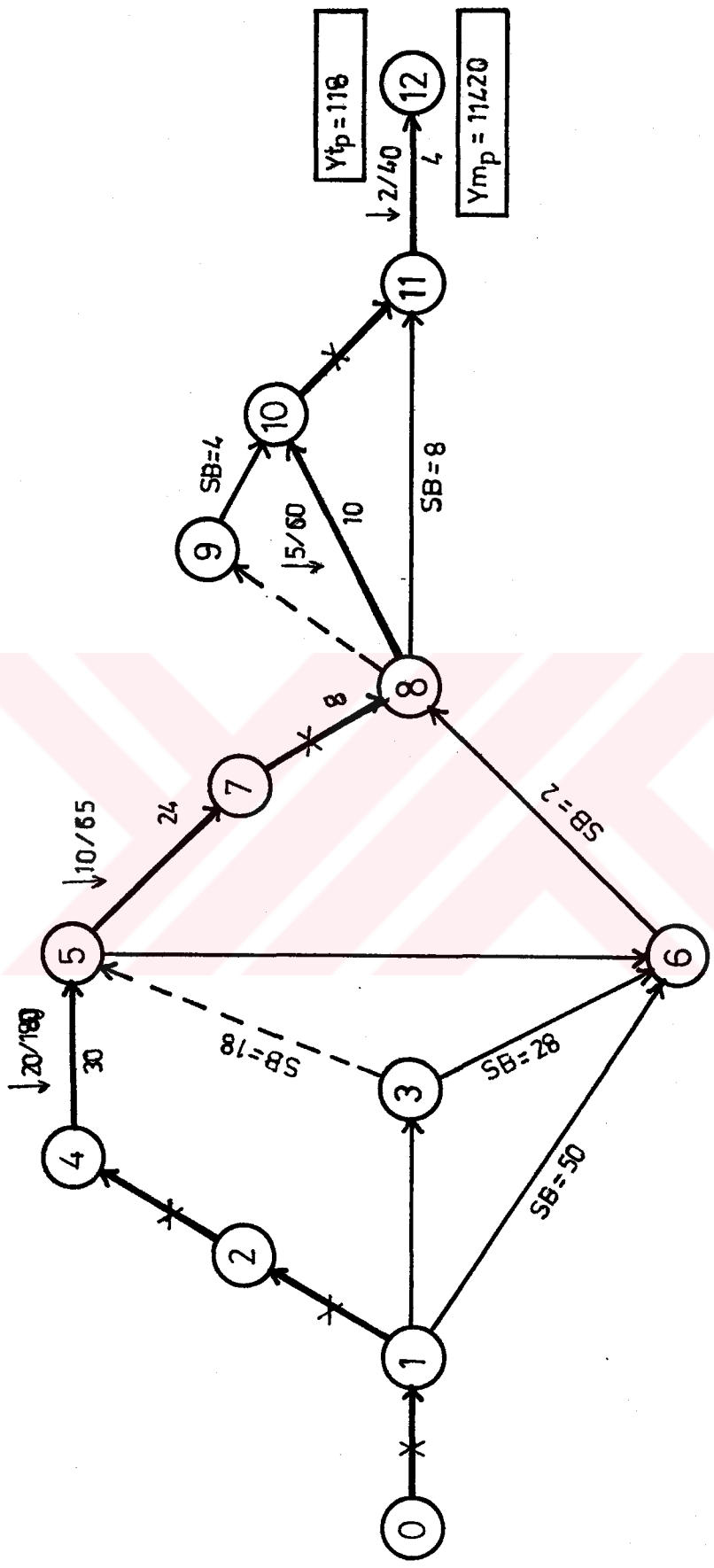
Örnek projenin tüm faaliyetleri kısaltıldığında süre 83 gün olmasına karşın, maliyet, 17470 TL dir (Şekil:25). Yedinci sıkıştırmadan sonraki sıkıştırmalar proje süresini azaltmayıp maliyetleri artıracığından sıkıştırma işlemi en son çözüme ulaşmıştır (Şekil:24).



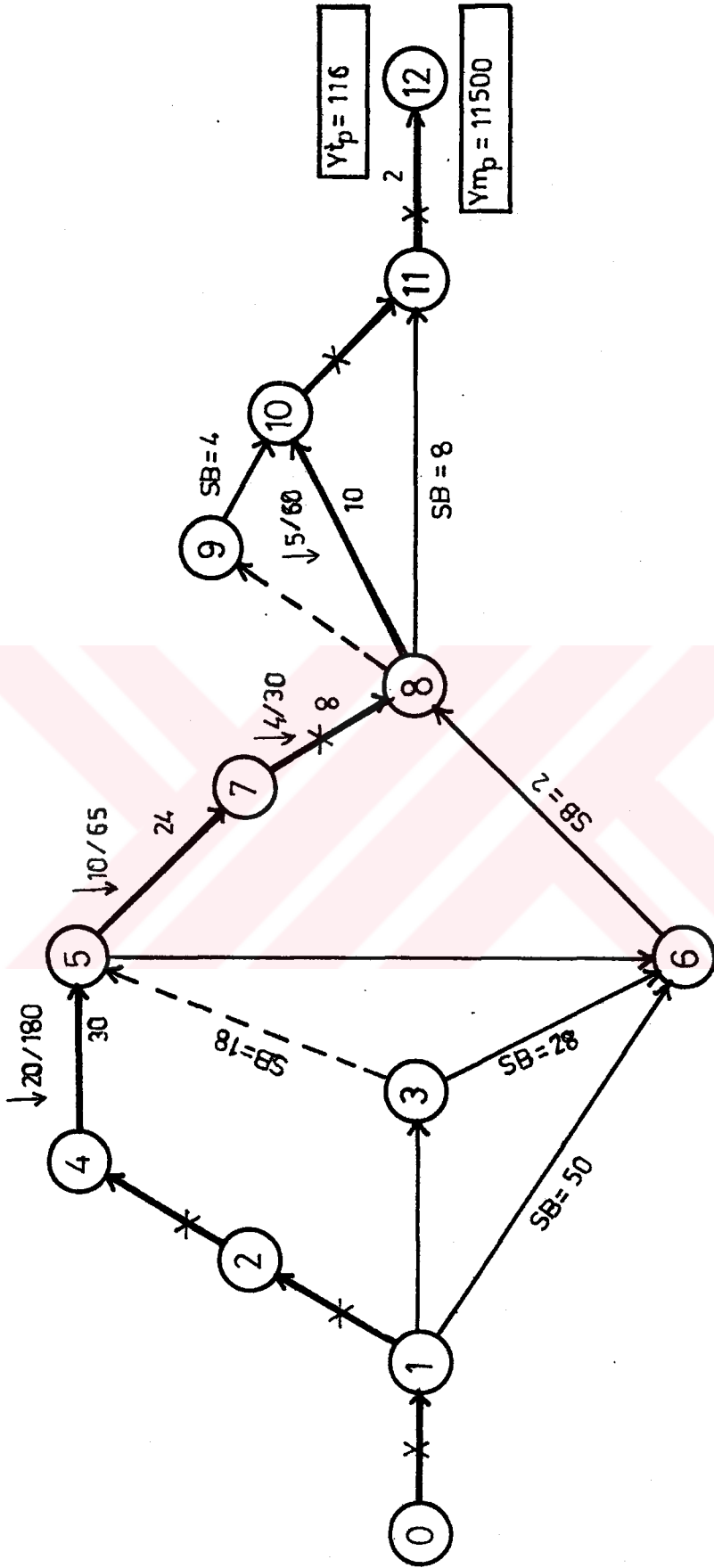
Şekil:16 Örnek Proje Şebekesi



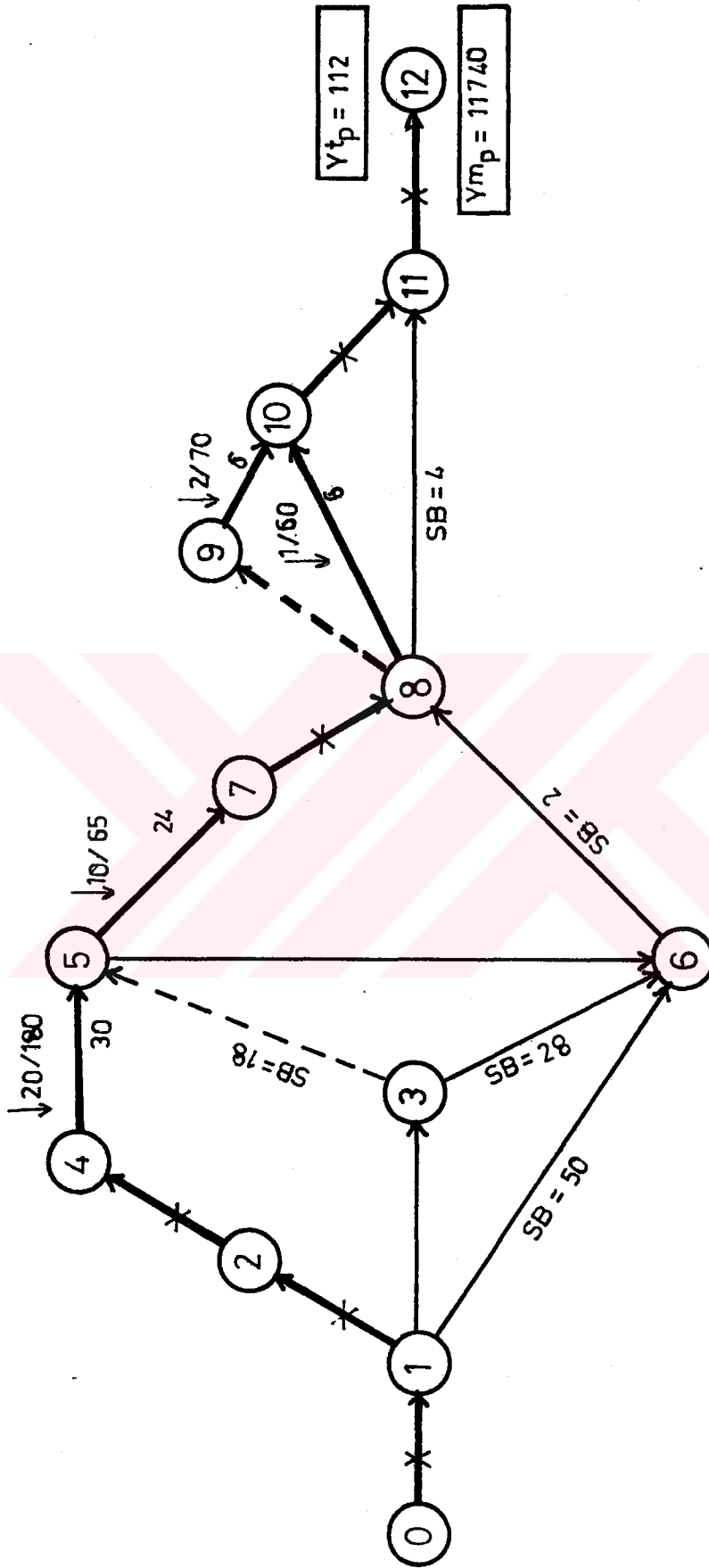
Şekil:17 Sıkıştırılacak İşlemler



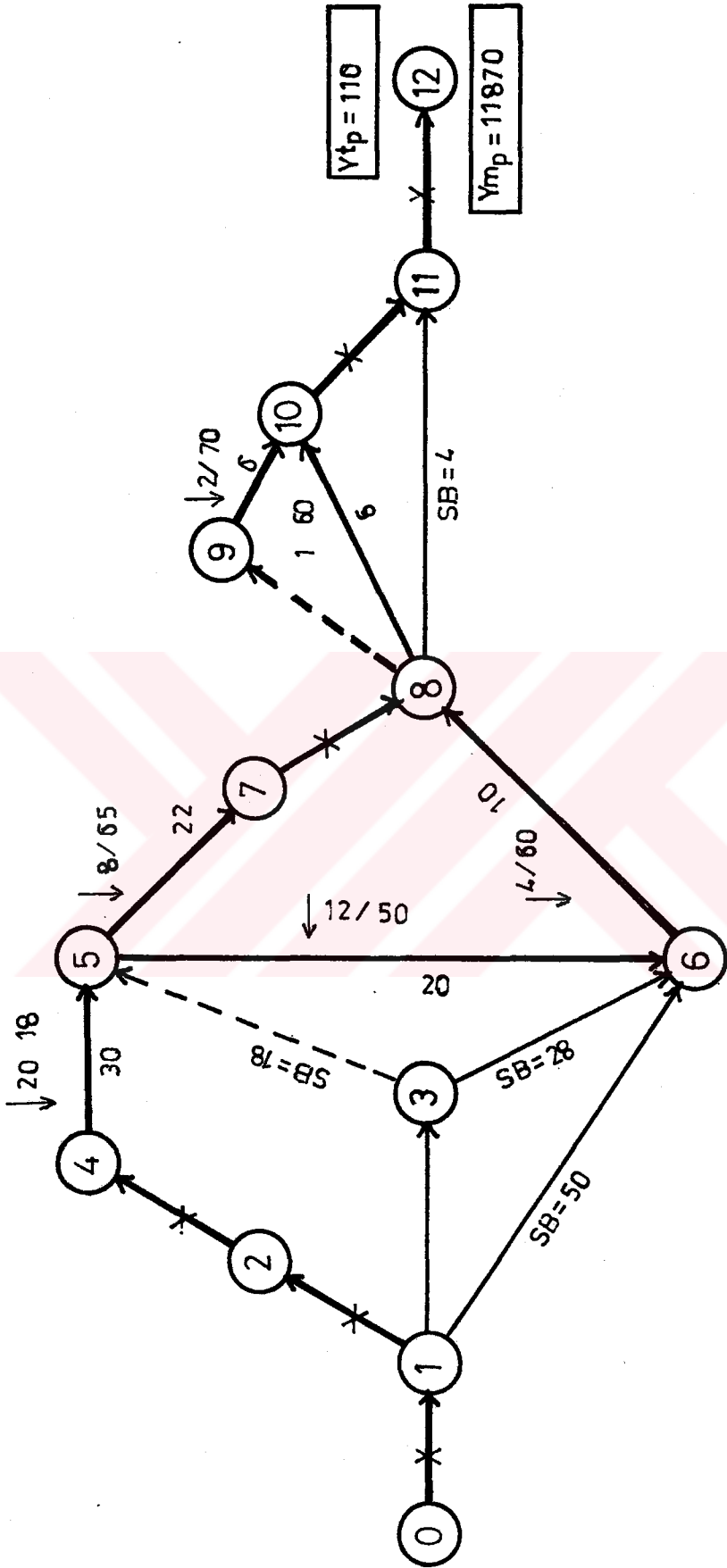
ŞEKİL : 18



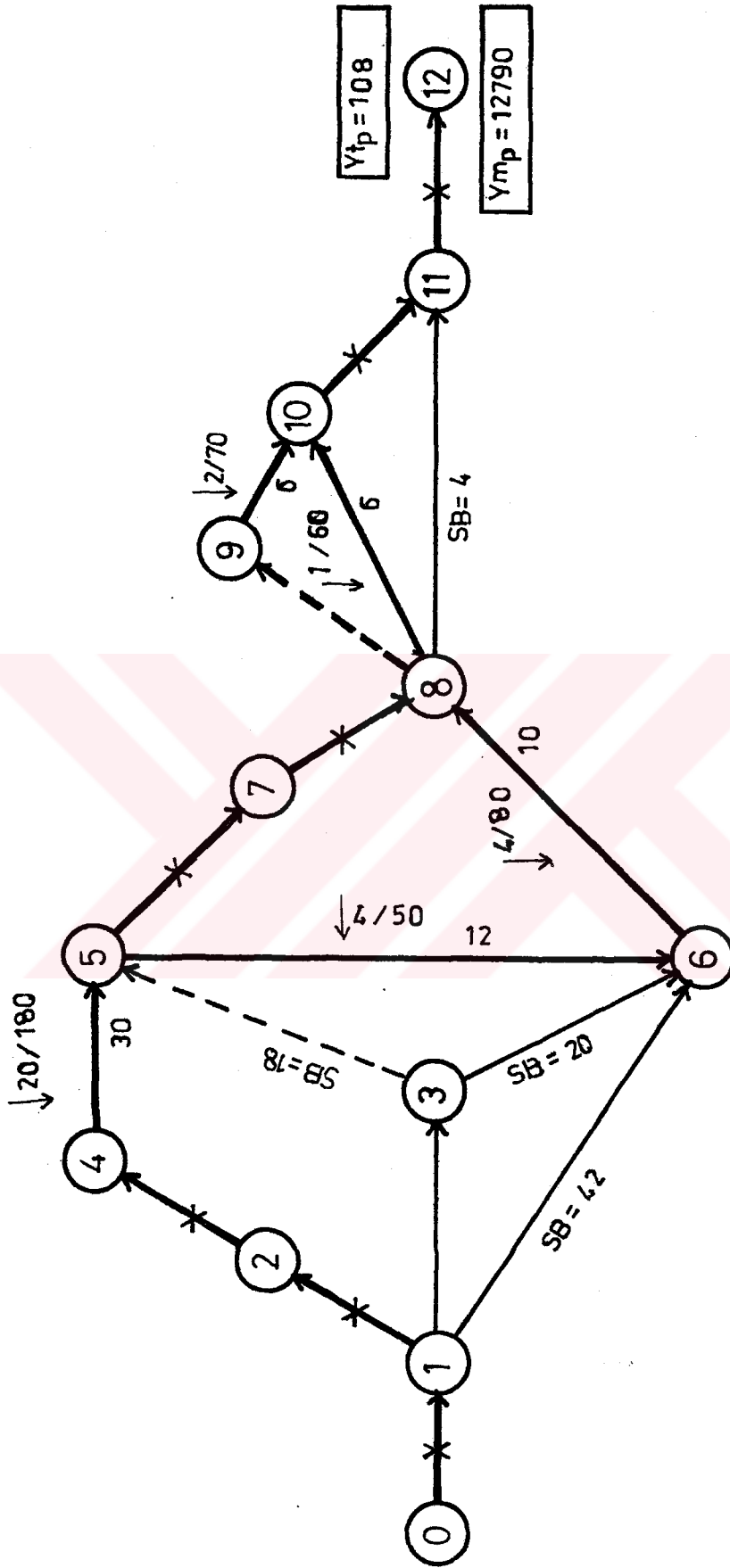
ŞEKİL: 19



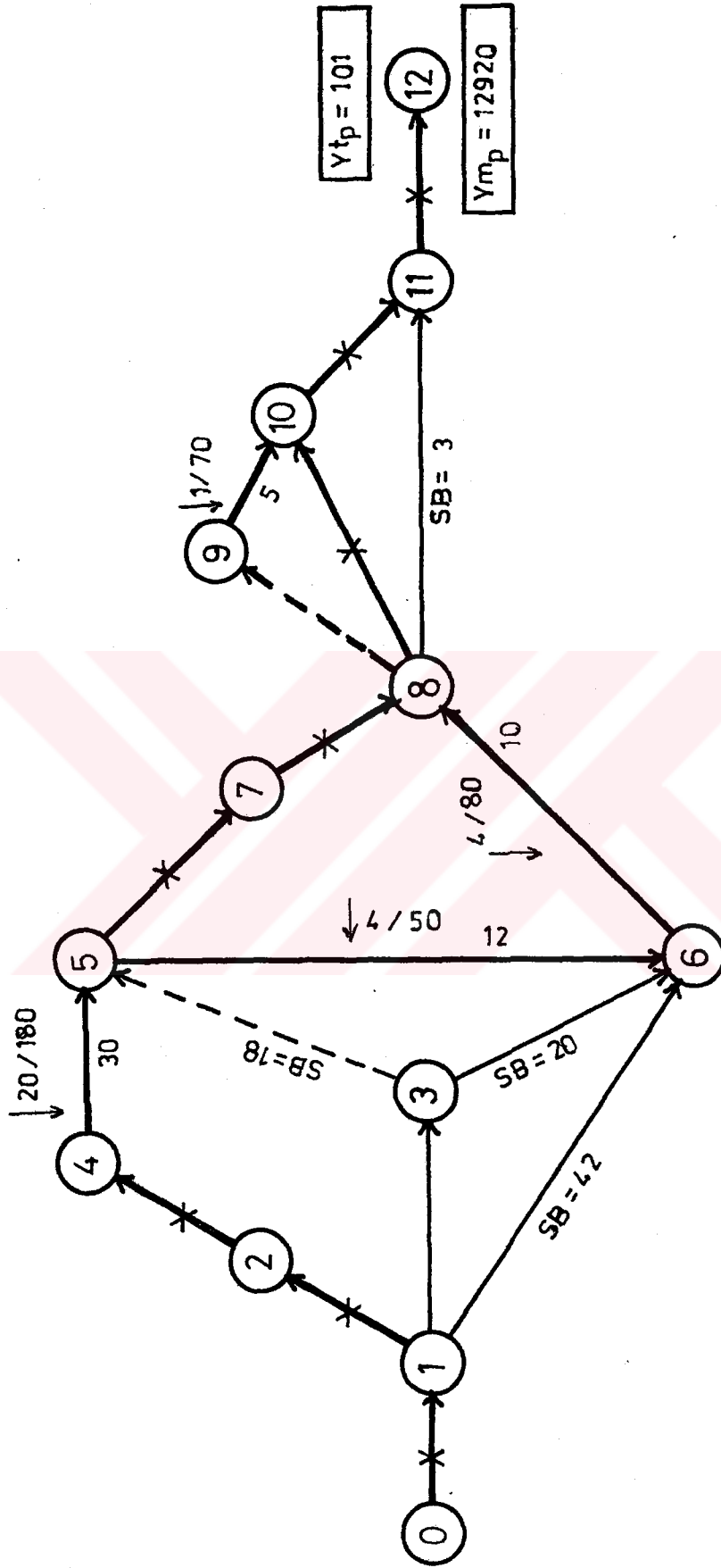
ŞEKİL: 20



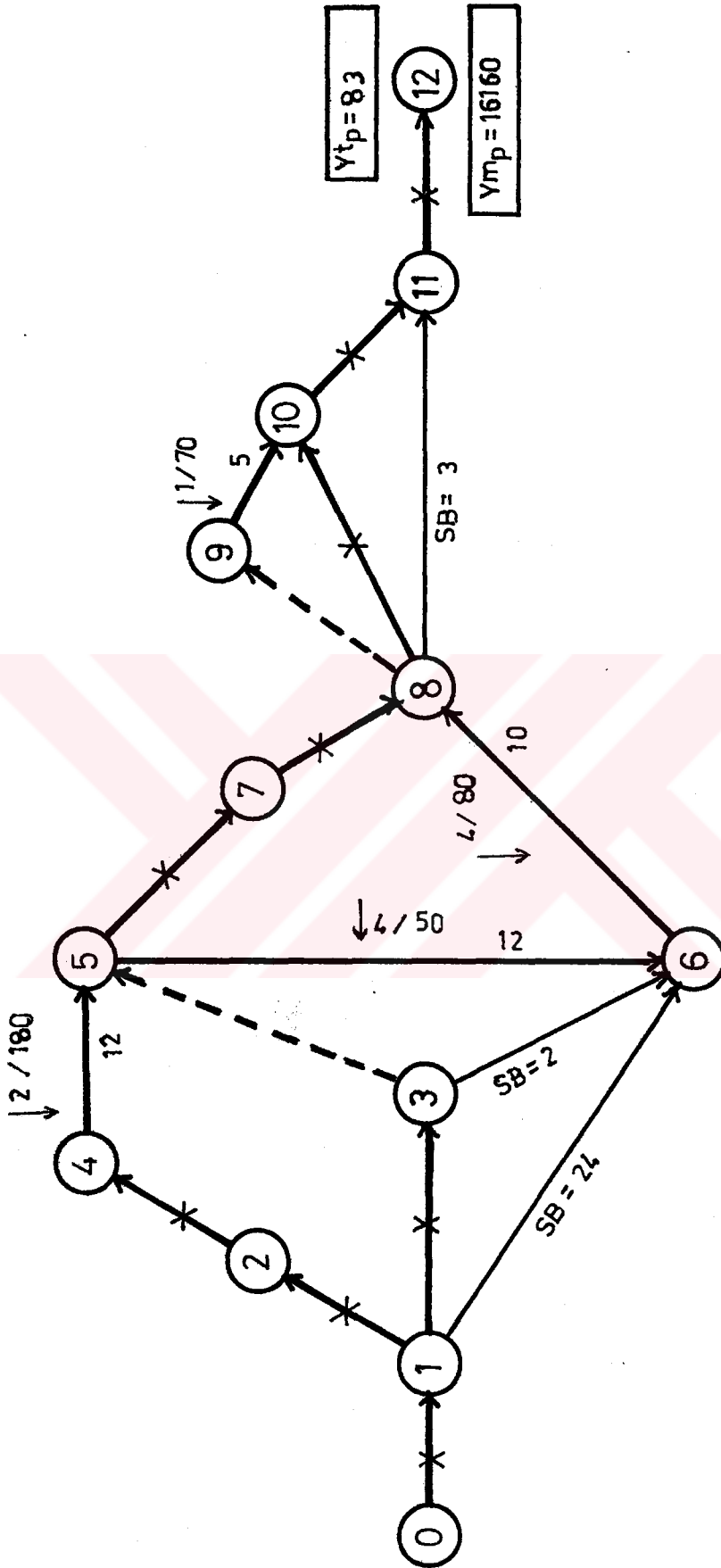
ŞEKİL: 21



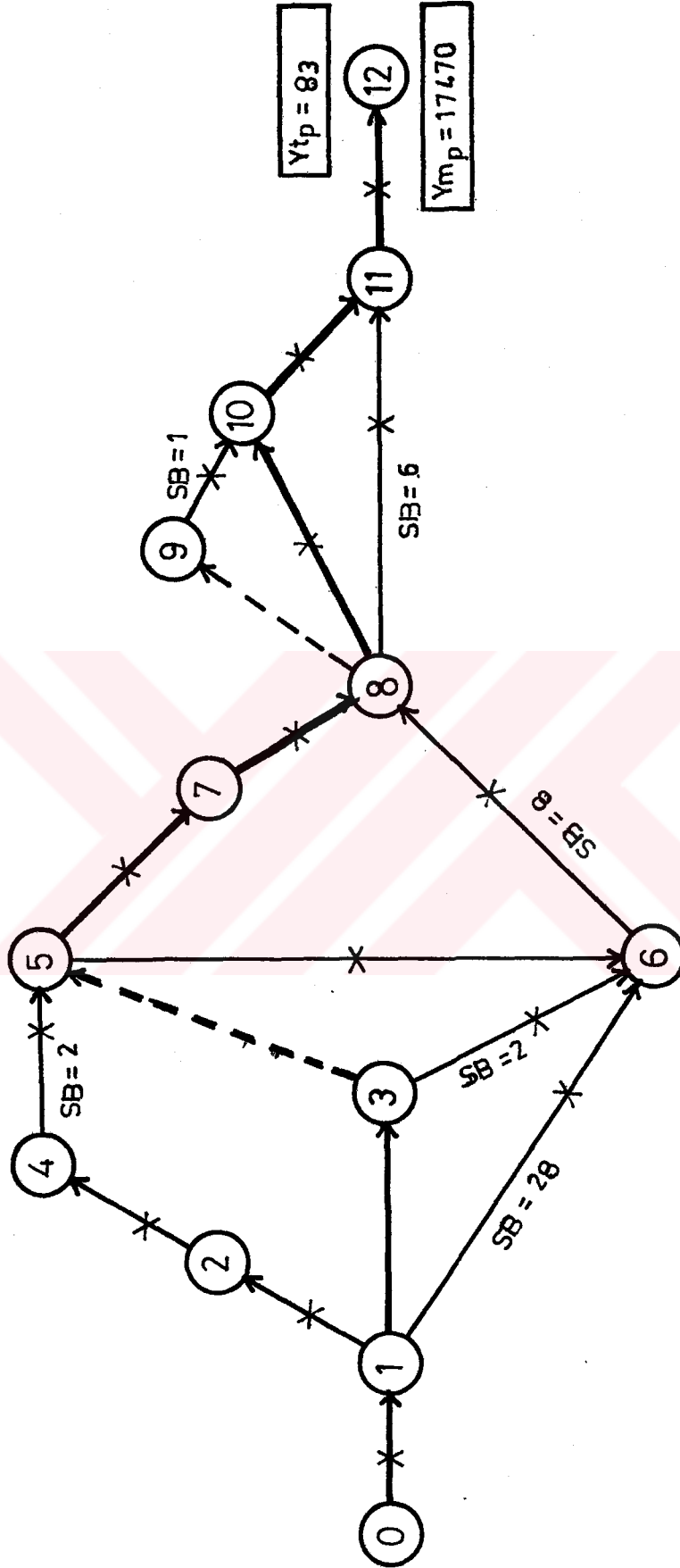
ŞEKİL: 22



ŞEKİL : 23



ŞEKİL: 24



ŞEKİL: 25

3.5.2 Optimum Çözüm ve Maliyetler

Proje planlamasında amaç, proje tamamlanma süresinin fonksiyonu olan bir maliyet eğrisinin elde edilmesi olduğu için, bu amaca yönelik işlemlerin yapılması gerekmektedir. Yani, teorik olarak konkav bir eğri olduğu kabul edilen maliyet eğrisinin çizilebilmesi uygulamada gerçek maliyetlerin bilinmesini zorunlu kılmaktadır. Başka bir ifade ile, maliyet eğrisi bir projenin uygulanması aşamasında proje maliyetlerinin zamanla bağlantılı olarak hesaplanmasına bağlıdır. Böylece şebeke üzerindeki aşamalı çözümden hareketle maliyet eğrilerinin çizimi gerçekleştirilebilir.

Proje maliyetinden söz edildiğinde dolaylı ve dolaysız maliyetlerin toplamı olan maliyet anlaşılmaktadır. Optimum çözüm, toplam proje maliyet eğrisinin eğiminin en düşük olduğu noktaya karşılık gelen maliyet-zaman seviyesinde ortaya çıkmaktadır. Proje dolaylı maliyetleri daha öncede belirtildiği gibi proje yöneticisi tarafından belirlenmekte ve daha çok tahmine dayanmaktadır. Bu maliyetler genellikle her cins yatırım projesi için lineer kabul edilmektedir.(81).

Optimum çözümle ilgili bu tesbitlerin yapılmasından sonra örnek projeye ait maliyet eğrilerini çizmek mümkündür. Proje zamanının sıkıştırmalarla kısaltılmaya çalışıldığı aşamalı çözüm sırasında her şebeke için ortaya çıkan maliyet ve zaman değerlerini toplu bir biçimde (Tablo:3), göstererek koordinatları belirlenen maliyet eğrilerinin çizimine geçilebilir.

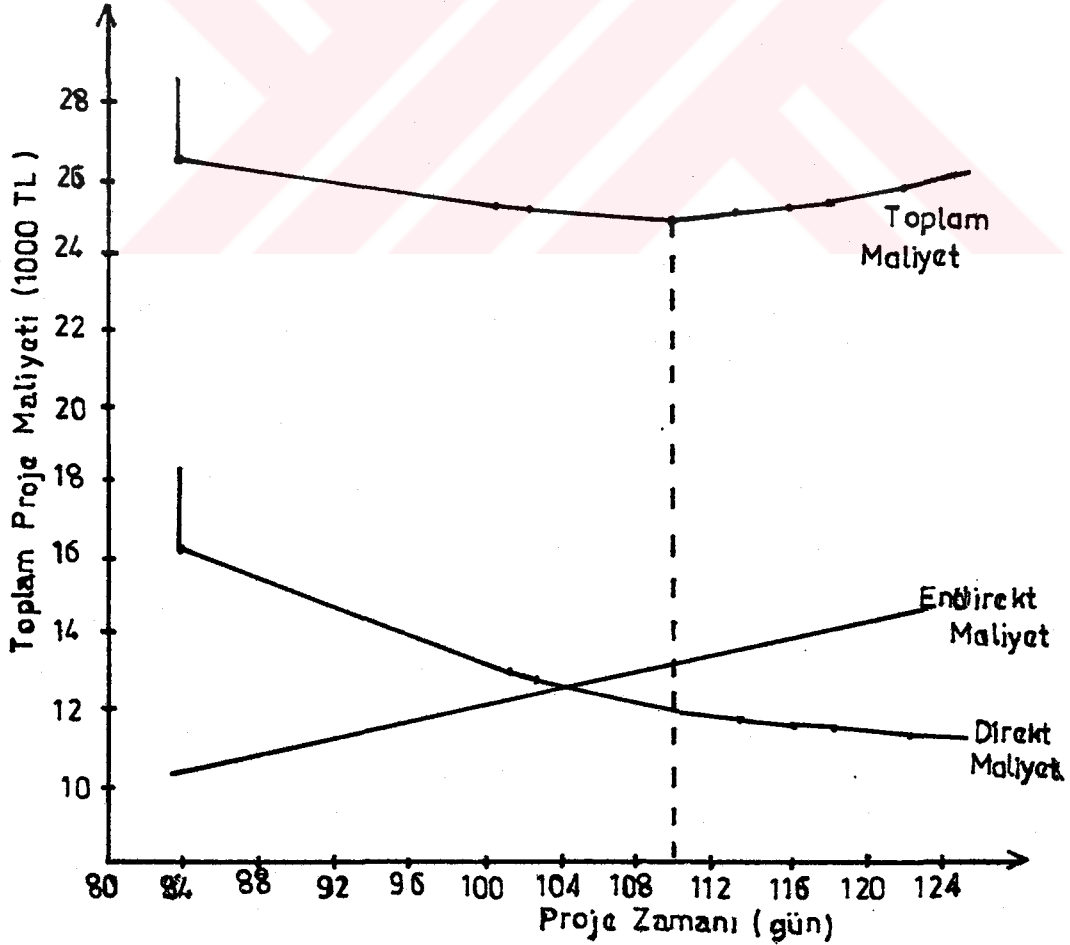
Tablo:3'de yer alan tamamlanma zamanları ile dolaysız maliyetler, şebeke hesaplamaları sonucunda elde edilmektedirler. Ancak, dolaylı maliyetlerin şebeke hesaplamaları ile tesbit edilmesi çok zor olduğundan buradaki işlemlerde de bu maliyetler lineer kabul edilerek keyfi değerler verilerek toplam maliyet bulunmuştur.

(81) Çetmeli, s.89.

Tablo:3 Örnek Projenin Sıkıştırılmalarla Bulunan Zaman ve Maliyet Değerleri

Proje Safhaları (Sıkıştırılmalar)	Tamamlanma Zamanı(gün) Yt_p	Maliyetler (TL)	
		Dolaylı	Dolaysız
Başlangıç sebekesi	122	14400	11300
İlk sıkıştırma	118	14000	11420
İkinci sıkıştırma	116	13800	11500
Üçüncü sıkıştırma	112	13300	11740
Dördüncü sıkıştırma	110	13120	11870
Besinci sıkıştırma	102	12260	12790
Altıncı sıkıştırma	101	12180	12920
Yedinci sıkıştırma	83	10340	16160

Tablo:3'deki değerler dikkate alınarak örnek proje için optimum çözüm, grafik üzerinde bulunabilir.



Şekil:25 Optimum Çözüm

Şekil:26'daki grafikte toplam maliyet eğrisinin minimum olduğu nokta yatay ekseninde 110 güne karşılık gelmektedir. Bu noktadaki toplam maliyet ise 24990 TL dir. Yani projenin optimum süresi 110 gün olarak belirlenmektedir.

3.6 Proje Planlamasında Bilgisayarların Yeri

Projelerin karmaşık yapıları nedeniyle, şebeke hesaplamalarında bilgisayar kullanımının önemli ve gittikçe de vazgeçilemeyecek oranda artan bir yeri vardır. Proje planlamasında bilgisayarların kullanımının önemi, en başta teknolojinin ulaştığı yüksek seviyeli hız unsurundan kaynaklanmaktadır. İnsan eliyle yapılması çok uzun zaman alan işlemler bilgisayarlarla birkaç saate hatta dakikalara indirilebilmektedir.

Diğer taraftan, çok büyük mühendislik projelerinde oldukça fazla sayıda faaliyetin bulunması bilgisayar kullanımını gerekli kılmaktadır. Birçok yazar proje planlamasında el ile yapılan hesaplamaları savunmaktadırlar. Ama yine de bilgisayarların gerekliliğine karşı çıkmamaktadırlar. Özellikle büyük projelerde, muhasebe ve finansman konuları ile proje kontrolü bilgisayar olmadan pek mümkün olmamaktadır. Buna rağmen, bilgisayarların yeteneklerinin yanısıra düşünme yeteneğinden yoksun bulunmaları proje planlayıcısına büyük sınırlamalar getirmektedir. Bunun için proje planlamasından daha fazla verim alınabilmesi, planlamacının bilgisayarların çalışmalarını ve mevcut program türlerini çok iyi bilmesi gerekmektedir. Ancak bu durumda bilgisayar planlamacıya kendi sahasında yardım edebilir(82).

Bilgisayarların verimli çalışması planlamacıya bağlıdır. Bilgisayar programlarının gerektirdiği giriş bilgilerinin doğru verilmesi veya konu ile ilgili programlama yapılıyorsa, noksansız ve hatasız programlama yapılması verimi artıracaktır.

Günümüzde, yönetimle ilgili problemlerin CPM ile çözümünde bilgisayar teknolojisinden yararlanıldığı kadar,

(82) Antill, s.26.

matematik çözümler el ile de yapılabilir. Gerçi bilgisayar kullanılması çok kuvvetle savunulmaktadır ama, el ile yapılan hesaplamalar da hâlâ önerilmektedir. Bilgisayarlar doğal olarak, hız ve doğruluk bakımından elverişli konumdadırlar. Ancak, zekice bir yargıya kendiliklerinden ulaşma yetenekleri olmadığından asıl görev, proje yöneticisine veya planlayıcısına düşmektedir. İstenilen ya da beklenen yargıya (sonuca) yönelik programlama yapılmayıp, gerekli veriler girdi olarak bilgisayara iletilmedikçe bir çıktı almak mümkün değildir(83).

(83) Antill, s.340-342.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ANKARA-ESENBOĞA YOLU GENİŞLETME PROJESİNE AIT BİR UYGULAMA

Proje planlamasında kritik yol metodunun kullanılmasının sağlayacağı zaman ve maliyet tasarruflarının daha da çoğaltılabilmesi, projelerin uygulanması sırasındaki engellerin en aza indirilmesine bağlıdır. Bu engellerin azaltılması kamun değişikliklerine kadar varan bir dizi tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir. Türkiye'de kamu yatırımlarının gecikmesinin nedenleri arasında yeterli kaynak olmasının yanı sıra bürokratik işlemlerin de önemli bir yeri vardır. Örneğin, kamu ihalelerinin, taraflarca sözleşmeye bağlanmasından sonra, Sayıştay tarafından tescili işleminin uzun sürmesi nedeniyle bazı projeler inşaat mevsimi bitmek üzere iken başlayabilmekte ve dolayısıyla tamamlanamamaktadırlar. Ama bunların yanında şüphesiz ki en önemli eksiklik proje planlamasında modern tekniklerin çok az kullanılması ya da hiç kullanılmaması yer almaktadır.

Yol yapımı veya genişletilmesi çalışmalarının yürütülmesi, genellikle geleneksel yöntemlerle planlanıp programa alınmaktadır. İşin yapıldığı coğrafi bölgenin jeolojik yapısının yanında bölgenin iklim özellikleri de kontrol çalışmalarını zorlaştırmaktadır. Böylece zaman ve maliyet arasında bir denge kurmak gittikçe zorlaşmaktadır.

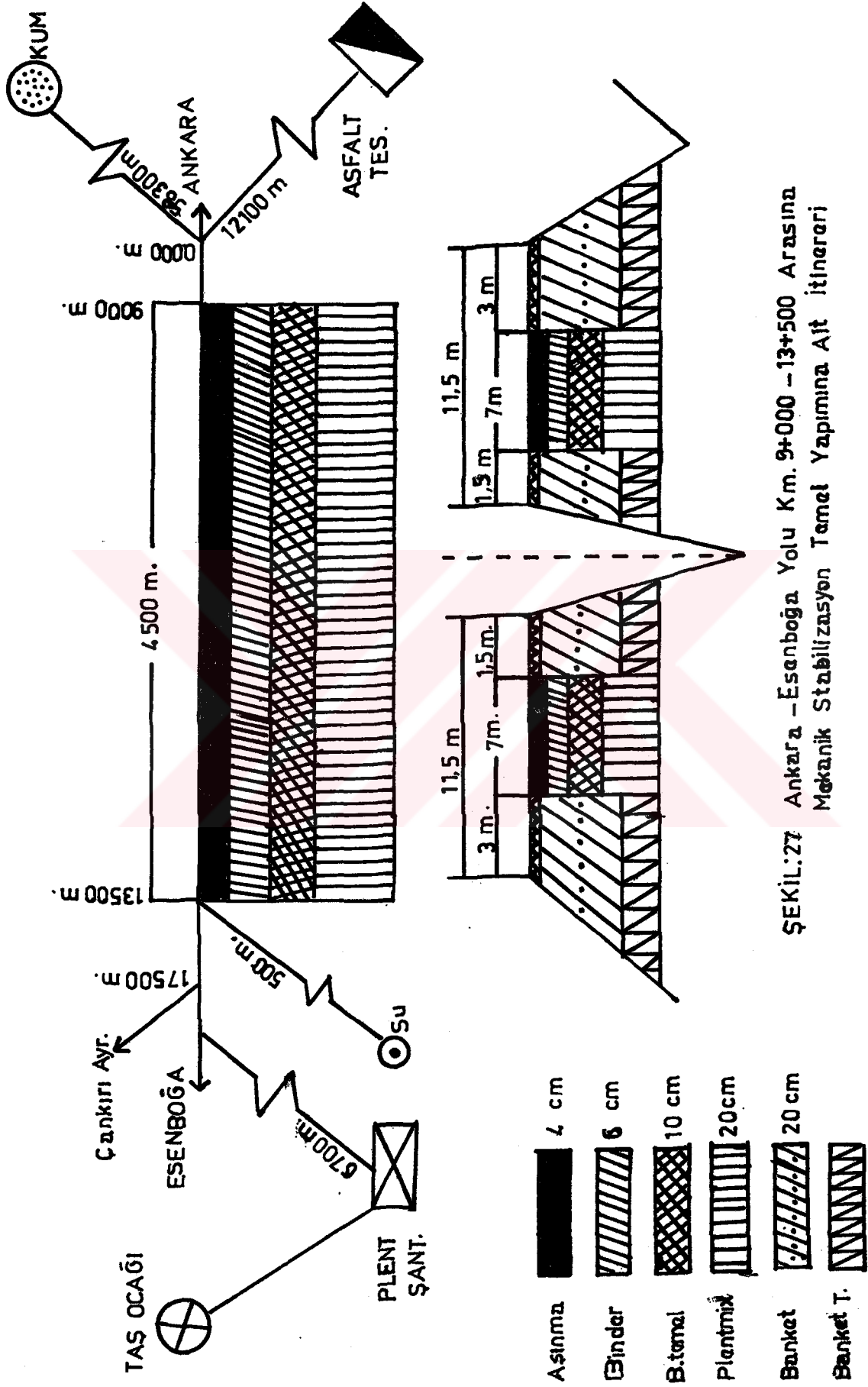
Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü tarafından 1977 yılında çalışma programına alınan " Ankara-Esenboğa Yolu Genişletme Projesi" 1985 yılında tamamlanabilmiştir. Uygulamaya esas teşkil eden bu yol genişletme projesinin uzun bir zamanda tamamlanmasının çok çeşitli nedenleri olduğu açıktır. Ancak, bu çalışmanın konusu bu nedenleri tartışmak olmayıp optimum bir çözüme ulaşmanın bilimsel yönlerini ortaya koyabilmektir. Ne varki, bu kadar uzun zamanda tamamlanan bir projenin tümüne ait optimum bir çözümün bulunmasının güçlüğü de ortadadır. Geçmiş yıllardaki yüksek enflasyon oran-

larıda dikkate alındığında bu güçlük gittikçe büyümektedir. Onun için uygulama konusu olan sözkonusu yol genişletme çalışmasına ait faaliyetler genel hatlarıyla belirlenip, bunlara ait şebekenin çizimi ve gerekli hesaplamaların yapılması daha tutarlı olacaktır. Çünkü adı geçen Müdürlük çalışmalarının bir kısmını ihale işler şeklinde yaptırmaktadır. İhale ve emanet yoluyla yaptırılan bu yol genişletme çalışmasına ait maliyet ve zaman dengelemesinin tüm proje gözönüne alınarak gerçekleştirilmesi mevcut imkanlarla oldukça güçtür. Bu yola ait şebekenin çiziminde köprü ve menfez gibi sanat yapıları ile toprak işlerine ait faaliyetler dışında kalan temel yapımı ve asfalt çalışmasına ilişkin faaliyetler esas alınmıştır. Yol, 23 kilometre uzunluğunda ve 7 metre genişliğinde bölünmüş yol standardındadır.

Yukarıdaki nedenler gözönüne alınarak çalışmanın uygulanması, "Ankara-Esenboğa Yolu Genişletme Projesi"nin ihale ile yaptırılan 4500 metre uzunluğundaki mekanik stabilizasyon temel yapımı üzerinde yoğunlaştırılmıştır(84).

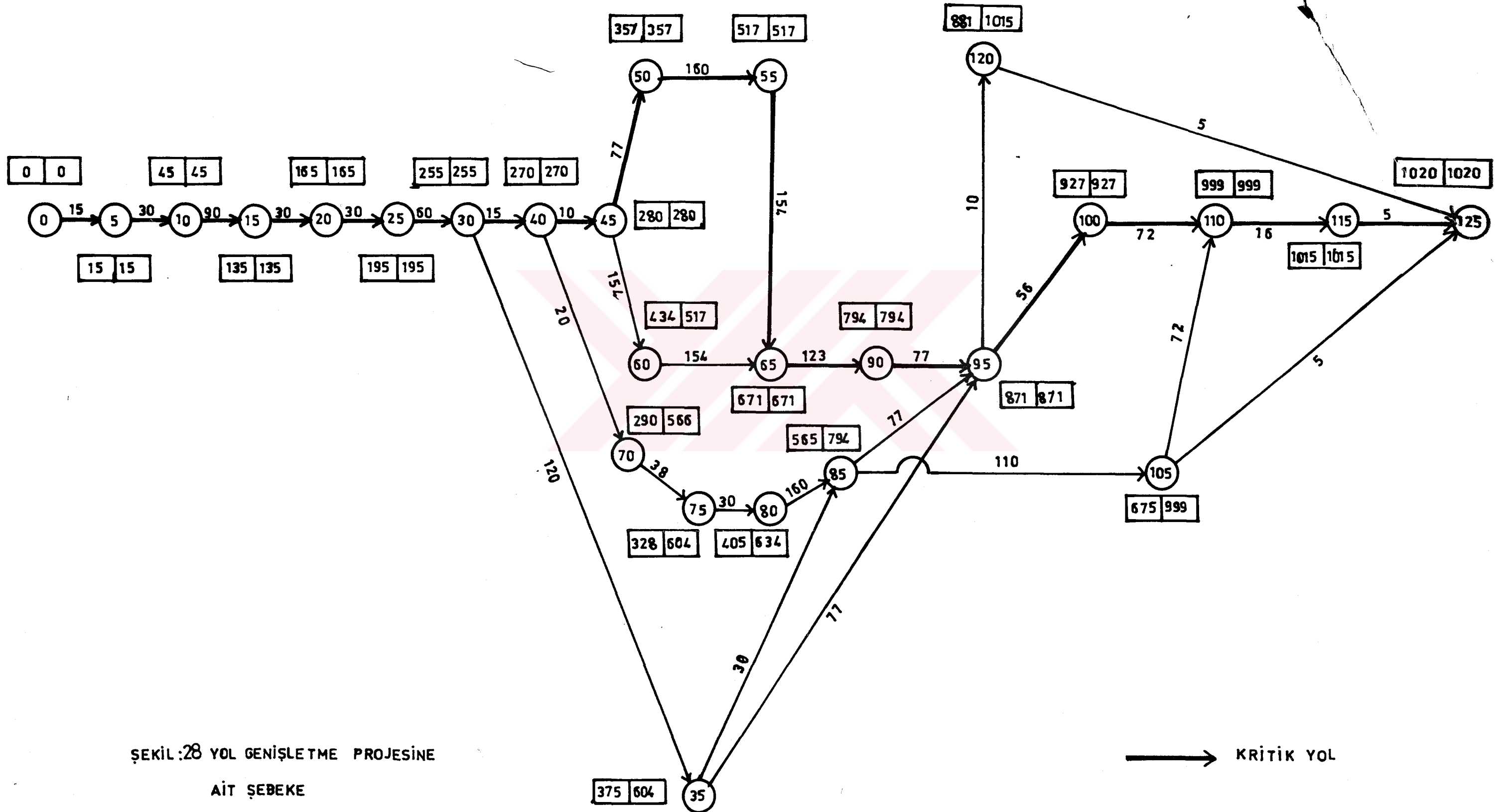
Yol yapımının teknik olarak hangi aşamaları izlediğini görebilmek için Şekil:27'de tipik bir yol kesiti de verilmiştir. Sanat yapıları ve toprak işleri tamamlandıktan sonra volun mekanik temel, bitümlü temel, binder ve aşınma tabakaları yapılmaktadır. Yol çizgilerinin çizilmesinden sonra trafik akışı başlatılmaktadır. Ayrıntılarına inildiğinde çok fazla sayıda işlemde oluşan yol yapımına ilişkin faaliyetler, bazı kısaltma ve birleştirmelere gidildikten sonra liste halinde Tablo:4'de sıralanmıştır. Tablodaki faaliyetlerin numaralandırılmasında 5-10-15...gibi bir sistemin uygulanmasındaki amaç, genel olarak belirlenen faaliyetlerin ayrıntıları sözkonusu olduğunda iki düğüm noktası arasındaki faaliyete ait ayrıntılı şebekenin çizilebilmesine imkan sağlamak içindir.

(84) Uygulama için gerekli bilgiler, Karavolları Genel Müdürlüğü ile Karavolları 4.Bölge Müdürlüğüne ait ihale dosyalarının incelenmesi sonucu elde edilmiştir. Ayrıca Ön-Gün A.Ş.'nin kavutlarından da faydalanılmıştır.



Tablo:4 Yol Genişletme Projesi Faaliyet Listesi

Faaliyet No	Faaliyet Adı	Faaliyet Süresi (Gün)	Önceki Faaliyet
0	Başlangıç	0	-
5	İlk etüd	15	0
10	Ön fizibilite	30	5
15	Esas etüd ve proje	90	10
20	Fizibilite çalışması	30	15
25	İhale hazırlanması	30	20
30	İhale onayı ve sözl.	60	25
40	Şantiye kurulması	15	30
45	Alt temel ve plentmix için ocak hazırlama	10	40
50	Alt temel malzeme nakli ve figure	77	45
55	Alt temel serilmesi ve sıkıştırma	160	50
60	Plentmix malzeme haz. ve nakli	154	45
65	Plentmix serme ve sıkıştırma	154	55,60
70	Taş ocak hazırlığı	20	40
75	Kırmataş (asf.için) hazırlama	38	70
80	Asfalt lab.çalışması	30	35,75
85	Ana ihzarat(asf.için)	160	80
35	Bitüm malzeme hazırl. ve nakli	120	30
90	Bitümlü temel	123	65,80
95	Binder tabaka	77	35,85,90
100	Banket alt temel	56	95
105	Kırmataş temel malz. hazırlama ve taşıma	110	85
110	Kırmataş temel tabaka	72	100,105
115	Banket sathi kaplama	16	110
120	Yol çizgilerinin çizilmesi	10	95
125	Yolun trafiğe açılması	5	105,115,120



ŞEKİL :28 YOL GENİŞLETME PROJESİNE
AİT ŞEBEKE

→ KRITİK YOL

Tablo:5 Projeye Ait Zamanlar ve Bolluklar

Ok	Süre	EEB	EGB	EET	EGT	TB	TB	Durumu
0-5	15	0	0	15	15	0	0	Kritik
5-10	30	15	15	45	45	0	0	Kritik
10-15	90	45	45	135	135	0	0	Kritik
15-20	30	135	135	165	165	0	0	Kritik
20-25	30	165	165	195	195	0	0	Kritik
25-30	60	195	195	255	255	0	0	Kritik
30-35	120	255	484	375	604	229	0	-
30-40	15	255	255	270	270	0	0	Kritik
40-45	10	270	270	280	280	0	0	Kritik
40-70	20	270	546	290	566	276	0	-
45-50	77	280	280	357	357	0	0	Kritik
45-60	154	280	363	434	517	83	0	-
50-55	160	357	357	517	517	0	0	Kritik
55-65	154	517	517	671	671	0	0	Kritik
60-65	154	434	517	588	671	83	83	-
70-75	38	290	566	328	604	276	0	-
75-80	30	328	604	358	634	276	47	-
35-80	30	375	604	405	634	229	0	-
80-85	160	405	634	565	794	229	0	-
65-90	123	671	671	794	794	0	0	Kritik
80-90	30	405	764	435	794	359	359	-
85-95	77	565	794	642	871	229	229	-
90-95	77	794	794	871	871	0	0	Kritik
35-95	77	375	794	452	871	419	419	-
85-105	110	565	889	675	999	324	0	-
95-100	56	871	871	927	927	0	0	Kritik
105-110	72	675	927	747	999	252	252	-
100-110	72	927	927	999	999	0	0	Kritik
95-120	10	881	1015	881	1015	134	0	-
110-115	16	999	999	1015	1015	0	0	Kritik
105-125	5	675	1015	680	1020	340	340	-
115-125	5	1015	1015	1020	1020	0	0	Kritik
120-125	5	881	1015	886	1020	134	134	-

Yol genişletme projesine ilişkin faaliyet sürelerinin tahmin edilmesi ve belirlenmesinde, Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü Asfalt Başmühendisliği ile, ilgili birimlerin uzmanlarının görüşlerinden ve yol yapım kayıtlarından faydalanılmıştır. Faaliyetlerin süreleri oklar üzerinde gösterilmektedir. Şebekeye ait diğer zaman hesaplamaları ve bolluk süreleri Tablo:5 'de toplu olarak gösterilmiştir. Tüm projenin tamamlanma süresi 1020 gündür. Projeye ilişkin maliyet ise, 422 Milyon TL dir(85).

Ankara-Esenboğa yolunun genişletilmesi projesinin şebeke çizimi yapılarak kritik yolun belirlenmesinden sonra, yolun bir bölümünün ihale yoluyla yaptırılan mekanik stabilizasyon işinin zaman ve maliyeti üzerinde daha ayrıntılı çalışmalar yapılabilir.

Ankara-Esenboğa Yolu 9000-13500 metreleri arasının mekanik stabilizasyon işi ihale edilmek suretiyle Ön-Gün A.Ş.'ne yaptırılmıştır. Yapılacak iş yeni bir yol çalışması olmayıp, heyelan alan kısımda bir varyant yapılması çalışmasıdır. Toprak işleri ile sanat yapıları gibi işler yapıldıktan sonra, işin çok acil olması ve asfalt çalışması mevsiminin bitimine az bir zaman kalması nedeniyle, yolun ihale edilerek kısa sürede yaptırılması amaçlanmıştır. Bu işe ait bazı bilgiler Tablo:6'da verilmiştir.

Yapılacak işin süresi, şantiye kurulmasından itibaren 40 gün olarak tesbit edilmiştir. İhale onayının tescil edilme işleminin Sayıştay'dan geç çıkması nedeniyle işin başlaması inşaat mevsiminin sonlarına doğru mümkün olabilmektedir. Toplam 16 gün çalışılarak projenin yüzde 34'ü gerçekleştirilmiştir. İdarenin (Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü) Sayıştay tescilini beklemeden müteahhidi işe başlatması mümkündür. Projenin başlama tarihini öne alarak kapasiteyi artırmak suretiyle tamamlanması sağlanabilmektedir. Ancak, daha önce, yapılacak işlerin miktarı ile maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir. İdare tarafından yapılan keşif sonucunda hazırlanan rapor Tablo:6'da verilmiştir.

(85) Karayolları Genel Müdürlüğü Çalışma Programı, Ankara, 1985.

Tablo:6 Projeye Ait Keşif Raporu

Yapılan İşlerin Çeşidi	Miktarı (ton)	Birim F. (Lira)	Tutarı (Lira)
51,44,32 mm'lik ag- rega hazırlanması	11875	1335,47	15858706
16 ve 13 mm'lik ag- rega hazırlanması	14250	1652,17	23543423
9,5mm,6,5mm,4,76mm, 0,84 mm'lik agreg a hazırlanması	21375	1693,48	36198135
Malzemenin kantar- la tartılması	50000	6,65	332500
Plent ünitesi ile mekanik stabilizas- yon hazırlanması	50000	592,89	29644500
Malzemenin finişer ile serilmesi ve sıkıştırılması	50000	950,33	47516500
Su nakli	2500	191,96	479900
Konkasörden plente agrega nakli	47500	682,01	32395475
Mekanik stabilizas- yon karışımının yo- la nakli	50000	707,01	35350500
		Toplam	221638638

Kaynak:Karayolları 4.Bölge Müdürlüğü Ankara-Esenbo-
ğa Yolu Mekanik Stabilizasyon İhale Dosyası.

Tablo:6 'daki maliyet rakamları toplam proje mali-
yetini ifade etmektedir.

İdarenin ve müteahhit firmanın projeye ilişkin he-
sap raporlarından faylanarak işe ilişkin faaliyet türleri-
ni belirlemek mümkündür.Ancak,hem faaliyetler arası bağ -
lantıların,hem de isin yapılış tarzının anlaşılabilir man-
tık bağlantılarının kurulabilmesi için,yol yapımına iliş-
kin bilgilere ihtiyaç vardır.İhale ile yaptırılan işler
İdarenin düzenlediği şartlar dahilinde yapılmaktadır.Me-

kanik stabilizasyon temel tabakasının yapılmasını ilgilendiren bilgiler ya da uyulması zorunlu kuralları şu şekilde özetlemek mümkündür(86):

Mekanik stabilizasyon temel tabakası;agrega adı verilen belirli büyüklük ve kırılmışlık limitlerine sahip çakıl,kırılmış çakıl,kırılmış taş veya ince malzemenin stabilizasyon plentlerinde su ile karıştırılarak daha önce hazırlanan alt temel tabakası üzerine tabaka olarak serilip sıkıştırılmasından meydana gelen bir yol yapım işlemidir. Bu karışım içindeki su oranı ile agrega büyüklükleri işyeri tarafından belirlenmektedir.Agrega büyüklükleri,konkasör makinasının eleklerinden geçen gradasyon limitleri olarak alınmakta ve milimetre cinsinden ifade edilmektedir.

Özel Fenni Şartname gereğince,plent kapasitesi gözönüne alınarak en az kesiksiz 15 gün çalışmaya yetecek seviyede malzeme hazırlanmalıdır.Bu malzemelerden kaba ve ince agrega grupları ayrı ayrı hazırlanacak ve plente uygun mesafede bir yere depo edilecektir.

Karışımın hazırlanmasında işyeri karışım yüzdeleri esas alınacaktır.Plent sık sık durdurulup çalıştırılmaksızın,gerekli malzeme ve su miktarında süreklilik sağlanacaktır.Bunun için yeterli kapasitede bir depo yaptırılacaktır.

Karışımın işyerine taşınması damperli kamyonlarla yapılacaktır.Kamyon adedi,plentin kapasitesi ve taşıma mesafesi gözönüne alınarak karışım plentinin kesiksiz çalışmasına imkan verecek miktarda olacaktır.

Plentte hazırlanan temel tabaka malzemesi,gereken esaslar dahilinde yapılmış alt temeller üzerine serilecektir.İnşaat mevsimi,Nisan-Ekim arasındır.Yağışlı ve karlı havalarda serim yapılmıyacaktır.Karışımın serimi için fişer veya agrega sericisi kullanılacaktır.Bir serilim tabakasının sıkıştırılmış kalınlığı 20 cm'den fazla olmayacaktır.Karışım yola serilir serilmez silindiraja başlanacaktır.Sıkıştırma işlemi en az 8 tonluk vibrasyonlu,8 tonluk demir-bandaajlı silindirlerle 15-30 tonluk kendinden

(86) Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,Karayolları Genel Müdürlüğü,Özel Fenni Şartname,Ankara:Keşif ve Şartname Şube Müdürlüğü,1985,s.19-23.

yürür lastik tekerlekli silindirlerle yapılacaktır. Vibrasyonlu silindir in sıkıştırma sırasındaki hızı 5 km/saat'ten fazla olmayacaktır. 500 ton/gün'lük plent kapasitesi için bir silindir, daha fazla kapasite için en az iki adet vibrasyonlu silindir kullanılacaktır. Ara ve son silindiraj, demir-bandajlı veya lastik tekerlekli silindirlerle yapılabilir.

Müteahhid firmanın işin yapılmasında kullandığı makineler ve kapasiteleri şöyledir:

1. Mekanik Stabilizasyon Plenti (1 adet):	1750 ton/gün
2. Konkasör (1 adet)	: 1750 ton/gün
3. Finişer (1 adet)	: 1750 ton/gün
4. Yükleyici (1 adet)	: 2 yarda ³
5. Silindir (2 adet vibrasyonlu)	: 10 tonluk
6. Silindir (1 adet demir-bandajlı)	: 10 tonluk
7. Silindir (1 adet lastik tekerlekli)	: 25 tonluk
8. Kamyon	: 200 ton/saat
9. Su tankı (2 adet)	: 15 tonluk

Firma tarafından yapılan yolda kullanılan karışım oranı ve miktarları da şöyledir:

Yapılan mekanik: 16122,798 ton.

Dizayn : %30-25mm.

%25-13mm.

%45-4,76mm.

Su yüzdesi : %4,21

Su miktarı : 16122,798 (0,0421) 678,770 ton.

Agrega : 16122,798 - 678,770 15444,028 ton

Müteahhit firma 16 günlük çalışma ile işin %34'ünü yani, 1530 metrelik kısmını 16122,798 ton malzeme kullanarak, işçilik masraflarında içinde olmak üzere 74538845 TL na tamamlamıştır. İşin başlama ve bitiş tarihleri arasında kalan 16 gün tamamen çalışılmamıştır. Çalışma süresi günde 10 saat, haftada 7 gündür. İşin başlangıç tarihi olan 12 Ekim 1985 günü ile işin bırakıldığı 28 Ekim 1985 günleri arasında yağmursuz geçen gün sayısı 8 gündür (87). Yağmurlu

(87) Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara iline ait 1985 yılı, Hava Durumu Kayıtları.

günler çalışma süresini ortalama 6 gün kısaltmıştır. Böylece çalışılan işgünü sayısı 10 güne inmiştir. Bu zaman süresince günde ortalama 1544 ton mekanik stabilizasyon temel yapılmıştır.

Yapılan işe ait faaliyetler şu şekilde sıralanabilir.

Tablo:7 İşlem Listesi

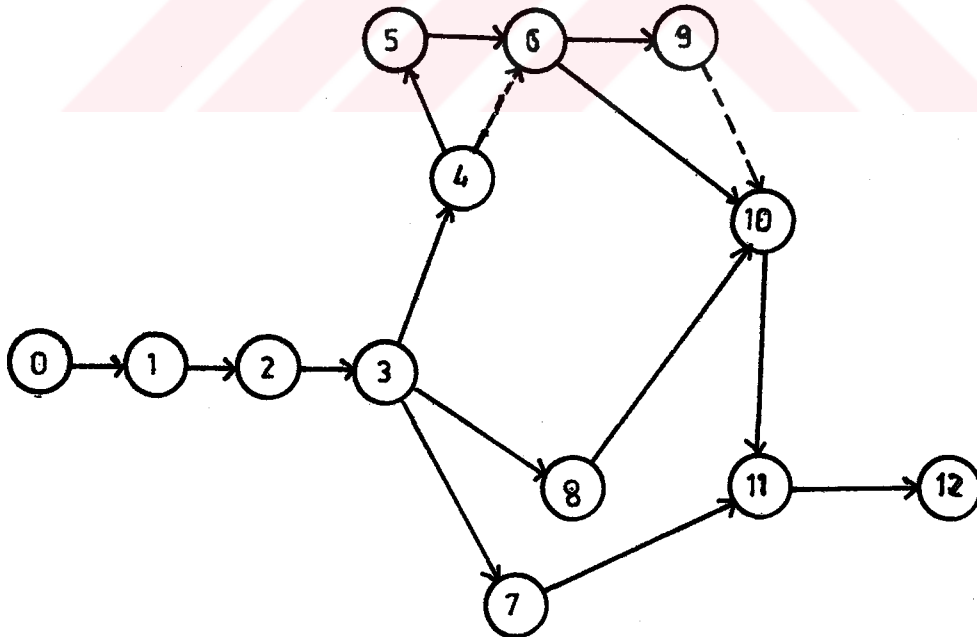
Faaliyet No	Faaliyetin Adı
0-1	Proje Çalışması
1-2	İhalenin hazırlanması ve onayı
2-3	Sayıştay Vizesi
3-4	Şantiye Kurulması
4-5	Ocak Hazırlığı
5-6	Agrega hazırlanması
4-7	Yolun, alt temel bozuklukları için figüre temini
7-11	Alt temel bozukluklarının giderilmesi
4-8	Su temini ve depolanması
6-10	Plent ünitesiyle mekanik stabilizasyon hazırlanması
8-10	Suyun karışım ünitesine aktarılması
6-9	İhtiyat için agrega depolama
9-10	Kukla faaliyet
10-11	Karışımın yola nakli
11-12	Karışımın serilmesi ve sıkıştırılması

Proje planlamasının istenilen sonuçları verebilmesi gelecekte ortaya çıkabilecek durumların doğru tahmin edilmesine bağlıdır. Proje ile ilgili tesbitler şunlardır:

Meteoroloji tahminleri incelenerek Sonbahar yağmurlarının 18 Ekim 1985'te başlayacağı tahmin edilmektedir. (Bu tahminlerin, proje başlamadan önce, iyi bir planlama yapılması için yapıldığı varsayılmaktadır). Bu nedenle 40 günlük proje süresi için işin başlama tarihi 8 Eylül 1985

olarak tesbit edilmektedir. Günde ortalama, 1250 ton mekanik stabilizasyon hazırlanıp serilecektir (keşif raporuna göre). Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü, işin başlamasının gecikmemesi için müteahhide 5160 ton agrega teslim etmiştir. 60 tonluk su deposu mevcut olup, günlük su ihtiyacı 53 tondur. Ayrıca 15'er tonluk 2 su tankeri mevcuttur.

"Ankara-Esenboğa Yolu Genişletme Projesi" ne ait esas şebekede 60-65 olayları arasındaki mekanik stabilizasyon temel tabakası yapımının ayrıntılı faaliyetleri Tablo:7 de sıralandıktan sonra ayrıntılı bir şebeke çizilebilmektedir (Şekil:29). Ancak, burada yapılmak istenen, işin başlangıç tarihinin öne alınarak projenin programlanan 40 günlük süreye kadar tamamlanması için gerekli uygun çalışma günlerinin sağlanmasıdır. Ayrıca, miktarı keşif raporunda belirtilen malzemenin temin edilerek yola serilip sıkıştırılması işlemiyle ilgili olarak fazla kaynak kullanılmasının uygun olduğu (kapasite artırılarak) dikkate alınarak; fazla kaynak kullanılması halinde zamanın ne kadar kısalmabileceği hesaplanmıştır.



Şekil:29 Projeye Ait Şebeke

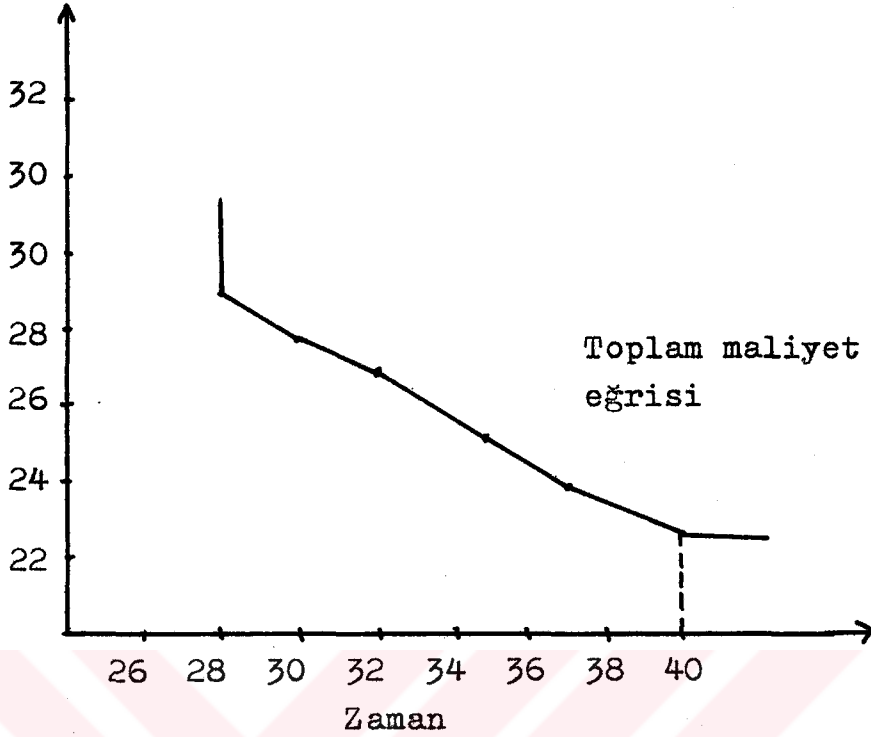
Projeye ilişkin şebeke çizildikten sonra, tek tek faaliyetler üzerinde sıkıştırma yapmak yerine, bütün işlemin birbirine bağlı olması nedeniyle ilave kaynak kullanımını (kapasite artışı) yoluyla sürenin kısaldığı ve kısalmıyacağı araştırılarak optimum çözüme ulaşmak mümkündür. Yani, burada bir tek faaliyeti kısaltmak anlamsızdır. Çünkü, bir işlemin kısaltılması aynı miktarda diğer işlerde yansımaktadır.

Programlanan 40 günlük süre, plant, konkasör ve finişere ait kapasitelerin 1250 ton/gün hesabına göre bulunmuştur. Oysa bu makinalara ilişkin kapasiteler uygulamada 1750 tOn/gündür. Bir yandan işe başlama tarihi öne alınarak çalışılabilecek gün sayısı artırılırken, diğer yandan kaynak ilavesi (kapasite artırımı) yoluyla proje süresinin kısaltılması sağlanabilmektedir. Böylece bir günde üretilip serilen ve sıkıştırılan malzeme miktarı artırılarak tamamlanma zamanı azaltılabilecektir. Dolayısıyla acil olan bu iş zamanında veya zamanından önce tamamlanarak gelecek inşaat mevsimine bırakılmayacaktır.

Kapasite artırılarak bir günde yapılan iş miktarı artırıldığında maliyet artışı meydana gelmektedir. İlave kaynak kullanılarak süre kısaltılırken hesaplanan maliyet toplamları şöyledir:

<u>Kapasite (ton/gün)</u>	<u>Proje Maliyeti (.000 TL)</u>	<u>Proje Süresi (gün)</u>
1250	221638	40
1350	238261	37
1450	249343	35
1550	265966	32
1650	277048	30
1750	288130	28

Toplam proje maliyeti içerisinde dolaylı ve dolaysız maliyetlerde bulunduğundan ayrıca bu maliyetleri hesaplamaya gerek olmadan toplam maliyet eğrisi çizilebilir. (Şekil:50).



Şekil:30 Optimum Çözüm Grafiği

Şekil:30'deki grafikte toplam maliyet eğrisinin minimum eğime sahip olduğu nokta 40 günlük proje süresine karşılık gelmektedir. İdarece tesbit edilen süre uygun bir süre olmasına karşın planlama yetersizliği nedeniyle proje tamamlanamamıştır. Projenin daha kısa sürede tamamlanması, işin acil olmasından dolayı gerçekleştirilmeliydi. Yani, proje zaman eksenindeki sürelerin herhangi birinde maliyet artışına rağmen gerçekleştirilme imkanına sahiptir. Buradaki maliyet artışı, işin bir sonraki inşaat mevsimine kalmasından dolayı meydana gelecek maliyet artışından daha önemsiz kalmaktadır.

SONUÇ 1080

Çağımızın hızla gelişen teknolojik yapısı, ülkeleri olduğu kadar işletmeleri de etkilemektedir. Yeniliklere, yeni teknolojilere uyum sağlama sorunu, artık her tür işletmeyi ilgilendiren bir problem haline gelmiştir. Öyle ki işletmelerin yaşayabilmeleri ve gelişebilmeleri yeni durumlara uyum sağlayabilme güçlerine bağlanmıştır.

Teknolojik gelişme içinde bilgisayarlar yeniliklerin bir yönünü oluştururken, diğer taraftan bu teknolojiye dayalı yönetim sistemlerinin geliştirilmesi de yeniliklerin başka bir yönüdür. Proje planlaması da bir yönetim ve koordinasyon sağlama olayı olarak en iyi kararların alınmasına yardımcı olmaktadır. İşletme faaliyetlerinin veya projelerin en kısa zamanda ve en az maliyetle tamamlanması yönetimin başta gelen amaçları arasında yer almaktadır. Bu konu, işletme yöneticilerini eskiden beri ilgilendirmekle beraber, asıl gelişmeler 1950 yıllarından sonra gözlenmektedir. Gelişmeler sayesinde, proje planlamasına daha modern yöntemler getirilmektedir.

Proje planlaması alanında şebeke analizlerine dayalı metodların ayrı bir yeri vardır. Proje bir bütün olarak ele alınarak, faaliyetlerin bu bütünlük içindeki karşılıklı ilişkileri ortaya konulmak suretiyle yalnız küçük projelerin değil, aynı zamanda büyük ve kompleks projelerin de modern metodlarla planlaması mümkün hale gelmiştir.

Projenin en kısa zamanda bitirilmesi problemine yeni bir yaklaşım getiren "Kritik Yol Metodu" ile işlemler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak, projenin daha kısa sürede tamamlanıp tamamlanamayacağı analiz edilebilmektedir. Faaliyet zamanlarının ya da tüm proje zamanının kısaltılabilmesi için gerekli ilave kaynak maliyetinin de minimum seviyede tutularak optimum bir çözüme ulaşılması, kritik yol metodu ile mümkün olmaktadır. Böylece, en uygun za-

manda ve en uygun maliyetle proje planlaması, işletmelere önemli avantajlar kazandırmaktadır. Bu metodun uygulanmasında gerek hesaplamaların el ile yapılması geçerliliğini korurken, büyük projelerde bilgisayar kullanılması zorunlu olmaktadır. Kısaca denilebilir ki, kritik yol metoduna dayalı proje planlaması ile proje yöneticileri, projeleri zamanında veya zamanından önce bitirebilme imkanına sahip olmuşlardır.

Uygulamada, geleneksel yöntemlerle planlanan projelerin tamamlanmalarının geciktiği yaygın olarak görülmektedir. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerdeki kamu yatırımlarının geç bitirilmesinin önemli bir nedeni olarak, planlamadaki eksiklikten sözedilebilir. Kritik yol metoduna dayalı proje planlaması yapıldığı takdirde bu yatırımların zamanında hatta zamanından önce tamamlanması mümkün olabilecektir. Böylece zaman ve maliyetin optimum bir seviyede dengelenmesi sağlanarak ekonomik gelişmelere güç kazandırılmış olacaktır.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- Akmut, Özdemir. Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Basımevi, 1976.
- Antill, M. James, Ronald W. Woodhead. Critical Path Methods in Construction Practice. Third Edition, A. Wiley Interscience Publication, 1982.
- Archibald, D. Russel and Richard L. Villoria. Network Based Management Systems, PERT-CPM. New York: John Wiley and Sons Inc., 1967.
- Can, Halil, Meral Tecer. İşletme Yönetimi. Ankara: TODAİE Yayını, 1978.
- Çetmeli, Enver. Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge (CPM) ve PERT Metodları. Birinci Baskı. İstanbul, 1972.
- Ekonomi Ansiklopedisi. 3. Cilt. İstanbul: Paymaş Yayınları, 1984.
- Levin, I. Richard, Charles A. Kirkpatrick. PERT ve CPM ile Planlama ve Denetim. Ankara: ODTÜ Yayını, 1968.
- Lockyer, K. G. A Introduction to Critical Path Analysis. Third Edition. London: Sir Isaac Pitman and Sons Ltd., 1969.
- Martino, R. L. Project Management and Control. Volume I. New York: American Management Association, 1964.
- _____. Proje İdaresi ve Kontrolü. Cilt 2. Çeviren: C. Cahit Yalçın. Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını, 1967.
- _____. Critical Path Networks. Management Development Institute Inc., Pennsylvania, 1967.
- Tatar, Tefvik. İşletmeciliğin Temel Kuralları. Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, ().
- Thornley-Gail. Critical Path Analysis in Practice. Collected Papers on Project Control. Edited by Gail Thornley, Tavistock Publications, 1968.

T. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi