

YAPI PROJELERİNİN PROGRAMLANMASINDA ÖNCELİK KURALLARI PERFORMANSLARI

Ömer ÖZKAN*, Mürsel ERDAL**, Umut Naci BAYKAN**

* Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Alaplı MYO, Zonguldak

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

Özet

Kaynak kısıtlı projelerde üç ana programlama yöntemi kullanılmaktadır. Sezgisel yöntem bunlardan birisidir. İnşaat yatırımları gibi faaliyet sayısı ve kaynak sayısı çok olan projelerin programlanmasında, sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada 5 farklı konut sitesi projesi kısıtlı kaynak koşullarında 3 farklı öncelik kuralına göre programlanarak öncelik kurallarının performansları incelenmiş ve proje sürelerini minimum yapan öncelik kuralları belirlenmiştir. Buna göre 3 projede MRPL önceliği, 2 projede LFT önceliği proje süresini minimum yapmaktadır. MNSLCK önceliği ise hiçbir projede minimum süreyi vermemiştir.

Anahtar Kelimeler: Proje Programlama, Sınırlı kaynak, sezgisel metotlar, öncelik kuralı

PERFORMANCES OF THE PRIORITY RULES IN CONSTRUCTION PROJECT PLANNING

Abstract

In the scheduling of the resource-constrained projects, three scheduling methods are used. Heuristic method is one of them. In the programming of the projects which have high amount of activity number and resource number-such as construction investments-the heuristic methods are used in the work, 5 different housing estate projects are scheduled according to 3 different priority rules in resource-constrained conditions to examine the performances of the priority rules and thus determine the priority rules which reduce the projects duration to a minimum. In respect to this, Maximum remaining path length (MRPL) priority in 3 projects, Minimum latest finish time (LFT) priority in 2 priority reduce the project duration to a minimum.

Key words: Projects scheduling, limited resource, heuristic methods, priority rule.

1. Giriş

Yaşadığımız yüzyılda kaynakların uygun kullanımı ekonomik hayatın öncelikli hedefi haline gelmiştir. Bu bakımdan da son yıllarda inşaat sektöründe kaynak kullanımı önem kazanmıştır. İnşaat üretiminde çok sayıda farklı imalat ve bu imalatlar içinde çok sayıda farklı işlemler gerekmektedir (İş gücü, makine gücü, malzeme, para, vb.). İnşaat projelerinin ölçüleri oldukça büyük ve karmaşık olabilmektedir. Bu projelerin gerçekleşmesi sürecinde, kaynakların öngörüldüğü zamanda ve öngörüldüğü

miktarda bulunabileceği düşünülmemelidir. Bu bakımdan kaynak kullanımının da planlanması gerekmektedir. Bu durumdaki projeler ancak kaynak kısıtlı proje programlama yöntemleri ile çözüme kavuşturulabilmektedir.

Kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda çözüm yapan üç ana programlama yöntemi bulunmaktadır. Sezgisel yöntemler ile çözüm yapabilen programlama modelleri de bunlardan biridir. Sezgisel yöntemler, basit bir kurala dayanarak çözüm kümesinin bulunmasını kolaylaştıran yöntemler olarak tanımlanabilir [1]. Sezgisel yöntemler iki temel konu üzerine yoğunlaşır, bunlardan ilki zamanı [2,3] ikincisi de proje maliyetini minimum yapmaktadır [4-8]. Araştırmacılar bu iki ana konuyu minimize eden çözüm algoritmaları üretmişleridir [9,10,11]. Sezgisel yöntemlerin en iyi çözümü sağlayıp sağlamadığı, karşılaştırma yapılmadan anlaşılamamaktadır. Sezgisel yöntemler, büyük olasılıkla her zaman en iyiye yakın veya yeterli sayılabilecek çözümleri sağlayan yöntemlerdir [12].

Sezgisel yöntemlerde proje süresini minimum yapmak için basit öncelik kuralları kullanılmaktadır [13, 14, 15, 16]:

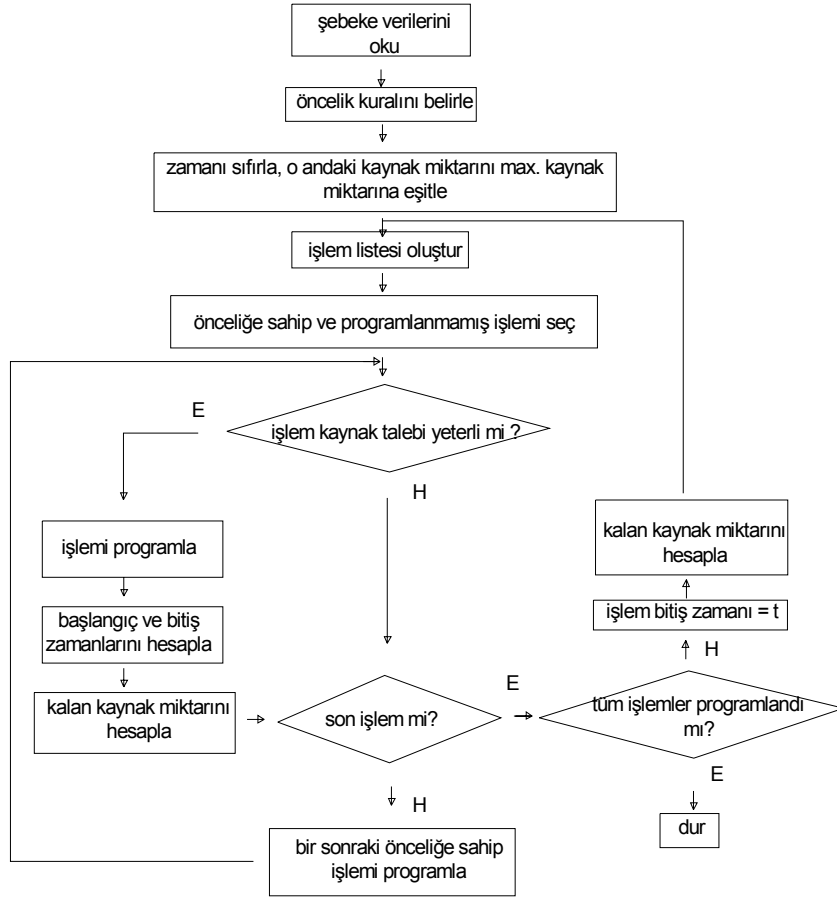
- Maximum kalan süre (MRPL),
- Minimum geç başlama zamanı (LST),
- Minimum erken bitiş zamanı (EFT),
- Minimum geç bitiş zamanı (LFT),
- Minimum bolluk zamanı (MNSLK),
- Kaynak sayısı önceliği (RSM),
- Minimum işlem zamanı (SPT),
- En kötü bolluk zamanı (WCS),

Sezgisel yöntemlerde kullanılan öncelik kuralları projenin büyüklüğüne ve kullanılan kaynak sayısına göre farklı sonuçlar vermektedir. Abbasi ve Arabiat [12], nakit akışının öncelik kuralı ile belirlendiği bir çalışmada 60 adet projeyi test etmişler ve çalışmalarında önerdikleri yöntemin diğer öncelik kuralları ile kıyaslamasını yapmışlardır. Önerilen yöntem LST ve SPT yöntemlerinin bir karışımı olarak tanımlanabilir ve bu yönteme “geç başlama ve kısa faaliyet zamanı” (LSSPT) adı verilmiştir. Bu yöntem, MNSLK, minimum geç başlama zamanı LST, minimum geç bitiş zamanı LFT gibi öncelik kurallarına göre daha performanslı görülmüştür [17]. Davis ve Patterson [18] farklı proje üzerinde yapmış oldukları çalışmada MNSLCK önceliği 24, LFT 18 projede en iyi sonucu vermiştir. Schirmer [19], 30 aktiviteli projeleri öncelik kuralları ile programlamıştır, LFT önceliğini 42 projede, MNSLK önceliğini 24 projede ve MTS önceliğini ise 23 projede tek başlarına en performanslı öncelik olarak bulmuştur. Klein [20], toplam 14 adet öncelik kuralı kullandığı çalışmasında, LFT önceliği 36, WCS önceliği 22 projede en iyi sonucu vermiştir.

Öncelik kurallarının performansları ile doğrudan ilgili bu çalışmalardan da görüldüğü gibi farklı projelerde farklı sonuçlara varılmaktadır. İnşaat projeleri gibi kendine özgü kuralları ve kaynakları olan projelerde de, öncelik kuralları performansları test edilmiştir. Kanıt ve Özkan [21] temel ilköğretim okulu projelerinde MRPL, LFT ve MNSLCK önceliği kurallarını uygulamışlardır [21]. Yol projeleri üzerinde yaptıkları diğer bir çalışmada ise MRPL önceliğinin daha performanslı olduğunu görmüşlerdir [22]. Bu çalışmada faaliyet sayısı 211'e kadar varan, blok, kat ve daire sayıları farklı olan 5 adet konut sitesi projesi 3 farklı öncelik kuralına göre programlanmıştır.

2. Proje Algoritması ve Öncelik Kuralları

Kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda kullanılan öncelik kuralları projenin boyutlarına, kaynak sayısına ve kısıt miktarına göre farklı sonuçlar vermektedir. Bu durumda proje süresini minimum yapacak olan öncelik kuralının belirlenmesi gerekmektedir. Bu makalede literatürde bir çok çalışmada uygulanan ve bilinen öncelik kuralları kullanılmıştır. Proje öncelik kuralı algoritması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Öncelik kuralı algoritması

Çalışmada kullanılan öncelikler aşağıda açıklanmıştır;

- a) İşlemin başlangıcından proje sonuna kadar geçen zamanın (MRPL) büyük olması önceliği. Bu özelliğin büyük olması işlemin önce programlanmasını gerektirmektedir [23].

$$MRPL = T_p^E - T_i^E - S_{ij}$$

T_p^E : Proje süresi (Project time)

T_i^E : İşlem başlangıç süresi (Activity start time)

S_{ij} : İşlem bolluğu (slack)

- b) Bolluk miktarı en az olan işlemin önce programlanması (MNSLK) önceliği [18].
c) Geç başlama zamanı küçük olan işlemin önce programlanması (LFT) önceliği [24].

3. Uygulama

Uygulaması yapılan konut sitesi proje karakteristikleri bilgileri Tablo 1’ de genel vaziyet planları da Ek’te verilmiştir.

Tablo1. Konut sitesi proje karakteristikleri bilgileri

Konut No	Yapım için Öngörülen Süre (ay)	Aktivite sayısı	Yapım Maliyeti (YTL)	Blok sayısı	Kat sayısı	Daire sayısı
1	10	77	542.700	2	Her blokta 5 kat	her blokta 10 daire
2	11	79	753.300	2	Her blokta 5 kat	her blokta 10 daire
3	13	176	916.650	3	Her blokta 5 kat	her blokta 10 daire
4	15	176	869.400	3	Her blokta 5 kat	her blokta 10 daire
5	20	211	942.300	3	1.ve 2. blok 5 kat 3. blok 10 kat	1.ve 2. blokta 10, 3. blokta 20 daire

Uygulama ile ilgili yapılan işlemler aşağıda özetlenmiştir.

- 2005 yılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Tariflerindeki aktivite (imalat kalemleri) esas alınarak yaklaşık miktarlar yöntemine göre, uygulama projeleri üzerinden imalat miktarları hesaplanmıştır.
- Proje işlemlerinin başlangıç ve bitiş düğüm noktaları, işlemlerin süreleri Visual Basic dilinde yazılmış olan programa yüklenmiş, bu algoritmada da belirtildiği gibi erken başlama (ES), erken bitiş (EF), geç başlama (LS), geç bitiş (LF), bolluk (S) ve her faaliyetin başlangıç zamanı (B) ve bitiş zamanı (F) program tarafından hesaplanmıştır.
- Kaynakları kısıtlı olduğu koşullarda programlama için kaynaklar ve değerleri her gün için sabit kabul edilmiş ve Tablo 2’deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 2. Kaynak kısıtlarına dair bilgiler

Malzemeler:		İşçilikler:		Makine-Ekipman	
Çimento	10 t/gün	Donatı ustası	8 kişi/gün	Kazı makinesi	1 adet/gün
Demir	4 t/gün	Ahşap ustası	8 kişi/gün		
Tuğla	3000 adet/gün	Duvar ustası	8 kişi/gün		
Kum-Çakıl	40 m ³ /gün	Düz işçi	15 kişi/gün		

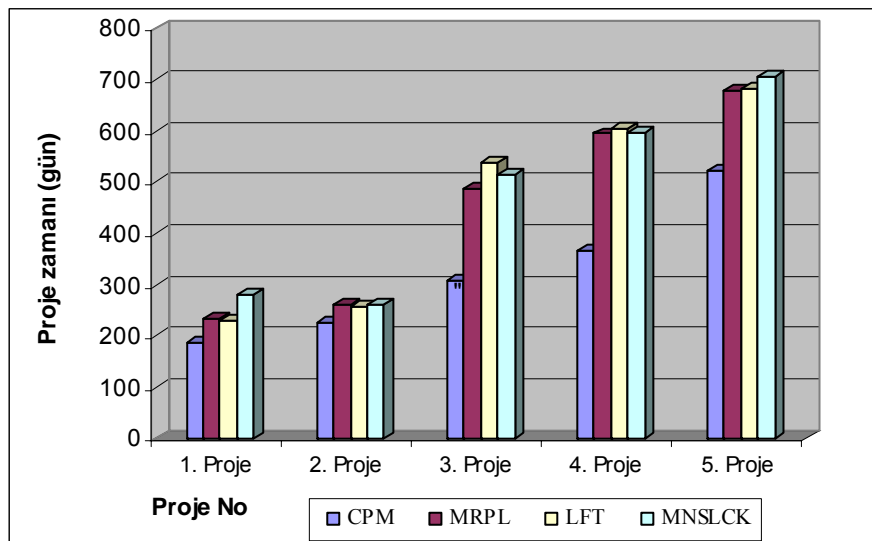
Program öncelik kurallarına ve belirlenen kısıt koşullarına göre çözüm yaparak her aktivitenin başlangıç ve bitiş zamanlarını ve her gün için ihtiyaç duyulan kaynak miktarlarını hesaplanmış projelerin programlarını yapmış ve MRPL, LFT ve MNSLCK öncelik kurallarına göre her projenin yapım sürelerini gün olarak bulmuştur.

4. Proje Sonuçları

Kaynakların kısıtsız olduğu koşullarda 5 konut sitesi projesi programlanmıştır. Projelerin kritik yolları, erken başlama (ES), erken bitiş (EF), geç başlama (LS), geç bitiş (LF), bolluk (S) zamanları program tarafından hesaplanmıştır. Daha sonra öncelik kurallarına göre kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda proje tekrar programlanmıştır. Kaynak kısıtsız ve kaynak kısıtlı proje sonuçları Tablo 3'te, öncelik kuralları karşılaştırmalı sonuçlar da Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 3. Proje sonuçları

Proje No	Aktivite Sayısı	CPM Süre (gün)	Öncelik Kuralları (gün)		
			MRPL	LFT	MNSLCK
1. Proje	77	186	235	231	280
2. Proje	79	226	260	259	262
3. Proje	176	309	486	537	515
4. Proje	176	365	595	606	597
5. Proje	211	522	679	681	706



Şekil 2. Proje Sonuçları

Kaynakların kısıtsız olduğu koşullara göre proje zamanlarını aşma yüzdeleri de Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Proje zamanlarını aşma yüzdeleri

Proje Adı	Aktivite Sayısı	CPM Süre (gün)	Öncelik Kuralları (gün)		
			MRPL	LFT	MNSLCK
1. Proje	77	186	0,263	0,242	0,505
2. Proje	79	226	0,150	0,146	0,159
3. Proje	176	309	0,573	0,738	0,667
4. Proje	176	365	0,630	0,660	0,636
5. Proje	211	522	0,301	0,305	0,352

5. Değerlendirme

Proje programlama konusunda yapılan çalışmalarda faaliyet sayısı ve kaynak sayısı az olan projelerin programlamasında matematiksel yöntemler ile optimum yaklaşımlara ulaşabildiği ve bu yöntemlerin en doğru sonucu verdiği görülmektedir. Buna karşılık bu yöntemler faaliyet ve kaynak sayısı çok olan karmaşık projelerin programlanmasında çözüme ulaşmakta zorluk çekilmektedir. Bu durumda basit kurallar ile çözüm yapabilen, optimum çözümü sürekli olarak veremeyen ancak optimum çözüme yakın sonuçlar verebilen sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. Çalışmamızda konut projeleri kısıtlı kaynak koşullarında sezgisel algoritma ile programlanmıştır. Projelerin programlamasında üç öncelik kuralı uygulanmıştır.

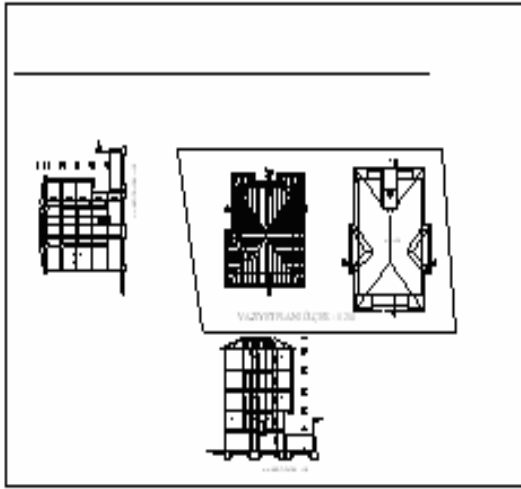
Kısıtlı kaynak koşulları altında programlanan projelerin tümünü kapsayacak şekilde bir öncelik kuralının performanslı olduğunu varsaymak mümkün görülmemektedir. Bu sonuç daha önce yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir. Ancak konut projelerine yönelik farklı aktivitelere sahip projeler üzerinde yaptığımız bu çalışmada, Tablo 3' den de görüleceği gibi MRPL önceliği üç proje üzerinde, LFT önceliği iki proje de minimum zamanı vermiştir. Daha önce yapılan çalışmaların aksine MNSLCK önceliği konut projelerinde performanslı görülmemiş ve hiçbir projede en iyi zamanı vermemiştir. Projelerin CPM zamanını aşma oranları (Tablo 4) incelendiğinde, CPM zamanları farklı oranlarda aşılmaktadır. Bu nedenle sezgisel yöntemlerle çözüm yapan öncelik kurallarının performansı konusunda net sonuçlara varmak mümkün görülmemektedir. Öncelik kuralı performansları, proje şebekesinin genişliğine, uzunluğuna, aktivite sayısına ve kaynak yoğunluğuna göre değişiklik göstermektedir.

Kaynaklar

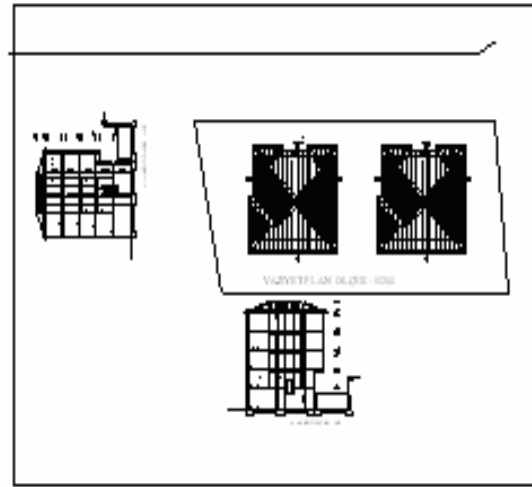
- [1] Demeulemeester, E., Herroelen, W., “A Branch-and-bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problem”, *Management Science*, 38(12): 1790-1803, 1992.
- [2] Slowinski, R., “Two approaches to problems of resource allocation among project activities – a comparative study”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 31, pp. 711-723, 1980.
- [3] Talbot, F.B., “Resource constrained project scheduling with time-resource tradeoffs: the nonpreemptive case”, *Management Science*, Vol. 28, 1197-1210, 1982.
- [4] Doersch, R. H., Patterson, J. H., “Scheduling a project to maximize its present value: a zero-one programming approach”, *Management Science*, Vol. 23, 882-889, 1977.
- [5] Padman, R., Smith-Daniels, D. E., “Early-tardy cost trade-offs in resource constrained projects with cash flows: an optimization-guided heuristic approach”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 64, pp. 295-311, 1993.
- [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, 68-79, 1990.
- [7] Russel, R. A., “A comparison of heuristics for scheduling projects with cash flows and resource restrictions”, *Management Science*, Vol. 32, 1291-1300, 1986.
- [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, 188-198, 1993.
- [9] Bell, C. E., Han, J., “A New heuristic solution method in resource-constrained project scheduling”, *Naval Research Logistic*, 38: 315-331, 1991.
- [10] Bector, 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., Ozdamar, 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] Kolish, R., Hartman, S., “Heuristic Algorithm for Solving Resource Constrained Project Scheduling Problem”, Technical Paper No. 469, Kiel University, 1998.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Schirmer, A., “Resource Constrained project Scheduling: An evaluation of adaptive control schemes for parameterized sampling heuristic”, Int. Journal Product Research, Vol:39 No:7, 1343-1365, 1999
- [20] Klein, R., “Project Scheduling with time-varying resource constraints, International Journal Production Research, Vol 38 (16), 3937-3952, 2000.
- [21] Kanit, R., Özkan, Ö., Erdal, M., “Priority Rules Performance in Construction Investment”, Politeknik Dergisi, Sayı:8, No:1, 101-109, 2005.
- [22] Kanit, R., Özkan, Ö., Erdal, M., “ Study performance of priority rules in the programming of road projects which have limited resources” II. International Traffic and Road Safety Congress and Exhibition, Ankara, Turkey, 2004.
- [23] Brooks, G. H., White, C. R., “An Algorithm for Finding Optimal or Near Optimal Solutions to the Production Scheduling Problem”, Journal of Industrial Engineering, January-February, 34-40, 1965.
- [24] Ahuja, H. N., “Construction performance control by network”, John Willey Publishing, New York, 1976.

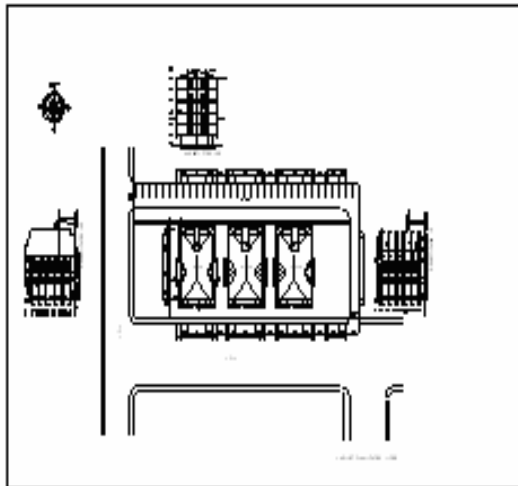
Ek



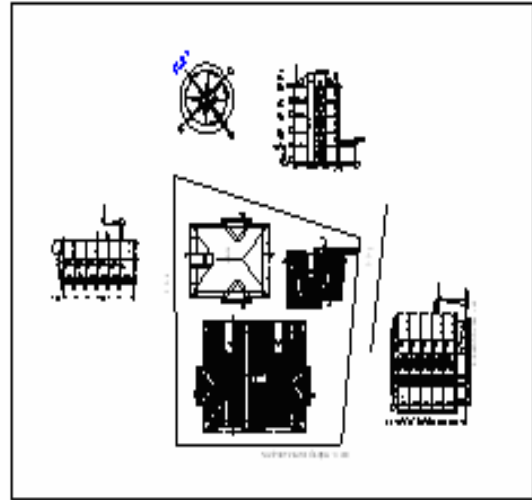
Proje 1



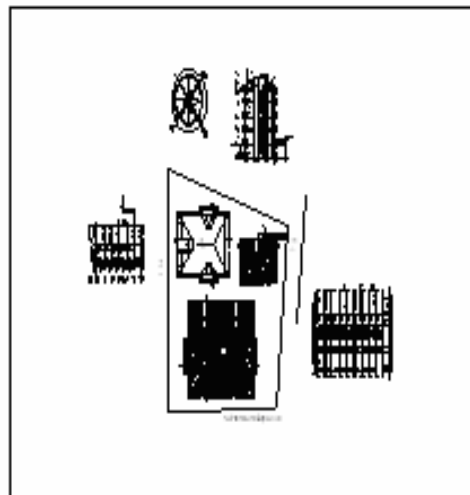
Proje 2



Proje 3



Proje 4



Proje 5