



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2010, Volume: 5, Number: 2, Article Number: 1A0060

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2009  
Accepted: March 2010  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 www.newwsa.com

**Recep Kanıt<sup>1</sup>**  
**Latif Onur Uğur<sup>2</sup>**  
Gazi University<sup>1</sup>  
Ahi Evran University<sup>2</sup>  
rkanit@gazi.edu.tr  
lougur@ahievran.edu.tr  
Ankara-Turkey

**OPTİMUM MALİYETLİ BİNA EBATLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) YARDIMIYLA  
BELİRLENMESİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada, yapı maliyetlerinin bina karakteristik özellikleri ile değişiminin belirlenmesi ve optimum maliyetli bina tasarımına yönelik olarak uygun karakteristik özelliklerin boyutlarının araştırılması amacıyla; betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetleri hesaplanmış ve mevcut verilerden yararlanılarak oluşturulan çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılan Yapay Sinir Ağına (YSA) veri olarak girilmiştir. Elde edilen verilerden yararlanılarak, optimum maliyetli blok tasarımına yönelik sınır değerler belirlenmiş, esas alınan girdi vektörü kriterlerinin maliyete etkileri bakımından önem sıralaması yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapı Maliyeti, Toplu Konutlar,  
Yapay Sinir Ağları (YSA), Yapı Ön Tasarımı,  
Yapı Karakteristik Özellikleri

**DETERMINING OPTIMUM COST BUILDING CHARACTERISTICS WITH ARTIFICIAL  
NEURAL NETWORKS (ANN)**

**ABSTRACT**

In this study, in order to search the dimensions of suitable characteristics in accordance with building planning with optimum cost and to determine the change of building cost with building characteristic; building costs of reinforced concrete carrier system and multi floored collective residential buildings similar charactered have been calculated and Artificial Neural Network (ANN) which was structured by multi layered, feedbacked, has been entered as data by getting use of the present data. By getting use of the data gathered, the limit values in accordance with optimum costed block planning, an importance rank have has been made o account of the effects of cost of the input vector criteria consireded as main. At the end of studies carried out, it has been concluded that carrying out similar researches for different sturctures will create positive improvements.

**Keywords:** Structure Cost, Collective Residential Buildings,  
Artificial Neural Networks (ANN), Structure  
Preplanning, Structural Characteristics.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir inşaat projesinin maliyet, süre ve kalite açısından analizinin yapılması, planlamada karşılaşılan en önemli problemdir. Yatırım kararının alınacağı, yatırım için gerekli kaynak miktarının ve sonunda proje maliyetinin belirleneceği ön tahmin aşamasında, tahmincinin elinde detay seviyesi yüksek çizimler bulunmamaktadır. Yararlanılacak yegane bilgi, önceki projelerdeki tecrübelerle elde edilen verilerdir. İnşaat sektörünün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı düşünüldüğünde, planlama ve maliyet kontrolü işiyle uğraşan teknik elemanların çözüm için kullanabileceği, hızlı ve verimli bir takım yöntemlere ihtiyaç bulunduğu açıktır.

Yapı üretim sürecinde yapım yöntemleri, yapım işlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özellikler göz önüne alınarak karar vericilerin aldığı kararların maliyete olan etkisinin tespiti ve maliyetin planlanarak kontrol edilebilmesi için yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli maliyet modelleri geliştirilmiştir. Kullanılacak olan model yardımıyla maliyet ve maliyeti etkileyen malzeme, zaman, üretim süreci gibi faktörler kontrol altına alınabilir. Etkin bir maliyet kontrolü sağlayan bir maliyet modelinin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Böyle bir model; kullanılacağı süreç ya da süreçler için uygun olmalıdır. Modele girilecek olan bilgiler doğru ve belirli bir düzeyi yakalamış olmalı, bu bilgilerin zaman faktöründen etkilenmemesi için zamanında girilmeli ve güncelliği sağlanmalıdır. Model tüm gruplarca (işveren, inşaat firması, taşeron vb.) kullanılabilir olmalıdır (Akinbingöl ve Gültekin, 2005).

Maliyet; Üretimde bir mal elde edilinceye değin harcanan değerlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. İnşaat maliyetleri, imalat miktarı ile o imalat için belirlenen fiyatın çarpımıyla oluşan kalemlerin toplamıdır. Yapım süresi ne kadar uzun olursa olsun bir inşaatla yapılacak olan imalatların miktarları değişmeyeceğine göre; o imalatların fiyatlarının ileriye dönük olarak hesaplanmasıyla, inşaatın maliyetini ileriye dönük olarak hesaplamak da mümkün olur. İnşaat sektöründe bir bina yapma işi daha fikir aşamasındayken finansal modelin doğru bir şekilde kurulması, nakit akışından kaynaklanan sorunların giderilmesi ve milli servet kayıplarının önlenmesi açısından büyük önem taşınmaktadır. Bu ise maliyet tahmininin doğru bir şekilde yapılmasıyla mümkün olabilecektir (Polat, 2005).

İnşaatlarda maliyetler; kullanılan hammaddenin miktarına, fiyatına ve işçilik ücretine bağlı olmakla birlikte özel durumlardan da etkilenirler. Müşterilerin istekleri, devlet ve yerel idarelerin getirdiği sınırlamalar, çevre koşulları ve estetik görünüm mimari proje oluşturulmasında önemli etkenlerdir. Ayrıca inşaat yeri, buradaki zeminin yapısı ve kullanılacak teknoloji aynı şekilde sahip inşaatlarda bile farklı maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Ashworth, 1999).

Yapı maliyeti; ilk yatırım dönemi, kullanım dönemi ve yıkım-yok etme dönemi olmak üzere üç ana dönemde incelenir. İlk yatırım maliyeti, ön hazırlık döneminden başlayarak kullanım dönemine kadar olan süreçteki maliyetleri, kullanım maliyeti ise, binanın amacı doğrultusunda kullanımı ile oluşan maliyetleri kapsamaktadır. Yıkım ya da yok etme maliyeti ise, geçici kullanımı söz konusu olan ya da ömrünü tamamlamış olan bina ya da binaların yıkımı ile ilgili maliyetler toplamını kapsamaktadır. Yıkım maliyetinin gerek miktar, gerekse önem açısından toplam maliyet içindeki payının oldukça küçük olduğu hatırlanacak olursa; toplam yapı maliyetinin esas olarak ilk yatırım maliyeti ile kullanım maliyeti toplamından oluştuğu söylenebilir (Akinbingöl ve Gültekin, 2005).

Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde yapılan araştırmada [1], sadece maliyet üzerindeki etkisi ispat edilecek bir faktörün değiştirilmesiyle maliyet hesabı yapılmış o faktörün maliyet üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örneğin; kat sayısının maliyet etkisine yönelik incelemelerde; 2 katlıdan 6 katlı binaya kadar, her farklı kat sayısına sahip bina için; aynı yapı tarzında ve nitelikte olan aynı büyüklükteki konut binaları esas alınmıştır. Bu şekilde hesaplanan maliyet farkları, sadece değiştirilen faktörlere ait olmaktadır. Burada maliyetler, gerçeğe uygun planlar üzerinde ve sağlıklı metrajlarla uygulanmış binalara verilen teklif fiyatları esas alınarak hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan maliyet; uygulanan binalara uymakta ve kat adedi farklı binalar içerisindeki maliyet farklarının sebeplerini ortaya koymaktadır.

Karl Deters tarafından 1982'de yapılan çalışmada [2], 1 Kattan 8 kata kadar olan konut binalarında, birim başına maliyetler karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada maliyet sonuçları karşılaştırılan binalar; 1-2 katlı tek aile evleri, 2-3-4 katlı binalar katında 2 daire olan binalar, 5-6-7-8 katlı binalarda ise katında 2 veya 4 daire olan binalardır. Bu araştırmada varılan sonuçlar şu şekilde belirlenmiştir;

- Normal büyüklük, standart ve yapım biçimindeki konut binalarında birim konut başına düşen maliyetler kata kadar kat sayısı arttıkça düşmektedir.
- Burada 3 katlı konut temel tip olarak seçilmiştir.
- Ve daha fazla katlı konutlarda asansör gerekmektedir. Bu nedenle asansör ile oluşan ek maliyetin daha fazla kat yapılarak ya da birim konut alanı arttırılarak dengelenmesi gerekmektedir. Özetle, asansör yapıldığında, bundan maksimum yararlanmak amaç olmalıdır.
- 8 katlı ve katında daire olan konutlar yerine, katında iki daire yapıldığında maliyetler %12-13 artmaktadır. Bu durumda maliyetler, iki katlı ve katında iki daire olan konut binalarının maliyetine ulaşmaktadır.

1986 yılında TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü'nde yapılan "Toplu Konut Kat Adedi-Maliyet İlişkisi" adlı çalışmada [3], arazi koşulları ve arazi büyüklüğü, nüfus, yoğunluk, malzeme ve standartlar, konut büyüklüğü sabit tutularak; kat adedinin değişmesiyle meydana gelecek bina maliyet farklılaşması ve buna bağımlı olarak alt yapıda meydana gelecek maliyet değişimlerini saptayarak modeller kurulmuş ve kurulan her modelin konut başına ve m<sup>2</sup> başına bina ve alt yapı kalemleri maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmadan çıkarılan sonuçlar şu şekilde belirlenmiştir:

- Bitişik nizam dört katlı bina en düşük m<sup>2</sup> maliyete sahiptir. Bitişik nizam dört katlı bina aynı zamanda en düşük m<sup>2</sup> başına düşen inşaat işleri maliyetine ve en düşük m<sup>2</sup> başına kalorifer tesisatı maliyetine sahiptir.
- M2 bina inşaatı başına en az altyapı maliyetlerine sahip yerleşme türü ise, on katlı bitişik nizam yerleşme türüdür.
- Değişik yerleşme modellerinde konut maliyetleri, altyapı maliyetleri ile birlikte hesaplandığında; değişik yerleşme modellerinde en düşük maliyeti konutun, 4 katlı bitişik nizam modelinde olduğu görülmektedir. Bu tür bina, tuğla yığma olarak alınmıştır.
- 6,8 ve 10 katlı örneklerde; kat sayısının artmasıyla, daire maliyetinin düşmekte olduğu görülmektedir.

Murat Çıracı tarafından yapılan çalışmada [4], kat adedinin inşaat maliyeti ile ilişkisi araştırılmıştır. Halkalı, Eryaman ve Sinanoba konutlarından oluşturulan örneklem grubundaki binalar; 1-5

katlı, 6-12 katlı ve 12-17 katlı binalar olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Brüt kat alanı başına inşaat maliyetleri karşılaştırıldığında; 1-5 katlı binaların brüt kat alanı başına inşaat maliyetinin, 6-12 katlı binalarinkinden %6; 12-17 katlı binaların brüt kat alanı başına inşaat maliyetinin de %3 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nün yaptığı çalışmada [1], konut binaları araştırma konusu olarak seçilmiştir. Konut büyüklüğü faktörünün de maliyet üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Derinliği, kat sayısı ve çatı eğimi aynı olan binalarda bulunan büyük bir konut için, daha küçük konuta nazaran daha fazla miktarda duvar, döşeme, çatı alanı, iç ve dış sıva, zemin alanı ve diğer yapı elemanları gerekmektedir. Merdiven evinin maliyeti, aynı kalitede olmak şartıyla, bina büyüklüğünden etkilenmemektedir. Bina maliyeti farklarının, karşılaştırılan konutların aynı sayıda hacimlere sahip olup olmayışına bağlı olduğu belirlenmiştir. Faka aynı zamanda, bina derinliğinin değişmesi ile de bina büyüklüğü ve buna bağlı olarak bina maliyetini de etkilemektedir.

Bathurst ve Butler tarafından yapılan çalışmada [5], bina büyüklüğünün maliyet etkisi üzerindeki etkisini göstermek amacıyla, maliyet verileri karşılaştırılmıştır. Alandaki %59,5'lük azalışın, m<sup>2</sup> maliyette %16 ile %25 oranında artmaya neden olduğu görülmüştür.

1986 yılında Seeley tarafından yapılan çalışmada [6], kat yüksekliğinin maliyet üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Taban alanının değişmeden, kat yüksekliğinde olan değişimler binanın maliyetini değiştirmektedir. Kat yüksekliğinin değişiminden etkilenen ana yapısal elemanlar, bitirmeleri ile birlikte duvarlar ve bölmelerdir. Bunun yanında, kat yüksekliğinden etkilenen pek çok yardımcı eleman vardır. Bunlar;

- Arttırılmış hacim, ısıtma için daha büyük ısı kaynakları, daha uzun boru ve kablolar gerektirir.
- Sıhhi tesisat için daha uzun su boruları gerektirir.
- Yükseltilmiş miktarlara bağlı olarak, daha yüksek çatı maliyeti meydana gelmektedir.
- Merdiven ve asansörün yapım maliyeti artmaktadır.
- Tavana kadar olan bitirme ve dekorasyonların maliyeti artmaktadır.
- Kat yüksekliğinin artmasının etkisi ve kat adetleri fazla ise; artan yükü karşılamak için yapılacak temel daha yüksek maliyetli olmaktadır.

Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde yapılan araştırmalarda kattaki daire adedi ile maliyet arasındaki ilişkiyi de araştıran çalışmalar yapılmıştır [1]. Karşılaştırılan bina şekillerinde dairelerin aynı büyüklükte ve diğer özelliklerinin karşılaştırılabilir durumda olması şartıyla, katında iki daire bulunan binalardaki daire maliyeti, katında tek daire bulunan binalardaki daire maliyetinden yaklaşık %10 oranında daha azdır. Katında 3 daire bulunan binalarda daire maliyeti, katında tek daire bulunanlara göre %3 ile %4 oranında daha az olmaktadır. Fakat bir katında 4 daire bulunan binalarda, bu oranın katında üç daire bulunanlarla aynı olduğu görülmektedir. Bu karşılaştırma, maliyet değişim oranının, her dairenin inşa edilen alan değişim oranından biraz büyük olduğunu göstermektedir. Yapılan bir diğer araştırma, 30 ile 60 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki daireleri içermektedir. Bu incelemede inşa edilen alanın giderleri, bina maliyeti değişimine bir ölçek olarak bulunmuştur. Katında üç daire olan bir binadaki 30 m<sup>2</sup> büyüklüğünde bir daire için yapılan harcamalar, katında iki daire bulunan binadaki eşit büyüklükteki bir daire için yapılan harcamadan yaklaşık %6 kadar daha azdır. Buna karşılık, 60 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki bir

daireye yapılan harcamalar ancak yaklaşık %2,5 kadar değişmiştir. Buna göre, daire alanları küçüldükçe, katında iki daire bulunan ve katında üç daire bulunan binalar arasındaki maliyet farkı o oranda büyük olmaktadır.

Deters tarafından 1982'de yapılan çalışmada[2], eşit daire alanına sahip binalarda; kattaki daire adedinin artmasıyla bina maliyetinin değişimi araştırılmıştır. Bu çalışmada, kattaki daire adedinin artmasıyla, daire başına maliyetlerin azaldığı sonucuna varılmıştır. Eşit daire alanına sahip, katında bir daire, katında iki daire ve katında üç daire bulunan konut binalarının maliyetleri karşılaştırıldığında; katında bir daire bulunan binanın maliyeti, katında üç daire bulunan binanın maliyetine göre %15 daha fazla; katında iki daire bulunan binanın maliyeti ise katında üç daire bulunan binanın maliyetine göre %5 daha fazladır.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, yapı maliyetlerinin YSA ile analizi ve bağımsız değişkenlerin (bina karakteristik özellikleri) bağımlı değişken (yapı maliyeti) üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) kuruluşlarından sağlanan betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konutların projelerinden ve metrajlarından yararlanılmıştır. Bu özellikler dahilinde projelendirilecek konut yapılarının ön tasarımı aşamasında maliyet minimizasyonu için dikkat edilebilecek sınır değerlerin belirlenmesi ve daha ucuz yapıların dizayn edilmesi mümkün olabilecektir.

## 3. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada maliyetleri etkileyen diğer parametreler (arsa fiyatı, alt yapı giderleri vb.) sabit iken yapı ebatlarındaki değişimler ana değerlendirme kriterleri olarak düşünülmüştür. Projelerden hesaplanan; son kat tavan yükseklikleri, tip katlardaki daire sayıları, toplam daire sayısı, tip kat alanları, cephe alanları, cephe boşluk alanları, kat yükseklikleri, kat sayıları ve ortalama daire alanları değerlerinden oluşturulan çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılan bilgiler YSA'ya veri olarak girilmiştir (girdi vektörü). Her projenin inşaat maliyeti, Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esas alınarak hesaplanmış ve oluşturulan ağa çıktı vektörü olarak tanıtılmıştır.

Öğrenme esnasında hata, karekök-ortalama (RMS) olarak adlandırılmakta olup;

$$RMS = \left( \frac{1}{P} \sum_j |t_j - o_j|^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

eşitliğiyle tanımlanmıştır. Diğer taraftan varyansın gerçek oranı ( $R^2$ ), yüzdedeki değişim katsayısı (COV) ortalama yüzde hata (MAPE) değerleri;

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_j |t_j - o_j|^2}{\sum_j (o_j)^2} \quad (2)$$

$$COV = \frac{RMS}{o_{mean}} * 100 \quad (3)$$

$$\text{MAPE} = \frac{o - t}{o} * 100 \quad (4)$$

eşitlikleriyle belirlenen t hedef değer, o çıktı değer ve p model girdi ve çıktı katmanlar (-1,1) veya (0,1) aralığında normalize edilmiştir.

Çalışmada kullanılan algoritma varyantları ölçekli birleşik değişim (SCG), Pola Ribier ve birleşik değişim (CGP) ve Levenberg-Marquard/LM'dir. Girdi ve çıktılar (-1,1) arasında normalize edilmiştir. Girdi katmanlarındaki nöronların transfer fonksiyonu bulunmamaktadır. Kullanılan transfer fonksiyonu Maadderal Sigmoid (logsig) transfer fonksiyonu  $f(z)$  olup ikinci girdinin ağırlıklı toplamıdır.

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

YSA analizinde, çalışmanın amacına uygunluğu, kullanım kolaylığı ve sonuçların gösterimi açısından en uygun yazılımlardan biri olan, CPC-X NeuralPower paket programı kullanılmıştır.

### 3.1. Uygulama Alanı (Practice Area)

TOKİ ve TÜRKONUT'tan sağlanan 63 adet betonarme taşıyıcı sistemli ve bitişik olmayan çok katlı toplu konut projesinin çizimleri ve metrajları esas alınmıştır. TOKİ'ye ait projeler "tip proje" mahiyetinde olup Türkiye'nin çeşitli illerinde 282 ayrı projede uygulanmış, 266 projede de halen uygulanmaktadır. TÜRKONUT'a ait projeler ise Ankara, Eryaman'da, 20 adet konut adası üzerinde 185 adet bloktan oluşan ve 46 ayrı tip projenin uygulandığı bölgede inşa edilmiştir. Şekil 1'de TÜRKONUT Ankara, Eryaman Projesi'nin yer aldığı uydu fotoğrafı sunulmuştur ([www.turkkonut.com.tr](http://www.turkkonut.com.tr), 2007).

### 3.2. Veri Setinin Oluşturulması (Creating Data Set)

Projelerden hesaplanan; son kat tavan yükseklikleri (m), bir kattaki daire sayıları (ad), toplam daire sayısı (ad), tip kat alanları (m<sup>2</sup>), cephe alanları (m<sup>2</sup>), cephe boşluk alanları (m<sup>2</sup>), kat yükseklikleri (m), kat sayıları (ad), ortalama daire alanları (m<sup>2</sup>) değerleri, oluşturulan çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılan YSA'na veri olarak girilmiştir (girdi vektörü). Her projenin inşaat maliyeti (YTL), Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esas alınarak hesaplanmış ve oluşturulan ağa, çıktı vektörü olarak tanıtılmıştır. Projelerden edinilen veri setlerinin tasviri gösterimi Tablo 1'de sunulmuştur. Ele alınan konutlar, genellikle katta bulunan daire sayısına göre isimlendirilen, kat adedi 2 ile 15 arasında değişen ve tekil blok bazında tip projeler ile üretimi gerçekleştirilen yapılardır.





Şekil 1. TÜRK KONUT, Ankara Eryaman Projesi'nin yer aldığı uydu fotoğrafı [www.turkkonut.com.tr, 2007]  
(Figure 1. The satellite photo of TÜRK KONUT, Ankara Eryaman Project area)

Tablo 1. Analizde kullanılan parametreler  
(Table 1. The parameters which used in analysis)

Parametre	Projeler					
	Proje 1	Proje 2	Proje 3	.....	Proje 62	Proje 63
Son kat tavan yüksekliği (m)						
Bir kattaki daire sayısı (ad)						
Toplam daire sayısı (ad)						
Tip kat alanı (m <sup>2</sup> )						
Cephe alanı (m <sup>2</sup> )						
Cephe boşluk alanı (m <sup>2</sup> )						
Kat yüksekliği (m)						
Kat sayısı (ad)						
Ortalama daire alanı (m <sup>2</sup> )						

Elde edilen sonuçlara göre, yeni projelerde maliyet tahmini için mevcut verilerden yararlanılarak, optimum maliyetli blok tasarımına yönelik sınır değerler belirlenmiş, esas alınan girdi vektörü kriterlerinin maliyete etkileri bakımından önem sıralaması yapılmıştır.

#### 4. BULGULAR (FINDINGS)

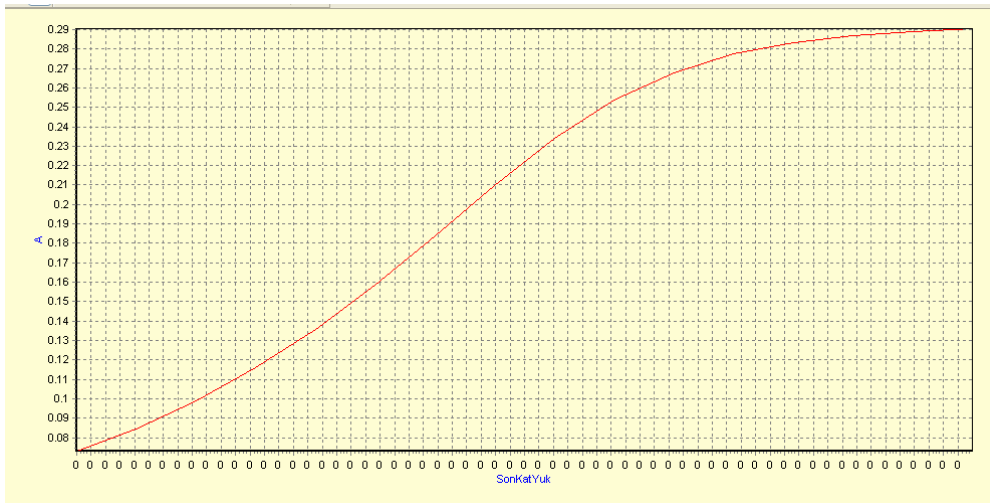
Girdi vektörü parametrelerinin (bina ebatları) değişimlerinin çıktısı vektörü (yapı maliyeti) üzerindeki etkileri aşağıda değerlendirilmiştir.

##### 4.1. Girdi Vektörü Parametrelerinin Yapı Ortalama Maliyetine Etkileri (Effects of the Input Vector Parameters to Average Cost of Construction)

YSA ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bazı veriler aşağıda ifade edilmiştir. Öncelikle her girdi vektörü parametresinin yapı ortalama maliyetine etkileri Şekil 2. ile Şekil 9. arasında çizilen grafikler yardımı ile anlaşılmıştır. Her parametrenin değişimi ile yapı maliyetinin aldığı değerler incelenmiş, kritik ve sınır boyutlar/miktarlar/değerler belirlenmiş, bunların altında yada üzerinde olacak tasarım boyutlarına karşılık maliyetlerde oluşacak değişimler yorumlanmıştır.

##### 4.1.1. Yapı Son Kat Yüksekliği İle Yapı Ortalama Maliyeti Arasındaki İlişki (The Relationship Between Construction Finish High And Average Cost Of Construction)

Şekil 2., yapı son kat yüksekliği ile yapı ortalama maliyeti arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Başlangıçta bina yüksekliğinin artması ile lineer olarak artan maliyet değeri, belli bir değerden sonra azalarak artmaktadır. Buradan hareketle bina yüksekliğinin 36 m ve daha fazla olduğu mimari dizaynlarda, daha düşük birim maliyetlere yaklaşılabileceği, 42 m'den daha yüksek yapılar için yükseklik artışının birim maliyetlere etkisinin önemli miktarda azalacağı tespiti yapılabilir.



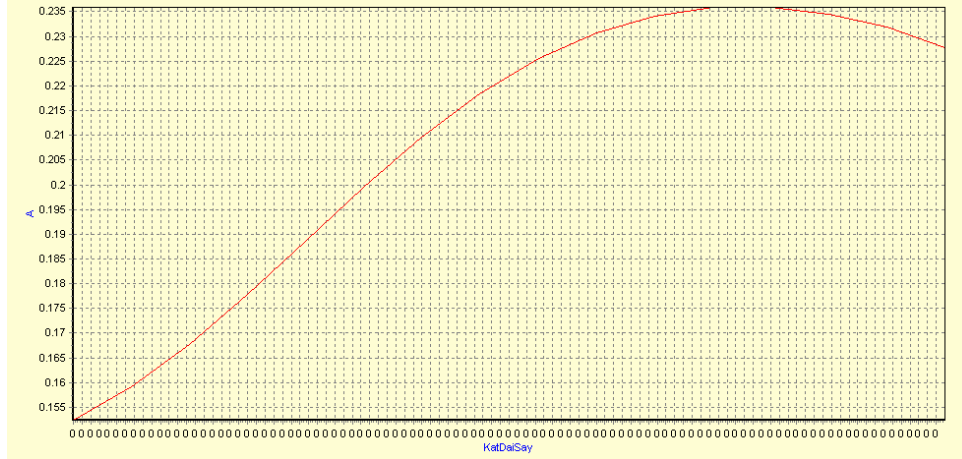
Şekil 2. Yapı son kat yüksekliği ile yapı maliyeti arasındaki ilişki  
(Figure 2. The relationship between final layer high and structure cost)

##### 4.1.2. Bir Katta Bulunan Daire Sayısı İle Yapı Ortalama Maliyeti Arasındaki İlişki (The Relationship Between the Number of Flats in a Flor And Average Cost of Construction)

Şekil 3., bir katta bulunan daire sayısı ile yapı ortalama maliyeti arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu şekil esas alındığında, kat planında daire sayısı arttıkça maliyetlerin lineer olarak arttığı, üç daireden sonra daire sayısının artmasının maliyetlerde bir düşüş yarattığı görülmektedir. Çalışmaya esas olan projelerde dörtten fazla dairenin aynı katta bulunduğu bir uygulama



olmadığı için 5, 6 ya da daha fazla dairenin bir katta bulunduğu yapıların maliyet değişimleri incelenememiştir. Bu konuda yapılabilecek yeni çalışmalarla kattaki daire sayısının daha fazla arttırılmasının genel yapı maliyetine etkisinin daha detaylı analiz edilebileceği düşünülmektedir. Bu verilerle, bir katta 4 dairesi olan tasarımların, 2 ve 3 dairesi tasarımlara göre ortalama maliyetlerinin daha düşük olduğu ifade edilebilir.

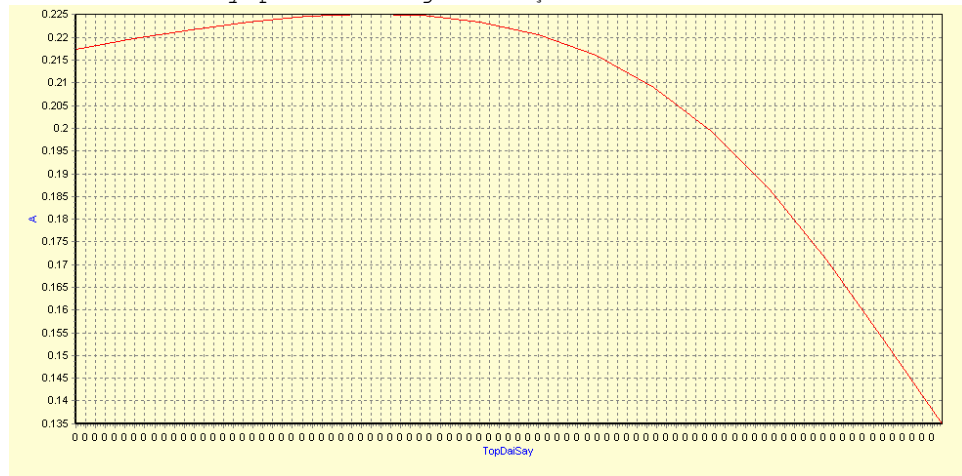


Şekil 3. Bir katta bulunan daire sayısı ile yapı maliyeti arasındaki ilişki

(Figure 3. The relationship between the number of flats in a floor and structure cost)

#### 4.1.3. Toplam Daire Sayısının Artışı İle Yapı Ortalama Maliyetinin Değişimi (The Relationship Between Total Number of Flats And Average Cost of Construction)

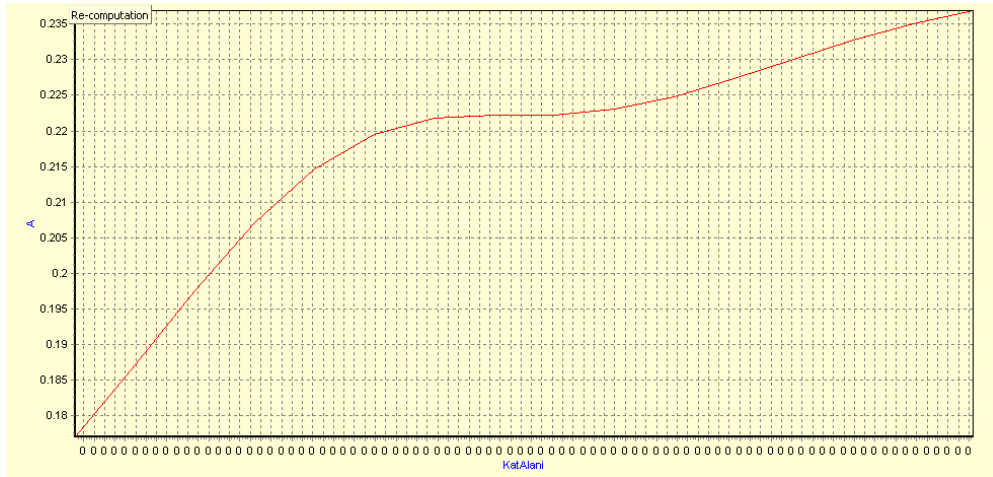
Toplam daire sayısının artışı ile yapı ortalama maliyetinin değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir. Bir blokta 24 daire sayısına ulaşana kadar az eğimli doğrusal bir maliyet artışı görülürken, bu değer bir blok için en yüksek birim maliyete karşılık gelmekte ve daire sayısı 24'ün üzerine çıktığında ortalama maliyetlerde daha büyük eğimli bir azalış dikkati çekmektedir. 52'nin üzerinde daire içeren blok uygulaması, örnekleme düzlemi içinde bulunmamakla beraber, mevcut verilere göre optimum maliyetli bir blok tasarımı esnasında en pahalı çözümün 24 dairesi yapılar olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Toplam daire sayısının artışı ile yapı maliyetinin değişimi  
(Figure 4. The relationship between total number of flats and structure cost)

#### 4.1.4. Kat alanının yapı ortalama maliyeti ile değişimi (The Relationship Between Flor Area and Average Cost of Construction)

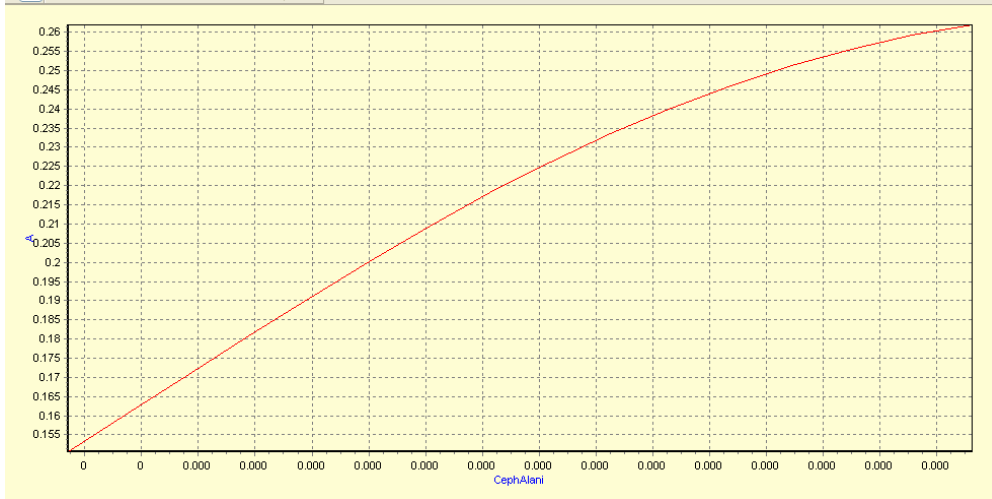
Kat alanının yapı ortalama maliyeti ile değişimi Şekil 5'de gösterilmiştir. Örnekleme düzlemindeki en düşük kat alanı değeri olan 180 m<sup>2</sup>'den 320 m<sup>2</sup>'ye kadar artan kat alanlarına karşılık, dik eğimli ve lineer olarak artan bir yapı maliyeti gözlenmektedir. 320-470 m<sup>2</sup> değerleri arasındaki kat alanı değişimleri, yapı maliyetinde önemli bir artmaya sebep olmazken, 470-610 m<sup>2</sup>'lik kat alanlarının bulunduğu kısımda grafiğin ilk kısmındakinden daha az bir eğimle lineer bir maliyet artışı görülmektedir. Bu verilerle, optimum maliyetli bir blok tasarımı için tip katların alanlarının 320-470 m<sup>2</sup> değerleri arasında seçilmesinin olumlu katkıları olabileceği dşnlmektedir.



Şekil 5. Kat alanının yapı maliyeti ile değişimi  
(Figure 5. The relationship between flor area and structure cost)

#### 4.1.5. Cephe Alanının Artması İle Yapı Ortalama Maliyetinde Oluşan Değişim (The Relationship Between Front Area and Average Cost of Construction)

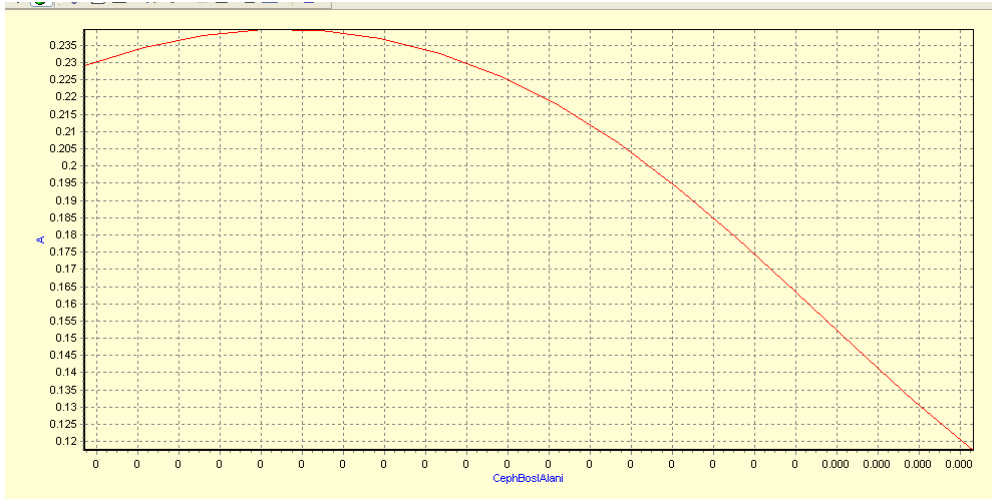
Şekil 6'da cephe alanının artması ile yapı ortalama maliyetinde oluşan değişim gösterilmiştir. 542 m<sup>2</sup> ile 3725 m<sup>2</sup> arasında değişen farklı cephe alanlarına karşılık maliyetlerin aldığı değerler incelendiğinde; 542-2450 m<sup>2</sup> değerleri arasında lineer bir artış görülürken, 2450 m<sup>2</sup>'den sonraki cephe alanı artışına karşılık gelen maliyet artışlarının eğimi biraz daha düşük olan eğrisel bir yapıyı gösterdiği anlaşılmaktadır. Buradan, genel olarak cephe alanı ile maliyetlerin doğrusal yada doğrusala çok yakın olarak arttığı çıkarımı yapılabilir.



Şekil 6. Cephe alanının artması ile yapı maliyetinde oluşan değişim  
(Figure 6. The relationship between facade area and structure cost)

#### 4.1.6. Cephe Boşluk Alanının Artması İle Yapı Ortalama Maliyetinde Oluşan Değişim (The Relationship Between Wall Cavity Field and Average Cost of Construction)

Şekil 7'de cephe boşluk alanının artması ile yapı ortalama maliyetinde oluşan değişim gösterilmiştir. Cephe boşluk alanının 180 m<sup>2</sup>'den 355 m<sup>2</sup>'ye kadar arttığı bölümde maliyetin de azalan eğimde arttığı, bu değerden itibaren cephe boşluk alanının artmasına karşılık maliyetlerde, önce eğrisel sonra lineer olarak azalma olduğu görülmektedir. Bu durum, en büyük boşluk alanı olan 1165 m<sup>2</sup>'ye kadar devam etmektedir.

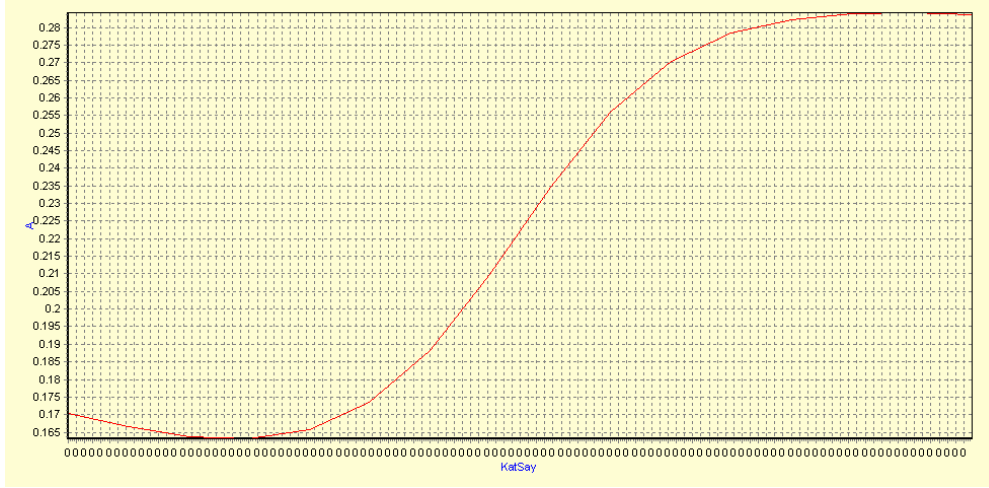


Şekil 7. Cephe boşluk alanının artması ile yapı maliyetinde oluşan değişim  
(Figure 7. The relationship between facade cavity field and structure cost)

#### 4.1.7. Kat Sayısının Artışı İle Ortalama Maliyetlerin Değişimi (The Relationship Between Floors and Average Cost of Construction)

Şekil 8, kat sayısının artışının ortalama maliyetlere yansımalarını ifade etmektedir. Bu verilere göre en düşük maliyet 6 katlı bloklarda gerçekleşirken 11 kata kadar dik bir eğimle artan maliyetler, bu kat sayısından 13 kat sayısına kadar azalan oranda

artmakta ve 13. kattan sonra 15. kata kadar kat sayısındaki herhangi bir artmanın maliyette herhangi bir değişiklik oluşturmadığı gözlemlenmektedir. Bu veriler esas alındığında çok yüksek yapıların esas alınmayacağı durumlarda 6 katlı tasarımların, daha yüksek yapılar içinse 14 ve daha fazla katlı tasarımların daha düşük ortalama maliyetlerle gerçekleştirilebileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 8. Kat sayısının artışının maliyetlere yansıması  
(Figure 8. The relationship between floors and structure cost)

#### 4.1.8. Daire Alanının Ortalama Maliyetlere Etkisi (The Relationship Between Office Space and Average Cost of Construction)

Şekil 9, daire alanının ortalama maliyetlere etkisini göstermektedir. 90.5 m<sup>2</sup> - 166 m<sup>2</sup>'lik dairelerin alanlarına göre maliyet değişimlerini gösteren bu şekle göre; 90.5 m<sup>2</sup>'den sonra 101 m<sup>2</sup>'ye kadarlık ortalama daire alanı artışı durumunda, önemli bir maliyet düşüşü görülmektedir. Bu değerden 116 m<sup>2</sup>'ye kadarlık alan artışları önemli maliyet artışlarına karşılık gelmektedir. 116 m<sup>2</sup> değerinden sonraki alan artışlarında daha az bir eğimle azalmaya başlayan maliyetler, 165 m<sup>2</sup> değerinde yerel minimum değerine ulaşmış, bu değerden sonra çok düşük bir eğimle artma eğilimi göstermektedir. Bu verilere göre 100 m<sup>2</sup>'lik daire alanları en düşük ortalama maliyetle gerçekleştirilebilirken bu alanın üzerindeki daireler için en pahalı daire alanı 116 m<sup>2</sup>'ye karşılık gelmektedir. Büyük alanlı dairelerin dizayn edilmesinde 165 m<sup>2</sup> ve üzerindeki alanlar optimum maliyetlere ulaşmaktadır.



Tip kat alanının kat sayısı ile çarpımı (varsa tip olmayan katların da buna eklenmesi ile) yapı alanı hesaplanabilmekte ve bu çalışmanın başında verilen m<sup>2</sup> maliyeti esaslı maliyet tahminleri için veri oluşturulmaktadır. Bu yaklaşıma esas olan kat alanı parametresinin öneminin %8 olmasına karşılık ortalama daire alanı parametresinin öneminin %48 civarında bir değer alması; m<sup>2</sup> maliyeti esaslı maliyet tahmini yerine daire alanı esaslı maliyet tahminleri yapılmasının gerçeğe daha yakın sonuçlar verebileceğini işaret etmektedir. Kat yükseklikleri tüm projelerde 2,80m ile 3,00m arasında olduğu ve önemli değişiklikler göstermediği için parametreler arasında en az etken olan parametre olmuştur (%2,5).

#### **4.3. Yapı Geometrik Özelliklerinin Değişimlerinin Maliyetlere Etkileri (Effects of Changes of Geometric Structure Properties to the Costs)**

- Yapı son kat yüksekliği ile yapı ortalama maliyeti arasındaki ilişki irdelendiğinde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır; Başlangıçta bina yüksekliğinin artması ile lineer olarak artan maliyet değeri, belli bir değerden sonra azalarak artmaktadır. Buradan hareketle bina yüksekliğinin 36 m ve daha fazla olduğu mimari dizaynlarda, daha düşük birim maliyetlere yaklaşılabileceği, 42 m'den daha yüksek yapılar için yükseklik artışının birim maliyetlere etkisinin önemli miktarda azalacağı tespiti yapılabilir.
- Bir katta bulunan daire sayısı ile yapı ortalama maliyeti arasındaki ilişki incelendiğinde yapılan saptamalar aşağıdaki gibidir; Kat planında daire sayısı arttıkça maliyetlerin lineer olarak arttığı, üç daireden sonra daire sayısının artmasının maliyetlerde bir düşüş yarattığı görülmektedir. Çalışmaya esas olan projelerde dörtten fazla dairenin aynı katta bulunduğu bir uygulama olmadığı için 5, 6 ya da daha fazla dairenin bir katta bulunduğu yapıların maliyet değişimleri incelenememiştir. Bu konuda yapılabilecek yeni çalışmalarla kattaki daire sayısının daha fazla arttırılmasının genel yapı maliyetine etkisinin daha detaylı analiz edilebileceği düşünülmektedir. Bu verilerle, bir katta 4 dairesi olan tasarımların, 2 ve 3 dairesi tasarımlara göre ortalama maliyetlerinin daha düşük olduğu ifade edilebilir.
- Toplam daire sayısının artışı ile yapı ortalama maliyetinin değişimi irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır; Bir blokta 24 daire sayısına ulaşana kadar az eğimli doğrusal bir maliyet artışı görülürken, bu değer bir blok için en yüksek birim maliyete karşılık gelmekte ve daire sayısı 24'ün üzerine çıktığında ortalama maliyetlerde daha büyük eğimli bir azalış dikkati çekmektedir. 52'nin üzerinde daire içeren blok uygulaması, örnekleme düzlemi içinde bulunmamakla beraber, mevcut verilere göre optimum maliyetli bir blok tasarımı esnasında en pahalı çözümün 24 dairesi yapılar olduğu anlaşılmaktadır.
- Kat alanının ortalama yapı maliyeti ile değişimi incelendiğinde edinilen bulgular aşağıdaki gibidir; Örnekleme düzlemindeki en düşük kat alanı değeri olan 180 m<sup>2</sup>'den 320 m<sup>2</sup>'ye kadar artan kat alanlarına karşılık, dik eğimli ve lineer olarak artan bir yapı maliyeti gözlenmektedir. 320-470 m<sup>2</sup> değerleri arasındaki kat alanı değişimleri, yapı maliyetinde önemli bir artmaya sebep olmazken, 470-610 m<sup>2</sup>'lik kat alanlarının bulunduğu kısımda grafiğin ilk kısmındakinden daha az bir eğimle lineer bir maliyet artışı görülmektedir. Bu verilerle, optimum maliyetli bir blok tasarımı için tip katların alanlarının 320-470 m<sup>2</sup>



değerleri arasında seçilmesinin olumlu katkıları olabileceği düşünülmektedir.

- 542 m<sup>2</sup> ile 3725 m<sup>2</sup> arasında değişen farklı cephe alanlarına karşılık ortalama maliyetlerin aldığı değerler incelendiğinde; 542 - 2450 m<sup>2</sup> değerleri arasında lineer bir artış görülürken, 2450 m<sup>2</sup>'den sonraki cephe alanı artışına karşılık gelen maliyet artışlarının eğimi biraz daha düşük olan eğrisel bir yapıyı gösterdiği anlaşılmaktadır. Buradan, genel olarak cephe alanı ile maliyetlerin doğrusal ya da doğrusala çok yakın olarak arttığı çıkarımı yapılabilir.
- Cephe boşluk alanının 180 m<sup>2</sup>'den 355 m<sup>2</sup>'ye kadar arttığı bölümde ortalama maliyetin de azalan eğimde arttığı, bu değerden itibaren cephe boşluk alanının artmasına karşılık maliyetlerde, önce eğrisel sonra lineer olarak azalma olduğu görülmektedir. Bu durum, en büyük boşluk alanı olan 1165 m<sup>2</sup>'ye kadar devam etmektedir.
- Kat sayısının artışı analiz edildiğinde varılan sonuçlar aşağıdaki gibidir; En düşük maliyet 6 katlı bloklarda gerçekleşirken 11 kata kadar dik bir eğimle artan maliyetler, bu kat sayısından 13 kata sayısına kadar azalan oranda artmakta ve 13. kattan sonra 15. kata kadar kat sayısındaki herhangi bir artmanın maliyette herhangi bir değişiklik oluşturmadığı gözlemlenmektedir. Bu veriler esas alındığında çok yüksek yapıların esas alınmayacağı durumlarda 6 katlı tasarımların, daha yüksek yapılar içinse 14 ve daha fazla katlı tasarımların daha düşük ortalama maliyetlerle gerçekleştirilebileceği anlaşılmaktadır.
- Daire alanının ortalama maliyetlere etkisi 90.5 m<sup>2</sup> - 166 m<sup>2</sup>'lik dairelerin alanlarına göre irdelendiğinde; 90.5 m<sup>2</sup>'den sonra 101 m<sup>2</sup>'ye kadarlık ortalama daire alanı artışı durumunda, önemli bir maliyet düşüşü görülmektedir. Bu değerden 116 m<sup>2</sup>'ye kadarlık alan artışları önemli maliyet artışlarına karşılık gelmektedir. 116 m<sup>2</sup> değerinden sonraki alan artışlarında daha az bir eğimle azalmaya başlayan maliyetler, 165 m<sup>2</sup> değerinde yerel minimum değerine ulaşmış, bu değerden sonra çok düşük bir eğimle artma eğilimi göstermektedir. Bu verilere göre 100 m<sup>2</sup>'lik daire alanları en düşük ortalama maliyetle gerçekleştirilebilirken bu alanın üzerindeki daireler için en pahalı daire alanı 116 m<sup>2</sup>'ye karşılık gelmektedir. Büyük alanlı dairelerin dizayn edilmesinde 165 m<sup>2</sup> ve üzerindeki alanlar optimum maliyetlere ulaşmaktadır.
- Kat alanı parametresinin yapı ortalama maliyeti hesaplamasındaki öneminin %8 olmasına karşılık ortalama daire alanı parametresinin öneminin %48 civarında bir değer alması; m<sup>2</sup> maliyeti esaslı maliyet tahmini yerine daire alanı esaslı maliyet tahminleri yapılmasının gerçeğe daha yakın sonuçlar verebileceğini işaret etmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

### 5.1. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışmada, çok katlı, betonarme taşıyıcı sistemli konut yapılarının ön tasarımı aşamasında maliyet minimizasyonu sağlayabilecek optimum bina boyutları YSA modellemesi yardımı ile araştırılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak, optimum maliyetli blok tasarımına yönelik sınır değerler belirlenmiş, esas alınan girdi vektörü kriterlerinin maliyete etkileri bakımından önem sıralaması yapılmıştır. Anılan tipteki yapılar için; yapı yükseklikleri, tip katlardaki daire sayıları, tip kat alanları, kat yükseklikleri, toplam kat sayıları, kat yükseklikleri, cephe alanları,

cephce boşluğu alanları ve ortalama daire alanlarının değişimi ile yapı maliyetlerinin değişimine ait grafikler elde edilmiştir. Ön tasarımı aşamasında bu bilgilerin minimum maliyetli yapıların dizayn edilmesi için veri olarak kullanılması imkanı yaratılmıştır. Farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının, gerek yatırımcı kuruluşlara, gerek son kullanıcılara, gerekse ülke ekonomisine olumlu faydalar sağlayacağı düşünölmektedir.

### 5.2. Öneriler (Suggestions)

Yukarıda belirtilen sonuçlar esas alınarak aşağıdaki önerilerin yapılmasının uygun olabileceği düşünölmektedir;

- Daire alanının ortalama maliyetlere etkisini gösteren şekil 8. dikkatle incelendiğinde; 90.5 m<sup>2</sup>'den sonra 101 m<sup>2</sup>'ye kadarlık ortalama daire alanı artışı durumunda, önemli bir maliyet düşüşü görölmektedir. Bu değerden 116 m<sup>2</sup>'ye kadarlık alan artışları önemli maliyet artışlarına karşılık gelmektedir. 116 m<sup>2</sup> değerinden sonraki alan artışlarında daha az bir eğimle azalmaya başlayan maliyetler, 165 m<sup>2</sup> değerinde yerel minimum değerine ulaşıp, bu değerden sonra çok düşük bir eğimle artma eğilimi göstermektedir. Özellikle 90.5 m<sup>2</sup> ile 101 m<sup>2</sup>'lik kısımdaki şiddetli düşüş ve akabinde 116 m<sup>2</sup>'ye kadarlık alan artışlarının önemli maliyet artışlarına karşılık gekmesi iki ayrı yorum yapılmasına olanak vermektedir. Ya gerçekten 101 m<sup>2</sup>'lik daire alanı fazlası ile maliyet optimizasyonuna karşılık gelmekte yada bu değerlerin hesabında kullanılan verilerde problem bulunmaktadır. Bu çalışma esnasında, gerek metraj gerek keşif çalışmaları tekrar incelenmiş ve kayda değer bir yanlışlık gözlenmemiştir. Bu durumda ilgili birim fiyat analizlerinin bu açıdan değerlendirilmesi ve gerekiyorsa güncellenmesi, yapı maliyeti ve optimum daire alanı belirlenmesi çalışmalarına katkıda bulunabilecektir.
- Yapılar yalnız betonarme çok katlı bloklardan ibaret bulunmamaktadır. Gerek taşıyıcı sistemleri gerek kullanılan malzemeler açısından farklı tipteki yapıların maliyetleri için benzer çalışmaların yapılması, mevcut yöntemlerin gözden geçirilmesi ve hibrit yöntemler yardımı ile daha sağlıklı yapı maliyeti tahminlerinin yapılmasında önemli katkılar sağlayacaktır.
- Yapıların birbirine olan bitişiklikleri de maliyetleri direkt olarak etkilemektedir. Farklı bitişiklik durumları ve paylaşılan cephelerin oranları esas alınarak maliyet değişimlerinin irdelenmesi, tasarımcılara ve yatırımcılara değişik alternatifleri maliyetleri ile karşılaştırma imkânı verecektir.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Kraentzer, K.R., (1962). Konut İnşatlarında Yapı Maliyetine Etkiler, (Çev. Cemal Yaşar), İmar İskan Bakanlığı Mesken Genel Müdürlüğü Sosyal Araştırma Dairesi, Ankara.
2. Deters, K., (1982). Wirtschaftlich Bauen, Auswirkungen Von Planungsmassnahmen Die Baukosten, Aus Der Bauforschung Für Die Baupraxis, Heft 6,423-427.
3. Pişirci, E., Dinç, T. ve Demirkan, H., (1986). Toplu Konut Kat Adedi- Maliyet İlişkisi, Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, Rapor No:H122, Ankara.
4. Çıracı, M., (1996). Konutlarda Maliyet Tahmini İçin Bir Model, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi-6, Ankara.
5. Bathurst, P.E., Butler, D.A., (1982). Building Cost Control Techniques And Economics, 2<sup>nd</sup> Edition, William Heinemann Ltd., London.
6. Seeley, I.H., (1986). Building Economics, 3<sup>rd</sup> Edition, Macmillaneducation Ltd., Great Britain.