

İnşaat Yatırımlarında Öncelik Kuralları Performanslarının İncelenmesi

Recep KANIT*, Ömer ÖZKAN**, Mürsel ERDAL*

*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

** Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Alaplı M.Y.O. ZONGULDAK

ÖZET

Sezgisel yöntemlerle proje programlama her zaman optimum sonucu vermemektedir. Ancak, inşaat yatırımları gibi faaliyet sayısı çok fazla olan projelerin programlanmasında sezgisel yöntemlerin kullanılması zorunluluk halini almaktadır. Çalışmamızda üç farklı öncelik kuralının, Türkiye’de Temel İlköğretim okulları kapsamında yürütülen proje üzerinde performansı incelenmiştir. Proje, 79 adet işlemden ve her işlemde kullanılan 11 farklı kaynaktan oluşmaktadır. Kaynakların sınırsız olduğu durumda proje süresi 226 gün, kaynakların sınırlı tutulduğu durumda; İşlemin başlangıcından proje sonuna kadar geçen zamanın büyük olması önceliğinde 260 gün, bolluk miktarı en az olan işlemin önce programlanması önceliğinde 262 gün, geç başlama zamanı küçük olan işlem önce programlanır önceliğinde ise 259 gün proje süresi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Proje programlama, Sınırlı kaynaklar, Sezgisel metotlar, Öncelik kuralı

Examination of the Performances of Priority Rules in Construction Investments

ABSTRACT

Project scheduling with heuristic algorithms can not always reach the optimum solution. However large projects having numerous facilities such as construction projects, require the use of heuristic algorithms. In this study, performances of three different priority rules were tested on a basic primary school project in Turkey. Project is composed of 78 facilities and 11 different sources that are used in every facility. Project duration is obtained as 226 days, for unconstrained sources. For constrained sources cases if the priority rule is the facility having longest time span from the start to end of the project will programmed first, 260 days, if the priority rule is the facility which has the longest slack time will programmed first, 262 days, if the priority rule is the facility which has the smallest late start time will programmed first 259 days are obtained.

Key Words: Project scheduling, Constrained-sources, Heuristic methods, Priority rule

1. GİRİŞ

Kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda üç ana programlama yöntemi ile çözüm yapılabilmektedir. Bunlardan biri de Sezgisel Yöntemler ile çözüm yapan programlama modelleridir. Sezgisel yöntemler, tespit edilmiş herhangi bir kurala, çözümü basitleştirici bir ilkeye, bulguya yada basit bir işleme dayanırlar. Çok büyük bir çözüm kümesinin ve olasılığının daha küçük bir kümeye/kümelere indirgenmesi ile çözüme ulaşırlar (1). Sezgisel yöntemler iki temel konu üzerine yoğunlaşırlar. Bunlardan ilki zamanın (2,3) ikincisi de proje maliyetinin minimum yapılmasıdır (4-8). Araştırmacılar, bu iki ana konuyu minimize edecek çözüm algoritmaları üretmişlerdir (9,10,11). Sezgisel algoritmalar, büyük olasılıklar içinde en iyiye yakın yada önceden tespit edilmiş değerlendirme ölçütlerine göre yeterli sayılabilecek çözümleri sağlayan yöntemlerdir (12).

Sezgisel yöntemlerin en iyi çözümü sağlayıp sağlamadığı, karşılaştırma yapılmadan anlaşılmaz. Bir sezgisel yöntemin etkinliği için bazı yargılara varılabilir.

İyi bir sezgisel yöntem, büyük olasılıkla her zaman en iyiye yakın yada önceden belirlenen değerlendirme ölçütlerine göre yeterli sayılabilecek çözümleri sağlar. Matematiksel yöntemler en iyi çözümü mutlaka sağlamak amacıyla geliştirilirken sezgisel yöntemlerde amaç etkin ve güvenilirliği yüksek olan en iyi çözüm stratejilerinin geliştirilmesidir (12).

Sezgisel yöntemlerin kullanıldığı proje programlama çalışmalarında, proje süresinin kısaltılması basit öncelik kuralları kullanılarak yapılabilir. Bu kurallar şu şekilde sıralanabilir (13,14,15);

- Önce gelen faaliyet önce,
- Minimum geç başlama zamanı olan faaliyet önce,
- Minimum erken bitiş zamanı olan faaliyet önce,
- Minimum geç bitiş zamanı olan faaliyet önce,
- En az bolluğu olan faaliyet önce,
- En kısa faaliyet süresi olan faaliyet önce,

- En uzun faaliyet süresi olan faaliyet önce,
- Kendinden sonra gelen faaliyet sayısı en fazla olan önce,
- Kendinden sonra gelen faaliyet sayısı en az olan önce,
- Kendinden sonra gelen faaliyetlerden en az boluğa sahip olan önce,
- Toplam eşdeğer kaynak süresi en fazla olan faaliyet önce.

Kullanılan öncelik kurallarının performansları, projenin büyüklüğüne ve kullanılan kaynak sayısına göre farklı sonuçlar vermektedir. Sınırlı kaynak içeren proje programlamalarında, nakit akışlarının öncelik kuralları ile çözülmesi istenen 60 adet proje test edilmiştir. Önerilen yöntem diğer öncelik yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Test edilen yöntem “Minimum başlama zamanı” ve “kısa faaliyet zamanı” yöntemlerinin bir karışımıdır. Bu yöntem; “geç başlama ve kısa faaliyet yöntemi” adı verilmiştir. Bu yöntem; minimum bolluk, minimum geç başlama zamanı ve minimum geç bitiş zamanı gibi önceliklerine göre daha performanslı bulunmuştur (16).

Patterson ve Davis, 83 farklı proje üzerinde öncelik kurallarını incelemişlerdir. Bu öncelik kurallarının en iyi sonucu verdikleri proje sayısını ve en iyi sonucu aşma oranlarını belirlemişlerdir (17). Bu çalışmanın sonuçları Tablo 1’de görülmektedir.

Paralel yönetim stratejisinin izlendiği yinelenemeyen kaynakların kısıtlı olduğu 78 adet projenin çözümü yapılmıştır. Bu çözümlerde dört farklı öncelik ku-

gulan 78 adet problemin sonuçları Tablo 2’de verilmiştir (20).

Bu çalışmalardan da görüldüğü gibi, öncelik kurallarının performansları farklı projelerde farklı sonuçlar vermektedir. İnşaat projeleri gibi kendine özgü kuralları ve kaynakları olan projelerde, öncelik kurallarının performansları bu çalışma ile test edilecektir.

2. PROJE ALGORİTMASI VE ÖNCELİK KURALLARI

Proje süresi; proje boyutları, kullanılan kaynak sayısı ve kısıt miktarlarından etkilenmektedir. Kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda kullanılan öncelik kuralları da bu özelliklere bağlı olarak farklı sonuçlar vermektedir. Bu durumda, proje süresini minimum yapacak olan öncelik kuralı belirlenmelidir. Çalışmamızda literatürde pek çok çalışma ile bilinen öncelik kuralları kullanılmıştır. Proje öncelik kuralı algoritması Şekil 1’de görülmektedir.

Çalışmada bugüne kadar özerinde bir çok çalışmanın yapıldığı üç farklı öncelik kuralı kullanılacaktır. Bu öncelik kuralları;

- İşlemin başlangıcından proje sonuna kadar geçen zamanın (MRPL) büyük olması önceliği $MRPL = T_p^E - T_i^E - S_{ij}$ bu şekilde hesaplanmaktadır. MRPL değerinin büyük olması işlemin önce programlanmasını gerektirir.

T_p^E : Proje süresi

T_i^E : İşlem başlangıç süresi

S_{ij} : İşlem bolluğu

Tablo 1. Sezgisel algoritmalarda öncelik kuralları ve performansları

Sonuçlar	Sezgisel Öncelikler							
	MNSLK	RSM	LFT	RAN	GRU	GRD	SIO	MJP
Optimum süreyi aşma oranı (%)	5,6	6,8	6,7	11,4	13,1	13,1	15,3	16
Optimum süreyi veren problem sayısı	24	12	17	4	2	11	1	2

MNSLK : En az bolluğu olan en önce

RSM : Kaynak sıralama yöntemi

LFT : Minimum geç başlama zamanı

RAN : Rassal faaliyet Seçimi

GRU : En fazla kaynak kullanan

GRD : En fazla kaynak talebi

SIO : En kısa süreli iş

MJP : Mümkün olan fazla iş

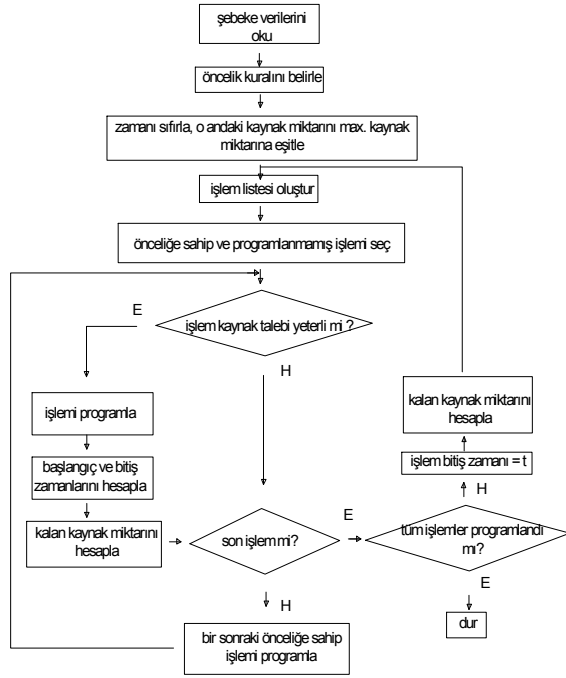
ralı esas alınmıştır. Bu stratejiler; minimum bolluk (MNSLK), en geç bitiş zamanı (LFT), yerel kısıtların baz alındığı (LCBA), LI-WI algoritması (18), ağırlıklı kaynakların kullanıldığı WRUP (19) algoritmasıdır. Uy-

- Bolluk miktarı en az olan işlemin önce programlanması (MNSLK) önceliği,

- Geç başlama zamanı küçük olan işlem önce programlanır (LFT) önceliğidir.

Tablo 2. İlk ileri programlama ve iterasyonlu programlama

Optimal sonuç sayısı	MNSLK	LFT	WRUP	LCBA	LI-WI
İlk ileri programlama	17	7	26	40	9
iterasyonlu programlama	24	22	35	56	16



Şekil 1. Öncelik kuralı algoritması

3. UYGULAMA

Projemiz 79 adet işlem ve 11 adet kaynaktan oluşmaktadır. İşlemlerin proje bilgileri, kullandıkları kaynak miktarları ve günlük kaynak kısıtı Ek 1’de verilmiştir. Projenin MEB tarafından önerilen yapım süresi 330 takvim günüdür. Kış aylarında çalışılmayan süre 60

gün, tesisat ve bitirme işleri süresi de 30 gün alınmıştır. Geriye kalan 240 günlük sürenin yarısı kaba, yarısı da ince işler için ayrılmıştır (21).

Kaba ve ince işler için ayrılan süreler, her işlemin imalat miktarı dikkate alınarak işlemlere dağıtılmıştır. Her işlemin, kendine ayrılan süre içinde tamamlanabilmesi için gerekli olan malzeme, işçilik ve makine kaynakları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri esas alınarak yapılmıştır (22).

3.1. Kaynak Kısıtsız Proje Programlama

Proje işlemlerinin başlangıç ve bitiş düğüm noktaları ile faaliyetlerin süreleri Visual Basic dilinde yazılmış olan programa yüklenmiştir. Bu yükleme sonucunda algoritmada da belirtildiği gibi Erken Başlama (ES), Erken Bitiş (EF), Geç Başlama (LS), Geç Bitiş (LF), Bolluk (S) ve her faaliyetin başlangıç (B) ve bitiş (F) zamanları program tarafından hesaplanarak bir tablo oluşturulur (Tablo 3). Proje faaliyetlerinin değerlerinin hesaplanmasıyla projeye ait Gantt diyagramı program tarafından çizilir. Bu diyagramda faaliyetlerin hangi günler içinde yapılacağı ve günlük olarak hangi kaynaklara ihtiyaç duyulacağı program tarafından verilir. Yapımı öngörülen süreye göre, kısıtsız kaynak koşullarında programın yaptığı çözüm 226 gün almıştır.

Daha sonra programa her bir öncelik kuralı manuel olarak yüklenmektedir. Tablo 3’te her işlemin üç farklı öncelik kuralına göre programlama sırası verilmektedir.

Tablo 3. Proje faaliyet değerleri

No	Faaliyet Tanımı	Kritik Faaliyet	t	ES	EF	LS	LF	S	B	F	MRPL	Öncelik Sırası		
												MRPL	MNSLK	LFT
1	Şantiye Kurulması	E	10	0	10	0	10	0	0	10	226	1	1	1
2	Kazı Yapılması	E	7	10	17	10	17	0	10	17	216	2	2	2
3	Temel Altı Grobeton	E	2	17	19	17	19	0	17	19	209	3	3	3
4	Temel Demir Hazırlık	E	10	19	29	19	29	0	19	29	207	4	4	5
5	Temel demir Montaj	E	3	29	32	29	32	0	29	32	197	7	5	6
6	Temel Kalıp hazırlık	H	1	17	18	27	28	10	17	18	199	5	6	4
7	Temel Kalıp Montaj	H	4	18	22	28	32	10	18	22	198	6	7	7
8	Temel Beton	E	8	32	40	32	40	0	32	40	194	8	8	8
9	Beton Kürü	E	7	40	47	40	47	0	40	47	186	9	9	9
10	Temel kalıp Sökülmesi	E	3	47	50	47	50	0	47	50	179	10	10	10
11	Temel Üstü Blokaj	E	3	50	53	50	53	0	50	53	176	12	11	12
12	Temel Üstü Grobeton	E	2	53	55	53	55	0	53	55	173	14	12	14
13	Bodrum Demir Hazırlık	H	5	55	60	60	65	5	55	60	166	18	15	18
14	Bodrum demir Montaj	H	2	60	62	65	67	5	60	62	161	22	16	21
15	Bodrum kalıp Hazırlık	E	2	55	57	55	57	0	55	57	171	16	13	15
16	Bodrum kalıp Montaj	E	10	57	67	57	67	0	57	67	169	17	14	22
17	Bodrum Beton	E	6	67	73	67	73	0	67	73	159	24	17	23
18	Beton Kürü	E	7	73	80	73	80	0	73	80	153	25	18	25
19	Bodrum Kalıp Sökül.	E	5	80	85	80	85	0	80	85	146	27	19	28
20	Zemin demir Hazırlık	H	5	85	90	90	95	5	85	90	136	34	22	33

21	Zemin Demir Montaj	H	2	90	92	95	97	5	90	92	131	36	23	34
22	Zemin kalıp Hazırlık	E	2	85	87	85	87	0	85	87	141	30	20	30
23	Zemin kalıp Montaj	E	10	87	97	87	97	0	87	97	139	32	21	35
24	Zemin Beton	E	6	97	103	97	103	0	97	103	129	38	24	39
25	Beton Kürü	E	7	103	110	103	110	0	103	110	123	39	25	41
26	Zemin kalıp Sökülmesi	E	5	110	115	110	115	0	110	115	116	43	26	43
27	1 Kat Demir Hazırlık	H	5	115	120	121	126	6	115	120	105	49	29	47
28	1 Kat Demir Montaj	H	2	120	122	126	128	6	120	122	100	51	30	49
29	1. Kat Kalıp Hazırlık	E	2	115	117	115	117	0	115	117	111	45	27	44
30	1. Kat Kalıp Montaj	E	11	117	128	117	128	0	117	128	109	46	28	50
31	1. Kat Beton	E	6	128	134	128	134	0	128	134	98	53	31	53
32	Beton Kürü	E	7	134	141	134	141	0	134	141	92	55	32	55
33	1. Kat Kalıp Sökülmesi	E	5	141	146	141	146	0	141	146	85	57	33	57
34	Kazı Yapılması	H	2	10	12	49	51	39	10	12	177	11	34	11
35	Temel Altı Grobeton	H	2	12	14	51	53	39	12	14	175	13	35	13
36	Temel Demir Hazırlık	H	10	14	24	53	63	39	14	24	173	15	36	17
37	Temel demir Montaj	H	3	24	27	63	66	39	24	27	163	21	37	19
38	Temel Kalıp hazırlık	H	1	14	15	61	62	47	14	15	165	19	38	16
39	Temel Kalıp Montaj	H	4	15	19	62	66	47	15	19	164	20	39	20
40	Temel Beton	H	8	27	35	66	74	39	27	35	160	23	40	24
41	Beton Kürü	H	7	35	42	74	81	39	35	42	152	26	41	26
42	Temel kalıp Sökülmesi	H	3	42	45	81	84	39	42	45	145	28	42	29
43	Temel Üstü Blokaç	H	2	45	47	84	86	39	45	47	142	29	43	31
44	Temel Üstü Grobeton	H	2	47	49	86	88	39	47	49	140	31	44	36
45	Zemin demir Hazırlık	H	3	49	52	96	99	47	49	52	130	37	47	37
46	Zemin Demir Montaj	H	1	52	53	99	100	47	52	53	127	40	48	32
47	Zemin kalıp Hazırlık	H	2	49	51	88	90	39	49	51	138	33	45	38
48	Zemin kalıp Montaj	H	10	51	61	90	100	39	51	61	136	35	46	40
49	Zemin Beton	H	6	61	67	100	106	39	61	67	126	41	49	42
50	Beton Kürü	H	7	67	74	106	113	39	67	74	120	42	50	45
51	Zemin kalıp Sökülmesi	H	4	74	78	113	117	39	74	78	113	44	51	48
52	1. Kat Demir Hazırlık	H	5	78	83	122	127	44	78	83	104	50	54	51
53	1. Kat Demir Montaj	H	2	83	85	127	129	44	83	85	99	52	55	46
54	1. Kat Kalıp Hazırlık	H	2	78	80	117	119	39	78	80	109	47	52	52
55	1. Kat Kalıp Montaj	H	10	80	90	119	129	39	80	90	107	48	53	54
56	1. Kat Beton	H	6	90	96	129	135	39	90	96	97	54	56	56
57	Beton Kürü	H	7	96	103	135	142	39	96	103	91	56	57	58
58	1. Kat Kalıp Sökülmesi	H	4	103	107	142	146	39	103	107	84	58	58	59
59	Çatı yapılması	E	10	146	156	146	156	0	146	156	80	59	59	60
60	Çatı kaplaması	E	5	156	161	156	161	0	156	161	70	60	60	61
61	A Blok Tuğla Duvar	E	10	161	171	161	171	0	161	171	65	61	61	63
62	A Blok İç Sıva	E	17	171	188	171	188	0	171	188	55	62	62	65
63	A Blok İç Boya ve duv.	E	3	188	191	188	191	0	188	191	38	67	63	66
64	A Blok Doğrama İşleri	H	3	171	174	188	191	17	171	174	38	68	66	64
65	A Blok Dış Sıva İşleri	H	13	171	184	175	188	4	171	184	51	64	64	67
66	A Blok Dış Boya İşleri	H	3	184	187	188	191	4	184	187	38	69	65	68
67	A Blok Tesviye Betonu	E	4	191	195	191	195	0	191	195	35	70	67	75
68	A Blok Yer Kaplamaları	E	13	195	208	195	208	0	195	208	31	74	68	62
69	B Blok Tuğla Duvar	H	9	161	170	176	185	15	161	170	50	63	69	70
70	B Blok İç Sıva	H	11	170	181	185	196	15	170	181	41	65	70	71
71	B Blok İç Boya ve duv.	H	2	181	183	196	198	15	181	183	30	73	71	72
72	B Blok Doğrama İşleri	H	3	170	173	195	198	25	170	173	31	71	74	69
73	B Blok Dış Sıva İşleri	H	8	170	178	187	195	17	170	178	39	66	72	73

74	B Blok Dış Boya İşleri	H	3	178	181	195	198	17	178	181	31	72	73	74
75	B Blok Tesviye Betonu	H	3	183	186	198	201	15	183	186	28	75	75	76
76	B Blok Yer Kaplamaları	H	7	186	193	201	208	15	186	193	25	76	76	77
77	Tenekecilik İşleri	E	4	208	212	208	212	0	208	212	18	77	77	78
78	Cam Takılması	E	4	212	216	212	216	0	212	216	14	78	78	79
79	Çevre ve Müt. İşler	E	10	216	226	216	226	0	216	226	10	79	79	79

3.2. Kaynak Kısıtlı Proje Programlama

Kaynakların kısıtlı olduğu proje programlamasında üç farklı öncelik kuralına göre proje programlaması yapılmıştır. Projemizde kullanılacak olan kısıtları değerleri her gün için sabittir. Bu miktarlar aşağıda belirtilmiştir;

- Çimento; 15 ton/gün,
- Demir; 4 ton/gün,
- Tuğla; 6000 adet/gün,
- Kum, Çakıl; 60 m³/gün,
- Kereste; 15 m³/gün,
- Düz işçi; 25 adet/gün,
- Donatı ustası; 10 adet/gün,
- Beton ustası, 5 adet/gün,
- Ahşap ustası, 10 adet/gün,
- Duvar ustası; 15 adet/gün,
- Kazı makinesi; 1 adet/gün.

Belirtilen kaynak kısıtlarına göre üç farklı öncelik kuralı kullanılarak proje programlaması yapılmıştır. Tablo 3'te her bir öncelik kuralının işlemleri programlama sırası verilmiştir. Bu proje programlamasına göre proje programlanmıştır.

MRLP, MNLSK ve LFT önceliklerine göre programlamalarda kaba ve ince işlerin yapım süresi sırası ile 260, 262 ve 259 gün sürmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Faaliyet ve kaynak sayılarının az olduğu proje programlama modelleri, matematiksel yöntemler ile optimum yaklaşımlara ulaşabilmekte ve bu yöntemler en doğru sonucu vermektedir. Fakat faaliyet ve kaynak sayısının çok olduğu karmaşık problemlerde çözüm kümesine ulaşılmakta zorluk çekilmektedir. Bu durumlarda basit kurallarla çözüm yapabilen algoritmalar kullanılmaktadır. Bu sezgisel algoritmalar optimum çözümü sürekli olarak veremese de optimum çözüme yakın sonuçlar verebilmektedirler.

Yapılan çalışmaların genelinde inşaat yatırımları gibi karışık faaliyetlere sahip projelerde sezgisel algoritmaların kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Çalışmamızda sezgisel yöntemle çözüm yapabilen üç farklı öncelik kuralına göre hareket eden algoritma kullanılmıştır. Üç farklı algoritma ile Türkiye'de Temel İlköğretim Okulları Projesi kapsamında yürütülen okulun programlanması yapılmıştır. Bu programlamalar kaynakların kısıtsız ve kısıtlı olduğu durumlara göre yapılmıştır.

Uygulama projesi toplam 79 faaliyet ve 11 farklı kaynaktan oluşmaktadır. Kaynak kısıtı olmadığı durumda yapılan programlamada kaba ve ince işler 226 gün sürmüştür. Proje süresince duyulacak günlük kaynak ihtiyacı da programca hesaplanmıştır.

Kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda kullanılan öncelik kuralları, Projelerin boyutlarına, kullanılan kaynak miktarına ve kısıtlara göre farklı sonuçlar vermektedir. Bu durum bugüne kadar yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Uygulama projesinde üç farklı öncelik kuralına göre programlama yapılmıştır. MRLP, MNLSK ve LFT önceliklerine göre programlamalarda kaba ve ince işlerin yapım süresi sırası ile 260, 262 ve 259 gün sürmüştür.

Bu verilerin sonucu olarak Türkiye'de Temel İlköğretim Okulları Projeleri kapsamındaki okulun programlanmasında LFT önceliği diğer önceliklere göre daha az proje süresi vermekte ve daha performanslı görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Demeulemeester, E., Herroelen, W., A Branch-and-bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problems, *Management Science*, 38 (12): 1790-1803 (1992).
2. Slowinski, R., Two approaches to problems of resource allocation among project activities – a comparative study, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 31, pp. 711-23, (1980).
3. Talbot, F. B., Resource constrained project scheduling with time-resource tradeoffs: the nonpreemptive case, *Management Science*, Vol. 28, 1982, pp. 1197-1210.
4. Doersch, R. H., Patterson, J. H., Scheduling a project to maximize its present value: a zero-one programming approach, *Management Science*, Vol. 23, 1977, pp. 882-889.
5. Padman, R., Smith-Daniels, D. E., Early-tardy cost tradeoffs in resource constrained projects with cash flows: an optimization-guided heuristic approach, *European Journal of Operational Research*, Vol. 64, 1993, pp. 295-311.
6. Patterson, J. H., Slowinski, R., Talbot, F. B., Weglarz, J., Computational experience with a backtracking algorithm for solving a general class of precedence and resource constrained scheduling problems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 49, 1990, pp. 68-79.
7. Russel, R. A., A comparison of heuristics for scheduling projects with cash flows and resource restrictions, *Management Science*, Vol. 32, 1986, pp. 1291-1300.

8. Yang, K. K., Talbot, F. B., Patterson, J. H., Scheduling a project to maximize its net present value: an integer programming approach, *European Journal of Operational Research*, Vol. 64, 1993, pp. 188-198.
9. Bell, C. E., Han, J., A New heuristic solution method in resource-constrained project scheduling, *Naval Research Logistic*, 38: 315-331 (1991).
10. Boctor, F. F., Some efficient multi-heuristic procedures for resource-constrained project scheduling, *European Journal of Operational Research*, 49 (1): 3-13 (1990).
11. Ulusoy, G., Özdamar, L., Heuristic performance and network resource characteristics in resource constrained project scheduling, *Journal of Operations Research Society*, 40 (12): 1145-1152 (1989).
12. Wiest, J. D., Heuristic model for scheduling large projects with limited resources, *Management Science*, 13 (6): 359-377 (1967).
13. Özdamar, L., Ulusoy, G., A Local constraint based analysis approach to project scheduling under general resource constraints, *European Journal of Operational Research*, 79: 287-298 (1994).
14. Özdamar, L., Ulusoy, G., A note on a iterative forward/backward scheduling technique with reference to a procedure by Li and Willis, *European Journal of Operational Research*, 89: 400-407 (1996).
15. Özdamar, L., Ulusoy, G., An iterative local constraint based analysis for solving the resource constrained project scheduling problem, *Journal of Operations Management*, 14 (3): 193-208 (1996).
16. Abbasi, G. Y., Arabiat, Y. A., A heuristic to maximise the net present value for resource-constrained project scheduling problems, *Project Management Journal*, 32 (2): 17-24 (2001).
17. Davis, E. W., Patterson, J. H., A comparison of heuristic and optimum solution in resource-constrained project scheduling, *Management Science*, 21 (8): 944-955 (1975).
18. Li, K. Y., Willis, R. J., An iterative scheduling technique for resource-constrained project scheduling, *European Journal of Operation Research*, 56: 370-379 (1992).
19. Özdamar, L., Ulusoy, G., A local constraint based analysis approach to project scheduling under general resource constraints, *European Journal of Operational Research*, 79: 287-298 (1994).
20. Ulusoy, G., Özdamar, L., A heuristic scheduling algorithm for improving the duration and net present value of a project, *International Journal of Operations and Production Research*, 15 (1): 89-98 (1995).
21. Bigat, E., Yapı İşletmesi, Küpaş Yayıncılık, 3. Baskı, İstanbul.
22. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri.

Ek 1. Proje işlemleri ve kullanılan kaynak miktarları

No	i	j	t	Proje İşlemi	İmalatın Cinsi	Brm	Miktarı	Çimento	Demir	Tuğla	Kum-Çakıl	Kereste	Düz İşçi	Donatı Ust.	Beton Ustası	ahşap ustası	Duvar ustası
1	1	2	10	Şantiye Kurulması									4				
2	2	3	7	A Blk. Kazı Yapılması	Makina kazısı	m ³	2930						18		1		
3	3	4	2	A blkTemel altı grobeton	200 dz. Grobeton	m ³	72	7,5			45						
4	4	5	10	A blkTemel Demir hazırlık	8-12 mm Nervürlü demir	ton	14		3,5				5	8			
5	5	7	3	A blkTemel Demir montaj	14-26 mm nervürlü demir	ton	14						5	8			
6	4	6	1	A blkTemel kalıp hazırlık	14-26 mm nervürlü demir	ton	16,5						3				
7	6	7	4	A blkTemel kalıp montaj	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	480					6	3				
8	7	8	8	A blkTemel betonu	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	480						2			6	
9	8	9	7	Beton kürü	BS 20 Betonarme Beton	m ³	291	13			44		10		3		
10	9	10	3	A blkTemel kalıp sökülmesi									4				
11	10	11	3	A blkTemel üstü blokaj	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	480						6				
12	11	12	2	A blkTemel üstü grobeton	Ocakiaşı ile Blokaj	m ³	72				27		18		2		3
13	12	13	5	A blkBodrum demir haz.	200 dz. Grobeton	m ³	72	7,5	2		45		3	4			
14	13	15	2	A blkBodrum demir mon.	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,6						3	4			
15	12	14	2	A blkBodrum kalıp haz.	14-26 mm nervürlü demir	ton	4						3	4			
16	14	15	10	A blkBodrum kalıp mon.	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,6						3	4			
17	15	16	6	A blkBodrum beton	14-26 mm nervürlü demir	ton	4						4				
18	16	17	7	A blkBeton kürü	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1395					8,5	4				
19	17	18	5	A blkBodrum kalıp sök.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1395						3	1		8	
20	18	19	5	A blkZemin demir haz.	Ahşap Kalıp İskelesi	m ³	2240						3				
21	19	21	2	A blkzemin demir mon.	BS 20 Betonarme Beton	m ³	178	11			36		8		3		
22	18	20	2	A blkzemin kalıp haz.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1395						7				
23	20	21	10	A blkzemin kalıp mon.	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,6		2				3	4			
24	21	22	6	A blkzemin beton	14-26 mm nervürlü demir	ton	4						3	4			
25	22	23	7	Beton kürü	14-26 mm nervürlü demir	ton	4						4				
26	23	24	5	A blkzemin kalıp sök.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1395					8,5	4				
27	24	25	5	A blk1. Kat demir haz.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1395					0,5	3	1		8	
28	25	27	2	A blk1. kat demir mon.	Ahşap Kalıp İskelesi	m ³	2240						8		3		
					BS 20 Betonarme Beton	m ³	178	11			36		8		3		
													7				
					8-12 mm Nervürlü demir	m ²	178						3	4			
					14-26 mm nervürlü demir	ton	3,5		2				3	4			
					8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,5						3	4			
					14-26 mm nervürlü demir	ton	4,5						3	4			
					8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,5						3	4			
					14-26 mm nervürlü demir	ton	4,5						3	4			

29	24	26	2	A blk 1. kat kalıp haz.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1550														
30	26	27	11	A blk 1.kat kalıp mon.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1550			0,4	3	1								8	
31	27	28	6	A blk 1. kat beton	Aışap Kalıp İskelesi	m ²	2240														
32	28	29	7	Beton kırılı	BS 20 Betonarme Beton	m ²	185		12	47										3	
33	29	30	5	1. kat kalıp sök.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1550													8	
34	2	30	2	B blok Kazı yapılması	Makina kazısı	m ²	755													4	
35	30	31	2	B blok 200 dz.Grobeton	200 dz. Grobeton	m ²	63		6,5	40										16	
36	31	32	10	B blok temel Demir hazırlık	8-12 mm Nervürlü demir	ton	13			3,5										5	
37	32	34	3	B blok temel Demir montaj	14-26 mm nervürlü demir	ton	15,9													7	
38	31	33	1	B blok temel kalıp hazırlık	8-12 mm Nervürlü demir	ton	13													5	
39	33	34	4	B blok temel kalıp montaj	14-26 mm nervürlü demir	ton	15,9													7	
40	34	35	8	B blok temel beton	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	496													3	
41	35	36		Beton kırılı	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	496													2	
42	36	37	3	B blok kalıp sökülmesi	BS 20 Betonarme Beton	m ²	321		15	49										10	
43	37	38	2	B blok temel üstü blokaj	Ocaktaşı ile Blokaj	m ²	63													3	
44	38	39	2	B blok temel üstü grobeton	200 dz. Grobeton	m ²	63		6,5	40										16	
45	39	40	3	B blok zemin demir haz.	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,5													4	
46	40	42	1	B blok zemin demir mon.	14-26 mm nervürlü demir	ton	3,6			3										4	
47	39	41	2	B blok zemin demir haz.	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,5													4	
48	41	42	10	B blok zemin kalıp mon.	14-26 mm nervürlü demir	ton	3,6													4	
49	42	43	6	B blok zemin beton	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1242													7,5	
50	43	44	7	Beton kırılı	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1242													4	
51	44	45	4	B blok zemin kalıp sök.	Aışap Kalıp İskelesi	m ²	2016													0,5	
52	45	46	5	B blok 1. Kat demir haz.	BS 20 Betonarme Beton	m ²	147		9	30										7	
53	46	48	2	B blok 1. kat demir mon.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1242													8	
54	45	47	2	B blok 1. kat kalıp haz.	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,5													3	
55	47	48	10	B blok1.kat kalıp mon.	14-26 mm nervürlü demir	ton	4,5			2										4	
56	48	49	6	B blok 1. kat beton	8-12 mm Nervürlü demir	ton	3,5													3	
57	49	50		Beton kırılı	14-26 mm nervürlü demir	ton	4,5													4	
58	50	51	4	B blok 1. kat kalıp sök.	Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1350													8,5	
					Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1350													4	
					Aışap Kalıp İskelesi	m ²	2016													0,5	
					BS 20 Betonarme Beton	m ²	155		9,5	33										7	
					Düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	m ²	1350													8	

59	51	52	10	Çatı yapılması	Ahşap Oturtna Çatı	m ²	1326						1					10		
60	52	53	5	çatı kaplaması	Marsilya Çatı Örtüsü	m ²	1326													
					Marsilya tipi kiremit mahya	m	186	0,6												8
					3 cm cam yünü il ısı yalıtımı	m ²	1326													
61	53	54	10	A Blok iç, dış tuğla duvar	Tuğla duvar örtülmesi	m ³	210	1		5775	4,5									4
					İç düz siva yapılması	m ²	650													
62	54	55	17	A Blok iç siva	Tavan sıvası	m ²	1920	11			29,5	0,2								8
					Kapı kasası	m ²	32													
63	55	57	3	A Blok İç boya işleri ve duvar kapl.	Pstatik duvar boyası	m ²	734	0,3			0,6									6
					Beyaz karo fayans ile duvar kaplaması	m ²	87													
64	54	57	3	A Blok Doğrama işleri	Tek sathlı pencere yapılması	m ²	256													
					İki yüzlü kontraplak iç kapı kanadı	m ²	35													
65	54	56	13	A Blok dış siva	Dış siva yapılması	m ²	1245	9			3	0,1								8
					0-12.50 m iş iskelesi	m ²	1100													
66	56	57	3	A Blok Dış Boya işleri	Akrilik esaslı dış cephe boyası	m ²	945													
67	57	58	4	A Blok Şap betonu	200 dozlu çimento ile şap yapılması	m ²	2048	2			10									4
					düz karo mozaik ile yer kaplaması	m ²	1800													
68	58	64	13	A Blok Yer kaplamaları	Yatay yüzeylere karo fayans kaplaması	m ²	180	1			2,4									6
69	53	59	9	B Blok iç, dış tuğla duvar	Tuğla duvar örtülmesi	m ³	195	1		5960	3,5									4
					İç düz siva yapılması	m ²	580													
70	59	60	11	B Blok iç siva	Tavan sıvası	m ²	1088	11			26,5	0,2								8
					Kapı kasası	m ²	24													
71	60	62	2	B Blok İç boya işleri ve duvar kapl.	Pstatik duvar boyası	m ²	366	0,2			0,4									4
					Beyaz karo fayans ile duvar kaplaması	m ²	43													
72	59	62	3	B Blok Doğrama işleri	Tek sathlı pencere yapılması	m ²	256													
					İki yüzlü kontraplak iç kapı kanadı	m ²	35													
73	59	61	8	B Blok dış siva	Dış siva yapılması	m ²	790	9			3	0,1								8
					0-12.50 m iş iskelesi	m ²	740													
74	61	62	3	B Blok Dış boya işleri	Akrilik esaslı dış cephe boyası	m ²	945													
75	62	63	3	B Blok Şap betonu	200 dozlu çimento ile şap yapılması	m ²	1024	1			5,5									4
					düz karo mozaik ile yer kaplaması	m ²	1000													
76	63	64	7	B Blok Yer kaplamaları	Yatay yüzeylere karo fayans kaplaması	m ²	92	0,5			1,2									4
					12 nolu çinkodan yatay yağmur oluğu	m	216													
77	64	65	4	tenekcilik işleri	12 nolu çinkodan düşey yağmur oluğu	m	168													7
78	65	66	4	cam takılması	3 mm kalınlığında pencere camı	m ²	512													
79	66	67	10	çevre ve müt. işler																
KAYNAK KISITLARI																				
15																				
4																				
6000																				
60																				
15																				
25																				
10																				
5																				
10																				
15																				
1																				