



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

## Toplu Konut Projelerinde Maliyetlerin Regresyon Metodu ile İncelenmesi

Latif Onur UĞUR<sup>a\*</sup>, Ali Rıza SIVRI<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*İnşaat Mühendiliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye*

<sup>b</sup>*Taşınmaz Geliştirme Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE*

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: latifugur@duzce.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ)'nin yapımını gerçekleştirdiği toplu konut projelerinde kattaki daire sayıları, kat adetleri, yapı blok sayısı, toplam alan (m<sup>2</sup>), yapım yılı maliyetleri, yapım yılı ve 2013 yılı m<sup>2</sup> (ÜFE) maliyetleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Binaların taşıyıcı sistemi betonarmedir. Binaların hepsi asansörlü, banyo, tuvalet, mutfak, salon ve odalar vardır. Yapıların hepsi çok katlıdır. Çalışmada 50 adet (3+1), 25 adet (2+1) ve 6 adet kontrol grubu konutlara ait veriler temin edilmiştir. (2+1) ve (3+1) konutları birlikte analiz eden kat sayısı ve metrekare maliyetleri regresyonu, (2+1) konutlar için kat sayısı ve maliyeti ile (3+1) konutlar için toplam alan ve metrekare maliyeti modelleri ve çoklu regresyon modeli kurulmuştur. ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetleri incelendiğinde, maliyetlerde yıllara bağlı olarak dalgalanmaların bulunduğu ve genel eğilimin düşüş ve 2011 yılından itibaren artış şeklinde olduğu görülmüştür. 2012 yılında yapılan proje grupları üzerinde yapılan incelemede; kat sayısı, inşaat şekli, oda sayısı benzer olan konutlarda konut alanı büyüdükçe metrekareye düşen asansör-inşaat-elektrik-mekanik işleri yapım maliyetleri azalmaktadır. Çalışmada baz alınan işlerin, ihaleli işler olması nedeniyle beklenen kar paylarının %10 olarak düşünülmesi mümkün olduğundan ön tasarım hata oranlarının %5'in altında olması istenir. Yapılan çalışmada hata oranları (+,-) yaklaşık olarak bu seviyededir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapı Maliyeti, İnşaat Maliyeti Analizi, Tahmini Bedel, Regresyon Analizi, SWOT Analizi.

## Investigation of Housing Projects Costs by Regression Method

### ABSTRACT

In this study, carried out the construction of public housing projects of Turkish Republic Prime Ministry Housing Development Administration (TOKI) floor apartment number, floor number, the number of building blocks, the total area (m<sup>2</sup>) of construction costs, construction year and the year 2013 m<sup>2</sup> (PPI) to investigate the relationship between the costs. Buildings made of reinforced concrete structural system. All of the buildings with elevator, bathroom, toilet, kitchen, lounge and rooms. Structures all stories. Study, 50 (3 +1), 25 (2 +1) and 6 control houses, data were obtained (2 +1) and (3 +1) square meters of housing costs and the number of times that the regression analysis, (2 +1) for the number of times and the cost of housing (3 +1) dwellings and multiple regression models for the cost of the total area and the area model has been established. PPI and construction costs carried by the year 2013 is analyzed, where the fluctuations in costs, and depending on the general trend of

the decline in the years and since 2011 has been in the form of an increase. In 2012, the investigation carried out on groups of the project, number of floors, construction type, number of rooms per square meter which is similar to residential housing area grows, electrical and mechanical works, construction elevator construction costs are reduced. Baseline study, jobs, contract jobs is expected due to the fact that dividends be considered as a preliminary design of a 10%, error rate is less than 5% is required. Study conducted error rates (+, -) of approximately this level.

**Keywords:** *Construction Costs, Construction Cost analysis, Cost Estimation, Regression Analysis, SWOT Analysis.*

## I. GİRİŞ

Toplu konut uygulamaları, genellikle düşük ve orta gelirli vatandaşlara yönelik uygulamalar olarak algılanmaktadır. Burada amaç niteliksel açıdan yeterli yaşanabilir konut çevreleri yaratmak, ailenin zaman içindeki değişimine ve farklı kullanımlara olanak vererek sağlıklı bir şekilde bu çevreleri yaşatmak şeklinde tanımlanabilir. Toplu konut uygulamaları çok sayıda ve bir arada üretilmeleri nedeniyle, düşük maliyetli uygulamalar olduklarından "toplu konut" kavramının sıklıkla "sosyal konut" kavramıyla aynı anlamda kullanıldığı görülmektedir. Gerçekte her iki kavramın çıkış noktası ayrıdır. "Toplu konut" pazar ekonomisinde bir ticari kavram olarak ortaya çıkarken, "sosyal konut" devletin, yerel yönetimin ya da bazı sosyal kurumların ürettiği konut anlamına gelmektedir ve bu tür bir konut, pazar ekonomisinin dışında bir üretim örgütlenmesinin sonucudur (Tapan).

Toplu konut projelerinde maliyet etütleri ön proje aşamasında yaklaşık olarak yapılır. İmalat esnasında gerçeğe yakın olarak tekrar hesaplanır, iş bitiminde yapılan hesaplara kesin hesap adı verilir.

İnşaat maliyeti etütleri, işin özelliğine göre sözleşmesi de dikkate alınarak hazırlanır. Gelişim tahmini, Hücresel analiz, Maliyet planlamasının uygulanması, Fiyat limitlerinin ve indirimlerinin tanıtımı, Eğitimsel araştırma ve uygulama, Fiyat değer küçültmeleri, Alternatif istihsal sistemleri, Kullanım bedeli, Olanak yönetimi, Risk analizi, Maliyet kontrolü çalışmasından oluşur (Uğur).

Sanayi devriminden sonra, kentlerde hızlı nüfus artışının yarattığı konut sorunu toplu konut anlayışıyla çözülmüştür. Günümüzde toplu konut bölgeleri, sosyal ihtiyaçları karşılayan sosyal tesisler, işyerleri, hizmet alanları ve konut çeşitliliği olan yapılar ve gerekli altyapıları da içeren kapsamlı projeler grubudur. Toplu konut projelerinin ekonomik analizlerinin ve maliyet hesaplarının sağlıklı yapılarak doğru seçimlerin yapılması önemlidir.

İnşaat sektöründe, üç temel faktör vardır. Bunlar proje yönetimi, arazi (proje) geliştirme ve zamana bağlı maliyet – getiri faktörleridir. Projenin başlangıcında imalat öncesi yaklaşık maliyetlerin kabul edilebilir hata ile tahmini için kaynakların yönetimini, risklerin azaltılmasını ve karlılığını belirlemek; yüklenici açısından vazgeçilmezdir.

Kant ve Baykan “Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Belirlenmesi” isimli çalışmaları ile kamuya ait bina yatırımları arasından sağlık ocakları örneklenerek bölge, süre, ihale indirimi ve tahmini m<sup>2</sup> maliyet parametrelerinin yaklaşık maliyet ile ilişkisi araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları, daha büyük çaplı bir araştırmada geçmiş maliyet verileriyle geleceğe yönelik güvenilir tahminler yapılabileceğini göstermektedir.

Duncan, Philips ve Prus, stokastik sınır regresyonu kullanarak hakim ücret yasaları dahilinde inşaat sektöründe verimsizlik tahminine yönelik modellemeler yapmışlardır, Hwang (2009), inşaat maliyet endeksi tahmini için iki dinamik regresyon modelleri önermektedir.

Uğur ve Baykan (2009) taşıyıcı sistemi betonarme olan, benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetlerini hesaplamış ve mevcut verilerden yararlanarak bir regresyon analizi yapmışlardır. Bu uygulama ile oluşturulan modelleme gerçeğe yakın ve uygulanabilir değerler elde etmişlerdir. Yazarlar farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı sonucuna varmışlardır.

## II. AMAÇ VE YÖNTEM

### *A. AMAÇ*

Bu çalışmada; toplu konut inşaat maliyetlerinin değerinin regresyon metodu ile tahmin edilmesinin analizi hedeflenmiştir.

### *B. YÖNTEM*

Bu çalışmada, proje inşaat maliyetinin hesabını etkileyen faktörler hakkında bilgi verilmiş; proje inşaat maliyetinin hesabının yapılabileceği regresyon analizinin modeline olan ihtiyaç ortaya konulmuştur. Proje maliyet esasları ortaya konulmuş ve önerilen modelin temelini oluşturan regresyon analizi ile ilgili örnek model sunulmuş; modellemenin sonucunda ortaya çıkan verilerin uygunluğu tartışılmış, istatistik yöntemleri kullanılarak veriler modele uygulanarak değerlendirilmiş ve çalışma bir sonuca bağlanmıştır.

Özetle modele olan ihtiyaç ile toplu konut tahmini inşaat maliyetinin hesabının regresyon analiziyle yapımının modeli tasarlanmış ve yurt içi örnek uygulama ortaya konulmuştur. Nihayetinde modele uygun maliyet yapısı gösterildikten sonra çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar vurgulanmış ve öneriler açıklanmıştır.

## III. BULGULAR

Bu çalışmada TOKİ tarafından projelendirilip ihale edilmiş 52 adet (3+1) ve 25 adet (2+1) daire ile oda sayısı tanımlanmamış 10 adet projeye ait, kattaki daire sayıları, kat adetleri, yapı blok sayısı, toplam alan (m<sup>2</sup>), yapım yılı maliyetleri, yapım yılı ve 2013 yılı m<sup>2</sup> (ÜFE) maliyetleri alınmıştır.

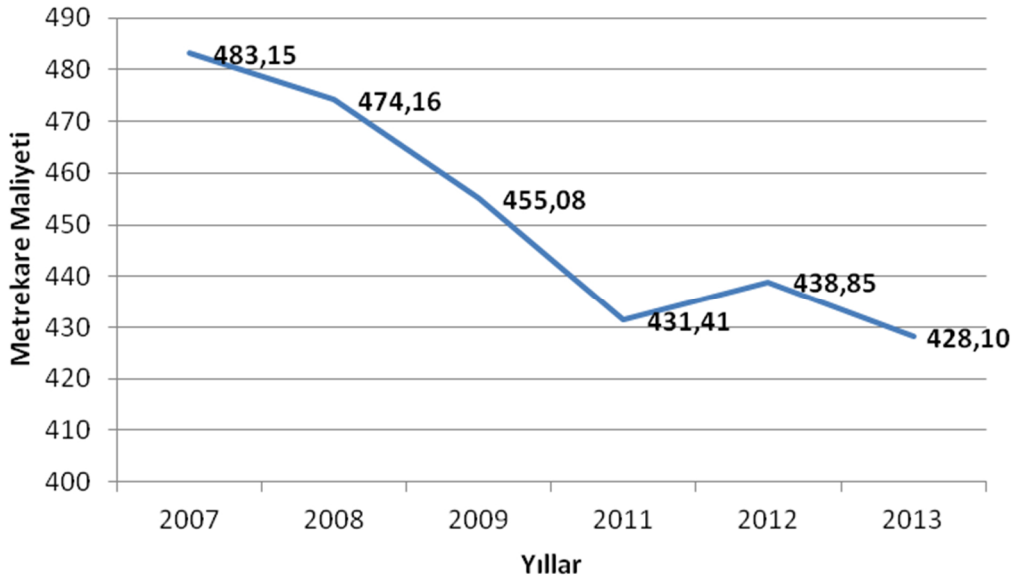
*Çizelge 1. (3+1) ve (2+1) Konutlar için veriler*

<b>Oda Sayısı</b>	<b>Kattaki Daire Sayısı</b>	<b>Kat Sayısı</b>	<b>Blok Sayısı</b>	<b>Toplam Daire Sayısı</b>	<b>Toplam Kapalı Alan</b>	<b>Maliyet (TL/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Yapım Yılları</b>
2	4	8	2	32	6.780	351,52	2007
3	4	8	5	160	23.225	295,04	2007
3	4	8	8	272	41.280	299,78	2007
2	4	6	14	336	31.042	360,06	2008
2	4	7	7	196	20.122	327,26	2008
3	4	6	8	190	26.027	301,26	2008
2	4	8	6	216	19.093	459,86	2009
2	4	14	7	392	42.834	228,24	2009
2	4	8	5	160	16.614	366,18	2009

2	4	14	7	336	42.834	228,24	2009
2	4	9	6	216	21.354	444,7	2009
2	4	8	3	96	9.848,04	377,62	2009
2	4	8	5	160	18.251,35	371,65	2009
3	4	6	9	216	29.336	321,9	2009
3	4	6	12	288	45.797	300,85	2009
3	4	6	4	96	22.223	282,51	2009
3	4	8	3	96	12.721,68	344,09	2009
3	4	8	9	288	42.323,31	338,26	2009
3	4	10	1	40	5.193	331,21	2009
3	4	10	2	84	11.309	325,27	2009
3	4	9	2	72	9.266	398,26	2009
2	4	8	14	476	51.234	415,36	2011
2	4	6	16	384	38.762	375,29	2011
2	4	13	1	52	5.515	361,62	2011
2	4	10	4	168	17.743	365,21	2011
2	4	13	2	104	10.299	366,36	2011
2	4	14	2	112	11.753	357,07	2011
2	4	13	1	54	5.515	363,84	2011
2	4	8	2	64	6.559	367,55	2011
3	4	16	2	128	18.652	365,61	2011
3	4	6	6	144	20.645	329,86	2011
3	4	12	1	48	7.093	320,81	2011
3	4	12	1	48	6.594	318,83	2011
3	4	13	2	104	14.189	323,89	2011
3	4	8	8	256	43.453	339,04	2011
3	4	14	4	224	32.958	311,12	2011
3	4	15	1	60	8.783	311,23	2011
3	4	14	3	168	26.385	306,66	2011
3	4	12	1	48	6.547	329,41	2011
3	4	12	5	250	35.232	327,67	2011
3	4	12	1	52	7.542	324,23	2011
3	4	9	3	114	16.423	362,54	2011
2	4	6	25	600	61.157	444,5	2012
2	4	7	1	30	3.947	412,5	2012
2	4	12	12	576	57.200	402,49	2012
2	4	6	2	52	5.821	424,07	2012
2	4	9	1	36	3.588	457,08	2012
2	4	7	1	30	3.240	447,94	2012
2	4	11	5	220	26.366	412,94	2012
3	4	10	4	160	24.306	349,72	2012
3	4	6	2	48	4.413	452,56	2012
3	4	6	1	24	2.482	420,44	2012
3	4	6	1	24	2.482	422,08	2012
3	4	6	2	48	5.541	393,28	2012
3	4	6	5	120	16.897	370,5	2012
3	4	6	4	96	13.518	371,61	2012
3	4	6	3	72	10.347	371,44	2012
3	4	6	2	48	6.898	372,4	2012
3	4	6	3	72	11.428	355,17	2012
3	4	6	2	48	7.619	356,3	2012
3	4	8	5	160	21.761	371,28	2012
3	4	9	2	76	10.895	395,75	2012
3	4	9	2	80	11.856	390,07	2012
3	4	9	3	114	17.276	391,16	2012

3	4	9	2	76	12.353	389,64	2012
3	4	9	1	40	6.724	384,74	2012
3	4	10	4	160	24.306	349,72	2012
3	4	6	2	48	4.413	452,56	2012
3	4	6	1	24	2.482	420,44	2012
3	4	6	1	24	2.482	422,08	2012
3	4	6	2	48	5.541	393,28	2012
3	4	6	5	120	16.897	370,5	2012
3	4	6	4	96	13.518	371,61	2012
3	4	6	3	72	10.347	371,44	2012
3	4	6	2	48	6.898	372,4	2012

ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetleri incelendiğinde, maliyetlerde yıllara bağlı olarak dalgalanmaların bulunduğu ve genel eğilimin geçmişten günümüze düşüş şeklinde olduğu görülmektedir. (Şekil 1.)



**Şekil 1.** (3+1) ve (2+1) Konutların İmalat yıllarına göre, ÜFE 2013 yılı çevrimiyle elde edilen veriler sonucu grafik hazırlanmıştır.

ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetlerinin 2013 yılına göre değişimi incelendiğinde;

2007-2011 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(483,15 - 431,41) / 483,15 = \% 10,7$

2007-2012 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(483,15 - 438,85) / 483,15 = \% 9,2$

2007-2013 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(483,15 - 428,10) / 483,15 = \% 11,4$

Olduğu görülmektedir.

#### A. (3+1) ve (2+1) KONUTLAR İÇİN REGRESYON MODELİ

(3+1) ve (2+1) Konutlar için 87 konut incelenmiş aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Burada toplam maliyet bağımlı, kat sayısı bağımsız değişkendir. Toplam maliyet ile kat sayısı arasında kurulacak regresyon fonksiyonunda istenen kat sayısının toplam maliyeti hesaplaması sağlanacaktır.

Regresyon analizi için gerekli veriler tabloda verilmiş ve formüller kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

GKT = Genel Kareler Toplamı

RKT = Regresyon Kareler Toplamı

RAKT = Artık Kareler (Hata Kareler) Toplamı

$$GKT = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$RKT = (\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n})^2 / \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

RAKT = GKT - RKT

$$GKT = 15247062,54 - (33597,922 / 75)^2 = 196126,159$$

$$RKT = (289486,48 - (654 * 33597,92 / 75))^2 / (15247062,54 - (654^2 / 75)) = 20299,499$$

$$RAKT = 196126,159 - 20299,499 = 175826,66$$

*Çizelge 2. (3+1) ve (2+1) konutlara ait istatistiki veriler*

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
RKT	20299,50	1	20299,50	8,428	0,005
RAKT	175826,66	73	2408,584		
GKT	196126,159	74			

Hesaplamalar sonucunda F istatistiği değeri 8,428 olarak hesaplanmış. F tablosu yardımı ile p değerinin 0,005 olduğu hesaplanmıştır. Buna göre p < 0,05 olduğundan oluşturulan modelin anlamlı olduğu görülmüştür.

Modeldeki bağımsız değişkenimizin anlamlılığı için aşağıdaki formüller yardımı ile t istatistiği değerleri hesaplanmıştır.

S<sub>2</sub> = Tahmin Hatası

F = Anlamlılık

$$S_2 = \left( \frac{1}{n-2} \right) (KT_y - \frac{(CT_{xy})^2}{KT_x}) = 2408,55$$

$$S_a^2 = \left(\frac{1}{n} + \left(\frac{X^2}{KT_x}\right)\right) \times S^2 = 675,57$$

$$S_b^2 = \frac{S^2}{KT_x} = 4,02$$

$$b = \frac{\sum XY - \sum X \sum Y / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n} = -5,821$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} = 498,73$$

$$t_a = a / \sqrt{S_a^2} = 27,135 \quad p=0,000 \rightarrow \text{Modele Anlamli katkı yapmaktadır.}$$

$$t_b = b / \sqrt{S_b^2} = -2,903 \quad p=0,001 \rightarrow \text{Modele Anlamli katkı yapmaktadır.}$$

R<sup>2</sup> : Varyans

$$R^2 = 1 - \left(\frac{RAKT}{GKT}\right) = 1 - (175.826,66 / 196.126,159) = 0,1035$$

$\sigma$ : Standart sapma

$$\sigma = 0,3217$$

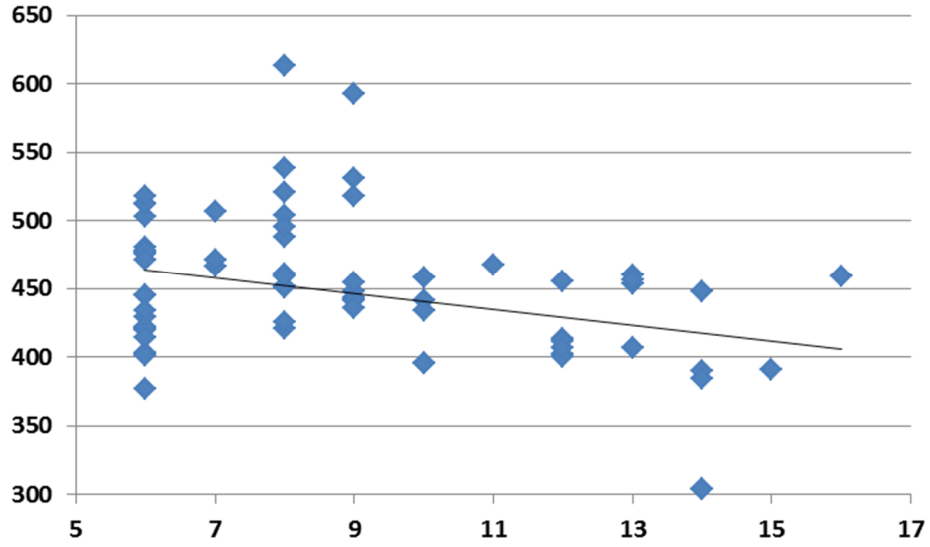
Model;

$y = a + b x$  şeklindeki modelin ve modeldeki sabit katsayı ve bağımsız değişkenin anlamlı olduğu görülmüştür.

***B. (3+1) ve (2+1) KONUTLAR İÇİN, MATEMATİKSEL MODEL VE GRAFİĞİ***

***y = 498,73 – 5,821 (Kat)***

Buna göre projedeki bina katsayısının 1 birim artması, projenin metrekare maliyetini 5,821 birim azaltmaktadır.



Şekil 2. (3+1) ve (2+1) Konutlar İçin, Maliyet – Kat Adedi Model grafiği

Doğrusal Regresyon analizinden ve serpm diyagramından da görüleceği üzere kat adedi arttıkça maliyet azalma eğilimindedir. Oysa Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedelleri Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkındaki 2012 ve 2013 yılları Fiyatları incelendiğinde; beklenen değer kat sayısı arttıkça maliyetlerin artması şeklinde olmalıdır.

Matematiksel Model ve Grafiği

$$y = 498,73 - 5,821 (Kat)$$

Buna göre projedeki bina kat sayısının 1 birim artması, projenin metrekare maliyetini 5,821 birim azaltmaktadır.

### C. (2+1) KONUTLAR İÇİN REGRESYON MODELİ

25 adet (2+1) konuta ait verilerden kat sayıları bağımsız değişken ve metrekare maliyetleri bağımlı değişken olarak alınmış aşağıdaki model tahmin edilmiştir.

$$GKT = 5825589,64 - (11956,932/25) = 106862,63$$

$$RKT = (108706,39 - (233 * 11956,93/25))^2 / (2361,00 - (2332/25)) = 39405,11$$

$$RAKT = 106862,63 - 39405,11 = 67457,53$$

Çizelge 3. (2+1) Konutlara ait istatistiki verileri

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
RKT	39405,11	1	39405,11	13,43538	0,001
RAKT	67457,53	23	2932,94		
GKT	106862,63	24	4452,61		



Hesaplamalar sonucunda F istatistiği değeri 13,43 olarak hesaplanmış. F tablosu yardımı ile p değerinin 0,001 olduğu hesaplanmıştır. Buna göre  $p < 0,05$  olduğundan oluşturulan modelin anlamlı olduğu görülmüştür.

Modeldeki bağımsız değişkenimizin anlamlılığı için aşağıdaki formüller yardımı ile t istatistiği değerleri hesaplanmıştır.

$$S^2 = \left( \frac{1}{n-2} \right) (KT_y - \left( \frac{CT_{xy}}{KT_x} \right)^2) = 2932,87$$

$$S_a^2 = \left( \frac{1}{n} + \left( \frac{X^2}{KT_x} \right) \right) \times S^2 = 1462,14$$

$$S_b^2 = \frac{S^2}{KT_x} = 15,48$$

$$b = \frac{\sum XY - \sum X \sum Y / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n} = -14,42$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} = 612,69$$

$$t_a = a / \sqrt{S_a^2} = 16,02 \quad p=0,000 \rightarrow \text{Modelde Anlamlı katkı yapmaktadır.}$$

$$t_b = b / \sqrt{S_b^2} = -3,67 \quad p=0,001 \rightarrow \text{Modelde Anlamlı katkı yapmaktadır.}$$

$$R^2 = 1 - \left( \frac{RAKT}{GKT} \right) = 1 - (67457,53 / 106862,63) = 0,369$$

$$\text{Varyans} = R^2 = 0,369$$

$$\sigma: \text{Standart sapma} \quad \sigma = 0,607$$

Model;

$y = a + b X$  şeklindeki modelin ve modeldeki sabit katsayı ve bağımsız değişkenin anlamlı olduğu görülmüştür.

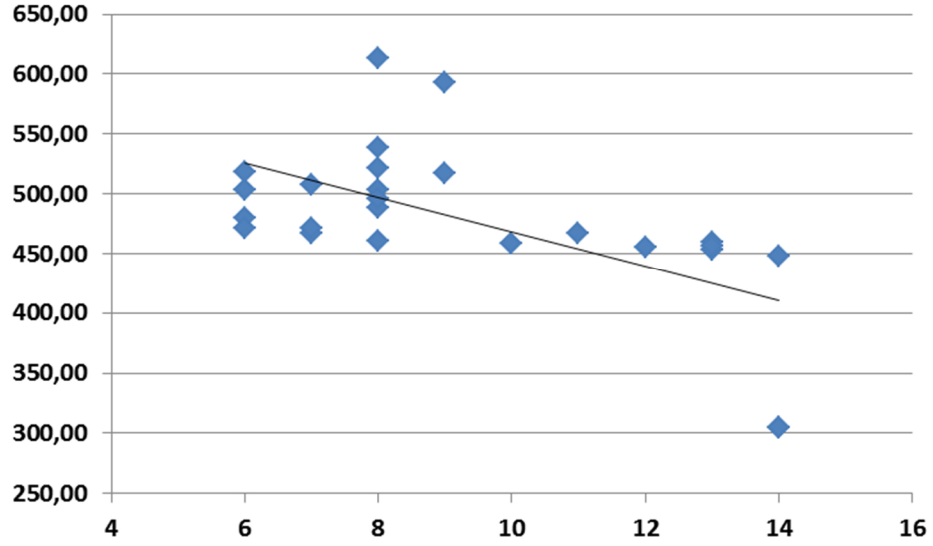
#### *D. (2+1) KONUTLAR İÇİN MATEMATİKSEL MODEL VE GRAFİĞİ*

$$y = 612,69 - 14,42 (\text{Kat})$$

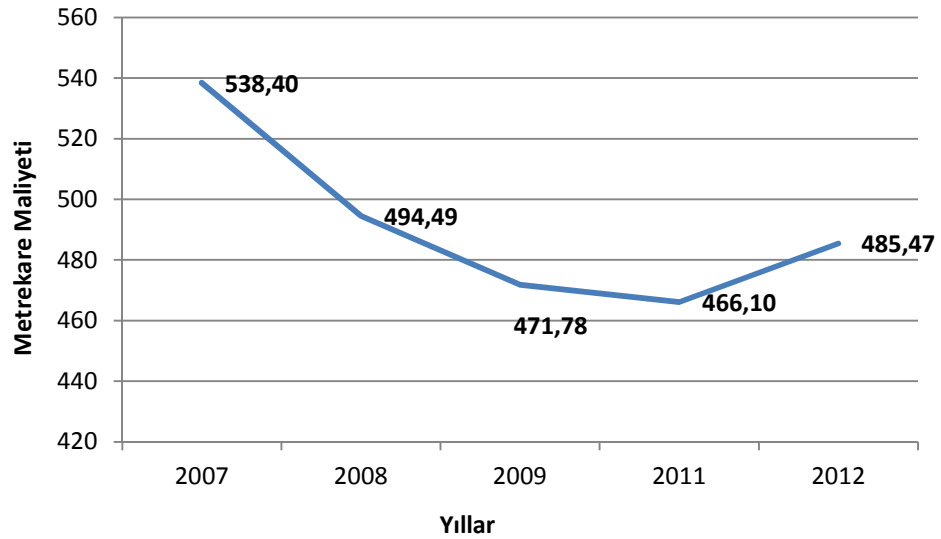
Buna göre projedeki bina katsayısını 1 birim artması, projenin metrekare maliyetini 14,42 birim azaltmaktadır.

Bu modelde Y eksenini inşaat m<sup>2</sup> maliyetini, X eksenini ise inşaat binadaki kat sayısını temsil etmektedir.

(2+1) Konutlardan oluşan binalardaki kat sayısını arttışça, m<sup>2</sup> başına düşen inşaat maliyet bedeli azalmaktadır.



Şekil 3. (2+1) Konutlar için , Maliyet – Kat Adedi Model grafiği



Şekil 4. (2+1) Konutların imalat yılının m² maliyetinin ÜFE çevrimiyle 2013 yılına çevrilerek oluşturulan; yıllara göre maliyet grafiği

ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetleri incelendiğinde, maliyetlerde yıllara bağlı olarak dalgalanmaların bulunduğu ve genel eğilimin düşüş ve 2011 yılından itibaren artış şeklinde olduğu görülmektedir. ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetlerinin 2013 yılına göre değişimi incelendiğinde;

2007-2011 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(538,40 - 466,10) / 538,40 = \%13,4$

2007-2012 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(538,40 - 485,47) / 538,40 = \%9,8$

2007-2013 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(538,40 - 448,81) / 538,40 = \%16,16$

Olduğu görülmektedir.

### E. (3+1) KONUTLAR İÇİN REGRESYON MODELİ

Çizelge 3.8 52 adet (3+1) konuta ilişkin toplam alan ve metrekare maliyetleri için kurulan regresyon analizinde aşağıdaki hesaplamalar yapılmış ve model tahmin edilmiştir.

$$GKT = 9421472,90 - (21640,992/50) = 54823,94$$

$$RKT = (334597996,50 - (786876,99 * 21640,99/50))^2 / (18964241881,38 - (786876,992/50)) = 5430,37$$

$$RAKT = 54823,94 - 5430,37 = 49393,57$$

Çizelge 4. (3+1) konutlara ilişkin istatistiki veriler

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
RKT	5430,37	1	5430,37	5,277161	0,026
RAKT	49393,57	48	1029,03		
GKT	54823,94	49	1118,86		

Hesaplamalar sonucunda F istatistiği değeri 5,277 olarak hesaplanmış. F tablosu yardımı ile p değerinin 0,001 olduğu hesaplanmıştır. Buna göre  $p < 0,05$  olduğundan oluşturulan modelin anlamlı olduğu görülmüştür.

Modeldeki bağımsız değişkenin anlamlılığı için aşağıdaki ifadeler yardımı ile t istatistiği değerleri hesaplanmıştır.

$$S^2 = \left( \frac{1}{n-2} \right) \left( K_{T_y} - \frac{(CT_{xy})^2}{K_{T_x}} \right) = 1029$$

$$S_a^2 = \left( \frac{1}{n} + \frac{X^2}{K_{T_x}} \right) \times S^2 = 59,30$$

$$S_b^2 = \frac{S^2}{K_{T_x}} = 0,00$$

$$b = \frac{\sum XY - \sum X \sum Y / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n} = -0,001$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} = 447,12$$

$$t_a = a / \sqrt{S_a^2} = 58,05 \quad p = 0,000$$

$$t_b = b / \sqrt{S_b^2} = -2,297 \quad p = 0,026$$

$$R^2 = 1 - \left( \frac{RAKT}{GKT} \right) = 1 - (49393,57 / 54823,94) = 1 - 0,099$$

$$\text{Varyans} = R^2 = 0,901$$

$$\sigma: \text{Standart sapma} \quad \sigma = 0,949$$

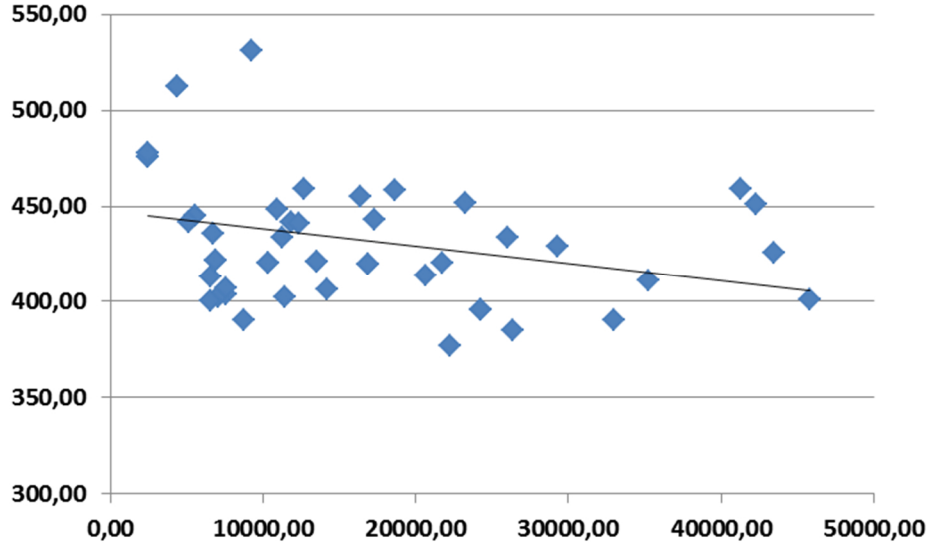
Model;

$y = a + b x$  şeklindeki modelin ve modeldeki sabit katsayı ve bağımsız değişkenin anlamlı olduğu görülmüştür.

### (3+1) Konutlar için Matematiksel Model ve Grafiği

$$y = 447,12 - 0,001(\text{Toplam Kapalı Alan})$$

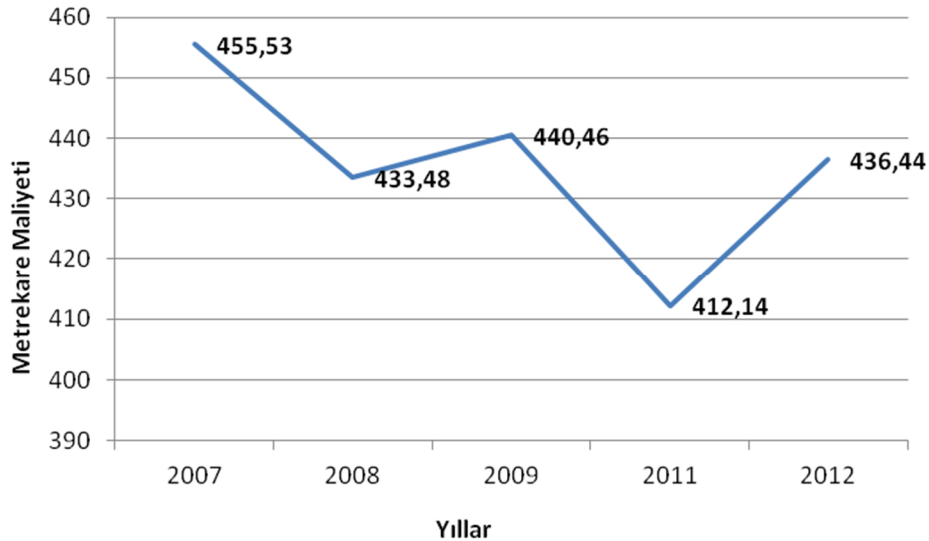
Buna göre projedeki toplam alanın 1 birim artması, projenin metrekare maliyetini 0,001 birim azaltmaktadır.



Şekil 4. (3+1) Konutlar İçin Konutlar için, Maliyet – Toplam İnşaat Alanı Model grafiği

Bu modelde Y eksenini inşaat m<sup>2</sup> maliyetini, X eksenini ise inşaat toplam alanı temsil etmektedir.

(3+1) Konutlardan oluşan binalarda, inşaat toplam alanı arttıkça m<sup>2</sup> başına düşen inşaat maliyet bedeli azalmaktadır.



Şekil 5. (3+1) Konutların imalat yılının ÜFE çevrimiyle; yıllara göre maliyet grafiği

ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetleri incelendiğinde, maliyetlerde yıllara bağlı olarak dalgalanmaların bulunduğu ve genel eğilimin düşüş ve 2011 yılından itibaren artış şeklinde olduğu görülmektedir. ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetlerinin 2013 yılına göre değişimi incelendiğinde;

2007 - 2011 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(455,53-412,14)/455,53 = \%9,5$   
 2007 - 2012 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(455,53-436,44)/455,53 = \%4,2$   
 2007 - 2013 yılı inşaat maliyeti % değişim oranı =  $(455,53-407,39)/455,53 = \%10,6$

Olduğu görülmektedir.

### E. ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON

Yapılan modelleme çalışmasında dairelerdeki oda sayısı, kattaki daire sayısı, binanın kat sayısı, projedeki blok sayısı, projedeki toplam daire sayısı ve projenin toplam alanı değerleri bağımsız değişken olarak alınmış ve bu değişkenler ile projenin toplam metrekare maliyeti açıklanmaya çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada çoklu regresyon modeli kullanılmıştır. Model oluşturulmadan önce modelde bağımlı değişken olarak yer alacak olan “Metrekare Maliyet” değişkeninin normalliği incelenmiştir. Yapılan incelemede değişkene ait çarpıklık katsayısı 1,44 olarak hesaplanmış ve Kolmogorov-Smirnov testi sonucunda  $p > 0,075$  olarak tespit edilmiştir. Bu bilgilere göre değişkenin dağılımının normal dağılıma uygunluk göstermekte olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Regresyon analizinin bir varsayımı da Çoklu Bağntı varsayımdır. Bu varsayıma göre, modeldeki bağımsız değişkenler arasında çok güçlü ilişkiler olmamalıdır. Bu varsayımın kontrolü için bağımsız değişkenlerimiz arasında korelasyonlar incelenmiştir.

*Çizelge 5. (2+1) ve (3+1) konutlara ait istatistik veriler (Bağımsız Değişkenler Arasındaki İlişkiler)*

		<b>Oda Sayısı</b>	<b>Kat Sayısı</b>	<b>Blok Sayısı</b>	<b>Toplam Daire Sayısı</b>	<b>Toplam Kapalı Alan</b>
<b>Oda Sayısı</b>	r		-0,155	-0,288	-0,354	-0,172
	p		0,166	0,009	0,001	0,124
<b>Kat Sayısı</b>	r	-0,155		-0,200	0,112	0,121
	p	0,166		0,073	0,321	0,281
<b>Blok Sayısı</b>	r	-0,288	-0,200		<b>0,908</b>	<b>0,863</b>
	p	0,009	0,073		<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Toplam Daire Alanı</b>	r	-0,354	0,112	<b>0,908</b>		<b>0,956</b>
	p	0,001	0,321	<b>0,000</b>		<b>0,000</b>
<b>Toplam Kapalı Alan</b>	r	-0,172	0,121	<b>0,863</b>	<b>0,956</b>	
	p	0,124	0,281	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	

Tabloya göre Blok, Toplam Daire ve Toplam Alan değişkenleri arasında yüksek güçte ilişkiler bulunmaktadır. Bu 3 değişkeninde aynı anda modele alınması çoklu bağıntı sorunu yaşanmasına neden olabilir. Bu nedenle oluşturulan modelde çoklu bağıntı kontrolleri yapılması gerekecektir.

### Regresyon Modeli

Tüm değişkenler katılarak oluşturulan modelde “Kattaki Daire”, “Kat” ve “Toplam Daire” değişkenleri anlamsız kaldığı için modelden çıkartılmıştır. “Oda”, “Blok” ve “Toplam Alan” değişkenleri ile oluşturulan model sonuçları ise şu şekildedir;

**Çizelge 6.** (2+1) ve (3+1) konutlara ait istatistiki veriler (Otokorelasyon ve Çoklu Bağıntı Varsayımlarının Kontrolleri)

Durbin-Watson	2,119
Collinearity (VIF)	
Oda	1,119
Blok	4,242
Toplam Alan	4,008

Otokorelasyon, oluşturulan modeldeki hatalar arasında ilişki olması durumudur. Regresyon modelinde otokorelasyon olmamalı, oluşturulan modeldeki hatalar rastgele olmalıdır. Bu durum Durbin-Watson testi ile kontrol edilir. Durbin-Watson testi sonucunun 2 civarında çıkması modelde otokorelasyon problemi olmadığını göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1,861 olarak tespit edilen Durbin-Watson sonucuna göre oluşturduğumuz modelde otokorelasyon probleminin olmadığı görülmektedir.

Modelde çoklu bağıntı problemi olup olmadığını ise değişkenlerimize ait VIF değerine bakarak inceleriz. Modele alınan 3 bağımsız değişken içinde VIF değerinin 10'un altında kaldığı görülmektedir. Bu sonuca göre modele alınan değişkenler arasında çoklu bağıntı problemi olmadığını söyleyebiliriz.

**Çizelge 7.** (2+1) ve (3+1) konutlar ait istatistiki veriler (Model Anlamlılığı)

Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	F	p
0,361	16,078	<b>0,000**</b>

**0,000\*\*** : p<0,05 olduğunu ifade eder.

Metrekare Maliyet” değişkenini açıklama için oluşturulan modelin anlamlı bir model olduğu görülmektedir (F:16,078, p<0,05). Anlamlı olan bu modelde bağımsız değişkenler, bağımlı değişkendeki değişimin %36,1’ini açıklayabilmektedir.

**Çizelge 8.** (2+1) ve (3+1) konutlar ait istatistiki veriler (Modeldeki Değişkenlerin Anlamlılığı)

Değişken	B	t	p
Sabit	560,070	19,858	<b>0,000**</b>
Oda	-36,241	-3,653	<b>0,000**</b>
Blok	9,953	4,334	<b>0,000**</b>
Toplam Alan	-0,003	-5,114	<b>0,000**</b>

Modele alınan 3 değişkenin de modele anlamlı katkı yaptıkları görülmektedir. Model en anlamlı katkıyı t değeri en yüksek olan “Toplam Alan” değişkeni yapmakta iken, “Blok” değişkeni ve “Oda” değişkenleri modele hemen hemen aynı katkıyı yapmaktadır.

Modele göre, Toplam Alandaki 1 birimlik artış Metrekare maliyetini 0,003 birim azaltmakta, Blok sayısındaki 1 birimlik artış Metrekare Maliyetini 9,953 birim arttırmakta ve Oda sayısındaki 1 birimlik artış Metrekare Maliyetini 39,241 birim azaltmaktadır.

(3+1) ve (2+1) Konutlar için Çoklu doğrusal Model;

**Metrekare Maliyeti= 560,070 – 36,241 (Oda Sayısı) + 9,953 (Blok Sayısı) – 0,003 (Toplam Kapalı Alan)**

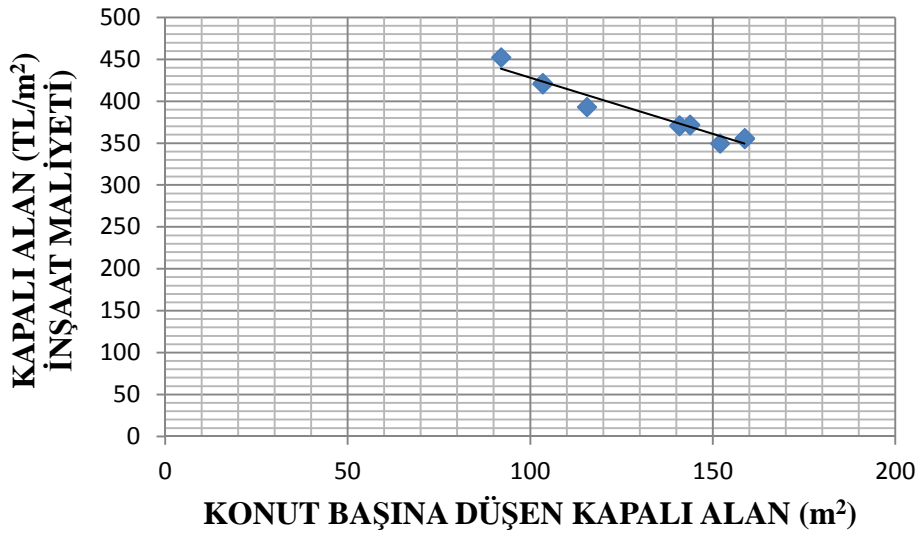
## F. TOPLU KONUTLARDA DAİRE ALANI MALİYET İLİŞKİSİNİN GRAFİK YOLUYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

2012 Yılında yapılan muhtelif toplu konut işlerinde kat sayısı, kattaki daire sayısı, oda sayısı ve daire alanına bağlı olarak asansör işleri, mekanik işler, alt yapı ve peyzaj işlerinin maliyet grafiğinde; oda sayısı, kattaki daire sayısı aynı olduğu ve bir proje hariç kat sayılarının aynı olması nedeniyle sadece daire alanı ile maliyet oluşturan gruplar karşılaştırılarak grafik çalışması yapılmıştır.

Veriler incelendiğinde, kattaki konut başına düşen minimum kapalı alan 91,94 m<sup>2</sup> ve maksimum kapalı alan 158,72 m<sup>2</sup>'dir. Grafiklerdeki hesaplarda tablodaki değerler kullanılmıştır.

Veriler incelendiğinde, kat ve kattaki konut sayısı sabit olması durumunda; konut büyüklüğü arttıkça kapalı alan m<sup>2</sup>'si başına düşen asansör maliyeti, altyapı maliyeti, elektrik işleri ve inşaat maliyeti azalmaktadır.

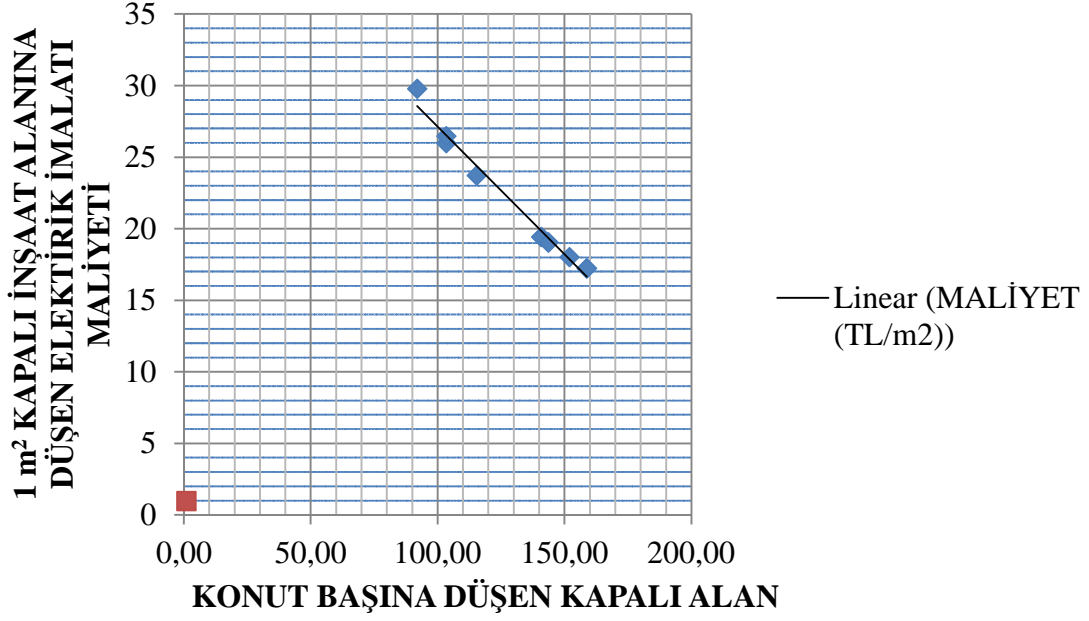
Verilerin tamamı incelendiğinde, örneklerin ülkenin farklı bölgelerinde ve farklı deprem derecelerine ait olduğu görülmektedir. Yöresel olarak inşaat malzeme fiyatları, malzeme nakliyesi, yapılacak işin miktarı, kat sayısı, zemin özellikleri, deprem riskinin getirdiği ilave maliyetler ve iklim koşullarının çalışma süresine ve bina mimarisine etkileri nedenleri; imalat maliyetlerini doğrudan etkileyen ancak burada dikkate alınan unsurlardır.



Şekil 6. Konut başına düşen kapalı alan miktarına göre, kapalı alan - inşaat maliyet grafiği

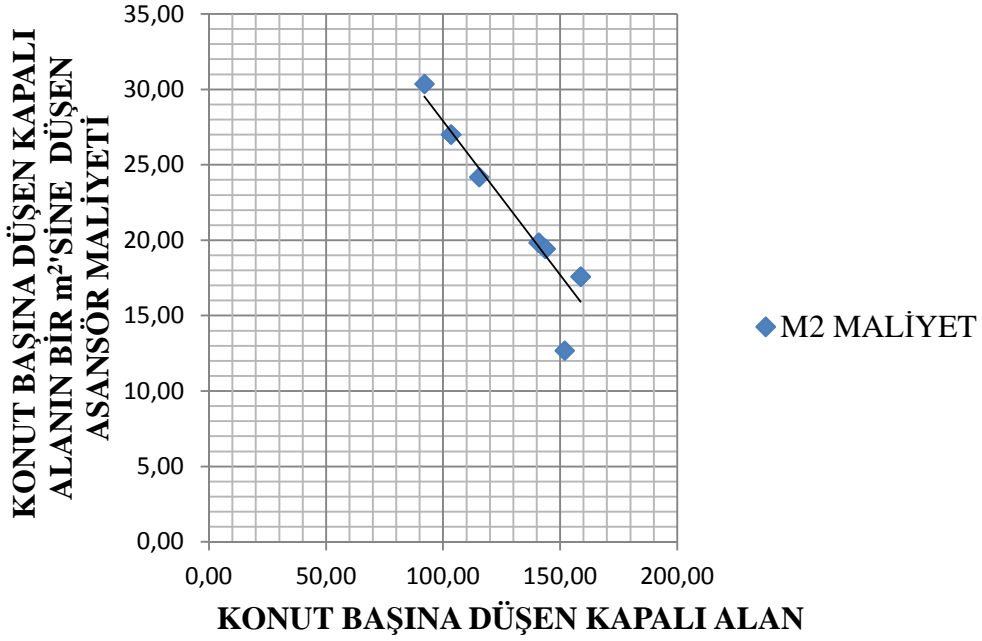
Konut başına düşen kapalı alan miktarı arttıkça (konut alanı büyüdükçe) inşaat m<sup>2</sup> maliyeti azalmaktadır.

Konut başına düşen kapalı alan miktarı 158,72 m<sup>2</sup> ile 91,94 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.



Şekil 7. Bir m<sup>2</sup> daire alanına göre; elektrik tesisatı inşaatının maliyet grafiği

Konut başına düşen kapalı alan miktarı arttıkça, elektrik tesisatı inşaatının m<sup>2</sup> maliyeti azalmaktadır. Konut başına düşen kapalı alan miktarı 158,72 m<sup>2</sup> ile 91,94 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.

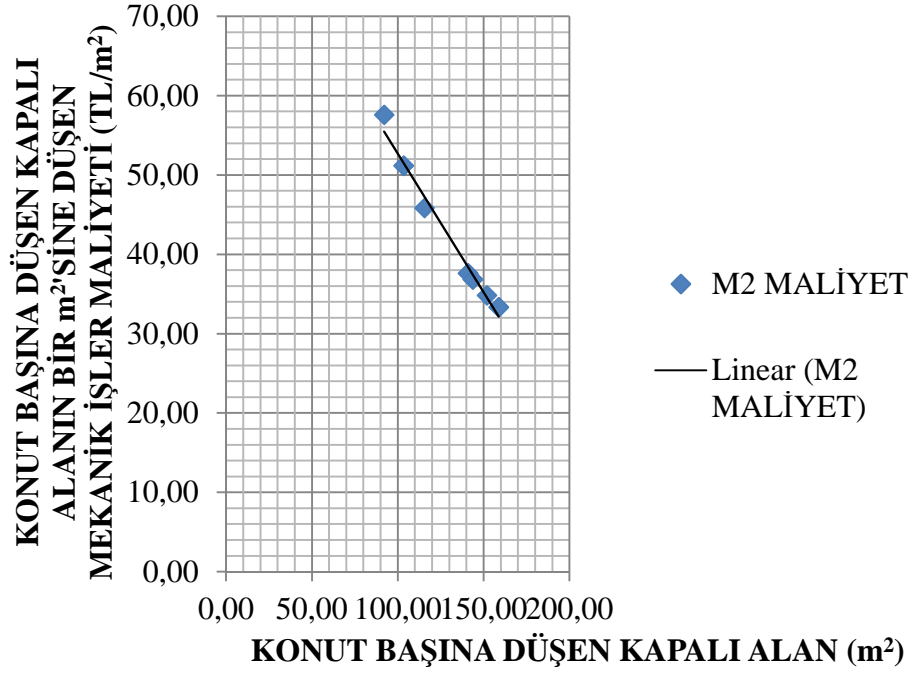


Şekil 8. Bir m<sup>2</sup> daire alanına göre; asansör tesisatı inşaatının maliyet grafiği

Konut başına düşen kapalı alan miktarı arttıkça, asansör tesisatı inşaatının m<sup>2</sup> kapalı inşaat alanına düşen maliyeti azalmaktadır.

Konut başına düşen kapalı alan miktarı 158,72 m<sup>2</sup> ile 91,94 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir

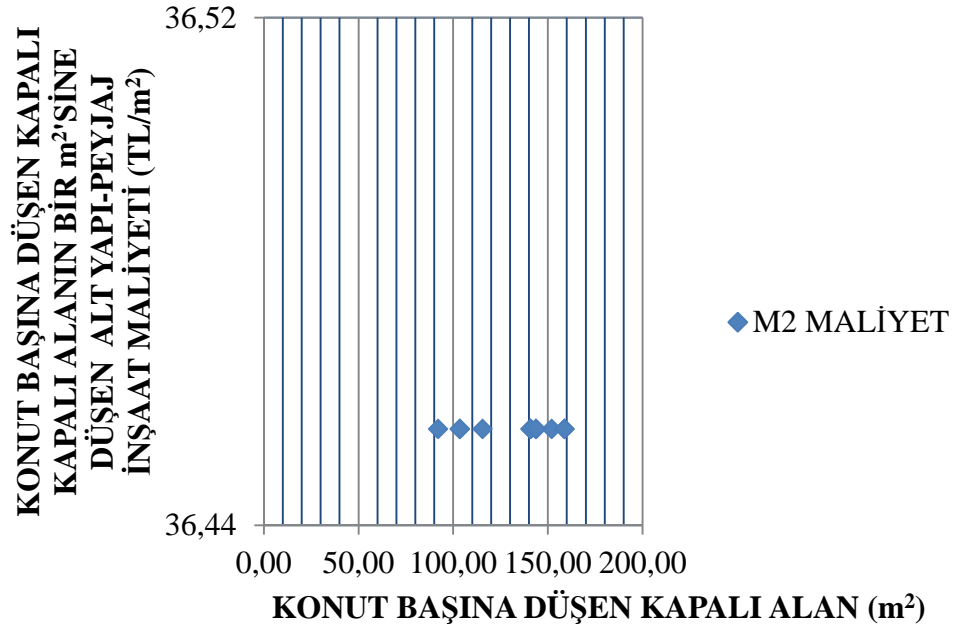




Şekil 9. Bir m<sup>2</sup> daire alanına göre; mekanik işler inşaatının maliyet grafiği

Konut başına düşen kapalı alan miktarı arttıkça, mekanik işlerin yapımının m<sup>2</sup> kapalı inşaat alanına düşen maliyeti azalmaktadır.

Konut başına düşen kapalı alan miktarı 158,72 m<sup>2</sup> ile 91,94 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir



Şekil 10. Bir m<sup>2</sup> daire alanına göre; altyapı ve peyzaj işlerinin inşaatının maliyet grafiği

Konut başına düşen kapalı alan miktarı arttıkça, altyapı ve peyzaj işlerinin inşaatının yapımının m<sup>2</sup> kapalı inşaat alanına düşen maliyeti değişmemektedir.

Konut başına düşen kapalı alan miktarı 158,72 m<sup>2</sup> ile 91,94 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir

Bu sonuca göre parseldeki bina toplam kapalı alanıyla, parsel alınının bağlantılı olduğu söylenebilir.

## IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

### *A. SONUÇLAR*

Bu çalışmada 50 adet (3+1) , 25 adet (2+1) ve 6 adet de kontrol grubu konutlara ait veriler olmak üzere toplam 8 adet veri grubu Ankara'da faaliyet gösteren özel bir firmadan temin edilmiştir. Yapım yılı maliyetleri, ÜFE ile 2013 yılına çevrilmiş imalat m<sup>2</sup> maliyetleri hesaplanmıştır. (2+1) ve (3+1) konutları birlikte analiz eden kat sayısı ve metrekare maliyetleri regresyonu, (2+1) konutlar için kat sayısı ve metrekare maliyetleri ile (3+1) konutlar için toplam alan ve metrekare maliyeti modelleri kurulmuştur. Ayrıca oda, blok ve toplam alan değişkenleri ile metre kare maliyetlerini hesaplayan çoklu regresyon modeli kurulmuştur. Çoklu regresyon analizi için verilerin normal dağılması koşulu sağlanmış, çoklu bağlantı ve otokorelasyon sorunları olmadığı tespit edilmiştir.(p<0,05). Ayrıca değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış toplam daire sayısı ile blok sayısı (r=0,908), toplam alan ve blok sayısı(r=0,863), toplam alan ile toplam daire sayısı (r=0,956) değişkenleri arasında yüksek korelasyon olduğu görülmüştür.

ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetleri incelendiğinde, maliyetlerde yıllara bağlı olarak dalgalanmaların bulunduğu ve genel eğilimin düşüş şeklinde ve 2011 yılından itibaren artış şeklinde olduğu görülmektedir. Ham veriler incelendiğinde, örneklerin ülkenin farklı bölgelerine ait olduğu görülmektedir. Yöresel olarak inşaat malzemelerinin fiyatlarının farklılığı, yapılan işin miktarı, kat sayısı ve iklim etkisi nedeniyle çalışma süresi uzunluğu ve farklı deprem bölgelerinde olması maliyetleri doğrudan etkileyen unsurlar olup bu çalışmada, örneklerin az olması nedeniyle bölgesel farklılıkların etkileri dikkate alınamamıştır.

Ham veriler incelendiğinde, kat ve kattaki konut sayısı sabit olması durumunda; konut büyüklüğü arttıkça m<sup>2</sup> başına düşen asansör maliyeti, elektrik maliyeti, mekanik tesisat maliyeti ve inşaat maliyeti azalmaktadır.

(3+1) ve (2+1) Konutlar için birlikte yapılan matematiksel model ve grafiği incelendiğinde maksimum 15 katlı binaların olduğu ve inşaat maliyetinin kat sayısı arttıkça azaldığı sonucu çıkmıştır.

Regresyon analizi çalışması sonucu elde edilen değerler ile firmanın 2013 yılı maliyet değerleri karşılaştırıldığında, değerler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir.

(3+1) konut tipi için yapılan regresyon modelinin sonucunda hesaplanan hata değerleri %- 3,88; % - 3,86 ; % -5,84 olup ön tasarım için yeterli bulunabilir. Ancak farklılıkları da temsil edecek yeter sayıda örnekle çalışılması durumunda daha sağlıklı sonuç almak mümkündür.

(2+1) konut tipi için yapılan regresyon modelinin sonucunda hesaplanan hata değerleri % -2,84; % - 1,78; % -5,45 olup ön tasarım için yeterli bulunabilir. Ancak farklılıkları da temsil edecek yeter sayıda örnekle çalışılması durumunda daha sağlıklı sonuç almak mümkündür.

Regresyon metodu ile analiz yöntemi %100 güvenilir bir yöntem değildir. Bu nedenle diğer tahmin yöntemleriyle birlikte kullanılması uygun olur.

Çalışılan konuya ait genel modeller yerine, araştırılan konuya ait modeller kurarak veri üretmek doğruya daha yakın sonuçlar üretilmesini sağlar.

Çok sayıda verinin işlendiği istatistik analizlerinde hata miktarını en aza indirmek ve zaman kaybını ortadan kaldırmak için istatistik ve grafik programlarını kullanmak gereklidir.

Çalışma sonucu oluşturulan tabloları, grafik şeklinde göstermek rakamların ifade ettiği değerleri daha çabuk anlaşılmasının sağlar.

ÜFE ile 2013 yılına taşınan inşaat maliyetleri incelendiğinde, maliyetlerde yıllara bağlı olarak dalgalanmaların bulunduğu ve genel eğilimin geçmişten bu güne düşüş şeklinde olduğu görülmektedir.

Model grafikleri ve veriler incelendiğinde toplu konut inşaat maliyetlerin azaldığı görülmüştür. 2008-2009 yıllarındaki küresel krizin sektördeki kar marjını ve beklentileri aşağı çektiği söylenebilir. Sektördeki firmaların maliyetlerini ve kar marjını aşağı çekmesiyle rekabet şansı artmıştır.

Toplu konut sektöründe ihaleli yapım işlerinde rekabetin fazla olması, firmaları projeyi iyi yönetmeye zorlaması maliyetlerin düşmesine neden olduğu söylenebilir. Nitekim TOKİ'ye ihaleten iş yapan ve iflas etmeyen firmalar incelendiğinde; firmaların teknik kadrolarının proje yönetim anlayışına sahip olduğu görülmüştür. İnşaat firmalarının kendilerini geliştirerek geçmişten günümüze giderlerini azalttığı ve inşaat maliyetlerini de düşürdüğü görülmektedir.

## **B. ÖNERİLER**

TOKİ tarafından yaptırılan konutlar prefabrik kalıplar kullanılarak üretilmektedir. Bu durum yapıların mimari özelliklerini belli kalıpların içine almakta ve genellikle birbirine benzeyen yapılar ortaya çıkmaktadır. Kentin görsel güzelliği açısından bu konuya çözüm bulunması gereklidir.

İnşaat m<sup>2</sup> maliyetine ait yıllara sari veriler incelendiğinde, konut inşaat maliyetlerinin göreceli olarak düşük olduğu arsa maliyetinin ve rantın konut fiyatlarını yukarı çektiği görülmektedir. Kamu sektörünün kontrollü şekilde ucuz arsa üretmesi ve yapımını yönlendirmesi halinde, konut satış fiyatları aşağı çekilerek kontrol altına alınacak; bunun sonucunda da ülkede konut sorununun çözümüne etkili destek verilmiş olunacaktır.

TOKİ kendi bünyesi içinde bir araştırma grubu kurarak, imalatını yaptırdığı işlerin bölgesel zemine bağlı özelliklerini de dikkate alarak inşaatların gerçek maliyetlerini hesaplaması ve bu değerleri kullanarak, düşük yapım tekliflerini elemesi yeni sorunların ortaya çıkmasını azaltacaktır. Kent içinde yapılan toplu konutların ada içi alt yapıları da TOKİ tarafından inşaat maliyeti kapsamında yaptırılmaktadır. Ada dışı alt yapılar bazen TOKİ tarafından, bazen de ilgili kurumlar tarafından yaptırılmaktadır. Yoğunluk artışının neden olduğu ve/veya neden olacağı mevcut altyapıların ıslah bedeli hesaplara ve planlamalara dahil edilmemektedir. Bu maliyetlerin planlamaya ve maliyet hesaplarına dahil edilmesi gereklidir.

Uydu kent toplu konut alanlarının kurulmasının avantajları, dezavantajları ve maliyetleri sağlıklı olarak hesaplanmamaktadır. Örneğin konut - iş alanları arasında ulaşım zamanı maliyeti, ulaşım maliyeti, yol yapım maliyeti, mevcut altyapıların ıslah maliyeti, yeni yerleşim alanına hizmet verilmesinin maliyeti, sosyal fayda ve diğer unsurlar ayrıca değerlendirilmelidir.

Çok sayıda verinin işlendiği istatistik analizlerinde hata miktarını en aza indirmek ve zaman kaybını ortadan kaldırmak için istatistik programlarını kullanmak gereklidir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] M. Tapan, “Deprem Sonrası Konut Üretimi”, Mimarlık Dergisi, 8-9 :11-12, 1975
- [2] L. O. Uğur, “İnşaat Sektöründe Riskler ve Risk Yönetimi”, TMB Yayını, 2006
- [3] R. Kandı, U. N. “Baykan, Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Belirlenmesi”, Üniversitesi Politeknik Dergisi, 2004
- [4] K. Duncan, P. Philips ve M. Prus, “Using Stochastic Frontier Regression To Estimate The Construction Cost Inefficiency Of Prevailing Wage Laws” Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 19 Iss: 3, pp.320 – 334, 2012
- [5] S. Hwang, “Dynamic Regression Models For Prediction Of Construction Costs”, Journal of Construction Engineering and Management, 135(5), 360–367, 2009
- [6] L. O. Uğur, U. N. Baykan, “Yapı Maliyetinin Fonksiyonel Eleman Yöntemi ile Tahmini” New World Sciences Academy, Engineering Sciences, Vol. 4, Nr.4, S.449-458, 2009