

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA YAPIMINDA SİMÜLASYON YAKLAŞIMIYLA

MALİYET TAHMİNİ

39585

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Nilüfer YAYLAGÜL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 Mart 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mart 1994

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Heyecan GİRİTLİ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.İmre ORHON

Prof.Dr.Zeynep SÖZEN

ÖNSÖZ

Ön karar evresinde, maliyet tahmini için bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlayan bu çalışmada, değerli fikirleri ile bana yol gösteren hocam Prof.Dr.Heyecan Giritli'ye, katkılarından dolayı Prof.Dr.İmre Orhon ve Prof.Dr.Zeynep Sözen'e, çalışmam boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen dostlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Nilüfer YAYLAGÜL

Mart, 1994

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	v
SUMMARY.....	vi
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. BİNA YAPIMINDA SÖZLEŞME ÖNCESİ MALİYET VE FİYAT TAHMİNİ.....	4
2.1. Maliyet Tahmini ve Özellikleri.....	4
2.2. Tahminin Doğruluğu.....	6
2.3. Tahminin Doğruluğunu Etkileyen Faktörler.....	7
2.3.1. Hedefin Doğası.....	8
2.3.2. Kullanılan Enformasyon.....	10
2.3.3. Kullanılan Tahmin Tekniği.....	13
2.3.4. Kullanılan Geri Besleme Mekanizması.....	13
2.3.5. Tahmini Yapan Kişinin Yeteneği.....	13
2.4. Tahmin Türleri.....	14
2.4.1. Ön Tahmin.....	15
2.4.2. Ara Tahmin.....	16
2.4.3. Son Tahmin.....	17
BÖLÜM 3. ÖN TAHMİNDE KULLANILAN MALİYET MODELLERİ.....	19
3.1. Maliyet Modelleri.....	19
3.1.1. Maliyet Modellerini Tanımlayıcı İlkeler.....	22
3.1.2. Maliyet Modellerinin Sınıflandırılması.....	29
3.2. Model Seçimini Etkileyen Faktörler ve Model Seçimi.....	40
BÖLÜM 4. ÖN KARAR EVRESİNDE SİMÜLASYON YAKLAŞIMI İLE MALİYET TAHMİNİ.....	42
4.1. Risk ve Belirsizlik Halinde Tahmin Yapma.....	42
4.2. Risk Analizi Teknikleri.....	44
4.2.1. Duyarlılık Analizi.....	44
4.2.2. Karar Analizi.....	45
4.2.3. Simülasyon.....	46
4.2.3.1. Ortaya Çıkışı ve Gelişmesi.....	46
4.2.3.2. Tanımı ve Kullanım Amacı.....	47
4.2.3.3. İnşaat Yönetiminde Simulasyon Yaklaşımı Örnekleri.....	53

4.3. Monte Carlo Simülasyonu ile Maliyet Tahmini.....	54
4.3.1. Bilgi Toplama	54
4.3.2. Olasılık Dağılımlarının Belirlenmesi	55
4.3.2.1. Kesikli Dağılım	59
4.3.2.2. Sürekli Dağılım	60
4.3.3. Rasgele Sayıların Üretilmesi	62
4.3.4. Simülasyon İşlemi	63
4.3.5. Çıktıların Yorumlanması	64
 BÖLÜM 5. KONUT PROJELERİNDE SİMÜLASYON YAKLAŞIMI İLE MALİYET TAHMİNİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA	65
5.1. Araştırmanın Kavramsal Çerçevesi	65
5.2. Örneklem Seçimi	65
5.2.1. Analiz Düzeyi	66
5.2.2. Örnek Projelere İlişkin Maliyet Verilerinin Düzenlenmesi	66
5.2.2.1. Yapılan Kabuller	68
5.3. Simülasyonun Uygulanması	70
5.3.1. Dağılımların Oluşturulması	71
5.3.2. Rasgele Sayıların Oluşturulması	71
5.3.3. Simülasyon İşlemi	73
5.3.4. Histogram ve Kümülatif Olasılık Dağılımlarının Çizilmesi	73
5.4. Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi	75
5.5. Sonuçların Test Edilmesi	77
SONUÇ	79
KAYNAKLAR	81
EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bina maliyetini etkileyen önemli kararlar, büyük ölçüde ön karar evresinde alınmaktadır. Bu düşünceden yola çıkılarak, risk faktörünü de hesaba katan, ön karar evresinde kullanılabilecek bir maliyet tahmin yaklaşımı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Girişte, çalışmanın amacı ve konunun işlenişi belirlendikten sonra, ikinci bölümde maliyet tahmini konusu irdelenmiş ve tahminin doğruluğunu etkileyen etmenler incelenmiştir.

Üçüncü bölümde; genel anlamda maliyet tahmin modellerine yer verilmiş ve araştırmada kullanabileceğimiz en uygun maliyet modeli saptanmaya çalışılmıştır.

Dördüncü bölümde; ikinci bölümde amacımıza uygun olduğuna karar verdiğimiz simülasyon yaklaşımının kullanma amacı ve yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde; Monte Carlo Simülasyonu yardımıyla, fonksiyonel eleman düzeyinde analiz yapılarak, konut projelerinde ön karar evresinde kullanılabilecek bir maliyet tahmini oluşturulmuştur.

SUMMARY

COST ESTIMATING WITH SIMULATION APPROACH IN BUILDING CONSTRUCTION

Important decisions that affect the building cost are taken in the planning at early stages of a project. Therefore cost estimating has a great importance in the feasibility and preliminary design stages.

Regarding this as a starting point, the aim of this thesis is to develop a cost estimate approach that taken into account the factor of risk. Therefore, cost estimation models are examined and due to the factor of risk, the model of simulation is agreed to be the most appropriate estimation model to use.

Cost estimating is a process of predicting the most likely cost of a construction project.

The accuracy of estimates is very important for decision maker. The accuracy of estimates produced is generally proportional to the amount of time devoted to the activity, the applied level of detail and the estimating technique used together with the peculiarities associated with specific projects such as complexity and accuracy of tender documentation.

There are numerous reasons why actual cost differs from estimated cost, many of which are completely unrelated to the accuracy of the original estimate, so much so that one estimate may be nearer to actual cost than another more accurate estimate.

Estimating techniques are unlikely to produce completely accurate estimates. The main factors which give rise to inaccuracies are outlined as follows:

- Human errors
- Expertise
- Prediction
- Data
- Time

The quality of construction price forecasts is a measure of the satisfaction obtained by the purchaser of the forecasts. Five

primary factors determine the quality of forecasts. These are:

1. The nature of the target
 - The type of project
 - Other project characteristics
 - Geographical location
 - The contract procurement system
 - The nature of the competition
 - The prevailing economic climate
2. Levels of information
3. The forecasting technique used
4. The use of feedback
5. The ability of the forecaster
 - Quality levels
 - Attributes of forecasters
 - Acquisition and application of expertise.

COST ESTIMATING MODELS

Cost estimating models should be used at all stages of the design and construction process. Cost estimating models are usually used both for estimating the probability of a budget over run and for determining the amount of contingency funds required to assure that the project costs remain within the budget.

Aims of modelling can be listed as follows;

1. To give confidence to the client with regard to the expected cost of his project.
2. To allow the quick development of a representation of the building in such a way that its cost can be tested and analysed.
3. To establish a suitable system for advising the designer on cost that is compatible with his own build up of the design.
4. To establish a link between the cost control of design and the manner in which cost are generated and controlled on site.

Cost models can be classified in different ways. One of them is the following classification;

- I. Traditional cost models
 - a) Single price estimating models
 - The unit method
 - The cube method
 - The superficial area method

- The storey enclosure method
- b) Elemental estimating
- c) Operational estimating
- d) Resource related methods
- II. Contemporary Cost Models
 - a) Causal or empirical models
 - b) Regression models
 - c) Simulation models

The descriptive primitives are intended to give some formal basis to the way in which alternative approaches to cost modelling might be classified. The descriptive primitives are categorized under the following nine headings:

1. Relevance – whether it relates to a specific design proposal.
2. Units – the units of measurement
3. Cost/price – how the model is intended to be used
4. Approach – the level at which modelling is applied
5. Time-point – when during the design process it is applied
6. Model – a general classification of technique
7. Technique – the specific classification
8. Assumptions – whether they can they be accessed or not
9. Uncertainty – how it is treated.

These nine criteria are used to classify alternative approaches to cost modelling and are described in more detail below:

1. Relevance
 - Specific
 - Non-specific
2. Units
 - Abstract
 - Finished work
 - As-Built
3. Cost/Price
 - Cost
 - Price
4. Approach
 - Micro
 - Macro
5. Time-point
 - Feasibility
 - Sketch design
 - Detail design
 - Tender

- Throughout
- Non-construction
- 6. Model
 - Simulation
 - Generation
 - Optimization
- 7. Technique
 - Dynamic Programming
 - Expert Systems
 - Functional Dependency
 - Linear Programming
 - Manual
 - Monte Carlo Simulation
 - Networks
 - Parametric Modelling
 - Probability analysis
 - Regression analysis
- 8. Assumptions
 - Explicit
 - Implicit
- 9. Uncertainty
 - Deterministic
 - Stochastic

Choice of the appropriate model depends on the following factors,

- purpose of the cost prediction
- amount and quality of the data which is used to predict the cost
- characteristic of the work which is predicted
- cost of the modeling
- time dedicated to the cost estimation.

As a result, regarding the aim of this study together with the factors affecting the choice of a model, Monte Carlo simulation is agreed to be one of the most appropriate models for this study.

SIMULATION:

The construction industry is subject to more risk and uncertainty than probably any other industry. Buildings tend to be bespoke and each new project involves new design and construction problems that have to be overcome.

The environment within decision-making takes place can be divided into three parts:

- . certainty
- . risk
- . uncertainty.

Certainty does not happen very often in the construction industry. An important source of bad decisions is fairly often illusions of certainty.

There is a difference between risk and uncertainty. A decision made under risk when a decision-maker can assess, either intuitively or rationally, the probability of a particular event occurring, the probabilities of the event being based upon historical data or "experience".

Uncertainty, by contrast, might be defined as a situation in which there are no historic data or history relating to the situation being considered by the quantity surveyor.

The construction industry uses the term risk to encompass both risk and uncertainty.

It is important to distinguish the sources of risk from their effects. The effects of risk are:

- . failure to keep within the cost budget, forecast, estimate, tender
- . failure to keep within the time stipulated for the design construction and commissioning
- . failure to meet the required technical standards for quality, function, fitness for purpose, safety and environment preservation.

The Risk Analysis Techniques can be classified as follows:

- . Sensitivity Analysis
- . Decision Tree Analysis
- . Probability Analysis (Simulation)

Simulation is simply a means of creating a typical life-history of the system (e.g. total building, the production process, maintenance, costs-in-use) and activities under given conditions, working out step by step what happens during each unit of life of the system. In order to do this we need to know the detailed characteristics and operation of the system and its relevant measures.

Simulation is a word which is in common use today. The term simulation describes a wealth of varied and useful techniques,

all connected with the mimicking of the rules of a model of some kind. Simulation techniques are used extensively in industry.

Perhaps the most difficult forecast to make with regard to buildings is the cost of running and maintaining the property, not only because there are so many factors affecting the way the building performs (maintenance strategy, standard of use, design detailing workman-ship, etc) but also because of the long period of time over which the prediction must be made. To illustrate the ability of Monte Carlo Simulation to assist us in decision - making by giving us more information on the range of possible future costs.

Simulation models attempt to reflect the risk associated with duration estimates by incorporating the uncertainties surrounding the variables used.

Estimators have long been aware of construction risks but traditional methods of including them in the calculations have tended to obscure the issues. The approach described here attempts to capture the estimators perception of risk in a realistic way by eliminating the need for the estimator to make one best estimate for each variable.

In the construction of a model for Monte Carlo Simulation, there are two special requirements. The first is that the model be constructed in such a way that the main variables are independent. The second, and less important, requirement is knowledge of the probability distribution of each variable.

Monte Carlo Simulation generates mean unit price rates for each elemental category in the cost plan for the proposed building. These rates are taken from probability distributions with the same statistical properties, that is probability density functions, as those which characterise the original sample data from which the mean unit price rates were estimated. The hypothetical rates are then used to build up a total price forecast for the proposed building. If this exercise is repeated a sufficiently large number of times, it will be possible to obtain a picture of the probability density function which characterises the total price, and so to identify the most likely total price.

There are several steps to make the Monte Carlo Analysis:

1. Data collection
2. Determine the probability distribution
3. Generate the random variables
4. Simulations
5. Interpretation of output

The output of Monte Carlo simulation is given in the form of probability distribution (histogram) and cumulative probability distributions.

In the fifth chapter, a model for housing projects has been developed by using the Monte Carlo Simulation. A sample was chosen from the data that consisted of 30 housing projects. It was assumed that cost of each element was normally distributed. A probability distributions or histogram and cumulative probability distributions were drawn for each of the functional elements. It is then necessary to generate the random numbers for the simulation. The functional element's unit rates were estimated by use of random variables and distributions. This rates were then used to build up a total unit rates for housing projects. This exercise was repeated 100 times. As result, histogram and cumulative probability distributions were drawn for 100 simulations.

The result of distributions are as follows:

<u>Unit Rates</u>	<u>Probability</u>
425.000 TL - 637.500 TL	1% (1/100)
637.500 TL - 850.000 TL	18% (18/100)
850.000 TL - 1.062.500 TL	55% (55/100)
1.062.500 TL - 1.2275.000 TL	26% (26/100)

That results could used in the feasibility and preliminary design stages for housing projects.

But, we should'nt forget that this cost will be estimated approximately in the frame of some acceptances.

BÖLÜM 1 : GİRİŞ

Günümüzde kaynakların kıt olması, beraberinde kaynaklardan en etkin biçimde yararlanma zorunluluğunu getirmiştir. Bu da ancak elde edilecek ürünün maliyetinin önceden tahmin edilip, planlanıp, denetlenmesi yoluyla mümkündür. Kaynakların kıt olması, maliyet kavramının önemini arttırmıştır.

Maliyet, belirli bir ürünü elde etmek için katlanılmak zorunda kalınan harcamaların toplamıdır. Bina maliyeti ise; bina yapımına ilişkin ilk teşebbüsten (bina ihtiyacının belirlenmesinden) binanın kullanılmaz duruma gelmesi sebebiyle, yıkımına karar verilmesine kadar, fiziksel ihtiyacın belirlenmesi, yapılabilirlik etüdü, tasarlama, inşaat ve kullanımla ilişkili bakım, işletme ve giderler toplamı olarak tanımlanabilir.

Bina maliyeti büyük ölçüde ön karar evresinde oluşmaktadır. Tasarım ilerleyip, ayrıntıya inildikçe, daha önce verilmiş olan kararlar, seçenekleri sınırlamaktadır. Bu sınırlılık içinde farklı kararların toplam maliyete olan etkileri de sınırlı kalmaktadır. Bu yüzden tasarımcılar için hedef, ön karar evresinde maliyet tavanı ve nitelik tabanı sınırları içinde, süratli ve güvenilir bir maliyet tahmininde bulunmaktır. Bu amaçla, tasarımın değişik evrelerinde kullanılan, birçok maliyet tahmin modeli geliştirilmiştir.

Ön karar evresindeki maliyet tahmini, özellikle mal sahibi ve tasarımcıyı etkilemektedir. Mal sahibini ele alacak olursak; mal sahibi yaptırmak istediği binanın maliyetinin, bunun için ayırdığı bütçe sınırları içinde gerçekleşmesini ister. Bu amaç doğrultusunda da henüz karar aşamasındayken, bütçesini oluşturabilmek için, bina maliyetini en büyük yaklaşıklıkla bilmek ister.

Tasarımcı ise mal sahibi tarafından belirlenen bütçe sınırları içinde çalışmak zorundadır. Ancak, tasarımcı bu sınırlar içinde çalışırken binanın ekonomikliğini de göz ardı etmemelidir. Maliyeti düşük tutmak kaygısıyla, binanın değerini de düşürmemelidir. Ekonomiklik, herhangi bir ürün ya da faaliyetin yarattığı faydanın oluşturduğu maliyetten yüksek olmasıdır. Bu yüzden tasarımcının yaptığı her tasarımı süratle maliyetlendirmesi ve elde edilen sonuca göre gerekli değişiklikleri yapması gerekmektedir. Bunun için de hangi bina özelliklerinin, maliyeti nasıl etkileyeceğini bilmek zorunludur. Maliyet yüksek çıktığında hangi özelliğin değiştirilerek, maliyetin düşürüleceği araştırılmalıdır. Bu işlem istenen maliyete ulaşıncaya kadar devam eder. Maliyeti elde ederken kullanılan yöntem ve tahminin doğruluk olasılığı da çok önemlidir. Çünkü maliyet yanlış hesaplanmışsa, tasarım kararları da hatalı alınacak ve tasarım tamamen farklı bir yönde ilerleyecektir. Bu kapsamda, biraz evvel de değinildiği gibi, maliyet tahmini ve tahminin doğruluğu, üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

Tasarımcının en uygun maliyet tahmin modelini seçmesi gerekmektedir. Çünkü tahmin modelleri, farklı tasarım evrelerine ve bina verilerine göre düzenlenmişlerdir. Model seçiminin doğru yapılması, tahminin doğruluğunu da olumlu yönde etkileyecektir.

Bina maliyetini etkileyen ana kararların, ön karar evresinde alındığını belirtmiştik. Ancak, bu evrede binaya ilişkin veri çok azdır. Yani az veriyle, doğruya en yakın maliyet tahminine ulaşmamız gereklidir. Geleneksel maliyet tahmin modellerinden alan metodu, küp metodu, birim metodu, ilk anda bu hedefe en uygun yöntemler olarak görülmektedir. Ancak bina maliyetini etkileyen birçok risk faktörü söz konusudur. Geleneksel maliyet tahmin modellerinde bunlar göz ardı edilmiştir. Bu sebepten, çalışma amacı; ön karar evresinde risk faktörünü de gözönünde bulundurarak, en süratli şekilde bina maliyetinin yüzde kaç ihtimalle, ne kadar olabileceğini hesaplamak şeklinde belirlenmiştir. Bizi bu sonuca ulaştırabilecek en uygun metod olarak ta Monte Carlo Simülasyonu seçilmiştir. Çünkü Monte Carlo Simülasyonu bize hem olabilecek toplam maliyetin, hem de fonksiyonel bina elemanlarının maliyetinin istatistiksel dağılımını verebilmektedir.

Bu amaçlar doğrultusunda; ön karar evresinde konut projelerinin maliyet tahmini için Monte Carlo Yöntemi ile bir simülasyon modeli kurulmuş ve çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar analiz edilerek yorumlanmıştır.



BÖLÜM 2 : BİNA YAPIMINDA MALİYET TAHMİNİ

2.1. MALİYET TAHMİNİ VE ÖZELLİKLERİ

Maliyet tahmini bir yapının gerçek maliyetinin belirli koşullar altında kısa dönem tahmini olarak tanımlanabilir.

Tahmin etme, önceden bina maliyetini tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

Tahmin etmek, zaman ya da maliyetin bir hesabını oluşturmaktır. Tahmin aynı zamanda yapı üretim sürecinde gerçekleştirme aşamasını oluşturmak, yani yapıma karar vermek için bir enformasyon niteliğindedir. Tahmin gerçeğin doğru bir yansıması olmalıdır (ASH-WORTH 1988, s.55). Tahmin etmek terimi, belirli bir hedefin ve miktarın varlığını gösterir. Zayıf tahminler, temel alınan metodun ve kullanılan enformasyonun eksikliğinden kaynaklanır.

Maliyet tahminin önemli bir özelliği, hangi amaçla yapıldığının bilinmesidir. Tahminin tasarımın hangi evresinde yapılacağı da önemlidir. Tasarım evrelerine bağlı olarak, projelere ait enformasyonlar da değişmekte, dolayısıyla kullanılan maliyet tahminide farklılaşmaktadır.

Tahminin kimin için yapılacağı da önemlidir, maliyet tahmini farklı kişiler için, farklı anlamlar taşır. Mal sahibi için yapılan ilk tahmin, mal sahibinin istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanan binanın, bu iş için öngörülen finansmanla gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin belirlenmesi için yapılır.

Tasarım ekibi açısından ise maliyet tahmininin önemi, gerçekleşecek maliyetin, başlangıçta mal sahibi ile belirlenen maliyet

sınırları içinde kalmasını sağlamak için bu tahminleri kullanarak ihtiyaçlar ile bütçe dengelenene kadar tasarımda değişiklik yapmak zorunda olmasından kaynaklanmaktadır.

Yüklenicinin amacı, önce ihaleyi kazanmak, sonra da yaptığı sözleşmeye göre üretimi mümkün olan en kısa sürede ve en düşük maliyetle gerçekleştirmektir. Yüklenicinin teklifi, işin yükleniciye maliyetinin tahminine dayalıdır. Başarılı bir teklif, ihaleyi kazanmaya yetecek kadar düşük, kâr edebilecek kadar yüksek olmalıdır.

Tahmin etme net maliyeti hesaplayabilmek için teknik bir yöntemdir. Toplanan veriler, daha sonra maliyet kontrolünde kullanılacaklarından çok önemlidir.

Maliyet tahmini yapmaktaki amaç, maliyeti planlayabilmek ve tüm bina üretim sürecinde kontrol altında tutabilmektedir.

Yüklenici, bir tahmin yaparken, daha önce yapılan benzer projelere ait maliyetlerden yararlanır. En geçerli yol maliyet hesaplarını detaylandırmaktır. Çeşitli kaynaklardan elde edilen fiyatlar yardımıyla bir maliyet tahmininde bulunabiliriz.

Eğer zaman, detaylı bir hesap yapmaya müsait değilse, o zaman daha yaklaşık sonuçlar veren metodlar kullanılabilir. Bu metodlar erken aşamalarda proje değerini tahmin edebilmek ve proje maliyeti konusunda bir takım önerilerde bulunmak amacıyla kullanılabilir.

Araştırmacılar genellikle yüklenici maliyeti ile ilgili tahminlerde bulunurlar, bu da bina maliyetine çok yakın bir toplamdır. Yaklaşık tahmin teknikleriyle oluşturulan tahminler, en düşük teklif toplamına yakın bir değer alırlar. Çünkü burda kullanılan veriler, en düşük tekliflerden toplanır.

Tahmin uzmanlığı tecrübe, kabiliyet, bilgi, sezgi ve şans gibi faktörlere bağlıdır.

Araştırmalar, tahminlerin yaklaşık $\pm$ % 10 doğrulukta olduğunu göstermektedir. Ancak zaman zaman bu oranda sapmalar olabilir. Tahmin gerçek maliyeti verebildiği gibi, bazen de $\pm$ % 50-60 yanlışlıklar olabilir. (ASHWORTH 1988, s.55).

2.2. TAHMİNİN DOĞRULUĞU

Doğruluk, maliyet tahmin performansının bir ölçüsüdür. Tutarlılık ise doğruluğun ne kadar güvenilir olabileceğini gösterir. (ASHWORTH 1988, s.55).

Tahmin hatalarını ölçmek için hatanın bir tanımı verilmelidir. Tahmin hatası, tahmincinin yaptığı tahminle en düşük teklif arasındaki farktır. (BEESTON 1983, s.147). Hatayı ifade etmenin elverişli bir yolu tahminin hedefe oranıdır.

Tahminin doğruluğu genellikle, faaliyete bağlı olarak zamanın miktarı ile orantılıdır. Ayrıca eldeki ayrıntıların seviyesi, kullanılan tahmin tekniği, bu teknikte kullanılan projelerin dökümanlarının doğruluğu ile de orantılıdır. Birbirinin tekrarı olan projelerin tahmininde bile doğruluk derecesini tam olarak sınırlayamayız. Çünkü tahmin sadece yapının fiziksel parçalarının fiyatlandırılması değildir. Bunun için dolaylı dolaysız tüm çalışmalar girer. (COOK 1991, s.73).

Yüklenici tahmininde, hedefin tanımlanması ve hataların ölçülmesi daha zordur. Kimi zaman yüklenici ihalede ikinci veya üçüncü sırada olmak ister. O zaman en düşük teklifi oluşturabilmek için hataya izin verilebilir. (BEESTON 1983, s.143).

Bir maliyet tahmininin doğruluğu, gerçek maliyet ile karşılaştırma yapılarak anlaşılabilir. İhalelerde ise, gerçek maliyet sadece ihaleyi kazanan tarafından bilinebileceği için tahmin metodunun başarisını değerlendirme konusunda bir tehlike vardır.

Hatayı, gerçek hedefle karşılaştırmak yerine, tahmini daha stabil hipotezlerle karşılaştırmak da bir ölçme yolu olabilir. Hedef

hareketinin hata değişkenliği üzerindeki yardımcı etkisini azaltmak, bize tahminin normal hatasına ulaşmamızda yardımcı olur. (BEESTON 1983, s.148).

Örneğin, fiyat tekliflerinin ortalaması, en düşük tekliften daha istikrarlıdır.

Tahmin ve ortalama teklif arasında çıkan yüksek korelasyon bize tahmini yapan kişinin başarılı olduğunu gösterir.

Bazen hatalı tekliflerden dolayı, medyan, aritmetik ortalama tercih edilir. Gelen teklifler sıraya konduğunda medyan kolaylıkla hesaplanabilir.

Hatayı ilişkide olduğu çeşitli hedeflerle ölçmek fikri, ortalama hatayla, ölçülen hata arasındaki farkı önemsiz kılar. Bir tahminin kalitesi en iyi hatanın dağılımı ile değerlendirilir, ortalama hata ile değerlendirilemez.

Hatanın dağılımı, hata yüzdesinin standart sapması ya da tahminin, hedefe yüzde oranının standart sapması şeklinde düşünülebilir. (BEESTON 1983, s.149).

Hatanın normal dağıldığı kabul edilebilir. Tahminci tarafından yapılan yüzde hatanın standart sapması, Morrison ve Steven tarafından % 12 olarak bulunmuştur. Bu oran, bir çalışma yapılırsa % 10'a inebilir. Yüksek değerli binalarda da bu oran % 10'dur.

2.3. TAHMİNİN DOĞRULUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tahminlerin doğruluğunu etkileyen beş önemli faktör vardır.

1. Hedefin doğası
2. Kullanılan enformasyon
3. Kullanılan tahmin tekniği

4. Kullanılan geri besleme mekanizması

5. Tahmini yapan kişinin yeteneği. (SKITMORE 1990, s.5).

2.3.1. HEDEFİN DOĞASI

Hedefin doğası, şimdiye kadar yapılan araştırmalarda, maliyeti etkileyen sözleşme piyasasının özellikleri açısından ele alınmıştır.

Maliyet seviyeleri, aşağıda belirtilen beş özellik tarafından etkilenir.

1. Proje tipi ve projenin büyüklüğü
2. Bölgenin coğrafi konumu
3. Kullanılan sözleşme sistemi
4. Ekonomik durum
5. Rekabet. (SKITMORE 1990, s.6-7-8).

1. Projenin Tipi ve Büyüklüğü

Proje özellikleri, tahminin güvenilirliğini önemli ölçüde etkiler. Maliyet ve tahmin arasındaki en açık ortaklığı proje tipi gösterir. Özellikle, prestij yapılarında maliyet ve tahmin arasındaki fark bunu açıkça gösterir. Bu tür yapılarda gerçekleşen maliyet ile yapılan tahmin arasındaki fark oldukça yüksektir. Örneğin,

<i>Proje</i>	<i>Tahmin</i>	<i>Maliyet</i>
Westminster kulesi	15.000.000	115.000.000
Thames Bariyeri	23.000.000	461.000.000

(SKITMORE 1990, s.6)

Fonksiyonel kullanım amacına bağlı olarak, maliyet tahmininde yapılan hatalar da farklılaşır. Binanın işlevi değiştikçe maliyet tahmininde yapılan hata payı da değişir.

Projenin büyüklüğü ile ilgili olarak değişik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucu; 1979 yılında Harvey hata eğiliminin büyüklükle birlikte azaldığı savını, 1980 yılında Morrison ve Stevens modüler hata büyüklükle birlikte azalır, tutarlılık artar savını,

Skitmore ve Tan 1988-89 yıllarında büyüklükle birlikte eğilim azalır, tutarlılık artar savını ileri sürdüler.

2. Bölgenin Coğrafi Konumu

Yapının inşa edileceği bölgenin coğrafi konumu, tahmin eğilimlerini önemli ölçüde etkiler.

Bölgenin ulaşılabilirliği, kaynaklara uzaklığı, malzeme ve işçi sevkıyatı açısından önemlidir. Ayrıca iklim koşulları ve bölgenin topoğrafyası da tahmin üzerinde etkilidir. Bunlarla ilgili düşünülmeyen her nokta, ilerde ek bir maliyet getirecektir. Koşulların önceden belirlenip, maliyet tahmininin buna göre yapılması yararlı olacaktır. (SKITMORE 1990, s.10)

3. Kullanılan Sözleşme Sistemi

İhale hazırlanırken, teklif fiyatı tahmin etmek için tercih edilen yolun, tahminin doğruluğunu etkilediği, anlatılan çalışma yardımıyla gösterilmiştir.

Wilson ve grubu 1987 yılında yaptığı deneysel analizlerle, keşif miktarları olan ve olmayan anlaşmalar arasında, tahmin eğilimlerinde oluşan farkı göstermiştir.

Çalışma sonucunda şu sonuçlar bulunmuştur, ortalama düşük teklif/tahmin oranı, keşif miktarı olmayan anlaşma için yaklaşık 0,995, keşif miktarları olan anlaşmalar için 0,943'tür. (SKITMORE 1990, s.10).

4. Ekonomik Durum

Yapılan araştırmalar sonucunda tahmin eğilimlerinin yıldan yıla değiştiği gözlenmiştir. Bazı yıllarda elde edilen tahmin sonuçları iyi, bazı yıllarda ise kötü çıkmıştır. Bu iyi ve kötü yıllar, yüklenicilerin en yüksek ve en düşük faaliyette bulunduğu yılları temsil etmektedir.

De Neufville'in 1977'de yaptığı analiz sonucunda, ekonomik durumun iyi olduğu yıllarda yapılan tahminlerin, ekonomik durumun kötü olduğu yıllarda yapılanlardan daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. (SKITMORE 1990, s.12).

5. Rekabet

Bu konuda en çok araştırma yapılan alan, teklif verenlerin sayısı ile tahmin niteliği arasındaki ilişkidir.

1976 yılında Mc Caffar'ın yaptığı bir analizde düşük teklif/ tahmin oranı ile teklif verenlerin sayısı arasında negatif bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Bu analize göre tutarlılık ise teklif verenlerin sayısı ile doğru orantılıdır. Teklif sayısının fazla olması tekliflerin de yüksek olmasına yol açar.

Flanagan ve Norman'ın 1983 yılında yapmış oldukları regresyon analizi sonucu şu formülü bulmuşlardır.

$$\text{TAHMİN} = 25.53 + 7.92 \times \text{TEKLİF SAYISI} + 0.31 \times \text{DÜŞÜK TEKLİF}$$

Bu bağlantıya göre tahmin seviyesi ile teklif verenlerin sayısı arasında pozitif bir ilişki vardır.

Aynı sonucu, Runeson ve Benet'de (1983) bulmuşlardır. (SKITMORE 1990, s.11).

2.3.2. KULLANILAN ENFORMASYON

Enformasyon, verilerin toplanması, analiz edilmesi ve özetlenmesi anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, kullanıcısı tarafından gerçek ya da anlaşılabilir bir işlemi sonuçlandırmaya veya karar vermeye yarayan veridir. Bir bakıma veri, değerlendirmenin başında kullanılan enformasyon, enformasyon ise değerlendirmenin sonucunda ulaşılan veridir. (BMBS 1992, s.3-4).

Maliyet tahmini ve sözleşme piyasası ile ilgili olarak iki enformasyon sınıfı gözönünde bulundurulmalıdır.

1. İnşaat piyasasını tanımlayan enformasyonlar
2. Genel fiyat seviyelerinin enformasyonu. (SKITMORE 1990, s.13).

$MİKTAR \times BİRİM FİYAT = İŞ KALEMİNİN TOPLAM MALİYETİ$
eşitliğinde, birim fiyatın doğruluğu veri tabanındaki kalemlerin maliyetlerinin bir fonksiyonu olarak alınırken, miktar ölçüsünün doğruluğu mevcut tasarım enformasyonları seviyesinin bir fonksiyonu olarak alınır.

İnşaat piyasasını tanımlayan enformasyonlar, projenin fiziksel yapısı ile ilgili olan enformasyonlardır. Ayrıca rekabetin doğası ve üretim sistemi gibi fiziksel olmayan durumlarla ilgili enformasyonları da içine almaktadır.

Piyasayı tanımlayıcı enformasyonların seviyesi tasarım geliştikçe artmaktadır. Bu sebepten, bu tip enformasyonların artmasının etkisi, tasarım bittiği zaman yapılanlarla beraber tasarımın erken aşamalarında yapılan tahminlerin niteliği ile karşılaştırılarak belirlenebilir.

Tahminde kullanılacak maliyet enformasyonlarını çeşitli kaynaklardan elde edebiliriz. Maliyeti doğru tahmin edebilmek için, bu kaynakların güvenilir olması ve istenen seviyede enformasyonu sağlaması önem taşır.

Doğruluğu ölçmek için ortalama, tutarlılığı belirlemek için ise standart sapma kullanılmaktadır. Ancak, ortalama ve standart sapma, değişik birimlerle ölçülmüş ve ortalamaları farklı olan maliyet verilerinin çözümlenmesinde, karşılaştırma için yanıltıcı olabilir. Bu amaçla, maliyet verilerinin karşılaştırılmasında değişkenlik katsayısı kullanılmaktadır. (BMBS 1992, s.11).

Enformasyon seviyesi, kullanılacak tahmin metodunu da belirler. Enformasyonun min. olduğu zamanlarda kullanılabilecek teknik birim metodudur. Enformasyonun artması, tahminin güvenilirliğini de arttırır.

Derek Beeston tarafından, maliyet verilerinin değişkenliğini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada aşağıdaki değişkenlik katsayıları bulunmuştur:

Kazı Ekibi	% 45	Doğrama Ekibi	% 28
Drenaj Ekibi	% 29	Çatı Ekibi	% 24
Demir Ekibi	% 19	Tesisat Ekibi	% 23
Duvar Ekibi	% 26	Boya Ekibi	% 22
Marangoz Ekibi	% 31	Cam Ekibi	% 13
Beton Ekibi	% 15	Tüm Ekipler	% 22

Araştırmaya göre, maliyet değişkenliği en yüksek ekip, kazı ekibidir. Bunun nedeni hava ve zemin koşulları gibi faktörlerin kazı maliyeti üzerindeki etkileridir. (ASHWORTH 1988, s.57).

Böyle olduğu halde Beeston, toplam bina maliyeti için % 10'un altında bir değişkenlik katsayısı bulmuştur. Bunun hesaplanmasında, aynı bölgede aynı zamanda inşaa edilmiş benzer projelere ait en düşük teklif fiyatları kullanılmıştır.

Ashworth ve Skitmore (1982, 1986) tahminlerin, standart sapmasını, tasarımın ilk evrelerinde % 15-20 arasında, uygulama evresinde ise % 13-18 arasında hesaplamışlardır. (SKITMORE 1990, s.13).

Daha iyi maliyet verisi elde edilerek tahmin performansı geliştirilebilir. Bu amaçla geniş kapsamlı, güvenilir veri bankalarının kurulması gereklidir. Yurt dışında bunun örnekleri çoktur. Örnek olarak, Fransa'daki UNTEC (Union Nationale Des Techniciens De La Construction), İngiltere'deki BCIS (Building Cost Information Service) ve BMCIS (Building Maintenance Cost Information Service) verilebilir. Türkiye'de ise henüz bu anlamda veri bankaları yoktur.

2.3.3. KULLANILAN TAHMİN TEKNİĞİ

Maliyet tahmininde kullanılan birçok teknik ve model mevcuttur.

Elimizde mevcut olan enformasyonun seviyesine, tahminin yapılacağı evreye uygun bir model seçilmelidir. Tasarımın ilk evrelerinde, eldeki verilerin zayıflığı nedeniyle basit bir model seçilmelidir.

Analitik modellerde tahminin doğruluğu nadiren % 30'dan daha iyidir. Bu da uygun kararların verilebilmesi için yeterli olmayabilir.

Fonksiyonel elemanlara dayalı modellerde bu oran daha yüksektir. Ancak burda da sadece % 20'den daha iyi tahminde bulunabilirler. (MALCOLM 1991, s.441).

Yapım birimlerine dayalı modellerde doğruluk oranı diğerlerine göre daha yüksektir. Maliyet $\pm$ % 5 hata payıyla tahmin edilebilir.

Enformasyona ve amaca uygun tahmin tekniğinin seçilmesi, tahminin doğruluğunu pozitif yönde etkiler.

2.3.4. KULLANILAN GERİ BESLEME MEKANİZMASI

Bazı geri besleme mekanizmaları, yapıdaki gelecek tahminlerinin oluşmasını sağlayacak işlemlerde önemli bir yer tutmakla beraber maliyet tahmininin uygulanmasında çok az kullanılır. Ancak geri bekleme mekanizması, gerekli verilerin toplanması ve analizlerinin oluşturulmasında yararlı olur. (SKITMORE 1990, s.16).

2.3.5. TAHMİNİ YAPAN KİŞİNİN YETENEĞİ

Tahmin performansı, tahmini yapan kişinin yeteneğine büyük ölçüde bağlıdır. Tahminde işin içine tahmincinin kişisel yargıları, tecrübeleri de girer. Kişinin konusunda uzman olması, her türlü faktörü gözönünde bulundurması gerekir.

Yapılan incelemeler, tahmini yapan kişilerin belli yapı tiplerine daha yatkın oldukları ve bu konudaki tahminlerinin de diğerlerine göre daha kaliteli olduğunu göstermiştir. Örneğin, büro binaları üzerine tecrübesi daha fazla olan bir araştırmacının, bu konuda yapacağı maliyet tahmininin doğruluğunun daha yüksek olacağı açıktır.

Araştırmacılara göre, iyi bir tahmincide bulunması gerekli nitelikler şunlardır:

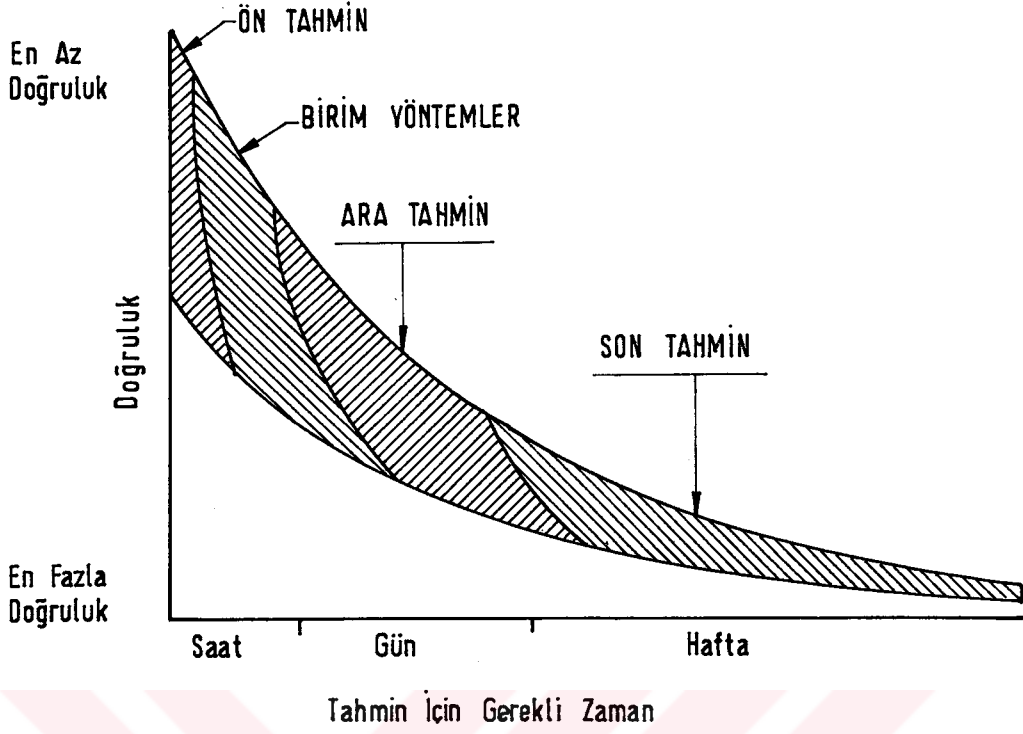
- İyi bir literatür eğitimi
- Şantiye tecrübesi
- Çizimleri okuma ve yorumlayabilme yeteneği
- İletişim kurabilme yeteneği
- Doğru matematiksel işlem yapabilme yeteneği
- Mantık ve sağduyu
- Sabır
- Temiz, düzenli ve metotlu çalışma alışkanlığı
- Ana ticaret konularında genel bilgi
- Değerlendirme yeteneği
- Merak
- Güven
- İnşaat sorumlularıyla yakın ilişki
- Yararlı enformasyonu toplama ustalığı
- Esneklik. (SKITMORE 1990, s.16).

2.4. TAHMİN TÜRLERİ

Tahminciler, tahminin kimin için yapılacağına bağlı olarak (mal sahibi, yüklenici) üç çeşit tahmin yaparlar. (BLEDSE 1992, s.3).

- Ön Tahmin
- Ara Tahmin
- Son Tahmin

Bu tahminler arasındaki sınırlar, genellikle açıkça tanımlanmamıştır. Şekil 2.1. tahmin türlerinin doğruluk derecelerini göstermektedir. Bazı özel tahmin türleri burda ele alınmamıştır (yaşam dönemi analizi, değer mühendisliği ve belirsizlik analizleri)



Şekil 2.1. Tahmin Türlerinin Doğruluğu

2.4.1. ÖN TAHMİN

Ön proje evresinde, hem mal sahibi hem de tasarımcı, proje tamamlandığında maliyetinin ne olacağına dair bilgiye ihtiyaç duyar. Bu bilginin doğruluğunun yüksek olması beklenmez. Çünkü tasarım henüz tamamlanmamıştır. Ancak, bina maliyetini etkileme veya düşürme şansının en yüksek olduğu evre ön proje evresidir ve tasarım ilerledikçe bu şans azalacaktır. Çünkü bina maliyetini etkileyen temel kararlar bu evrede alınmaktadır. Eğer alınan kararlar doğru verilere dayanıyor ve doğru yöntemler kullanılarak alınıyorsa ön proje evresinin başarısı da artacaktır. Bu sebeplerden dolayı ön tahminin doğruluğunun yüksek olması amaçlanır. (ÇIRACI 1993, s.5).

Ön tahminin amacı, mal sahibi ve yüklenicinin binanın yapılabilirliği için karar vermelerine yardımcı olacak enformasyonu sağlamaktır. Ön tahmin genellikle iki saatten az sürede yapılabilir. Ancak elde edilen doğruluk % 20 veya % 30'dur.

Tamamlanmış projelerin maliyet verileri elimizde olduğu zaman, projeleri karşılaştırma, ilk tahmini oluşturmak için bir yaklaşımdır. Eğer karşılaştırılan projelerin büyüklükleri, özellikleri vb. arasında önemli farklılıklar var ise bazı düzenlemelerin yapılmasına ihtiyaç vardır. (BLED SOE 1992, s.3).

Ön tahminde kullanılan çeşitli metodlar vardır. Örneğin birim yöntemi eski verilere dayanan ön tahmin metodlarından biridir. Tasarlanacak projenin özellikleri bilindiği, fakat tasarımın henüz yapılmadığı durumlarda, bu metod ön tahminin oluşmasında oldukça etkilidir. Bu metodu kullanmak için, sadece bina tipini ve gerekli birim sayısını bilmek yeterlidir. Örneğin; hastahane için yatak sayısı, garaj için araba adedi vb. (BLED SOE 1992, s.4). Alan (m^2) ve Küp (m^3) metodu da ön tahminde kullanılan metodlardır. Bu metodlar, binaların alan veya hacim birimlerinin bilinmesi yardımıyla uygulanabilir. Ancak her binanın kendine özgü özellikleri vardır ve binanın sadece alan veya hacmini gözönünde bulundurarak yapılan tahmin hatalı olacaktır. Ayrıca, maliyet hedeflenenden daha büyük çıkarsa, maliyeti düşürebilmenin tek yolu, binanın alanını ya da hacmini azaltmaktır. Bu ise gerçek bir maliyet düşürme değildir. Kısaca, bu metodlarda maliyeti düşürmeye yönelik özellikler bulunmamaktadır.

2.4.2. ARA TAHMİN

Ara tahmin, çizimleri % 10 ile % 60 oranında tamamlanmış projelerde kullanılabilir.

Çeşitli ekipler basit maliyet elemanları olarak tanımlanabilir. Örneğin; bir banyonun toplam maliyeti malzemenin yanında tesisat, elektrik, seramik ve marangoz ekiplerinin maliyetleri toplamıdır. Bütün bunların maliyet toplamı "Bütünleşik (Kompozit) Maliyet"i oluşturur. Bütünleşik maliyet ara tahminde kullanılır. "Sistem" teriminin zaman zaman bütünleşik maliyet yerine kullanıldığı görülür.

Bütünleşik maliyetlendirme, iş paketlerinin gösterilebildiği, detaylandırılmış birim fiyat tahminlerinde de kullanılır. (BLED SOE 1992, s.5).

2.4.3. SON TAHMİN

Tasarım ve sözleşme dökümanları tamamlandığı zaman, son tahmin hazırlanabilir. Genellikle iki tip son tahmin hazırlanır; birincisi, yüklenicinin proje teklifini hazırlaması için, ikincisi mal sahibinin bütçesini hazırlaması ve gelen teklifleri değerlendirmesi için yapılanıdır. Yüklenici ile mal sahibinin teklif tahmini arasında önemli bir farklılık, enformasyonda her ikisinin de kendi düzenlerini oluşturmalarıdır. Yüklenici tahmincisi, normal olarak daha detaylı bir enformasyon kullanmaktadır. Mal sahibinin tahmincisi ise, daha genel enformasyonlar kullanır, çünkü projeyi hangi yüklenicinin yapacağını bilmektedir.

Son tahmin doğruluğunun yüksek olması gereklidir. Çünkü bu tahmin, bina bittiği zaman alınacak veya binanın bitmesi için harcanacak parayı göstermektedir. Son tahmin için genellikle üç metod kullanılır. (BLED SOE 1992, s.5).

- Birim Fiyat Yöntemi
- Süreye Dayalı Maliyet Yöntemi
- Daha Önce Hazırlanmış Teklif Dökümanları

- Yüklenicinin Teklif Tahmini

Yüklenicinin ihaleyi alabilmesi için, teklifte maliyeti doğruya en yakın şekilde tahmin etmesi gereklidir. Bundan dolayı, bina inşaatı için gerekli tüm iş kalemlerini bilmesi gerekir. Teklif, sözleşme dökümanlarından ve yasal tekliften oluşturulur. Yüklenicinin teklif tahmini, diğer teklif çeşitlerinden daha fazla dikkat gerektirir. (BLED SOE 1992, s.5).

- Mal Sahibinin Teklif Tahmini

Bu tahmin, yüklenicinin tahminini değerlendirmek ve mal sahibinin bütçesinin ihtiyaç duyduğu parayı belirlemek için yapılır.

Mal sahibi tahminlerinin ve en düşük tekliflerin bilindiği 235 tane teklifin analizi yapıldığında, ortalama en düşük teklifin, mal sahibinin tahmininin % 7,6 altında olduğu görölmüştür. (BLED SOE 1992, s.6).



BÖLÜM 3: ÖN TAHMİNDE KULLANILAN MALİYET TAHMİN MODELLERİ

3.1. MALİYET MODELLERİ

Bina yatırımlarının çeşitli aşamalarında verilecek kararların maliyet sonuçları, binanın özellikleri ile maliyet arasındaki bağlantıyı kurmaya olanak veren, maliyet modelleri yardımı ile bulunabilir.

Maliyet, bir binanın ekonomikliğinin ölçüsüdür. Bilindiği gibi ekonomiklik, herhangi bir faaliyetin yarattığı faydanın, oluşturduğu maliyetten yüksek olması demektir. Bu yüzden bina tasarımının değerlendirilebilmesi için maliyetin modellendirilmesi gereklidir. Bu amaçla, günümüzde maliyet modelleri konusunda pek çok araştırma yapılmaktadır. Maliyeti kontrol ve tahmin etmemize yardımcı olan maliyet modellerinin kullanılma amaçlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Proje maliyetin ne olabileceğine ilişkin, müşteriye bilgi vermek ve ekonomik güvencesini sağlamasına yardımcı olmak,
- Maliyet konusunda yapılan test ve analizler yardımıyla, tasarımın doğru yönde geliştirilmesine olanak sağlamak,
- Tasarımcıya maliyetin ne olabileceği konusunda bilgi vererek, maliyetin planlanabilmesini sağlamak,
- Tasarım bileşenlerinin maliyet kontrolünü sağlamak.
(FERRY 1986, s.113).

Bu amaçlarla oluşturulan maliyet modelinin bize yararlı olabilmesi için, bir takım özellikler taşıması gereklidir:

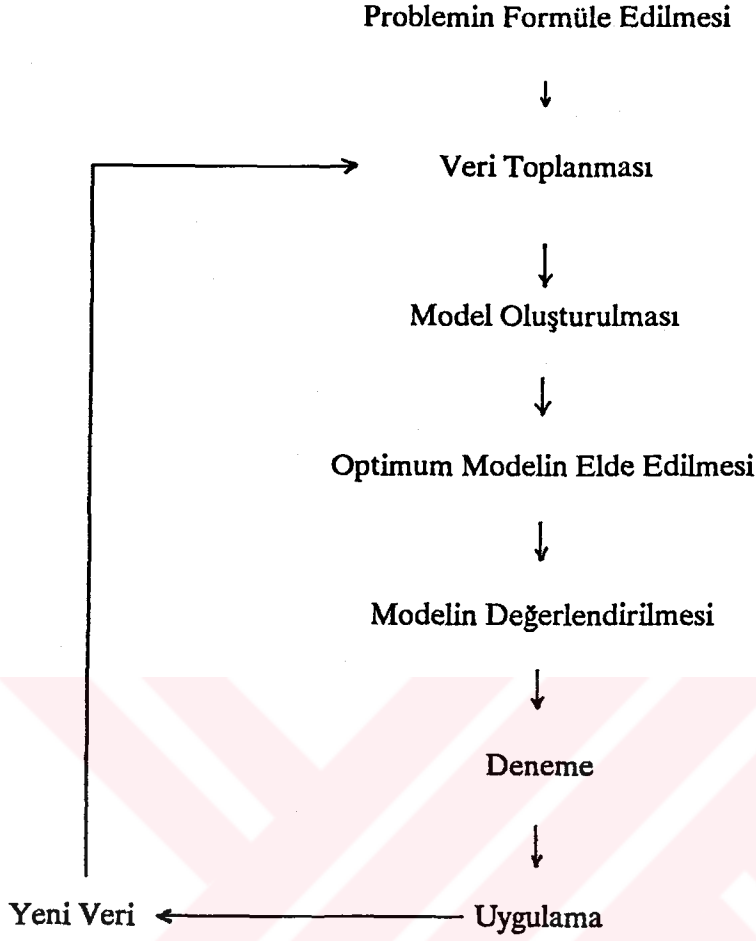
- Maliyet modelinin kullanılabilmesi için, yeterli düzeyde ve uygun verinin mevcut olması veya mevcut veriye

uygun maliyet modelinin seçilmesi gereklidir. Bu konuda yapılacak hata, tahminin doğruluğunu olumsuz yönde etkiler.

- Modelde kullanılan maliyet verileri güncelleştirmeye açık olmalı, piyasadaki değişen şartlara göre gelişmelidir.
- Model, tasarımı sınırlayan problemleri çözmede tasarımcıya yardımcı olabilmeli ve önerilen çözümün fizibilitesini test edebilmelidir.
- Maliyet modeli, müşteri hedefleri ile bunlara ulaşmak için kullanılan kaynakların maliyeti arasındaki ilişkiyi göstermelidir.
- Tasarımcı, modelin sonucunu, tasarımı üzerine kolaylıkla adapte edip, kullanılabilmelidir.
- Maliyet modeli hızlı, ucuz ve güvenilir olmalıdır.

Maliyet modellerinin geliştirilerek maliyet tahmininde kullanılması, beraberinde bir takım avantajlar sağlamıştır. Daha güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla, daha fazla bilgi, veri elde etme yoluna gidilmiş, veri kaynakları arttırılmıştır. Maliyet bilgisi daha hızlı sağlanarak, tasarımın ileri evrelerinde karşılaşılabilecek sürprizler önlenmiştir. (ASHWORTH 1988, s.284).

Model oluşturma'nın ilk şartı, öncelikle gerekli verinin toplanmasıdır. Bu işlemden sonra verilerin güncelleştirilerek, model için kullanılabılır hale getirilmesi gereklidir. Daha sonra model oluşturulur. Ancak, elde edilen verinin, seçilen modele uygun olup olmadığı değerlendirilmelidir. Sonuca ulaşıldıktan sonra her yeni uygulamada, geriye dönölüp, verilere gerekli ilaveler yapılmalıdır. Modelin oluşum süreci aşağıdaki şema ile ifade edilebilir. (ASHWORTH 1988, s.271).



Şekil 3.1. Modelin Oluşum Süreci

Modelin oluşum sürecinde, meydana gelebilecek birtakım aksaklıklar, model performansını etkileyecektir. Eğer insanın karar mekanizmasını gözönüne almazsak, model performansının değerini belirlemek için dört kriter kullanılır. (ASHWORTH 1988, s.273).

1. Veri
2. Veri/Model Ortaklığı
3. Model Tekniği
4. Çıktının Yorumu

1. Veri

Dört kriterden en önemlisi veridir. Çünkü maliyet verisi doğrudan modelin sonucunu etkilemektedir. İyi bir veri, hızlı elde edilebilmeli, güncelleştirilebilmeli, doğru ve güvenilir olmalıdır. En

önemli sorun veri kaynaklarının yetersizliğidir. Bu konuda Türkiye’de çok fazla kaynak yoktur. Diğer ülkelerde ise bu amaçla oluşturulmuş, gelişmiş sistemler mevcuttur. (Bkz. 4.3.1).

Doğru ve güvenilir verilerle oluşturulan, modelin çıktısının da güvenilirliği yüksek olacaktır.

2. Veri/Model Ortaklığı

Tasarım hangi aşamasında, hangi modelin kullanılması gerektiği önemli bir problemdir. Aynı zamanda seçilen model ile verinin arasında da bir uyum olması gereklidir. Projenin ulaştığı detay derecesine göre, verinin elde edilmesi gerekir. Modelin ihtiyaç duyduğu düzeyde elde edilen veri, çıktının da istenen düzeyde olmasına sebep olur.

3. Model Tekniği

Son yıllarda pek çok model tekniği geliştirilmiştir. Bu modellerden hangisinin kullanılacağına karar verilmesi çok önemli bir problemdir. Model seçimi, büyük ölçüde tasarımın hangi düzeyde olduğuna ve eldeki veriye bağlı olarak yapılır.

4. Çıktının Yorumu

Çıktıların yorumunun doğru yapılması, tahmini yapan kişilerin, modellerin olumlu ve olumsuz yönlerini bilmeleri yoluyla mümkündür. Her modelin çıktısı farklıdır. Bazı çıktılar yorum yapmaya müsait değildir. Çünkü analiz sonunda binanın maliyeti X T.L. olacaktır şeklinde bir sonuca ulaşılır. Bazı çıktılarından ise modelin doğruluğu istatistiki olarak ölçülebilir, değişkenler arasındaki ilişkiler tanımlanabilir, yorumlanabilir. Diyagram şeklindeki çıktılarda, karar vericinin yorumu önemlidir. Kişinin tecrübesi yorumu doğrudan etkileyecektir.

3.1.1. MALİYET MODELLERİNİ TANIMLAYICI İLKELER

Bu bölümde, uygun bir modelin tanımlanabilmesi için, tüm maliyet modelleme topolojisini açıklayan ve kişisel araştırmalarda

referans noktası sağlayan bir çatı sunmak amaçlanmaktadır.

Maliyet modeli sınıflandırmasında alternatif yaklaşımların formal bir tabana oturtulması tasarlanmıştır. Maliyet modellerini tanımlayıcı ilkeler dokuz başlık altında toplanabilir. (NEWTON 1991, s.99).

1. Uygunluk
2. Birimler
3. Maliyet/Fiyat
4. Yaklaşım
5. Süreç
6. Model
7. Teknik
8. Tahminler
9. Belirsizlik,

1. Uygunluk:

Bu ilke iki yönden incelenebilir:

- Özel
- Genel

Uygunluk ilkesi, tasarımda kullanılan maliyet verilerinin her proje için özel olup olmadığı veya standart tekliflerin daha tanımlayıcı olup olmadığı ile ilgilidir. Bu kullanıcının, modelin kuvvetini değerlendirmesine yardım eden, bazı yargısal özellikler kazandırır.

Bütün maliyet verileri eski enformasyonlar üzerine kurulmuştur, bu sebeple verilerin genel seviyede olduğu ileri sürülebilir. Ancak, kendine has özellikleri olan tasarımlar için teklif hazırlanırken daha özel verilere ihtiyacımız vardır. Bu sebepten, veri kriterleri, bir kerelik yapılan tekliflerin nicelikleri için, genel tasarım tanımlarından daha geniş anlamda araştırılmaya başlandı. Bunlar göstermektedir ki, kullanılan modelde tasarım detaylarının seviyesi önemlidir. (NEWTON 1991, s.100).

2. Birimler

Bu ilke, fonksiyonel birimler ile, 2. keşif özeti veya yapım faaliyetlerine dayalı yöntemleri içine alır.

Fonksiyonel birimlerde, binanın maliyeti ile fonksiyonel birimi arasında bir ilişki vardır. Maliyet, örneğin; hastahane için yatak, okul için öğrenci sayısı ile tanımlanır.

2. keşif özetinde, tamamlanan iş kalemlerinin maliyeti hesaplanır. Maliyet doğrudan son üretimden elde edilir; dış duvar alanı, pencere sayısı vb. Geçici olarak yapılan iskelet, kalıp vb. buna ilave edilir.

Yapım faaliyetleri, şantiyede gerçekleşen tüm olayları gösterir. Maliyetlendirme, yapı programında görülen faaliyetlere uymalıdır. Şantiyenin hazırlanması, taşınması vb. işlemler de buna dahil edilir.

3. Maliyet/Fiyat

Maliyet tahmin modelleri yardımıyla elde edilen maliyet dolaysız maliyettir. Genelde bütün maliyet modellerinin hedefi dolaysız maliyeti elde etmektir.

Dolaysız maliyete, genel giderler, risk ve kârın (mark-up) eklenmesiyle fiyat elde edilir.

$$\text{Fiyat} = \text{Dolaysız maliyet} + \text{Genel giderler} + \text{Risk} + \text{Kâr.}$$

(NEWTON 1991, s.100).

4. Yaklaşım

İki tür yaklaşım vardır; mikro ve makro. İkisi arasında hem felsefe hemde yaklaşım açısından farklılık vardır.

Makro seviyede, kendi bütünlüğü içinde bütün modeller bir tahmine yol göstermek için tasarlanmazlar. Mikro seviyede ise, belirli modellerin hedefi bireysel maliyet elemanlarıdır; dış duvarlar, asansör-tesisatı vb. (NEWTON 1991, s.101).

5. Süreç

Bu tanımlama, binanın projelendirme evrelerini (fizibilite, tasarım, detay, teklif) ve inşaat dışındaki uygulama alanlarını ifade eder.

Bu kriterler içinde bir sınıflama RIBA Plan of Work için yapılmıştır. (RIBA, 1967). Modellerin çoğu inşaat sektöründe kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bunun dışında, daha çok kimya ve endüstri mühendisliği dallarında kullanılan modeller vardır. Bu modellerin inşaat sektöründe de kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. (NEWTON 1991, s.101).

6. Model

Modellerin bu özel sınıflaması standart değildir.

- Taklit etme (simulation)
- Üretme (generation)
- En iyileme (optimization)

Taklit etme, problemlerin bir modelini kurarak, formal şekilde temsil eder. Problem sınırları kavramsal olarak belirlenir, değişkenler ve aralarındaki ilişkiler incelenir. Kısaca problem taklit edilir.

Üretme modelleri tüm potansiyel çözümleri üretebilir. Model, problemin tüm yapısını taklit edebilir ve alternatif çözümlerin istatistiksel dağılımını verir. Bu anlamda Monte Carlo Simülasyonu bir üretme modeli olarak sınıflandırılabilir, çünkü bu yöntem bir çok çözüm önerebilir.

Bazı problemler için çözümler değerlendirildiğinde, daha iyi bir yol olabilir diyerek, diğer çözümlerle karşılaştırmak doğaldır. Eğer çok sayıda çözüm olursa, bazıları gerçekten diğerlerine göre daha iyi olacaktır. Optimum veya en iyi çözüm olarak tanımlanabilecek bir çözüm vardır. En iyileme modelleri, verilen kriterlerle en fazla faydayı veren çözümleri seçer. (Wilson, 1987).

Biçimsel model kurmada, taklit etme porblemin yapısını göstermekte, üretme alternatif çözüm teklifleri getirmekte, en iyileme bu çözümleri değerlendirmektedir. (NEWTON 1991, s.101).

7. Teknik

Modellerin genel sınıflaması içinde başvurulmuş çeşitli teknikler vardır. Bunlar; (NEWTON 1991, s.102).

- Dinamik programlama (Woodward, 1975)
- Uzman sistemler (Lansdown, 1982)
- Fonksiyonel bağıllık (Newton ve Logan, 1988)
- Lineer programlama (Cohen, 1995)
- Manuel
- Monte Carlo Simülasyonu (Spooner, 1974)
- Şebekeler (Harris ve Mc Caffer, 1977)
- Regresyon Analizi (Bathurst ve Butler, 1977).

8. Varsayımlar (explicit-implicit)

Modeller önemli veri paketleri içerirler. Bu paketler problemlerin sınırları, manalı olup olmadığı ve kullanıcının problemi en iyi nasıl çözebileceği hakkında varsayımlarda bulunurlar. Bu varsayımlar kesin ve açık olabileceği gibi (explicit), daha kapalı ve daha az tanımlanmış da (implicit) olabilir. Örneğin; uzman sistemler yardımıyla çatı için bir varsayımda bulunacağımızı tahmin edelim. Bu sistemde çatıyı her yönüyle tanımlayabiliriz. Bu explicit bir varsayımdır. İmplicit varsayımda ise henüz tam olarak belirlenmemiş, açıklanmamış noktalar vardır. (NEWTON 1991, s.102).

9. Belirsizlik

Maliyetin, belirsiz olduğu bilinir. Problem, belirsizliğin modelde en iyi şekilde gösterilip gösterilmediği veya kullanıcı tarafından sezgisel olarak uğraşılıp uğraşılmadığıdır.

Deterministik ve stokastik modelleri birbirinden ayırmak gerekir. Belirsizliğin ölçümü konusunda farklılık vardır. Belirsizliğin ölçümü regresyon analizinde olduğu gibi değişkenlik katsayısı

veya Monte Carlo simülasyonunda olduğu gibi kümülatif olasılık dağılımı ile ifade edilebilir. (NEWTON 1991, s.102).

Şimdiye kadar incelenen tanımlayıcı ilkeler kullanılarak, literatürdeki maliyet modeli araştırmalarını yeniden incelemek mümkündür (1989'dan başlayarak). Bu inceleme kronolojik düzende yapılmış ve yazarların kendi modelleri için yaptıkları yorumlara göre düzenlenmiştir. (tablo 3.1.). Yapılan kısaltmalar;

- Uygunluk	Ö	- Özel
	G	- Genel
- Birimler	FB	- Fonksiyonel Birim
	KÖ	- 2. Keşif Özeti
	Y	- Yapım Faaliyetleri
- Maliyet/Fiyat	M	- Maliyet
	F	- Fiyat
- Yaklaşım	Mi	- mikro
	Ma	- Makro
- Süreç	Fi	- Fizibilite
	T	- Tasarım
	D	- Detay
	Te	- Teklif
	İ	- İnşaat dışı uygulama
- Model	T	- Taklit etme
	Ü	- Üretme
	Ei	- En iyileme
- Teknik	D	- Dinamik Program
	U	- Uzman sistemler
	Fo	- Fonksiyonel Bağlılık
	L	- Lineer Program
	ML	- Manuel
	MC	- Monte Carlo simülasyonu
	Ş	- Şebeke
	Pa	- Parametrik model
	OL	- Olasılık Analizi
	R	- Regresyon Analizi
- Varsayım	Ek	- Eksplisit
	İm	- İmplicit
- Belirsizlik	Det	- deterministik
	Sk	- Stokastik

	Uygunluk	Birimler	Maliyet	Yaklaşım	Süreç	Model	Teknik	Varsayım	Belirsizlik
Duncan (1960)	Ö	FB	F	Mi	T	T	ML	İm	Det
RICS (1964)	Ö	FB	F	Ma	T	T	ML	İm	Det
Thomsen (1965)	Ö	FB	F	Ma	Fi	Ü	Fo	İm	Det
Nadel (1967)	G	FB	F	Ma	T	T	Pa	İm	Det
Meyrat (1969)	G	FB	F	Ma	T	T	Pa	İm	Det
Barrett (1970)	G	KÖ	F	Ma	T	T	ML	İm	Det
Gould (1970)	G	FB	F	Mi	T	T	R	İm	St
Doe (1971)	G	FB	M	Mi	T	T	Fo	İm	Det
Buchanan (1972)	G	FB	F	Mi	T	T	R	İm	St
Regdon (1972)	G	KÖ	F	Ma	Fi	T	R	İm	St
Tregenza (1972)	G	FB	F	Ma	Fi	T	Pa	İm	Det
Kouskoulas and Koenn (1974)	G	FB	F	Ma	Fi	T	R	İm	St
Braby (1975)	G	FB	F	Ma	Fi	T	R	İm	St
McCaffer (1975)	G	FB	F	Ma	Fi	T	R	İm	St
Wilson and Templeman (1976)	G	FB	F	Mi	T	Ei	DP	İm	Det
Bathurst and Butler (1977)	G	FB	F	Ma	Fi	T	Fo	İm	Det
Bathurst and Butler (1977)	G	KÖ	F	Mi	Fi	T	R	İm	St
Brandon (1978)	G	KÖ	F	Ma	T	T	Pa	İm	Det
Flanagan and Norman (1978)	G	FB	F	Ma	Fi	T	Fo	İm	Det
Townsend (1978)	G	FB	F	Ma	T	T	Fo	İm	Det
Moore and Brandon (1979)	G	FB	F	Mi	T	Ü	Fo	İm	Det
Russel and Choundhary (1980)	G	KÖ	F	Ma	T	Ei	L	İm	Det
Powell and Chlsnal (1981)	G	FB	F	Ma	T	Ü	Fo	İm	Det
Gray (1982)	Ö	KÖ	F	Mi	D	T	ML	İm	Det
Mothur (1982)	G	KÖ	F	Ma	T	Ü	Mc	İm	St
Pitt (1982)	Ö	Y	F	Ma	T	Ü	Mc	İm	St
Schafield (1982)	G	KÖ	F	Mi	T	T	Fo	İm	Det
Sierra (1982)	G	FB	F	Ma	T	T	R	İm	St
Wilson (1982)	Ö	Y	M	Mi	T	Ü	MC	İm	St
Zahry (1982)	G	FB	F	Ma	T	T	OL	İm	St
Langston (1983)	G	FB	F	Ma	T	Ü	Fo	İm	Det
Newton (1983)	G	FB	F	Ma	T	Ü	Fo	İm	Det
Bennet and Omerod (1984)	Ö	Y	F	Ma	T	T	Mc	İm	St
Cusack (1985)	G	Y	F	Ma	T	Ei	L	İm	Det
Gehring and Narula (1986)	G	FB	F	Ma	İ	Ü	MC	İm	St
Atkin (1987)	G	FB	F	Ma	T	Ei	DP	Ek	Det
Brown (1987)	G	FB	F	Ma	T	T	OL	İm	St
Cusack (1987)	G	Y	F	Ma	T	Ei	L	İm	Det
Meijer (1987)	G	FB	F	Ma	Fi	T	Fo	İm	Det
Pegg (1987)	Ö	KÖ	F	Ma	T	T	OL	İm	St
Weight (1987)	Ö	FB	F	Ma	T	T	Fo	Ek	Det
Brandon (1988)	Ö	KÖ	F	Ma	T	T	U	Ek	St
Park (1988)	G	FB	F	Ma	T	T	P	İm	Det
Selinger (1988)	G	KÖ	F	Ma	Fi	T	P	İm	Det
Walker (1988)	G	FB	F	Ma	Te	T	MC	İm	St
Yokoyama and Toniya (1988)	G	FB	F	Ma	T	T	R	İm	Det

Tablo 3.1. 1989 Yılına Kadar Yapılan Maliyet Modeli Araştırmaları

İncelenen maliyet modelleri, grafikler yardımıyla ifade edilmektedir (Şekil 3.2). Bu grafikler, günümüzdeki maliyet modeli araştırmalarında hangi yönlelere ağırlık verildiğini açıkça göstermektedir.

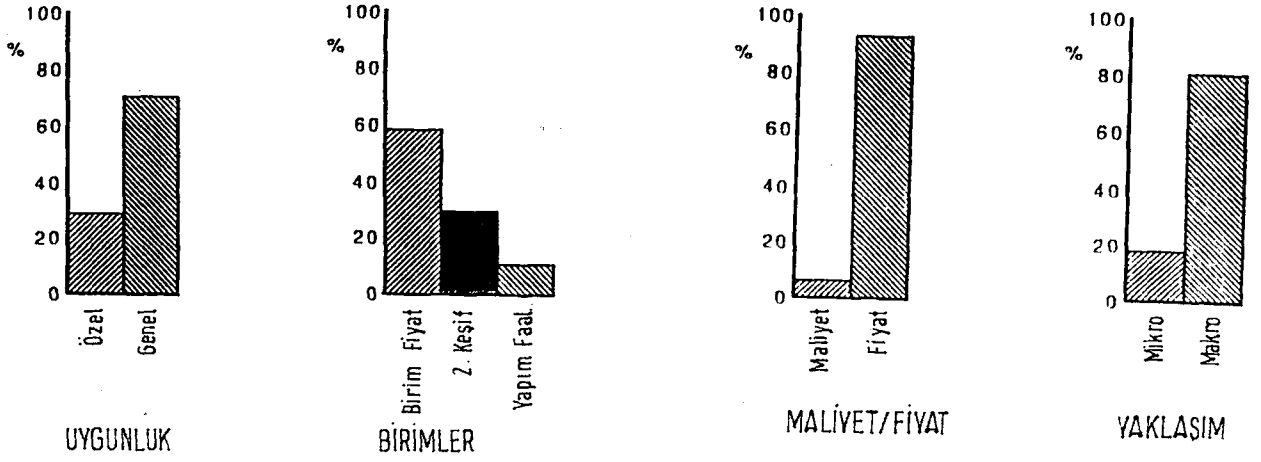
Grafiklere göre en muhtemel maliyet modeli şu özellikleri göstermektedir genel verilere başvurulmuş, fonksiyonel birimleri kullanan, fonksiyonel ilişkiler üzerine kurulan, makro seviyede, ön tasar evresinde başvurulmuş, proje fiyatına dayanan implisit ve deterministik çıktıları olan model. (NEWTON 1991, s.106).

Gelecekte tercih edilecek modeller, yapım faaliyetlerine ait ölçümleri kullanacaklar ve stokastik tekniklerin kullanımı hayli önemli olacaktır. Araştırmacılara göre simülasyondan optimizasyon modellerine doğru bir yönelme olacaktır.

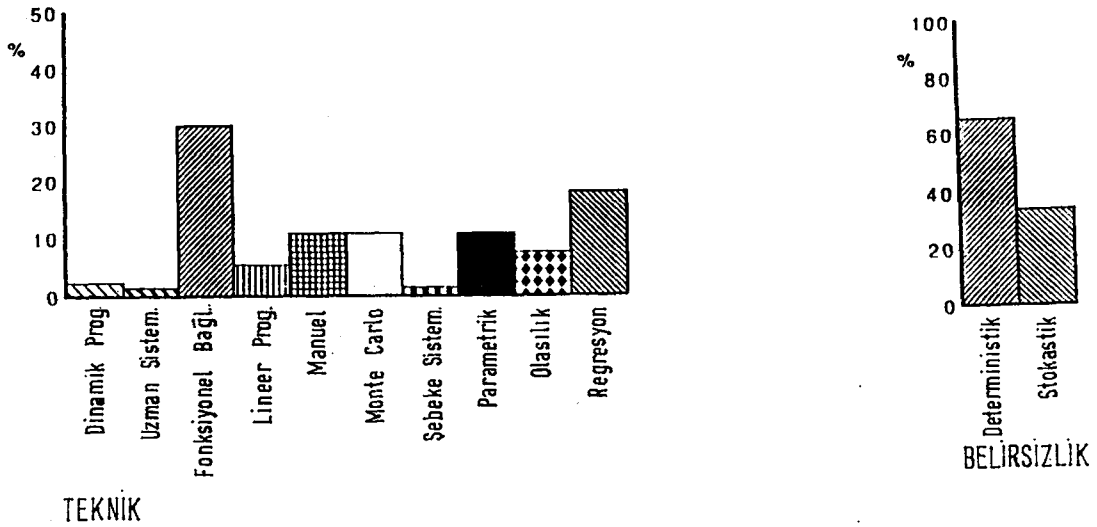
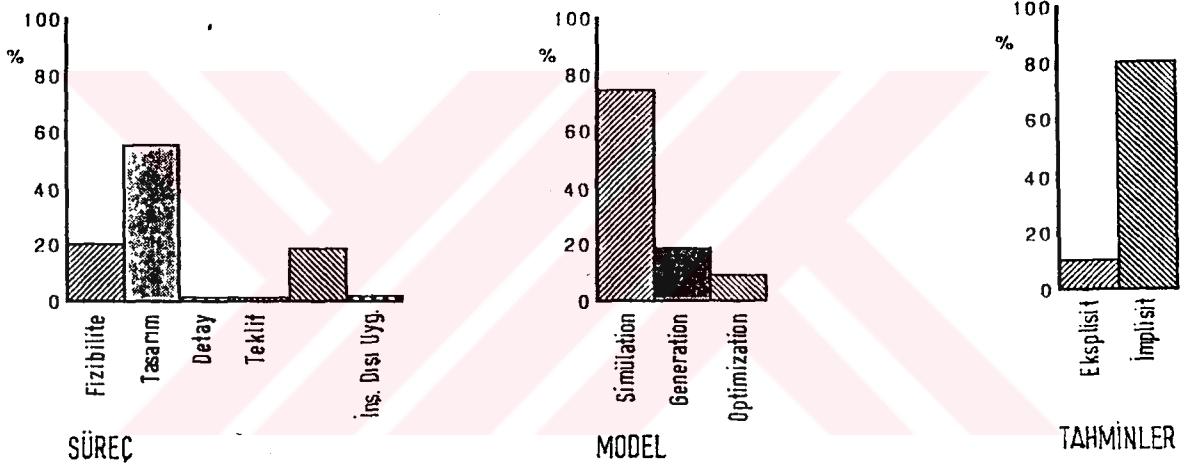
3.1.2. MALİYET MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Maliyet modelleri yapının üretim süreci, özellikleri, tarihi gelişimleri, çıktılarının şekli vb. faktörlere göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Yapılan çeşitli sınıflandırmalardan yola çıkılarak modeller iki ana başlık altında toplanabilirler. Bunlar;

1. Geleneksel Maliyet Modelleri (Miktarlara Dayalı Modeller)
 - a) Tek Fiyatlı Tahmin Modelleri
 - Birim Metodu
 - Küp Metodu
 - Alan Metodu
 - Kat Kabuğu Metodu
 - b) Elemanlara Dayalı Modeller
 - c) Yapım İşlemlerine Dayalı Modeller
 - d) Kaynaklara Dayalı Modeller



106



Şekil 3.2. Tanımlayıcı ilkeler

2. Gelişmiş Maliyet Modelleri

- a) Nedensel veya Deneysel Metodlar
- b) Regresyon Modelleri
- c) Simülasyon Modelleri
- d) Uzman Sistemler

Bu tez kapsamında sadece Gelişmiş Maliyet Modellerini incelemeye çalışacağız

a) Nedensel veya Deneysel Modeller

Deneysel modeller, gözlem, deney ve sezgiye dayanır. Maliyetin tasarım değişkenleri ile ilişkisi matematiksel bir formülle ifade edilir. Miktar ve maliyet arasındaki ilişki basitleştirilmeye çalışılmaktadır. Araştırmacılar modeli basitleştirirken, modelin doğruluğunu da yükseltmeye çalışmaktadırlar ki bu da en çok uğraşılan konulardan biridir. Keşif özeti de bir deneysel modeldir. Binanın fiziksel biçimi, inşaatında kullanılan metodlar, tanımlar ve boyutların ilişkileriyle modellenir. Bu modelle, döşeme betonunun maliyetini şu şekilde ifade edebiliriz.

$$L \times W \times D \times R = P \quad (3.1)$$

L= Plan Uzunluğu

W= Plan Genişliği

D= Betonun Kalınlığı

R= 1 m³'te ölçülen beton miktarı

P= Döşeme Maliyeti

Bu maliyet modelleme metodunun avantajı, kolay anlaşılır olması ve bina projesi ile ilişkisinin çabuk sağlanmasıdır. (ASH-WORTH 1988, s.272)

b) Regresyon Modelleri:

Regresyon ya da çoklu regresyon analizi, analitik modeller ve tahmin modelleri gibi kullanılan güçlü istatistikî yöntemlerdir. Tahminde regresyon kullanımına, 1970'ler boyunca ve 1980'lerin başında Loughborough Üniversitesi'nde bir dizi lisans sonrası çalışma şeklinde başlanmıştır. Bu çalışmalar, beton strüktür yolları, ısıtma ve havalandırma tesisatı, elektrik tesisatı ve ofislerle ilgili basit modellerdir.

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkidten yola çıkarak, bu ilişkiyi matematiksel bir formüle oturtmayı amaçlar. Bu analiz ile bilinen bir veya daha fazla değişken değerinden (Ör: Bina yüksekliği, bina şekli vb.), bir başka değişken değeri (Ör: Maliyet) bulunabilir. (FERRY 1986, s.266).

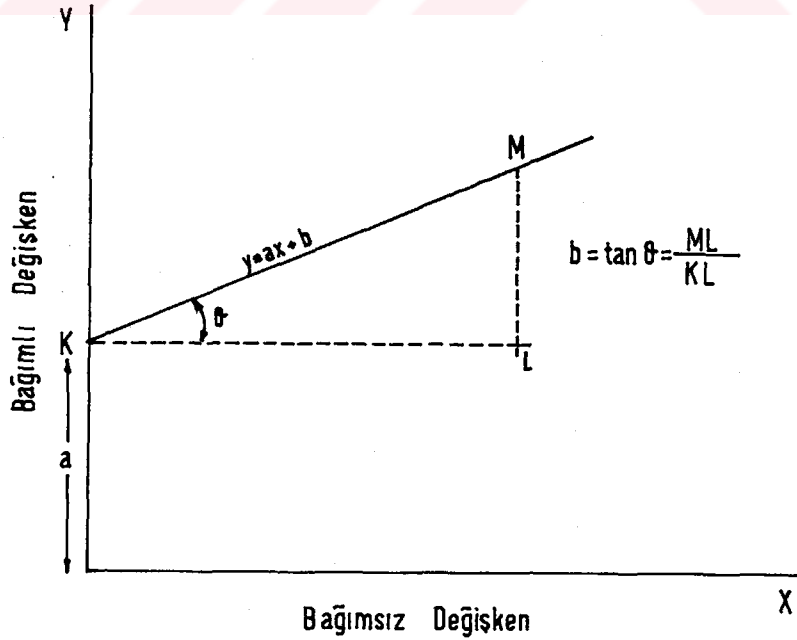
İki değişken arasındaki ilişki en basit şekliyle

$$y = a + bx \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bu eşitlikte, y ; tahmin edilmek istenen değişkendir ve "bağımlı değişken" olarak adlandırılır. X ise, tahmini gerçekleştirmek üzere faydalanılan değişkendir ve "bağımsız değişken" olarak adlandırılır.

Bu eşitliğin tarif ettiği doğrunun y eksenini kestiği nokta a sabitini ve doğrunun eğimi de b regresyon katsayısını verir (Şekil 3.3). (FERRY 1986, s.267).



Şekil 3.3. $y = a + bx$ doğrusunun grafiği

Daha önceki projelerden gözlemlenmiş bağımlı değişken değerleri ile, çizilecek regresyon doğrusu üzerindeki değerler arasındaki farkın karesinin min. olduğu doğru en uygun regresyon doğrusudur. En uygun regresyon doğrusunun saptanmasına yönelik bu metod "en küçük kareler metodu"dur. (FERRY 1986, s.270).

Bu şekilde saptanan a ve b değerleri;

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \quad (3.3.)$$

$$b = \frac{\sum xy - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x^2 - n \bar{x}^2} \quad \text{şeklindedir.} \quad (3.4)$$

$\bar{x}$ = Ortalama x değerleri

$\bar{y}$ = Ortalama y değerleri

n = Gözlem sayısı

Metodun daha iyi anlaşılabilmesi için bir örnek uygulama yapılabilir;

Hayali 10 proje ele alalım, bu projelerde duvarcı ustasının çalışma saat ile duvar alanı arasında bir ilişki olduğu tahmin edilmiştir. Eldeki veriler tablo 3.2'deki gibidir. (ASHWORTH 1988, s.275).

No	Duvarcı ustası (saat) x	Duvar alanı (m ²) y
1	800	650
2	1000	900
3	1100	1050
4	1250	1200
5	1500	1500
6	1750	1800
7	2000	2100
8	2100	2300
9	2250	2500
10	2300	2600
	$\sum x = 16050$	$\sum y = 16600$

Tablo 3.2. Örnek Uygulama

Elde edilen değerler (3.3) ve (3.4) formüllerinde yerine konulduğunda;

$$a = 302,66$$

$$b = 0,7846$$

Buna göre formül;

$$y = 302,66 + 0,7846 x \quad \text{şeklinde yazılabilir.}$$

Elde edilen bu denklem yardımıyla, benzer bir işteki duvar işinin kaç adam/saatte yapılabileceği oldukça süratli bir şekilde hesap edilebilir.

Bağımlı değişken, her zaman tek bir değişkendenden etkilenmeyebilir. Çoğu zaman birden fazla faktör, bağımlı değişkeni etkiler. Bu durumda regresyon denklemi;

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n \quad (3.5)$$

şeklinde yazılır. (ASHWORTH 1988, s.273).

Bu denklemde de lineer regresyon denkleminde olduğu gibi; y bağımlı değişken, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ise bağımsız değişkenlerdir. Bu eşitlikteki b katsayıları, x değerlerindeki 1 birim değişmenin y değerinde ne kadarlık bir değişmeye sebep olduğunu gösterir. (HAMBURG 1982, s.292).

Lineer regresyon denklemi bazen iki değişken arasındaki ilişkiyi tanımlamaya yetmeyebilir. Bu durumda değişkenlerin logaritmik değerleri alınır. Denklem;

$$\log y = a + b_1 \log x_1 + b_2 \log x_2 + \dots + b_n \log x_n \quad (3.6)$$

şeklindedir.

Regresyon doğrusu her zaman doğrusal olmayabilir. Zaman zaman değişkenler arasındaki eğrisel ilişki çıkabilir. Bu durumda denklem;

$$y = a + bx + c^2 \quad (3.7)$$

şeklinde yazılabilir.

Regresyon analizi ile sadece değişkenler arasında bir ilişki olup olmadığı saptanır. Saptanan ilişkinin derecesi ise "korelasyon analizi" ile ölçülür.

Regresyon analizi, maliyet tahmininde özellikle tasarım aşamasında kullanılan bir metottur. tasarım değişkenleri ile maliyet arasındaki ilişkiden yola çıkılarak yapılmış çalışmalar vardır.

Kouskoulos ve Koehn tarafından geliştirilen bir regresyon modeli şöyledir;

$$C = -81,49 + 93V_1 + 1097V_2 + 6,23V_3 + 0,167V_4 + 5,26V_5 + 30,9V_6$$

C = m² maliyet

V_1 = Yer indeksi

V_2 = Fiyat indeksi

V_3 = Bina tipi indeksi

V_4 = Yükseklik indeksi

V_5 = Kalite indeksi

V_6 = Teknoloji indeksi

Japonya'da taşıyıcı sistemin maliyete etkisini gösteren bir model oluşturulmuştur. Değişken olarak m²'ye düşen yük ve açıklık katsayısı alınmıştır. (GİRİTLİ 1992, s.8)

$$\log C = -0,0235 + 1,1045 \log \Delta + 1,1268 \log H$$

Türkiye'de bu anlamda ilk araştırma Doç.Dr.Murat Çıracı tarafından yapılmıştır. Konut binaları için yapılan bu çalışmada tasarım değişkenlerinin, maliyete etkilerini gösterebilmek amacıyla çoklu regresyon kullanılarak aşağıdaki formül elde edilmiştir. (ÇIRACI 1993, s.65)

$$\begin{aligned} \text{TL/m}^2 \text{ BKA Bina Maliyeti} = & -279816 + 9637 (\text{AFA/KUS}) + \\ & 1057819 (\text{SA1/AFA}) + 83921 (\text{YEA/BKA}) + \\ & 341557 (\text{PKB/DDA}) + 621 (\text{BY}) \end{aligned}$$

AFA/KUS = Ana Faydalı Alan/Kullanıcı sayısı
SA1/AFA = Konut İçi Sirkülasyon Alanları/Ana Faydalı Alanlar
YEA/BKA = Yapı Elemanları Alanı/Brüt Kat Alanları
PKB/DDA = Dış Pencere Kapı Boşlukları/Dış Duvar Alanları
BY = Bina yüksekliği

Yine konut binaları üzerine benzer bir çalışma, tez kapsamında Mimar Fulden Baran tarafından yapılmıştır. Elde edilen denklemler şöyledir; (BARAN 1993, s.68).

$$\text{BM} = 584226 + 232840 \text{DKA/BİA} + 1343688 \text{TA/BİA} + 414239 \text{FA/BİA} - 1742 \text{FA/BKS}$$

$$\text{FABM} = 2323876 + 275455 \text{DKA/BİA} + 1961234 \text{TA/BİA} + 1753291 \text{FA/BİA}$$

BM = Birim Maliyet
FABM = Faydalı Alan Birim Maliyeti
DKA/BİA = Dış Kabuk Alanı/Brüt İnşaat Alanı
TA/BİA = Taban Alanı/Brüt İnşaat Alanı
FA/BİA = Faydalı Alan/Brüt İnşaat Alanı
FA/BKS = Faydalı Alan/Birim Konut Sayısı

c) Simülasyon Modelleri

Simülasyon, yöneticilerin doğru ekonomik kararlar vermesine yardım eden, yöneylem araştırması tekniklerinden biridir. (KÖKSAL 1976, s169). İşletmelerin çalışma alanlarının artmasıyla, problemler çoğalmış ve yöneticilerin daha doğru karar verebilmeleri için yeni tekniklerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Simülasyon,

daha önceki tekniklerin yetersiz kaldığı yerleri doldurmuştur.

Simülasyon, sistemin modelini kurarak bu model üzerinde denemeler yapmayı ve denemeleri yöneltmeyi kapsar. (HALAÇ 1978, s.243).

Simülasyonun temel olarak anlamı, sistemin tipik biyografisini yaratmak ve verilen koşullar altında sistemin her aşamasında adım adım ne olduğunu hesap etmektir. (FERRY 1986, s.277).

Bir simülasyon modeli, kendisini oluşturan bileşenlerin birbirine etkisini araştırarak, incelenen sistemin davranışlarını kopye etmeye çalışır. (ASHWORTH 1988, s.276).

Modelin çözümünü elle veya bilgisayar yardımıyla yapmak mümkündür. Her iki durumda da olaydaki tesadüfi unsurları temsil etmek için rasgele sayılara ihtiyaç vardır. Bu sayılar elle, tablolar yardımıyla veya bilgisayarlarla elde edilebilir.

En çok kullanılan simülasyon modeli Monte Carlo Simülasyonudur. Monte Carlo Simülasyonu bize olabilecek maliyetin istatistiksel dağılımı hakkında fikir verir. Bu yöntemle, maliyeti oluşturan değişkenlerin de dağılımını elde edebiliriz. (FERRY 1986, s.278). Böylelikle daha tasarım aşamasında bir kontrol mekanizması kurulabilir. Ayrıca bu yaklaşım araştırmacının ihtiyaç duyduğu risk faktörünü de gözönünde bulunduran bir tahminde bulunur. Kişi problem hakkındaki tüm yargılarını hesaba katabilir. Bunlar olasılık dağılımları formunda yapılır. Simülasyon sonunda elde edilen histogram ve kümülatif olasılık dağılımları yardımıyla, maliyetin yüzde kaç ihtimalle, ne kadar olabileceğini öğrenebiliriz. (BROWN 1992, s.3). Böylece tahminin doğruluğunu da ölçebiliriz.

Monte Carlo Simülasyonu ile ilgili daha geniş bilgi 4. bölümde verilecektir.

d) Uzman Sistemler

Uzman sistem bir yapay zeka uygulamasıdır. "Bilgi tabanı" denilen bir tür veri tabanına sahip olan bu sistemin özellikleri şunlardır.

- İstenildiğinde kullanıcıya davranışları hakkında açıklama yapabilme.
- Kullanıcıyla iyi bir diyalog sağlayabilme
- Uygun bir bilgi, gösterim dili kullanma
- Sistemin ömrü boyunca bilgi tabanını değiştirme ve geliştirmeye olanak sağlama. (GİRİTLİ 1993, s.35).

Brandon, uzman sistemlerin başarılı olabilmesi için, bu sistemleri kullanacak uzmanların olması gerektiğini söyler. Uzman sistemler, karar vermede insanlara yardımcı olurlar, onların yerine geçmezler.

Bina maliyet tahmininde kullanılan uzman sistemlerin geliştirilmesi için kullanılan üç yaklaşım vardır.

1. Menü Yaklaşımı
2. Denkleştirme Yaklaşımı
3. Bütünleşik Modelleme Yaklaşımı. (GİRİTLİ 1993, s.36).

1. Menü Yaklaşımı

Menü yaklaşımı, uygun maliyetin seçileceği çok çeşitli bina elemanlarının maliyetlerini taşıyan bir menünün varlığına dayanır. Bu menü hızlı tahmin için amaçları belirlemeye yardım etmesine rağmen alışılmışın dışındaki binalar için uygun olmayabilir. Bu yüzden de kullanımı sınırlı olarak kabul edilir.

2. Denkleştirme Yaklaşımı

Denkleştirme yaklaşımı, insan hafızasında ya da bir veri tabanından yapılan, daha önce inşaa edilmiş, maliyeti bilinen ve yapılması düşünülen proje ile benzer niteliklere sahip belli bir bina projesinin seçiminden ibarettir. Bu belirlenmiş maliyet daha sonra eldeki

projeye göre biçimde, büyüklükte, yerleşimde, tesisat ve donanımda meydana gelecek farklılıklara göre projeye uyarlanmalıdır.

Ancak, bilgisayarların geçmişteki kayıtlarla yapılması düşünülen proje arasındaki benzerlik ve farklılıkları ölçmede zorlanmasından dolayı, bu yaklaşım maliyet tahmin modeli olarak uygun kabul edilmemektedir.

3. Bütünleşik Modellenme Yaklaşımı

Bütünleşik modelleme yaklaşımı, maliyet veri tabanının kullanılabilirliğine ve her fonksiyonel eleman için alternatifler arasından nasıl seçim yapılacağına bağlıdır. Modelleme yaklaşımı, elle hesap yapılmak istendiğinde çok zaman alabilir. Ancak günümüz uzman sistem teknikleri en karmaşık hesapları bile kolaylıkla yapabildiğinden bu yaklaşım bina maliyet modellerinin oluşturulmasında da kullanılmaktadır.

Uzman sistemler konusunda yapılmış çeşitli araştırmalar vardır. Bunlardan iki tanesi incelenecektir.

- Gray-Little (1985) ve Gray (1986)

TPES'i (The Time Planning Expert System) tanımlamışlardır. Bu sistem herhangi bir tasarım için, fonksiyonların önemli birimleri ve bunlar arasındaki ilişkiler ile, fonksiyonların özel bileşimlerinin analizleri için yapılan kurallar üzerine kurulmuşlardır. Sistem, tasarımın en erken aşamalarında, alternatif yapı strateji modelleri oluşturur. Böylece yeterli kesinlikte, maliyet ve zaman için bir tahminde bulunabilir. Girdiler, projelerin özelliklerini içeren soruların cevapları formundadır. Çoktı ise, anahtar fonksiyonların çubuk diyagramı şeklindedir. (NKADO 1991, s.37).

- Brandon (1990)

Bina projelerinin, dört ana alanının stratejik planları için, ELSIE uzman sistemini geliştirdi. Bu dört alan; ilk bütçe, elde etme-sağlama, zaman tahmini ve gelişme tahmini. Zaman modülü, kısa evrelerde daha az geçerli enformasyon sağlar ve fizibilite, tasarım, yapım

ile yönetim safhaları için uygun periyodun ne olduğu konusunda rehberlik eder. Bu, ticari amaçla İngiltere’de miktar analizleri için tasarlanan ilk uzman sistemdir. (NKADO 1991, s.37).

3.2. MODEL SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER VE MODEL SEÇİMİ

Bina üretimi birbirini izleyen evrelerden oluşan bir süreçtir. Kıt kaynakların rasyonel bir şekilde kullanılabilmesi için bu sürecin her evresinde etkin bir maliyet hesabının yapılması gerekmektedir. Proje her seviyede farklı bir detay seviyesine ulaşacağından, her evrede uygulanabilecek maliyet modelleri de farklılaşacaktır. Bu modeller verilen kararların ayrıntı düzeyi ile uyumlu olarak gelişmektedir. Herhangi bir modelin seçimi şu faktörlere bağlıdır;

- Maliyet tahminin amacı
- Maliyet tahmininde kullanılabilecek bilgilerin miktarı ve niteliği
- Maliyeti tahmin edilecek işin niteliği
- Maliyet tahmini için ayrılacak zaman
- Maliyet tahmininin malolma bedeli. (GİRİTLİ 1992, s.5).

Maliyetin hangi amaçla tahmin edildiği, model seçiminde önemli bir faktördür. Maliyet tahminin amacı, maliyetin kimin için tahmin edileceği ile ilişkilidir. Bina üretim süreci boyunca, mal sahibi, tasarımcı ve yüklenici maliyetin ne olacağı konusunda bilgi sahibi olmayı isterler. Mal sahibi, maliyeti bilmek ister. Çünkü mal sahibi aynı zamanda girişimci ise, amacı kâr etmektir ve bu iş için ne kadar para ayırması gerektiğini önceden bilmesi gereklidir. Tasarımcı, belirlenen bütçe sınırları içinde bir tasarım yapmak zorunda olduğundan, en uygun alternatifi belirleyebilmek için maliyet tahminine ihtiyaç duyar. Yüklenicinin ise, inşaat süreci boyunca nakit akışını kontrol altında tutması gereklidir. Bu amaçla maliyetin ne olacağı konusunda bilgi sahibi olmak ister.

Her karar evresinde uygun maliyet modelinin kullanılabilmesi, o yöntemin gereksindiği istatistiksel maliyet verilerinin sürekli

üretilmesine bağlıdır. Elimizdeki maliyet verilerinin niteliği ve detay seviyesi, model seçimini önemli ölçüde etkiler. Elde edilen verilerin kullanımı projenin hangi karar aşamasında olduğu ile yakından ilgilidir. Verilerin hızlı bir şekilde elde edilebilmesi, tahminin doğruluğu açısından güvenilir olması gereklidir.

Maliyeti tahmin edilecek projenin hangi karar aşamasında olduğu, seçilecek modelle yakından ilişkilidir. Fizibilite veya ön karar evresinde, ortada henüz bir tasarım yokken birim metodu, alan metodu vb. kullanılabilir. Ancak bunlar oldukça kaba tahminler verirler. Doğruluk oranları yüksek değildir. tasarım ilerleyip, uygulama aşamasına yaklaşıldıkça daha detaylı (yapım işlemlerine dayalı vb.) ve daha doğru tahminler elde edilebilir.

Maliyet tahmini için ayırabileceğimiz zaman da model seçiminde önemli bir faktördür. Zaman, maliyetle doğru orantılı bir kavram olduğu için, harcanan zamanın min. olması gerekmektedir. Ancak önemli olan eldeki veriler yardımıyla en kısa sürede, en doğru tahmine ulaşmaktır. Bu da ancak uygun modelin seçimiyle mümkün olur. Ayrıca modelin oluşturulup uygulanabilmesi için ödenmesi gereken bedelin de model seçimini etkileyen bir faktör olduğu unutulmamalıdır.

Giriş bölümünde belirlenen amaç doğrultusunda, model seçimini etkileyen faktörler de gözönünde bulundurularak, araştırma için en uygun maliyet modeli seçilmeye çalışılmıştır. Fizibilite ve ön karar evreleri baz alınarak yapılan bu çalışmada, toplam maliyete ilişkin tahminin yanısıra, fonksiyonel bina elemanlarına ait maliyet tahminlerine de ulaşmak istenmektedir. Böylece, fonksiyonel bina elemanlarının maliyete olan etkileri görülebilecek ve tasarım üzerinde gerekli düzeltmeler zamanında yapılabilecektir. Birim metodu, alan metodu, kat kabağı metodu vb. metodlar böyle bir tahminde bulunabilmek için yeterli değildir. Geleneksel modellerde gözönünde bulundurulmayan, ancak önemi çok büyük olan risk faktörünün de tahmin içinde değerlendirilmesi istenmektedir. Sonuç olarak bu isteklere cevap verebilecek en uygun modelin simülasyon olduğuna karar verilmiştir.

BÖLÜM 4 : ÖN KARAR EVRESİNDE SİMÜLASYON YAKLAŞIMI İLE MALİYET TAHMİNİ

3. bölümde, araştırmanın belirlenen amaçları doğrultusunda, bunlara cevap verebilecek en uygun modelin simülasyon olduğuna karar verilmiştir. Risk faktörünü de değerlendiren simülasyonun bu özelliği gözönünde bulundurularak, öncelikle risk konusu irdelenip, daha sonra simülasyon incelenmeye çalışılacaktır.

4.1. RİSK VE BELİRSİZLİK HALİNDE TAHMİN YAPMA

Yatırım kararlarının alınmasında bir belirlilik sözkonusu olmayıp, önceden bilinemeyen birçok etkenin yapılan tahminleri yanlış yönlendireceği kuşkusuzdur.

İnşaat endüstrisinde, diğer endüstri dallarına göre daha fazla risk ve belirsizlik vardır. Her yeni proje beraberinde yeni bir tasarım ve problemler getirmektedir.

Karar vermeyi etkileyen etmenler üçe ayrılabilir; (FLANAGAN 1990, s.121)

- Belirlilik (kesinlik)
- Risk
- Belirsizlik

Belirlilik etmenine inşaat endüstrisinde fazla rastlanmaz. Kötü alınmış kararların en önemli kaynağı kesinliğe dayalı hatalardır.

Risk ve belirsizlik arasındaki fark vardır. Risk, nispeten objektif olasılıklarla ilişkili olup, geçmişteki tecrübelere dayanılarak veya önceden tespit edilmiş bir prensibe göre hesaplanabilir. Bir olayın muhtemel sonuçlarına ait olasılık dağılımının objektif olarak

bilindiği durumu kapsar. Örneğin; araştırmacı, zemin koşullarını vb. bilmeden hafriyat için bir bütçe oluşturmak zorunda kalabilir. Burada bir risk vardır. Eski veriler ve tecrübe bize risk faktörünü ne oranda olaya katmamız gerektiği konusunda yardımcı olabilir.

Belirsizlik, bir olayın muhtemel sonuçlarına ait olasılık dağılımının bilinmediği durumları kapsar. Ya da, eski verilerin olmadığı, araştırmacının eskiyle bir bağlantı kurmadığı durumlar olarak tanımlanabilir. Örneğin; yüksek teknoloji ile yapılan bir binanın daha önce uygulanmamış çok yeni bir teknikle ısıtılacağını düşünelim. Bu durumda tahmini yapacak kişinin elinde hiçbir eski veri olmadığı için, fiyatı belirlemede neyi baz alacağını bilemez.

Riskli durumlarda tüm olasılık dağılımlarının bilinmesi gerekir. Belirsizlik durumlarında olasılık dağılımlarının parametreleri bilinmemektedir.

Risk ve belirsizlik arasındaki fark açıktır. Ancak inşaat endüstrisinde risk terimi, risk ve belirsizliğin her ikisi için kullanılmaktadır.

İnşaat endüstrisinde başlıca risk kaynakları, (FLANAGAN 1990, s.122).

- Bürokratik gecikmeler
- Proje tasarımındaki değişiklikler
- İş programındaki gecikmeler
- Kötü zemin koşulları
- Olağandışı hava koşulları
- İşçilik ve malzemedeki beklenmedik fiyat artışları
- Grevler
- Şantiye kazaları
- Spekülatif gelişmeler
- Kötü işçilik
- Doğal afetler (sel, deprem vb)
- Geç üretim sebebiyle müteahhitten gelen zarar talepleri
- Proje bütçesinin aşılması

Riskin kaynaklarını, etkilerinden ayırmak gereklidir. Riskin etkileri;

- Hesaplanan maliyetten sapma, bütçe içinde kalamama
- Belirlenen sürede işi bitirememe
- İstenen kalite ve işlevsel düzeyi sağlayamama

Keşif uzmanının, görevi, başarısızlığa sebep olan risk kaynaklarını tanımlamak ve risk faktörünü en iyi şekilde çözen risk yönetimi stratejisini belirlemektir.

4.2. RİSK ANALİZİ TEKNİKLERİ

Realistik yaklaşımlar tahminin, kesin koşullar altında oluşan, en yüksek ve en düşük fiyat arasında oynayan en muhtemel fiyat olduğunu benimsemişlerdir. En düşük fiyat için, projede beklenmedik bir zorlukla karşılaşılmadığı ve teklife uygun yapıldığı farzedilir. En yüksek fiyatta ise her olay için en kötü senaryo uygulanır.

Pratikte tahmin, kesin belli olan, bilinen, tasarım için farzedilen bazı faktörler ve inşaat piyasasını gözönünde bulundurarak yapar. Bu faktörler kontrol edilebilir de, edilemeyebilir de. Burda tasarım ekibinin kontrolü sözkonusu değildir. Risk analizi bu zorlukları çözmez, fakat yüklenici ve tasarım ekibini olasılıklara karşı hazır hale getirir. (FLANAGAN 1990, s.123).

Risk analizi tekniklerini üç grupta inceleyebiliriz:

1. Duyarlılık analizi
2. Karar analizi
3. Simülasyon

4.2.1. DUYARLILIK ANALİZİ

Duyarlılık analizi, risk analizinin en basit formudur. Tüm proje üzerindeki risk etkisini risk değişkenlerinden bir tanesini değiştirerek belirler.

Duyarlılık analizi üç amaçla kullanılır.

- Kritik parametrelerin tanımlanmasında
- Ne ve eğer sorularının aktarımında
- Hesaplanan değerin alt ve üst sınırlarını belirlemede

Duyarlılık analizi, proje başarısında kritik olacak faktörlerin tanımlanmasında kullanılır. Bu tanımlama, analizde bulunan faktörlerin değerlerinin birleşiminin değişimi ve ekonomik performansta ölçülen benzer yüzdelerin değişimi izlenerek gerçekleşir.

Ne ve eğer sorularının aktarımı, sonuçların hipotez edilen ortamda bulunması ile gerçekleşir. Her risk meydana gelme olasılığı ölçülmeden, bağımsız olarak ele alınır. Çünkü bir parametredeki (maliyet veya süre) değişme, proje sonucunda da bir değişikliğe sebep olur.

Pratikte, duyarlılık analizinde risk ve belirsizliklerin maliyet, süre veya ekonomik geri ödeme üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılır.

Bütün risklerin grafikler yardımıyla belirtilmesi yoluyla, yönetimin üzerinde durması gereken kritik noktalar belirlenmiş olur. (HAYES 1986, s.53).

4.2.2. KARAR ANALİZİ

Büyük projelerde sonuca ulaşmak için izlenecek değişik yollar vardır. Projenin detaylı bir şekilde ele alınmasından önce karar verici, farklı yatırım olasılıkları ve karar seçeneklerini gözönünde bulundurmalıdır. Karar ağacı, kararların alınmasında etkili olan enformasyonun grafiksel anlatımıdır. Bu, olabilecek eylemleri ve sonuç olasılıklarını gösterir. Bu tip risk analizi genellikle projenin maliyet özelliklerinde uygulanır. (HAYES 1986, s.58).

4.2.3. SİMÜLASYON

Simülasyon, yöneticilerin doğru ekonomik kararlar vermesine yardım eden yöneylem araştırması tekniklerinden biridir. Sistemin biyografisi oluşturulup, verilen koşullar altında sistemin her aşamasında ne olduğu hesap edilir.

4.2.3.1. ORTAYA ÇIKIŞI VE GELİŞMESİ

İşletmelerin çalışma alanlarının genişlemesi, faaliyetlerin karmaşık bir hal alması ve zamanın büyük önem kazanması, beraberinde pek çok problem getirmiştir. Tüm bunların kontrol altında tutulması ve yöneticilerin yeterli hassasiyetle karar verebilmesi için birtakım yeni tekniklerin geliştirilmesi gerekmiştir. Çünkü eldeki teknikler, zaman ve çıktı açısından, yöneticilerin ihtiyacına cevap verememiştir. Genel olarak, yöneylem araştırma tekniklerinin geliştirilmesi, bilgisayarların ortaya çıkması, olayların ve ekonomik örgütlerin sistem kavramı içinde incelenmeye başlaması bu ihtiyaçtan doğmuştur. İşletme problemlerinin çözümlenmesinde ilk defa uygulanan Lineer programlama ve dinamik programlama tekniklerinin bir takım noktalarda yetersiz kalması sonucunda, araştırmacılar simülasyon tekniğini geliştirmişlerdir. Simülasyon, daha önceki tekniklerin yetersiz kaldığı yerleri doldurmuştur. (KÖKSAL 1976, s.169).

Lineer programlama modellerinin, dezavantajlarından birincisi, modelde esas olan periyottan farklı zaman dilimleri için bir sonuç elde edilememesidir. Örneğin bir işletme için bir yıllık periyod esas alınmış ve bu süre için bir ürün planlama modeli kurulmuşsa, lineer programlama modeli bize bu işletmenin günlük veya haftalık üretimi hakkında bir fikir vermez. İkincisi ise gelecek hakkındaki belirsizliktir. Belirsizliğin etkilerini, duyarlılık analizleri yardımıyla tayin etmek mümkünse de, bütün model için bunu yapmak zaman kaybına sebep olur. Buna karşılık dinamik programlama; belirsizliği de içine alan, kademeli bir planlama yöntemidir. Ancak uygulamada lineer programlama modelleri ile karşılaştıracak olursak, çok basit sistemlere uygulanabilmektedir.

Görüldüğü gibi, daha kompleks durumların ortaya çıktığı birçok faktörün iç içe olduğu, kombinasyonların arttığı durumlarda, sağlıklı bir sonuca ulaşabilmek konusunda, simülasyon bize yardımcı olmaktadır. Özellikle son yıllarda finans, üretim, planlama, pazarlama ve inşaat gibi dallarda oldukça geniş uygulama olanakları bulunmuştur. (KÖKSAL 1976, s.170).

4.2.3.2. TANIMI VE KULLANIM AMACI

Problemlerin analizi için tanımlanan bir sistemin modeli bazen çok karmaşık olabileceği gibi, kurulan modeli analitik veya nümerik çözmek de güç olabilir. Nispeten basit sistemlerin davranışlarını matematiksel formüllerle temsil etmek mümkündür. Ancak değişken sayısının fazla olduğu ve bağıntılarda belirsizlik olduğu durumlarda formülasyona gitmek güçtür. Bu gibi durumlarda simülasyon önemli bir model kurma ve çözme tekniği olarak kullanılır. (KÖKSAL 1976, s.170).

Simülasyon, sistemin modelini kurarak bu model üzerinde denemeler yapmayı ve denemeleri yöneltmeyi kapsar. (HALAÇ 1978, s.443).

Simülasyon modeli, çeşitli politikaları değerlendirmek ve test etmek olanağını bize sağlar. Uygulanan metod, gerçek sistemi işleten maliyet unsurlarında bir oynama, değişme yapmaksızın, sadece model üzerinde çalışarak sistemdeki değişiklikleri araştırmaya imkan verir. Gerçek zamanı hızlandırmak veya yavaşlatmak ta burada mümkündür. (KÖKSAL 1976, s.170).

Simülasyonun temel olarak anlamı, sistemin tipik biyografisini yaratmak ve verilen koşullar altında, sistemin her aşamasında adım adım ne olduğunu hesap etmektir. Ancak bunu yapabilmek için ayrıntılı olarak sistemin işleyişini, karakteristiklerini bilmemiz gerekir. (FERRY 1986, s.277).

Simülasyon için şimdiye kadar söylediklerimizle beraber çeşitli tanımlar yapılmıştır. Örneğin; Gordon, simülasyonu, bir sistemin dinamik modelini, bir zaman aralığında çözmeye yarayan tekniktir diye tanımlar. Diğer yandan R.L.Ackoff ve M.W.Sasieni simülasyon için şunları söylerler;

Modeller gerçeği temsil eder, simülasyon ise taklit eder, Simülasyon daima bir modelin manipulasyonu (işlenmesi) ile ilgilidir. Geçmiş verilere dayanarak gelecekteki sistemin davranışlarını gözler önüne serer. Simülasyon normal olarak çok hesaplamayı gerektirir. Tabii problemin hacmi önemlidir. Bu nedenle kompüterin olmadığı yerlerde simülasyonun çözümü pratik değildir. (KÖKSAL 1976, s.171).

Başka bir tanıma göre; simülasyon bazı teknikler kullanarak, incelenen konunun küçük bir modelini oluşturmaktadır. (FLANAGAN 1986, s.128).

Bir simülasyon modeli, kendisini oluşturan bileşenlerin birbirine etkisini araştırarak, incelenen sistemin davranışlarını kopye etmeye çalışır. (ASHWORTH 1988, s.276).

Simülasyon modelinin çözümünü elle veya bilgisayar yardımıyla yapmak mümkündür. Ancak elle yapmak çözüm süresini oldukça uzatır. Her iki halde de olaydaki tesadüfi unsurların temsil etmek için rasgele sayılara ihtiyaç vardır. Bu sayılar elle veya tablolar ve bilgisayar yardımıyla rahatlıkla elde edilebilir.

Simülasyon standart matematiksel modeller tarafından analiz edilmesi güç olan karışık sistemlerin gösteriminde daha büyük esnekliğe izin verir. Ancak simülasyon, özellikle model optimize edilmeye çalışılırken zaman kaybına sebep olur. (ASHWORTH 1988, s.276).

İstenen sonuca ulaşabilmek için, örnekleme fikrine dayanan simülasyonun çok geniş bir uygulama alanı vardır. Örnekleme metodu, çizilen dağılımlar yardımıyla problemin tanımlanması sağlanır.

Simülasyon modelleri genel olarak bilgisayar ile simülasyon-bilgisayarsız simülasyon, matematiksel-matematiksel olmayan simülasyon gibi ayrılabilir. Ancak asıl olarak dört tip simülasyon vardır. (HALAÇ 1978, s.444).

1. Monte Carlo Simülasyonu
2. Sistem Simülasyonu
3. İlkesiz (sezgisel) simülasyon
4. İşletme oyunları

1. Monte Carlo Simülasyonu: Olası süreçlerle ilgilidir ve sistemin ilişkileri rasgele değişkenlerle açıklanır.

2. Sistem Simülasyon Modelleri: Bazı işleyen sistemlerin karmaşık bir şekilde yeniden yaratılmasıdır. Sistem simülasyonu, Monte Carlo simülasyonundan iki yönü ile farklıdır.

- Rasgele sayılar üretmek yerine, ana kütleden rasgele örnekleme yapılır.

- Bir çözüme ulaşmak için matematiksel karar kuralları uygulanır. Ama matematiksel olarak karmaşıklık artarsa Monte Carlo simülasyonunu kullanma olanağı doğabilir.

3. İlkesiz Simülasyon Modeli: Yönetim kararlarının sözlü ifadesi şeklindedir. Karar problemlerinin pek çoğunda en iyi çözümü bulmak için hesaplama kuralları mevcut olmayabilir. Bunun sonucunda ilkesiz yaklaşımlar kullanmak zorunda kalınır. Bu yaklaşım, en az zamanda karar vermeyi sağlayan başparmak kurallarını kapsar. Örneğin, bir reklam problemi için, en çok okunan beş dergide reklam ver kuralı bir ilkesiz yaklaşımdır. Diğer simülasyon modellerine göre daha sözlüdür.

4. İşletme Oyunları: Tarafları olan simülasyondur. İşletmelerde benzetme, iki özelliğe bağlanır.

- a) Oyuncuların kararına bağılı olarak müdahale vardır.
- b) Gerek işletme dışındaki etkiler ve gerekse edinilen tecrübelerden faydalanarak, mevcut durum için bir matematik model oluşturulur.

Elde edilen model, işletmenin çeşitli sektörlerine uygulanabilir. Sistemin temeli, geçmiş devrelere ait kararlardan yola çıkarak, bugünün kararlarını düzenlemektir.

Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılanı Monte Carlo Simülasyonudur. Monte Carlo deyimi, ilk defa 1940 yılı sonlarında iki Amerikalı matematikçi Von Neumann ve Stanislaw Ulam tarafından kullanıldı. Nükleer fizik alanında bir problem üzerinde çalışan bu bilim adamları, analitik çözümün çok karışık, pahalı ve deney yolu ile tehlikeli olacağını düşünerek problemi, rulet masasında kullanılan bahis sistemine benzer bir metotla çözdüler. Formül kullanmadan, tesadüfi sayılar ve deneme yanılma metodunu kullandıkları bu yöntem Monte Carlo Tekniğı adını verdiler. Aslında simülasyon kelimesi, genel kullanımda Monte Carlo Simülasyonu anlamına gelmektedir. (KÖKSAL 1976, s.171).

Simülasyon tekniğinin, inşaat sanayi ve maliyet yönetiminde pek çok uygulamaları vardır. Özellikle inşaat sektöründe, en büyük problem nakit akışını tahmin ve kontrol etmektir. Çünkü hem bina performansını etkileyen pek çok faktör (zemin koşulları, çevresel faktörler, tasarım vb.), hem de üretimin yapıldığı uzun bir zaman dilimi vardır. Bu süre içinde gerçekleşen fiyat oynamalarını, piyasa koşullarını, enflasyonu vb. önceden doğru olarak tahmin edebilmek güçtür.

Maliyet ve tasarım birbirine sıkışıkya bağılı iki olaydır. Tasarım aşamasında alınan her karar, maliyeti doğrudan etkiler. Bu aşamada elimizde yapılan tasarıma ait bir tahmin olursa, uygulama esnasında karşılaşılabilecek sürprizler de önlenmiş olur. Monte Carlo Simülasyonu yardımıyla daha tasarım aşamasında bir kontrol mekanizması kurulabilir. (BROWN 1992, s.1).

Monte Carlo simülasyonu bize olabilecek maliyetin istatistiksel dağılımı hakkında fikir verir. (FERRY 1986, s.277).

Bu yöntemde toplam maliyeti oluşturan, fonksiyonel bina elemanlarının dağılımlarını da elde edebiliriz. Diğer tahmin yöntemlerine göre çok daha yaratıcı bir yaklaşımdır.

Maliyet tahminindeki risk faktörü çok uzun zamandır bilinmektedir. Ancak bunu hesaba katan geleneksel modellerin sonuçlarında birtakım karışıklıklar çıkmaktadır. Bu yaklaşım her değişkenle ilgili en iyi maliyet tahminini yapmak için araştırmacının ihtiyaç duyduğu risk faktörünü de gözönünde bulunduran gerçekçi bir yol tahmin etmektedir. Kişi problemdeki değişken hakkındaki tüm yargılarını hesaba katabilir. Bu yargılar olasılık dağılımları formunda yapılır. Metod bu olasılıkları birleştirir ve sonucu hesaplar. Hesaplar, gözlenen çok sayıda projenin yardımıyla matematiksel olmayan bir yolla yapılır. İstatistiksel analiz, gerçek projenin küçük bir modelini oluşturan bu dağılımlardan yapılır.

Matematiksel tekniklerde simülasyon yapmak için muhtemel sonuçların sayısının fazla olması gerekir. Monte Carlo simülasyonu bu gibi sorunlara çözüm getiren en başarılı tekniktir. Basit, mantıklı ve birbirini tutan yargılar üstüne kurulmuştur. (BROWN 1992, s.1).

Maliyet tahmin yaklaşımları, olası bina maliyetini hesaplamak, bütçemizi kontrol altına alabilmek amacıyla kullanılır. Ana hedef, toplam proje maliyet için kümülatif dağılım fonksiyonunu oluşturmaktır. Bu fonksiyonun doğruluğu, sermaye hacmi konusunda alınan kararları etkileyecektir. Toplam proje maliyetlerinin kümülatif dağılım fonksiyonunu hesaplamak için genel uygulama Monte Carlo simülasyonunu kullanmaktır. Çünkü analitik yaklaşımların uygulanması zor olmaktadır. Bazen de mümkün olmamaktadır. Simülasyonda başlıca problem; toplam maliyeti oluşturan, alt bileşenler yardımıyla kümülatif dağılım fonksiyonunun tam ve doğru olarak oluşturulmasıdır. Kullanıcılar, simülasyon yaparken parametreler arasındaki istatistiksel ilişkileri belirtmek zorundadırlar. (TOURAN 1993, s.1).

Monte Carlo tekniğinde esas; bağımsız değişkenler arasında-
ik ilişkiyi gösteren bir model oluşturmaktır.

Monte Carlo simülasyonunun iki önemli özelliği vardır.

1. Belirsizliği de hesaba katıp olası bir tahminde bulunmak-
tadır. (Wilson 1982, Raftery 1985a, 1985b)

2. Bilgisayar sistemini geniş çapta kullanarak, iletişim ve
bilgi akımı bu sisteme dayandırılmıştır. (Brandon ve Newton 1986).

Bu model geçerli tekniklerin bir yansıması gibi görülebilir.
Esaslar diğer modellerin hedeflerine dayandırılmıştır. (Popper 1964)
ve son zamanlarda Kamarck (1983) hedefi stokastik düşünceye yönelt-
mektedirler.

Monte Carlo simülasyonu, stokastik simülasyonun bir formu-
dur. Stokastik kesin olarak tahmin edilemeyecek olan kontrollü fak-
törleri ilgilendiren bir tekniktir.

Monte Carlo Simülasyonunda üç önemli ihtiyaç vardır.

1. model oluşturulurken ana değişkenlerin bağımsız değiş-
ken olmasına dikkat edilmelidir. Değişkenlerin, birbirlerinin maliyeti
üzerinde etkileri olmamaları gereklidir.

Binanın mantıklı uygun, bağımsız alt sistemlere ayrılması
gereklidir.

2. Proje maliyeti ile ilgili enformasyonun güvenilir olması
gereklidir.

3. Her değişkenin olasılık dağılımının bilinmesi gereklidir.
Oluşturulan model için en uygun dağılım belirlenir ve uygulanır.
(ASHWORTH 1988, s.276).

Simülasyon tekniğinin pek çok alanda uygulandığını söyle-
miştik. Bu tekniğin uygulandığı ve dikkat çekmesini sağlayan başlıca
örnekler;

1. Proje yönetimi ile doğal risk ve belirsizlik sebebiyle ilişkili inşaat planında (construction planning)
2. Özellikle ihale teklifinde maliyet tahmininde (construction estimating)
3. Kullanım maliyetinde; bakım periyotları, kâr oranı, bina ömrü, malzeme vb. (life-cycle costing) (ASHWORTH 1988, s.277).

4.2.3.3. İNŞAAT YÖNETİMİNDE SİMÜLASYON YAKLAŞIMI ÖRNEKLERİ

Yurt dışında Monte Carlo simülasyonu yardımıyla geliştirilen bir çok maliyet tahmin modeli vardır. Bu modellerden bazıları;

Maliyet ve süre tahminine risk faktörünü de katan, The Construction Project Simulator (CPS), Bennet ve Ormerod (1984) tarafından simülasyon modeli üzerine kurulmuş bir programdır. CPS modelinin simülasyon işlemi için çubuk diyagramlara ve parametrelerin değişkenliğine ihtiyacı vardır .Bu model yardımıyla tasarımın büyük kısmı tamamlandığında doğruya yakın bir süre tahmininde bulunulabilir. Tasarımın ön safhalarında uygulanamayan bir modeldir. (NKADO 1991, s.35)

Ahuja ve Nandakumar (1984), proje yapımı sırasında kontrol ve yönetim için PRODUF adında bir simülasyon modeli tanımlamıştır. Model, ilk aktivite süre tahminlerini incelemeye, düzeltilen tamamlama zamanının tahmininde ve bunun meydana gelme olasılığını göstermede kullanılmaktadır. (NKADO 1991, s.36).

Gray (1983) tasarımın fizibilite aşamalarında kullanılmak üzere NPS simülasyon modelini oluşturmuştur. Bu modelde kullanıcı binanın genel parametrelerini belirlemek için sorular oluşturur ve proje için yapım programı hazırlar. (NKADO 1991, s.36).

Flanagan (1990) ön karar evresinde kullanılabilecek bir model tanımlamıştır. Bu model, elde edilen birim maliyet (döşeme alanına düşen fonksiyonel eleman birim maliyeti) yardımıyla, ön karar evresinde, kısa sürede maliyete ilişkin bir tahminde bulunmamıza yardımcı olur. Fonksiyonel bina elemanları düzeyinde yapılan bu çalışmada birbirinden bağımsız değişkenler kullanılmıştır. Touran'ında (1993) bu konuda yaptığı bir çalışma vardır. Bu çalışmada yaptığı kabuller Flanagan'ınkinden farklıdır. Analiz yapım işlemleri düzeyinde ele almış ve bağımlı değişkenleri kullanmıştır. Seçilen istatistiksel dağılım konusunda da Flanagan ve Touran arasında fark vardır. Flanagan, uygun dağılımı beta dağılımı olarak belirlerken, Touran'ın seçimi lognormal dağılım olmuştur. (FLANAGAN 1990, s.129) (TOURAN 1993, s.2).

4.3. MONTE CARLO SİMÜLASYONUyla MALİYET TAHMİNİ

Monte Carlo simülasyonunda izlenen adımlar şunlardır;

4.3.1. BİLGİ TOPLAMA

Analiz sonunda doğru ve güvenilir bir sonuca ulaşmak, bilgi toplama aşamasında elde edilen verilerin güvenilirliği ile mümkündür.

Monte Carlo simülasyonunun uygulanabilmesi için yeterli sayıda projeye ait maliyet verisine ihtiyaç vardır. Ancak, Türkiye'de inşaat sektöründe kullanılan hiyerarşik yapıdaki çeşitli bilgi sistemleri, ülke dışındaki gelişmeler gözönüne alındığında yetersiz kalmakta yalnızca belli verileri kullananlar arasında kurulmuş basit ağlardan oluşmaktadır. Dolayısıyla bu da çalışmaları sınırlamakta ve olumsuz yönde etkilemektedir.

Çeşitli ülkelerde, bu amaçla oluşturulmuş, inşaat sektörüne dönük enformasyon sistemleri vardır. İnşaat sektörü için geliştirilmiş ve maliyet bilgi sistemi olarak görev yapmakta olan bu veri bankalarına örnek olarak Fransa'daki UNTEC (Union Nationale Des

Techniciens De La Construction) ve İngiltere'deki BCIS (Building Cost Information Service) ile BMCIS (Building Maintenance Cost Information Service) verilebilir. (GİRİTLİ 1992, s.14).

Bilgi toplama aşamasında yeterli sayıda proje bulunduktan sonra, modeli oluşturmak için değişkenlerin belirlenmesi gerekir. Değişkenler, genelde maliyeti oluşturan alt elemanlardır. Bu elemanlar araştırmanın yapılacağı analiz düzeyine (fonksiyonel eleman, yapım işlemi düzeyi vb.) göre tanımlanırlar.

4.3.2. OLASILIK DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Monte Carlo simülasyonunda özellikle dağılım konusunda akıllıca bir seçim yapmak gerekir. Bunun için bir takım teknikler kullanılmaktadır. Histogramı çizmek, sıklıkla dağılımın temel biçimi hakkında fikir verir.

Dağılımı oluşturmak için gerekli yeterli veriyi bulmanın zor olduğunu belirtmiştik. Bununla beraber bu çeşit tahminler için daha önemli dağılımların yapılması yeterli olabilir.

Dağılım işlemlerini üç basit adımda tanımlayabiliriz;

1. Girdi olarak kullanmak için uygun bir dağılım tanımlamak,
2. Seçilen dağılımın parametrelerini çözmek
3. Modelin faydasını test etmek. (ABOURIZK 1990, s.578).

Dağılımları oluştururken yapılan bir takım hatalar, değişik dağılımların ortaya çıkmasına neden olur. Bu hatalar en çok sınıf aralıkları belirlenirken yapılır. Bu yüzden birtakım kurallara uymak gereklidir. Bu yaklaşımlardan bir tanesi Sturges'e aittir (Sturges, 1926). Bu kural şöyle işler.

Olasılık dağılımını yapmak için n sayıda gözlem (X_i) alınır, sonra ünite sayısı ve genişliği (sınıf aralığı) hesaplanır.

$$\text{Ünite sayısı} = 1 + 3,3 \log (n) \quad (4.1)$$

$$\text{Sınıf Aralığı} = \frac{x_{\max} + x_{\min}}{\text{Ünite sayısı}} \quad (4.2)$$

n = Örnek büyüklüğü

$X_{\max}$ = En yüksek gözlem

$X_{\min}$ = En düşük gözlem

Bu prensip genellikle verinin genel düzenini verir. Dağılımları seçmede en iyi yol, dağılım sınıfı tanımlamaktır. Bunun için gerekli prensipler Wilson tarafından özetlenmiştir. (ABOURIZK 1990, s.578)

- Bu sınıf esnek olmalıdır. Yani dağılımdaki biçim değişikliklerine kabiliyetli olmalıdır.
- Dağılım eldeki verilerden kolaylıkla tanımlanabilir olmalıdır. Örneğin; normal dağılım ortalama ve standart sapma ile tamamen tanımlanır.
- Parametreler verilerden kolaylıkla hesaplanabilmeli ve anlamlı olmalıdır.
- Dağılım kolaylıkla adapte olabilmelidir.

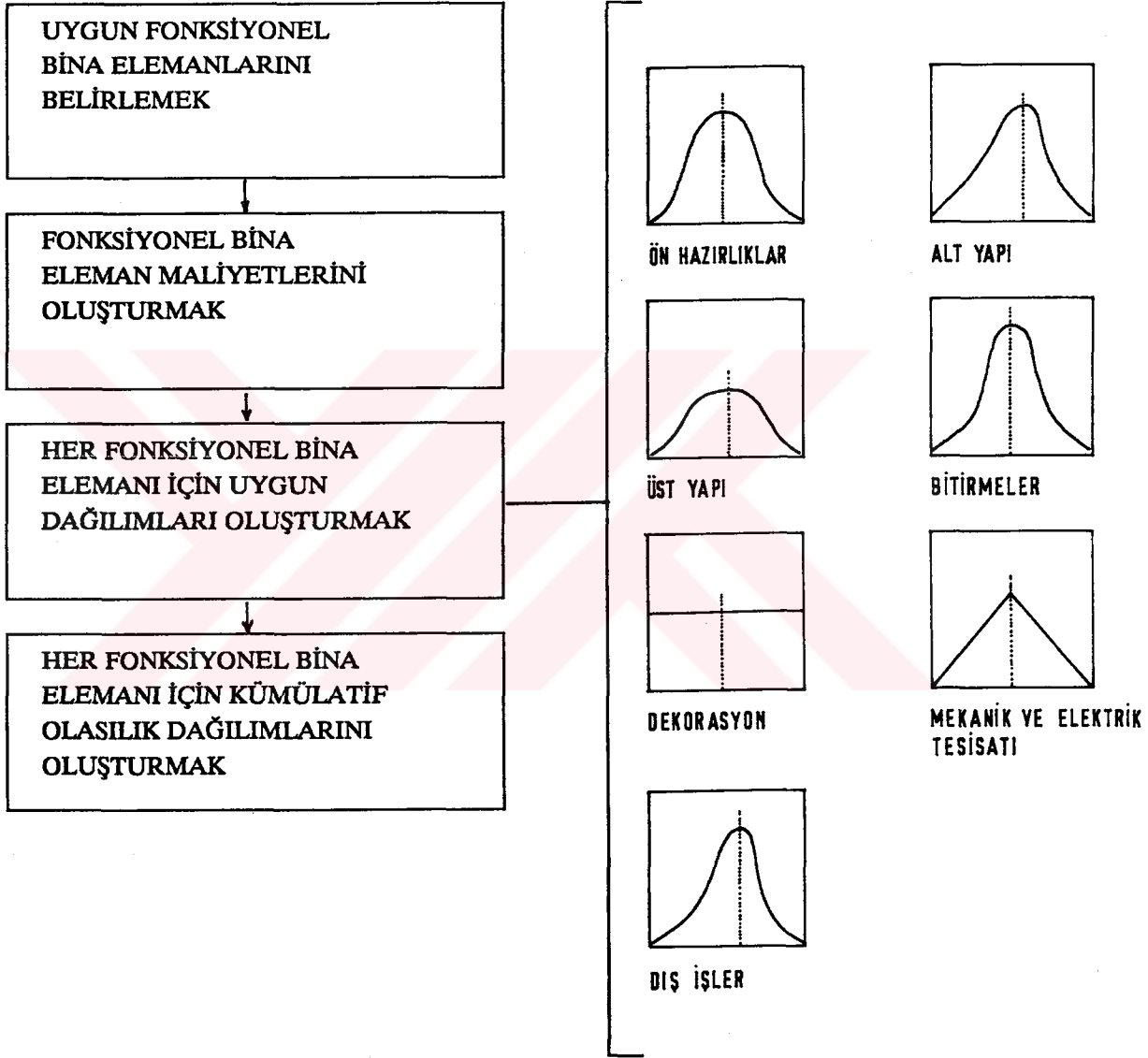
Genellikle dağılım parametrelerinin tahmini yapıldıktan sonra istatistiksel yollarla, dağılımın normallik testleri test edilir. Bu testler chi-square ve Kolmogorov-Smirnov testleridir.

Seçilen dağılımın alt ve üst sınırlarının tanımlanabilir olmasına dikkat edilmelidir.

Dağılımları elde ettikten sonra, işleme devam edebilmemiz için her değişkene ait kümülatif olasılık dağılımının da çizilmesi gerekmektedir (Şekil 4.1).

Rasgele değişkenin, kesikli ve sürekli olmasına göre olasılık dağılımları iki ana gruba ayrılırlar.

1. Kesikli olasılık dağılımları
2. Sürekli olasılık dağılımları. (URAL 1979, s.122)



Şekil 4.1. Bilgi Toplama ve Dağılımları Oluşturma

Burda kesikli olasılık dağılımlarına poisson ve binomial dağılımı, sürekli olasılık dağılımlarına normal ve beta dağılımlarını örnek olarak gösterebiliriz.

4.3.2.1. KESİKLİ DAĞILIM

- Binomial Dağılım

Binomial dağılım tekrarlı deneme adı verilen olaylara uygulanır. Örneğin; bir madeni paranın 12 kez atılışı sonunda 5 tura ve 7 yazı gelmesi, 10 kişiye gönderilen anket formlarına 3 kişinin cevap vermesi, belirli bir günde doğan 15 çocuktan 6'sının erkek, 9'unun kız olması vb. olaylardaki olasılıklar binomial dağılım formülü ile hesaplanır. Dikkat edilirse verilen örneklerde belirli sayıda deneme sonunda meydana gelecek belirli olay sayısının olasılığı sözkonusudur. Böyle bir denemeler dizisi sonunda olasılığı bulunmak istenen olaylara kazanç (success), diğerlerine kayp (failure) denir.

Binomial dağılımı karakterize eden iki temel varsayım mevcuttur.

- 1- Kazanç olayının olasılığı her denemede aynıdır.
2. Denemeler bağımsızdır.

Bu iki varsayımın gerçekleşmediği durumlarda binomial dağılım formülünün uygulanması mümkün değildir.

Denemeler bağımsız, her denemedeki kazanç olasılığı θ ve kayıp olasılığı $(1-\theta)$ ise, n deneme sonunda belirli bir sıra dahilinde x adet kazanç ve $(n-x)$ adet kayıp meydana gelme olasılığı

$$\theta^x \cdot (1-\theta)^{n-x} \quad (4.3)$$

Bağımsız n denemede, olasılıkları eşit ve θ olan x adet kazanç meydana gelme olasılığını veren aşağıdaki bağıntıya binomial dağılım formülü denir.

$$n=0,1,2,\dots,n \text{ için } b(x;n;\theta) = \binom{n}{x} \theta^x (1-\theta)^{n-x} \quad (4.4)$$

Formülde $f(x)$ veya $b(x)$ yerine $b(x; n; \theta)$ notasyonunun kullanılması, dağılımın n ve θ gibi iki parametreye bağlı bulunduğunu belirtme amacını taşımaktadır. (KOBU 1987, s.110-111-112).

- Poisson Dağılımı

X değişkeninin belli bir zaman aralığı içinde veya belli bir yerde çok az tekrarlanan olayları göstermesi halinde yapılan dağılım, poisson dağılımı adıyla bilinir. (URAL 1979, s.126).

Binomial dağılımın özel bir şeklidir, $n \rightarrow \infty$ ve $\theta \rightarrow 0$ ve $n\theta$ sabit kaldığı zaman meydana gelir. Poisson dağılımını pratik yoldan tanımlamak gerekirse, θ sıfıra yakın ve n çok büyük değerler aldığı anda binomial dağılımın yaklaşık değerlerini veren bir dağılım tipidir denilebilir. (KOBU 1987, s.115).

Poisson olaylarının şu ortak özelliklere sahip olduğu söylenebilir

1. Gerçekleşen ortalama olay sayısı x bellidir.
2. İncelenen olayın gerçekleşme ihtimali $p < 0,05$ eşitsizliğine uyar.
3. Gözlem veya deney sayısı $n \rightarrow \infty$ 'dir.
4. Çok küçük bir zaman aralığında veya küçük bir yerde gerçekleşen iki veya daha fazla sayıda olayın ihtimali, tek olayın meydana gelme ihtimaliyle karşılaştırıldığında önemsiz kalır, yani ihmal edilebilir. (URAL 1979, s.126).

Poisson dağılımı;

$$x = 0, 1, 2, \dots \text{ için; } f(x; \lambda) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!} \quad (4.5)$$

şeklinde formüle edilebilir. Bu formüle Fransız matematikçisi S.Poisson'un adına izafeten poisson Dağılımı denir.

4.3.2.2. SÜREKLİ DAĞILIM

- Beta Dağılımı

Beta dağılımı, dağılımın gösterdiği gerçek verilerden kolaylıkla elde edilebilen parametrelerle (p,q,a ve b) tamamen belirlenmiştir.

Dağılımın formülü şöyledir;

$$P(x) = \frac{1}{B(p,q)} \cdot \frac{(x-a)^{p-1} (b-x)^{q-1}}{(b-a)^{p+q-1}} \quad (a \leq x \leq b); p,q > 0 \quad (4.6)$$

F(x) = Frekans sıklık fonksiyonu

a = min fiyat

b = max. fiyat

p,q = dağılımın parametreleri

B(p,q) = Beta fonksiyonu

p ve q değerlerini veren eşitlikler de şunlardır.

$$p = \left(\frac{\mu_1 - a}{b - a} \right)^2 \left(1 - \frac{\mu_1 - a}{b - a} \right) \left(\frac{\mu_2}{(b - a)^2} \right)^{-1} - \left(\frac{\mu_1 - a}{b - a} \right) \quad (4.7)$$

$$q = \left(\frac{\mu_1 - a}{b - a} \right) \left(1 - \frac{\mu_1 - a}{b - a} \right)^2 \left(\frac{\mu_2}{(b - a)^2} \right)^{-1} - \left(1 - \frac{\mu_1 - a}{b - a} \right) \quad (4.8)$$

μ_1 = Ortalama

μ_2 = varyans (FLANAGAN, 1990, s.131,132).

- Normal Dağılım

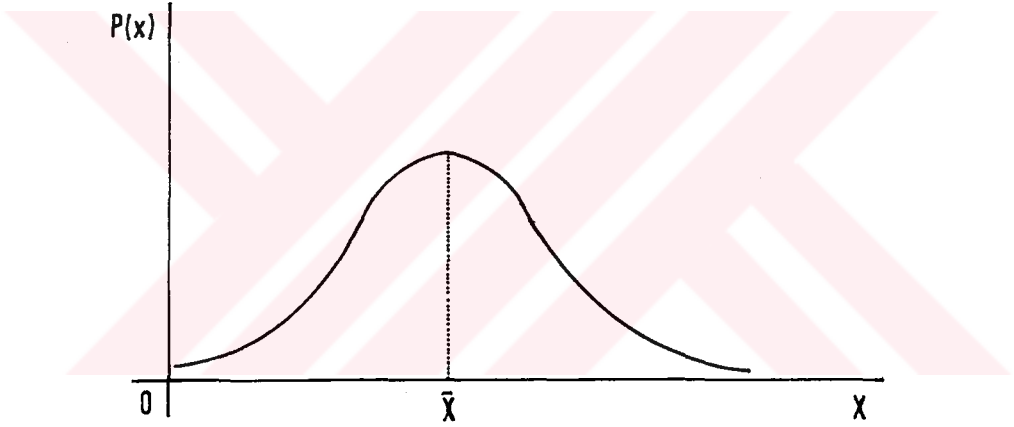
Normal dağılımın ortaya çıkarılışını, modern istatistiğin başlangıcı sayacak kadar önemli bulanlar vardır. Normal dağılımın varlığı 18 yy.da, bilimsel araştırmalardaki ölçme hatalarının değişiminde şaşırtıcı bir benzerliğin gözlenmesi ile ortaya çıkmıştır. Ölçme hatalarındaki değişimin hemen hemen daima çan şeklinde sürekli bir eğriye

uyduğu tespit edilince buna hataların normal eğrisi denildi. Bu eğri-
nin matematiksel özellikleri daha sonraları P.Laplace (1749-1827) ve
C.Gauss (1777-1855) tarafından incelenmiştir.

Normal dağılım fonksiyonunu en genel şekilde

$$-\infty < x < \infty \text{ için, } f(x) = k \cdot e^{-\frac{1}{2}[(x-\alpha)/\beta]^2} \quad (4.9)$$

ifadesi ile tanımlanır ve grafiği şekil 4.2.'deki gibi çizilir.
(KOBU 1987, s.130).



Şekil 4.2. Normal Dağılım

Normal eğri şekilden de anlaşılacağı gibi () aralığında
değişir ve değerine göre simetriktir.

Formüldeki α , K ve β sabit değerlerdir.

$$\alpha = \mu_2 = \mu ; k = \frac{1}{\beta\sqrt{2\pi}} ; \beta = \sigma \quad (4.10)$$

μ = normal dağılımın ortalaması

σ = normal dağılımın standart sapması

Buna göre ortalaması μ ve standart sapması σ olan bir normal eğri,

$$N(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right]^2} \quad (4.11)$$

denklemleri ile belirlenebilir. (KOBU 1987, s.131).

Normal dağılımda, gözlemler ortalama etrafında toplanır. Ortalama, eğrinin max. noktasına karşılık gelir ve aynı zamanda gözlem değerlerinin mod'unu oluşturur. Ortalama aynı zamanda medyanda gösterir. (URAL 1979, s.129).

4.3.3. RASGELE SAYILARIN ÜRETİLMESİ

Simülasyon modelinde herhangi bir dağılımdan örnekleme rasgele sayıların kullanımına dayanır. İstatistikî şartları sağlamak için, her rasgele sayının olası bir şansa sahip olması, önceki değerlerden bağımsız olarak meydana gelmesi ve aralarında korelasyon olmaması gerekir. (ASHWORTH 1988, s.279).

Rasgele sayılar;

1. El işlemleri ile

2. Tablolarla

3. Bilgisayar yöntemleri ile elde edilebilir. (HALAÇ 1978, s.465)

El işleri yöntemi yorucu olması nedeni ile pratik değildir. Rulet, kağıtların karılması, çanaktaki boncuk veya toplar ,para atışı, zar atışı, kullanılan araçlar olacaktır.

Rasgele sayılar tabloları ile literatürde bulunabilir. Bunlar, bazı rasgele fiziksel süreçler ile (elektrik akımı gibi) üretilir ve gerçekten rasgele sayılar olduğu düşünülürler (Bkz. Ek 8).

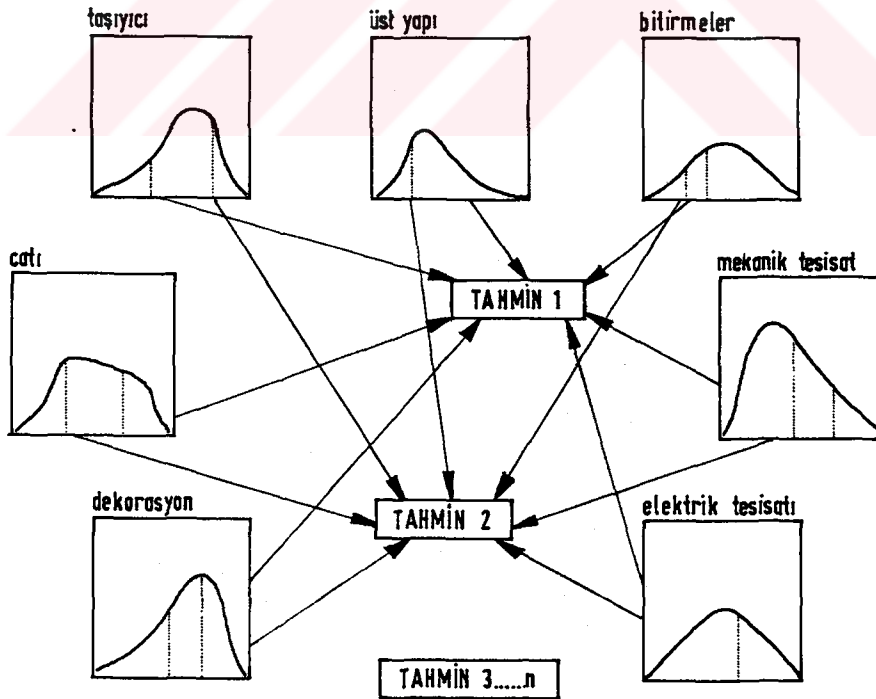
Rasgele sayıları elde etmek için çok genel süreç, sözde rasgele sayılar üretmektir. Bu işlem genellikle bir bilgisayar programı

yardımla olur. Sözde rasgele sayılar dizisi tamamen matematiksel süreçlerle elde edildiğinden, gerçekte tam rasgele değillerdir. Bu yolla üretilen sayılar, rasgele olmaları için belli istatistiki testlerden geçtiklerinden rasgele olarak işlemlerde kullanılmaktadırlar. (HALAÇ 1978, s.465).

Rasgele sayıların seçilmesinden sonra, kümülatif olasılık dağılımlarından yararlanarak her değişken için maliyet tahminleri elde edilir. Bunlar toplanarak toplam maliyete ilişkin bir tahmin oluşturulur.

4.3.4. SİMÜLASYON İŞLEMİ

4.3.3. başlıklı bölümde yapılan işlemler N kez tekrar edilerek ($N = 50 \ 100 \ 200 \ 300 \dots$), N adet maliyet tahmini elde edilmektedir. N sayısının fazla tutulması daha düzgün histogram ve kümülatif olasılık dağılımı çizilmesini sağlar (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Simülasyon İşlemi

4.3.5. ÇIKTILARIN YORUMLANMASI

Bir önceki adımda elde edilen N tane tahmine ait histogram ve kümülatif olasılık dağılımı çizilir. Monte Carlo Simülasyonunun çıktıları genellikle bu şekildedir. Bu diyagramlar üzerinden maliyetin yüzde kaç ihtimalle ne kadar olabileceğini ve riskin derecesini okumak mümkündür.



BÖLÜM 5 : KONUT PROJELERİNDE SİMÜLASYON YAKLAŞIMI İLE MALİYET TAHMİNİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA

5.1. ARAŞTIRMANIN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

Giriş bölümünde de belirtildiği gibi, bu çalışmada temel amaç, fizibilite ve ön karar evrelerinde, Monte Carlo Simülasyonu'nu kullanarak, maliyetin nasıl hesaplanabileceğini göstermektir.

Belirlenen yaklaşım çerçevesinde izlenen adımlar şunlardır;

5.2. ÖRNEKLEM SEÇİMİ

Analiz sonunda doğruluğu yüksek bir sonuç elde edebilmek için örnek projelerin seçiminde birtakım noktalara dikkat edilmiştir. Seçimde etken olan kriterler şunlardır;

- Bina tipi olarak, konut belirlenmiştir. Çünkü uygulama sayısı, diğerlerine göre fazladır ve yeterli sayıda proje bulma olanağı daha yüksektir. Ayrıca örneklemi maliyetlendirmede yararlanacağımız MBB (Bkz. 5.2.2) sistemindeki alternatifler de konutlar için oluşturulmuş olduğundan seçim bu yönde olmuştur.
- Örnek proje sayısı, 30 olarak alınmıştır. İstatistiki yöntemlerde, en uygun normaliteyi veren gözlem sayısı 25-30 olarak gösterildiğinden, 30 sayısı uygun bulunmuştur.

- Projelerde kat sayısına dikkat edilmiş, her tipten belli sayıda örnek seçilmiştir. Ancak uygulama yoğunluğunun 5-6 katlı binalar üzerinde olduğu düşünülerek, bunların sayısı daha fazla tutulmuştur.
- Örnek projeler ayrık nizam binalardan seçilmiştir.
- Bina fonksiyonunun sadece konut olmasına dikkat edilmiş, zemin katları dükkân işlevi gören örnekler alınmamıştır.
- Bölge olarak İstanbul kabul edilmiş, İstanbul dışından örnek alınmamıştır.

5.2.1. ANALİZ DÜZEYİ

Fonksiyonel bina elemanları ile maliyetin belirlenmesi esas alınmış ve bu nedenle fonksiyonel elemanlara dayalı maliyet analizleri kullanılmıştır.

Ancak, ele alınan örnek projelerde, bina maliyeti binanın yapım işlemlerine yönelik olarak düzenlenmiş olduğundan, çalışmanın birinci evresinde eldeki verilerden yararlanarak, fonksiyonel bina elemanları düzeyinde maliyet verileri oluşturulmaya çalışılmıştır (Bkz. Ek 1)

5.2.2. ÖRNEK PROJELERE İLİŞKİN MALİYET VERİLERİNİN DÜZENLENMESİ

Örneklerin maliyetlendirilmesinde, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi'nde, D.P.T. destekli olarak devam eden "Bina Maliyeti Bilgi Sistemi" araştırma projesi kapsamında oluşturulan bir bilgisayar programı (MBB) kullanılmıştır.

Bu programın amacı ve işleyişi kısaca şöyledir;

MBB Programı:

Ön karar evresinde bina maliyetinin ne olabileceğine ilişkin elde bir tahmin bulunması, hem mal sahibinin, hem mimarın işini oldukça rahatlatır. Çünkü burada geriye dönüş daha kolaydır. Maliyetin artmasına sebep olan etkenlerin belirlenip düzeltilmesi daha kısa zaman alır. Problem, ön karar evresinde en doğru maliyete, en kısa zamanda nasıl ulaşılabileceğidir. Kullanılan yöntemin hem süratli olması, kişiyi çok fazla ölçüm ve hesap yapmadan sonuca ulaştırması, hem de tasarımcının niteliksel açıdan farklı maliyetlere ulaşabileceği alternatiflerin olması gereklidir. MBB, bunlar düşünülerek oluşturulmuştur. Burada esas olan mal sahibine son maliyeti verebilmek değil, sadece avan proje aşamasındaki projenin, mümkün olduğunca detaylı bir maliyetinin elde edilebileceği bir zemin oluşturmaktır. (BMBS 1992, s.3).

MBB maliyet tahmin modelinde, bina fonksiyonel elemanlara ayrılmıştır. Bunlar;

FONKSİYONEL

<u>BİNA ELEMANININ ADI</u>	<u>KODU</u>
1. Alt Kabuk	11
2. Dış Bölücü	21
3. İç Bölücü	31
4. Yatay Bölücü	32
5. Çatı	22
6. Merdiven	33
7. Pencere	23
8. Dış Kapı	24
9. İç Kapı	34
10. Taşıyıcı iskelet	41

Her fonksiyonel bina elemanı için yapım işlemleri baz alınarak alternatifler hazırlanmıştır. Programda her alternatife analizi, birim fiyatları, birim miktarları bulunmaktadır. Tasarımcı yapım işlemlerini önüne gelen seçeneklerden belirleyip, bilgisayar yardımıyla her biri için bir maliyet elde etmektedir.

Programın oluşturulmasında Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Birim Fiyat Analizleri baz alınmıştır.

5.2.2.1. YAPILAN KABULLER

Örneklerin maliyetlendirilmesi MBB yardımıyla yapıldığından programın kabulleri geçerli sayılmıştır. Bunlar;

- 1993 yılı Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri esas alınmıştır.
- Niteliksel tasarım değişkenleri bu araştırmada ele alınmadığından tüm örnekler için aynı malzeme alternatifleri seçilmiştir.
- Malzemeler, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Birim Fiyat Analizlerinde yer alan kalitesi yüksek seçeneklerden alınmıştır. (Tablo 5.1)
- Maliyet verileri düzenlenirken, fonksiyonel bina elemanlarının birim maliyetleri baz alınmıştır. (Tablo 5.1)
- Simülasyon işlemi, fonksiyonel bina elemanlarının 1 m² döşeme alanına düşen maliyeti esas alınarak yapılacağından, her proje için elde edilen fonksiyonel bina elemanlarına ait maliyetler, inşaat alanına bölünmek suretiyle 1 m² döşeme alanına düşen birim maliyetleri bulunmuştur (Bkz. Ek 1).

Tablo 5.1. Seçilen Malzemeler

Eleman	MBB Kodu	Malzeme Özellikleri	Kullanıldığı Yer	1993 Eleman Birim Maliyet	Birimi
ALT KABUK	11.ABCDEI	Blokajlı, Grobetonlu, su yalıtımlı, ısı yalıtımlı karo mozaik kaplamalı, münferit temelli	Zemin	322.769	TL/m ²
DIŞ BÖLÜCÜ	21 ADFHKM M	Blok fabrika tuğla gövdeli, ısı ve su yalıtımlı Akriolik esaslı kalın cephe kaplı plastik duvar boyalı, çimento ve kireç harçlı düz sıvalı	Dış mekan-dan odaları ayıran duvar-larda	262.540	TL/m ²
	21 ADEFJK	Blok fabrika tuğla gövdeli, ısı ve su yalıtımlı Akriolik esaslı kalın cephe kaplamalı, Fayans kaplamalı, çimento düz sıvalı.	Dış mekan ile ıslak mekan-ları ayıran duvarlarda	355.624	TL/m ²
İÇ BÖLÜCÜ	31 GDADG	Yatay delikli tuğla ile normal modüler, kaba ve ince iç sıvalı plastik duvar boyalı	Odaları bir-birlerinden ve hollerden ayıran duvar-larda	89.558	TL/m ²
	31.EADG	Yatay delikli tuğla ile normal modüler, kaba ve ince iç sıvalı, her renkte karo fayans kaplamalı, plastik duvar boyalı.	Odaları ve holleri ıslak mekanlardan duvarlarda	184.665	TL/m ²
	31.EAE	Yatay delikli tuğla ile normal modüler, her renkte karo fayans ile duvar kaplama	İki ıslak me-kanı birbirin-den ayıran duvarlarda	279.773	TL/m ²
YATAY BÖLÜCÜ	32.ACİMN	B.A.plak döşemeli, ses yalıtımlı, parkeli, sıvalı, badanalı	Yatak odaları ve salonlarda	478.482	TL/m ²
	32 ACHMN	B.A. plak döşemeli, ses yalıtımlı, mermerli, sıvalı, badanalı	Antre, hol, koridor ve balkon, mer-diven holün.	526.937	TL/m ²
	32.AFCMN	B.A. plak döşemeli, ses yalıtımlı, seramik kaplamalı, sıvalı, badanalı	Banyo, WC, mutfakta	408.730	TL/m ²
ÇATI	22.AFHJ	Örtü altı tahta kaplı oturtma çatı,polistren köpük ile ısı yalıtımı, 3 kat bitümlü karton ve cam tüllü (s.yal) marsilya kiremit ile örtü		358.979	TL/m ²
MERDİVEN	33.AH	BA mermer kaplı merdiven		610.680	TL/m ²
PENCERE	23.AGBDJK	Yağlı boyalı, tek yüzeyli, normal camlı, kasa ve pervazlı, çıralı çam,li, düşey, yatay kenara açılan veya sabit.		296.406	TL/m ²
DIŞ KAPI	24.HACEI	Yağlı boyalı, masif çift kat tablalı, kanatlı, çıralı çamdan kasa ve pervazlı, sert ağaçtan kanatlı kilitli.		1.181.168	TL/adet
İÇ KAPI	34.CDFGH	Sert ağaçtan pervazlı masif kasa, 1.kalite, beyaz çam, camlı kapı kanatlı, yağlı boyalı		533.207	TL/adet

- MBB sisteminde, taşıyıcı sistem için 1 m² döşeme alanına düşen birim maliyet esas alınmıştır. Yapılan simülasyon işleminde, her yapım elemanı için 1 m² döşeme alanına düşen birim maliyet kullanıldığından, gözlemlenen 30 proje için taşıyıcı sistem birim maliyeti aynı çıkmaktadır. Bu sebepten, taşıyıcı sistem işlemden çıkarılmıştır. Analiz sonunda elde edilen maliyete, taşıyıcı sisteminde eklenmesi gerekmektedir.
- Tesisat vb. kalemler hesaba katılmamıştır.
- Temel için 4.00x4.00 m. akslarda, 150x150x60 cm. sömelli, 30x30x30 cm. bağ kirişli, 40x40x60 cm. kolonlu temel kabulü yapılarak bir alternatif oluşturulmuştur.
- MBB programında kabul edilen fonksiyonel bina elemanları, taşıyıcı sistem dışında aynen alınmıştır.
 1. Alt Kabuk
 2. Dış Bölücü
 3. İç Bölücü
 4. Yatay Bölücü
 5. Çatı
 6. Merdiven
 7. Pencere
 8. Dış Kapı
 9. İç Kapı

5.3. SİMÜLASYONUN UYGULANMASI

Simülasyon modelinin çözümünü dar kapsamda elle veya geniş kapsamda bilgisayarla yapmak mümkündür. Bu çalışmada çözüm elle gerçekleştirilmiştir.

Sadece dağılımlar, SPSS programı yardımıyla elde edilmiştir.

5.3.1. DAĞILIMLARIN OLUŞTURULMASI

Fonksiyonel bina elemanı düzeyinde maliyet verileri elde edilerek bu bilgilerin gelecek içinde kullanılacağı varsayımı yapılmaktadır. Bu amaçla fonksiyonel bina elemanı düzeyinde elde edilen maliyet verileri kullanılarak, her bir fonksiyonel bina elemanı için olasılık dağılımı oluşturulmuştur (Şekil 5.1).

İstatistikte en uygun normaliteyi veren gözlem sayısı 25 ile 30 arasında tanımlanmaktadır ve bu durumda dağılımın uygunluğunun test edilmesine gerek yoktur. Bu sebepten 1 m² döşeme alanı için fonksiyonel bina elemanı maliyetini tanımlamakta normal dağılımın kullanılması uygun bulunmuş, verilerin normal dağıldığı varsayılmıştır. Ayrıca, normal dağılımın uygunluğu Kolmogorov-Simirnov Testi yardımıyla test edilerek, çoğunluk için uygun olduğu görülmüştür. (Bkz. Ek 3)

Dağılımlar elde edildikten sonra, her bir fonksiyonel bina eleman için kümülatif olasılık dağılımları çizilmiştir. (Bkz. Ek 4)

5.3.2. RASGELE SAYILARIN OLUŞTURULMASI

Her fonksiyonel bina eleman için, kümülatif dağılım fonksiyonu belirlendikten sonra, elde edilen her kümülatif dağılım için rasgele sayılar seçilmiştir.

Rasgele sayılar; (1) el işlemleri ile; (2) tablolarla ve (3) bilgisayar yöntemleri ile elde edilebilir. Bu çalışmada, rasgele sayılar tablolardan seçim yapılmak suretiyle oluşturulmuştur. (Bkz. Ek 8)

Seçilen rasgele sayılar yardımıyla, her fonksiyonel bina elemanı için maliyet tahminleri elde edilmiş, bunların toplanması suretiyle de toplam maliyete (m² başına birim maliyet) ilişkin bir tahmin oluşturulmuştur.

MALİYETİ OLUŞTURAN
UYGUN FONKSİYONEL
BİNA ELEMANLARINI
BELİRLEMEK



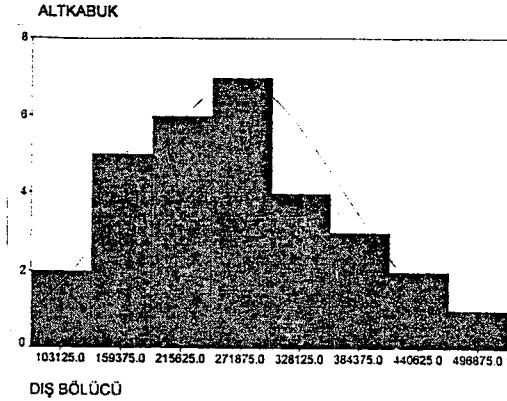
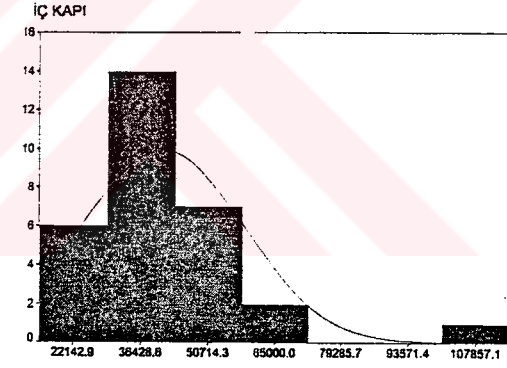
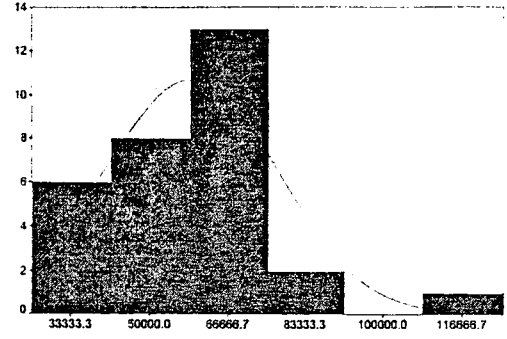
FONKSİYONEL
BİNA ELEMAN
MALİYETLERİNİ
OLUŞTURMAK



HER FONKSİYONEL
BİNA ELEMANI İÇİN
NORMAL DAĞILIMLARI
OLUŞTURMAK



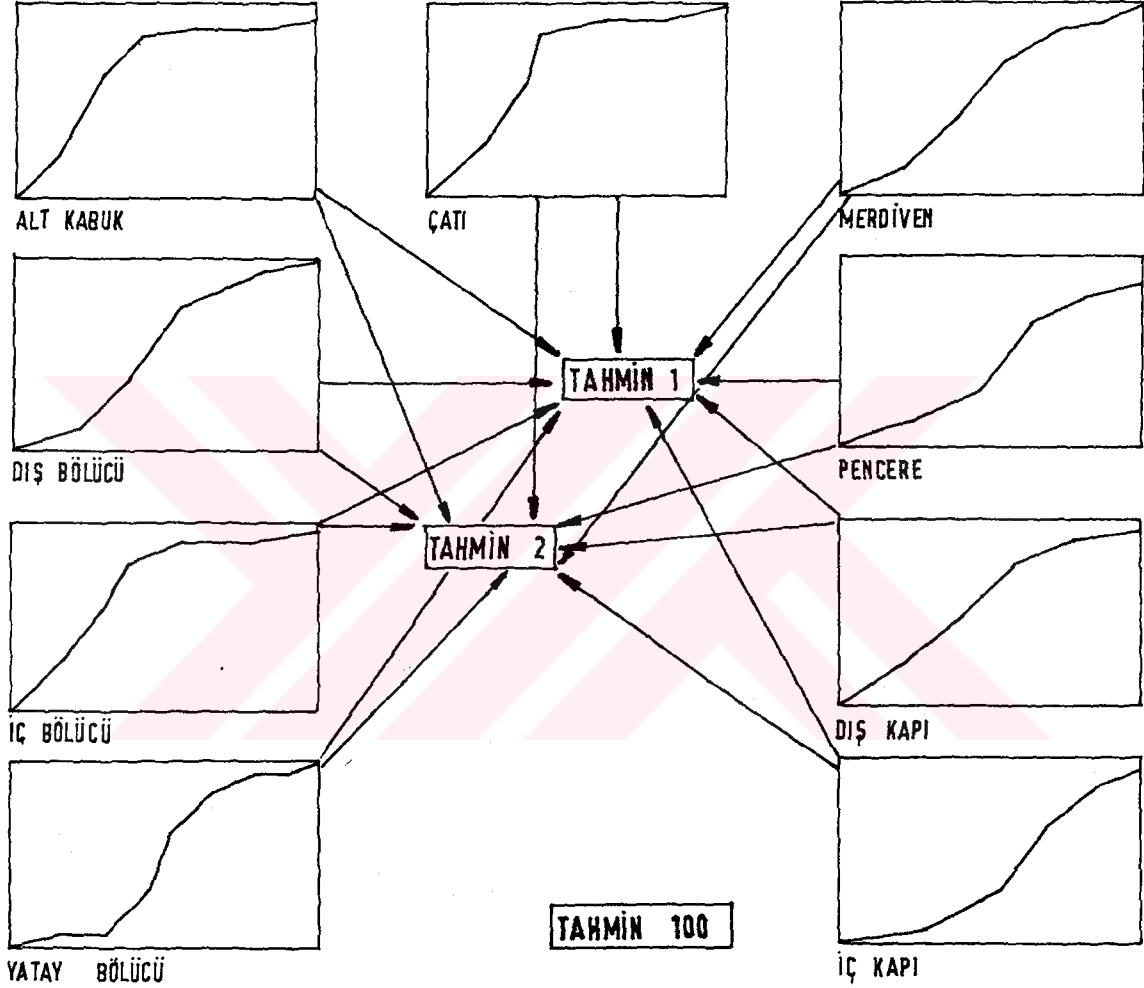
HER FONKSİYONEL
BİNA ELEMANI İÇİN
KÜMÜLATİF OLASILIK
DAĞILIMLARINI
OLUŞTURMAK



Şekil 5.1. Bilgi Toplama ve Dağılımları Oluşturma

5.3.3. SİMÜLASYON İŞLEMİ

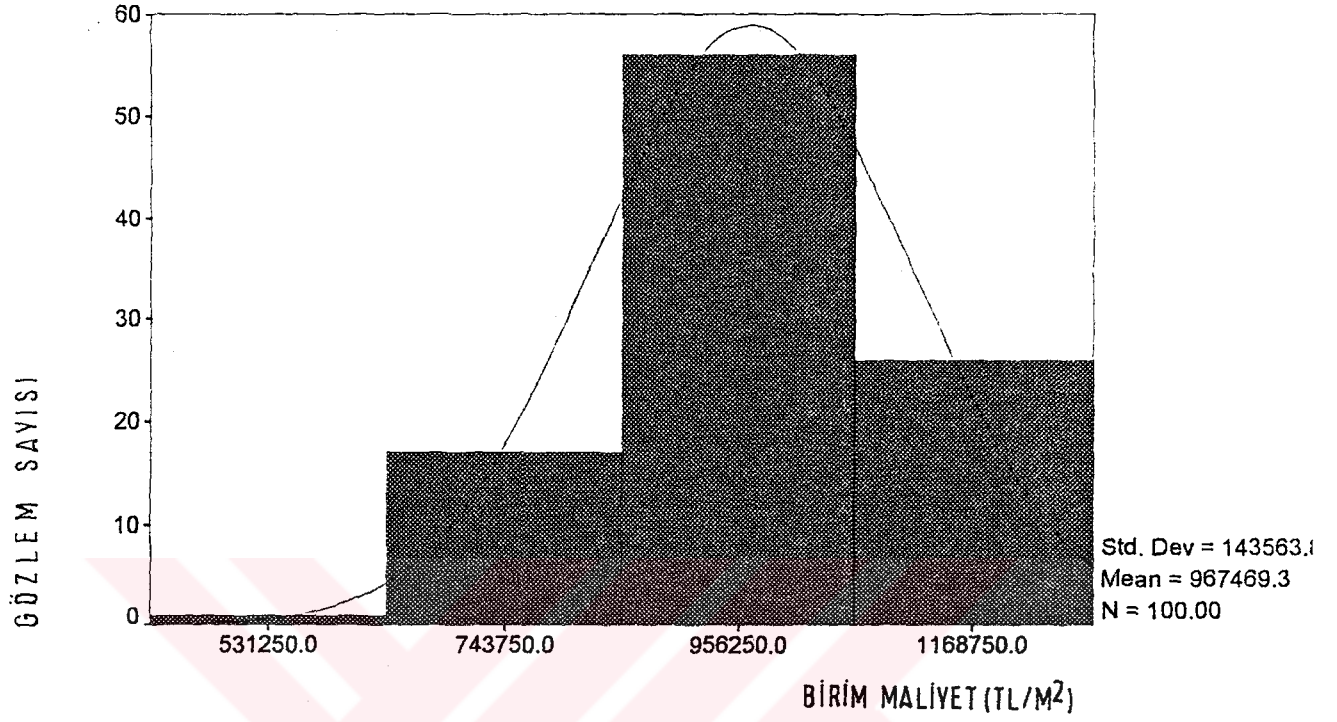
Bir önceki adımda yapılan işlemler $N=100$ kez tekrar edilerek, 100 adet birim maliyet tahmini elde edilmiştir. (Bkz. Ek 5 ve Ek 6) (Şekil 5.2.)



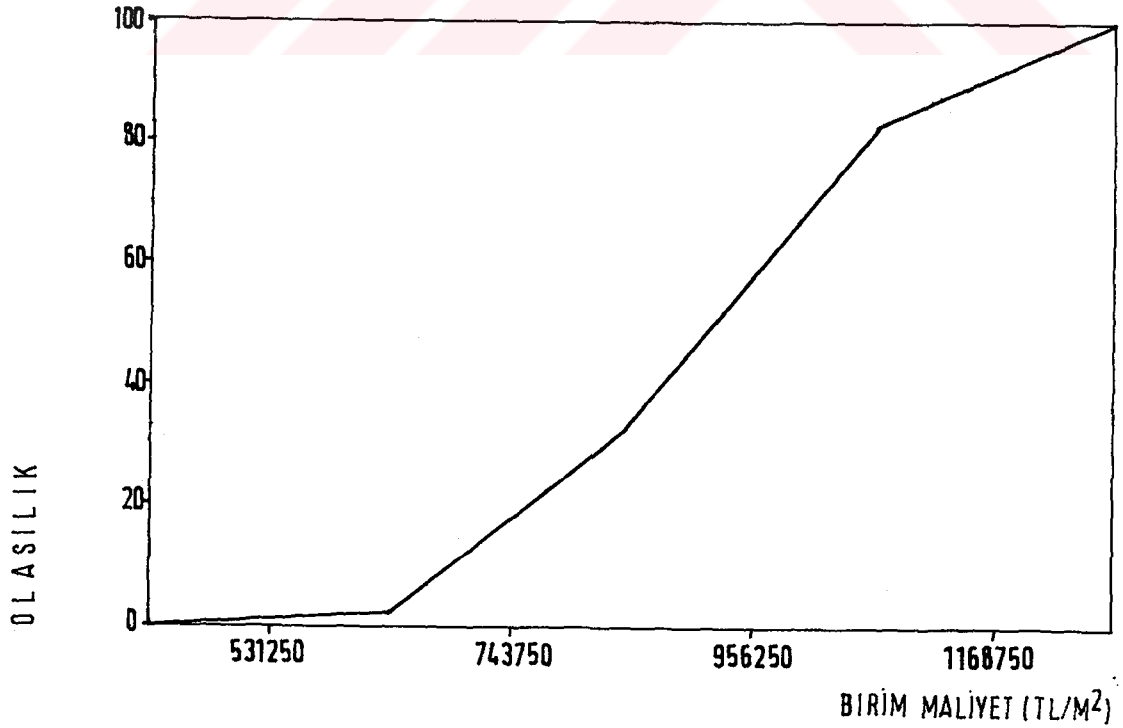
Şekil 5.2. 100 Adet Tahminin Oluşturulması

5.3.4. HİSTOGRAM VE KÜMÜLATİF OLASILIK DAĞILIMLARI- NIN ÇİZİLMESİ

100 adet tahmine ait histogram ve kümülatif olasılık dağılımı çizilmiştir (Şekil 5.3 - 5.4).



Şekil 5.3. Histogram



Şekil 5.4. Kümülatif Olasılık Dağılımı

5.4. SİMÜLASYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen histogram, konut binaları için birim maliyet (1 m² döşeme alanına düşen maliyet) dağılımını göstermektedir. Bu dağılıma göre en muhtemel birim maliyet (% 55 olasılık) 850000 TL - 1062500 TL aralığında çıkmıştır. Aynı dağılıma göre en az olasılıklı (% 1) birim maliyet aralığı ise 425000 TL - 637500 TL'dir. Bunlara taşıyıcı sistem dahil değildir. Toplam maliyet birim maliyetin brüt inşaat alanı ile çarpılması sonucu elde edilecektir.

Histogramdan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir (Simülasyon sayısı = 100) (Tablo 5.2)

BİRİM MALİYET	GERÇEKLEŞME OLASILIĞI
425.000TL - 637.500TL	% 1 (1/100)
637.500TL - 850.000TL	% 18 (18/100)
850.000TL - 1.062.500TL	% 55 (55/100)
1.062.500TL - 1.275.000TL	% 26 (26/100)

Tablo 5.2. Simülasyon Sonuçları

Kümülatif olasılık dağılımı da, tahmini birim maliyetin yüzde kaç ihtimalle gerçekleşeceğini göstermektedir. Ancak yorumu histogramınkinden farklıdır. Kümülatif olasılık dağılımından elde edilen sonuçlar; (Tablo 5.3)

- Birim maliyet % 1 olasılıkla 637.500 TL'den küçük olacaktır.
- Birim maliyet % 19 olasılıkla 850.000 TL'den küçük olacaktır.

- Birim maliyet % 74 olasılıkla 1.062.500 TL'den küçük olacaktır.

- Birim maliyet % 100 olasılıkla 1.275.000 TL'den küçük olacaktır.

BİRİM MALİYET (TL/m ²)	BİRİM MALİYETTEN KÜÇÜK OLMA OLASILIĞI (%)
637.500	1
850.000	19
1.062.500	74
1.275.000	100

Tablo 5.3. Kümülatif Olasılık Dağılım Sonuçları

100 simülasyona ait;

Ortalama: 967493 TL/m²

Standart Sapma: 143563,8 TL/m²

30 projenin fonksiyonel bina elemanlarına ait birim maliyetlerinin ortalama ve standart sapma değerleri ile, 100 simülasyon sonucu fonksiyonel bina elemanları için elde edilen birim maliyetlerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 5.4'de görülmektedir.

Elde edilen bütün olasılıklar bize karar verme sürecinde (fizibilite ve ön karar evrelerinde) yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma konut binaları için m² başına birim maliyetin ne olabileceğine dair bir karar vermemizde bize yol gösterici olacaktır.

Kişilerin risk karşısındaki tutumlarına bağlı olarak en iyi yolun seçimi de elde edilen sonuçlar yardımıyla kolaylaşmaktadır.

Fonksiyonel Elemanlar	Gerçek Değerler (30 proje)		Simüle Değerler (100 simülasyon)	
	Ortalama (TL/m ²)	Standart Sapma(TL/m ²)	Ortalama (TL/m ²)	Standart Sapma(TL/m ²)
Alt Kabuk	41098,4	17160,71	41716,5	18557,69
Dış Bölücü	268631,2	97722,56	283433,8	126051,90
İç Bölücü	117139,1	28423,12	118255,4	28445,18
Yatay Bölücü	362080,9	39165,95	364270,0	55342,07
Çatı	58784,4	18571,71	57835,2	18439,58
Merdiven	18482,8	6662,00	18258,0	6890,06
Pencere	36640,9	11984,82	39814,0	13093,67
Dış Kapı	10317,19	2571,75	11224,6	11403,10
İç Kapı	33344,2	6613,92	33451,9	7436,48

Tablo 5.4. 30 proje ve 100 simülasyonun fonksiyonel birim elemanlarının ortalama ve standart sapmaları

5.5. SONUÇLARIN TEST EDİLMESİ

Sonuçları test etmek için, 1991 yılı Bayındırlık ve İskân Bakanlığı birim fiyatlarına göre düzenlenmiş metrajları olan iki proje alınmıştır. Projelerin maliyetleri, 1993 yılı Bayındırlık ve İskân Bakanlığı birim fiyatları esas alınarak, örnekleme oluşturan projelerin, maliyet analizlerine göre yeniden düzenlenmiştir. (Bkz ek 7)

Seçilen projelere ait bilgiler ve elde edilen sonuçlar; tablo 5.5’de görülmektedir.

Sumko 6A projesinin m² başına birim maliyeti 637.500 TL - 850.000 TL aralığında çıkmıştır (% 18 olasılıkla). Değer ortalamadan - % 15 sapmıştır.

Sumko 4A projesinin m² başına birim maliyeti 850.000 TL - 1.062.500 TL aralığında çıkmıştır (% 55 olasılıkla). Değer ortalama-
dan + % 1 sapmıştır.

Proje Adı	Kat Sayısı	İnşaat Alanı (m ²)	Gerçekleşen Toplam Maliyet (TL)	Gerçekleşen Birim Maliyet (TL/m ²)	Histograma göre gerçekleşme olasılığı (%)	Ortalamadan Sapma (%)
Sumko 6A	6	1.650.675	1.356.900.341	822.028	18	- 15
Sumko 4A	4	1.149.715	1.123.248.103	976.980	55	+ 1

Tablo 5.5. Seçilen Projelere Ait Bilgiler ve Elde Edilen Sonuçlar

SONUÇ

Fizibilite ve ön karar evresi, bina maliyetini düşürme ya da etkileme şansının en yüksek olduğu evredir. Bu şans tasarımın gelişmesine ve uygulanmasına bağlı olarak azalır. Bu aşamalarda ileride binanın maliyetini etkileyebilecek temel kararlar alınmaktadır. Dolayısıyla mimarın güvenilir bir maliyet tahminine ihtiyacı vardır. Bu düşünceden yola çıkılarak, bir maliyet tahmini oluşturulmaya çalışılmıştır.

Yapılan çalışma ile sonuca diğer tahmin modellerine göre daha kısa sürede ulaşılabilmektedir. Maliyeti elde etmek için brüt inşaat alanını bilmemiz yeterlidir. Örneğin; regresyonda olduğu gibi birkaç değişkenin (faydalı alan, sirkülasyon alanı, dış kabuk alanı vb.) hesaplanmasına gerek yoktur. Ayrıca simülasyon yardımıyla, tahminin gerçekleşebilme olasılığı da söylenebilmektedir. Böylece diğer tahmin modellerinin hiç birinde gözönünde bulundurulmayan risk faktörü de hesaba katılmış olmaktadır.

Bu çalışmada simülasyon elle yapıldığı için tahmine ulaşmak zaman almıştır. Ancak bilgisayardan yararlanıldığı takdirde, sonucu birkaç saat içinde elde etmek mümkündür.

Diğer modeller ile elde edilemeyen, eleman bazında maliyet dağılımı ve olasılığı da geliştirilen tahmin yardımıyla öğrenilebilmektedir. Yani her fonksiyonel bina elemanı içinde bir tahmin oluşturulmaktadır. Böylece maliyet denetimi de kolaylaştırılmıştır. Fonksiyonel bina elemanlarının, maliyet üzerindeki etkileri görüldüğünden, hangi kararların değiştirilerek, maliyetin düşürüleceği gözlenebilmektedir.

Ancak elde edilen tahmin, 1993 yılı Bayındırlık ve İskân Bakanlığı birim fiyatları ile oluşturulduğundan, değerlerin her yıl gün-

celleştirilmesi gereklidir. Ayrıca işleme dahil edilmeyen bazı iş kalemlerinin de sonradan hesaba katılması gerektiği unutulmamalıdır.

Verilen bu simülasyon örneğinde, bazı varsayımlar altında çalışılmıştır. Dolayısıyla bulunan sonuçların en iyi olduğu koşullanamaz.

Geliştirilen maliyet tahmini yardımıyla fizibilite ve ön karar evresinde, maliyetin bütçeyi aşıp aşmadığı kontrol edilip, ilerde dönölmesi zor kararlar alınması engellenebilir.



KAYNAKLAR

- ABOURIZK, S.M., HALPIN, D.W., 1990, "Probabilistic Simulation Studies For Repertitive Construction Processes" Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.116, No.4
- ASHWORTH, A., 1988, Cost Studies of Bulding, Longman Scientific-Technical
- BARAN, F., 1993, Konut Projelerinde Ön Tasar Aşamasında, Maliyet Tahmini İçin Bir Model, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yüksek Lisans Tezi.
- BEESTON, D.T., 1983, Statistical Methods For Building Price Data, New York.
- BLED SOE, J.D., 1992, Succesful Estimating Methods, Construction Consultants - Publishers, USA
- BMBS Araştırma Grubu, 1992, MBB Ön tasar Aşamasında Kullanılabilen Maliyet Hesaplama Kompüter Programı, İ.T.Ü.
- BROWN, H.W., 1992, "Predicting The Elemantel Allocation of Building Costs By Simulation With Special Reference To The Costs of Building Services Elements", Construction and Development Research Group, Newcastle upon Tyne Polytechnic.
- COOK, A.E., 1991, Construction Tendering, Batsford Ltd., London.
- ÇIRACI, M., 1993, Konut Binalarının Maliyetini Etkileyen Faktörler Olarak Bina Özellikleri ve Konut Binalarının Ön Proje Evresinde Maliyet Tahmini İçin Bir Regresyon Modeli.
- FERRY, D.J., BRANDON, P.S., 1986, Cost Planning of Buildings, Collins Professional and Technical Books.
- FLANAGAN, R., STEVANS, S., 1990, Quantity Surveying Techniques: New Directions, RICS.

- GİRİTLİ,H., 1992, İnşaat Sektöründe Maliyet Verisi, BMBS, Rapor no.1, İ.T.Ü.
- GİRİTLİ,H., 1993, Bina Maliyeti Bilgi Sistemi Araştırma Projesi, D.P.T. Destekli Araştırma Projesi, İ.T.Ü.
- HAMBURG,M., 1982, Basic Statistic: A Modern Approach, The Luharton School, University of Pennsylvania.
- HAYES,W.R., PERRY,G.J. THOMPSON,P.A., WILLMER,G., 1986, Risk Management in Engineering, Thomas Telford L.T.D., ISBN.
- KOBU,B., 1987, Endüstriyel Kalite kontrolü, İ.Ü.Yayınları No:3425, İşl.Fak.Yayın No: 182, İst.İkt.Enst.Yayınları No.84.
- KÖKSAL,M., 1976, "Simülasyon Yöntemi İle Ameliyathanelerin Planlanması", İ.Ü.İşletme Fak., İşletme Fak. Dergisi, Cilt 5, sayı 2.
- MALCOLM,R., HORNER,W., 1991, "Fundamentals of Construction Project Cost Control Systems", Organization and Management in Construction, 4th. Yugoslav Symposium, Dubrovnik.
- NEWTON,S., 1991, "An Agenda For Cost Modelling Research", Construction Management and Economics, 9, 97-112.
- NKADO,R.N., 1991, A construction Time Information System For The Building Industry, University of Reading Faculty of Urban and Regional Studies.
- SKITMORE,M., STRALING,S., TUOHY,A., MKWEZALAMBA,H., 1990, The Accuracy of Construction Price Forecasts, A Study of Quantity Surveyors' Performance in Early Stage Estimating.
- TOURAN,A., 1993, "Probablistic Cost Estimating With Subjective Correlations", ASCE
- URAL,K., 1979, İstatistik Yöntem ve Uygulamaları 1., İ.Ü. Yayınları No.2648, İktisat Fak. No.447, Sermet Matbaası.

**EK 1 GÖZLEMLENEN ÖRNEKLERE AİT
BİNA MALİYET BİLGİ FÖYLERİ**

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 01	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	81.240.957	26.669
Dış Bölücü	983.623.915	322.896
İç Bölücü	269.400.318	88.437
Yatay Bölücü	1.155.964.767	379.470
Çatı	138.637.690	45.511
Merdiven	65.831.304	21.611
Pencere	129.896.965	42.642
Dış Kapı	23.623.360	7.755
İç Kapı	90.645.190	29.756

Toplam Maliyet (TL)	3.389.604.327
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.112.710
Alan (m ²)	3046,26
Kat sayısı	1B.K+10.N.K

EK 1.1. FN 01'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 02	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	97.928.115	36.993
Dış Bölücü	716.189.791	270.546
İç Bölücü	348.169.704	131.524
Yatay Bölücü	949.562.077	358.705
Çatı	149.694.243	56.548
Merdiven	28.579.824	10.796
Pencere	106.827.686	40.355
DışKapı	28.348.032	10.709
İç Kapı	119.438.368	45.119

Toplam Maliyet (TL)	2.936.430.788
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.109.259
Alan (m ²)	2647,2
Kat sayısı	2B.K+5.N.K

EK 1.2. FN 02'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 03	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	76.060.515	31.767
Dış Bölücü	511.506.280	213.631
İç Bölücü	313.911.238	131.105
Yatay Bölücü	902.544.248	376.948
Çatı	148.366.021	61.965
Merdiven	18.027.274	7.530
Pencere	105.016.646	43.860
DışKapı	28.348.032	11.840
İç Kapı	98.643.295	41.198

Toplam Maliyet (TL)	2.556.703.547
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.067.807
Alan (m ²)	2394,35
Kat sayısı	2B.K+5.N.K

EK 1.3. FN 03'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 04	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	50.816.751	19.152
Dış Bölücü	734.043.462	276.639
İç Bölücü	397.942.140	149.972
Yatay Bölücü	1.256.643.247	473.590
Çatı	82.708.762	31.170
Merdiven	39.059.093	14.720
Pencere	104.225.242	39.280
Dış Kapı	33.072.704	12.464
İç Kapı	98.643.295	37.176

Toplam Maliyet (TL)	3.189.770.946
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.202.127
Alan (m ²)	2653,44
Kat sayısı	2B.K+6.N.K

EK 1.4. FN 04'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 05	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	88.115.937	42.445
Dış Bölücü	429.610.743	206.942
İç Bölücü	187.396.161	90.268
Yatay Bölücü	789.112.336	380.112
Çatı	137.309.468	66.142
Merdiven	14.747.922	7.104
Pencere	23.330.116	11.238
Dış Kapı	25.985.696	12.517
İç Kapı	70.916.531	34.160

Toplam Maliyet (TL)	2.073.700.250
Birim Maliyet (TL/m ²)	998.892
Alan (m ²)	2076
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.5. FN 05'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 06	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	123.499.489	57.432
Dış Bölücü	379.374.408	176.425
İç Bölücü	346.627.529	161.196
Yatay Bölücü	918.140.399	426.973
Çatı	160.634.128	74.701
Merdiven	20.915.790	9.727
Pencere	96.311.202	44.789
Dış Kapı	24.804.528	11.535
İç Kapı	82.113.878	38.186

Toplam Maliyet (TL)	2.470.597.889
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.148.928
Alan (m ²)	2150,35
Kat sayısı	1B.K+4.N.K

EK 1.6. FN 06'ya ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 07	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	45.326.451	32.996
Dış Bölücü	361.220.693	262.958
İç Bölücü	133.712.316	97.339
Yatay Bölücü	516.905.448	376.292
Çatı	79.919.495	58.179
Merdiven	18.320.400	13.337
Pencere	18.353.460	13.361
Dış Kapı	14.174.016	10.318
İç Kapı	50.121.458	36.487

Toplam Maliyet (TL)	1.441.310.298
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.049.232
Alan (m ²)	1.373,68
Kat sayısı	2B.K+5.N.K

EK 1.7. FN 07'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 08	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	78.368.313	63.508
Dış Bölücü	353.678.447	286.611
İç Bölücü	146.854.277	119.007
Yatay Bölücü	438.166.110	355.077
Çatı	87.160.101	70.632
Merdiven	28.659.212	23.225
Pencere	80.540.920	65.268
DışKapı	9.449.344	7.657
İç Kapı	39.990.525	32.407

Toplam Maliyet (TL)	1.445.456.059
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.171.358
Alan (m ²)	1234
Kat sayısı	1B.K+4.N.K

EK 1.8. FN 08'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 09	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	36.150.128	37.743
Dış Bölücü	340.910.665	355.931
İç Bölücü	377.262.940	393.885
Yatay Bölücü	193.371.700	201.892
Çatı	65.854.698	68.756
Merdiven	33.208.778	34.672
Pencere	34.643.933	36.170
Dış Kapı	14.174.016	14.799
İç Kapı	40.523.732	42.309

Toplam Maliyet (TL)	1.195.635.467
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.248.314
Alan (m ²)	957,8
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.9. FN 09'a ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 10	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	73.591.332	29.828
Dış Bölücü	430.233.459	174.381
İç Bölücü	247.891.884	100.475
Yatay Bölücü	663.003.044	268.727
Çatı	143.501.855	58.164
Merdiven	64.506.128	26.145
Pencere	46.535.742	18.862
Dış Kapı	24.804.528	10.054
İç Kapı	69.316.910	28.096

Toplam Maliyet (TL)	2.128.444.130
Birim Maliyet (TL/m ²)	862.696
Alan (m ²)	2467,2
Kat sayısı	1B.K+6.N.K

EK 1.10. FN 10'a ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 11	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	46.052.681	48.832
Dış Bölücü	376.329.730	399.043
İç Bölücü	98.072.096	103.991
Yatay Bölücü	307.404.248	325.958
Çatı	60.154.111	63.785
Merdiven	19.786.032	20.980
Pencere	14.992.215	15.897
DışKapı	11.811.680	12.525
İç Kapı	35.724.869	37.881

Toplam Maliyet (TL)	1.109.870.494
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.176.857
Alan (m ²)	943,08
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.11. FN 11'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 12	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	71.370.681	47.160
Dış Bölücü	244.253.893	161.398
İç Bölücü	158.508.666	104.740
Yatay Bölücü	539.763.790	356.666
Çatı	109.240.899	72.184
Merdiven	21.434.868	14.164
Pencere	68.037.033	44.958
DışKapı	11.811.680	7.805
İç Kapı	26.127.143	17.264

Toplam Maliyet (TL)	1.474.472.965
Birim Maliyet (TL/m ²)	974.304
Alan (m ²)	1513,36
Kat sayısı	2B.K+4.N.K

EK 1.12. FN 12'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 13	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	72.813.459	30.685
Dış Bölücü	687.959.572	289.916
İç Bölücü	247.859.320	104.452
Yatay Bölücü	832.437.326	350.801
Çatı	124.565.713	52.494
Merdiven	28.091.280	11.838
Pencere	83.100.386	35.020
Dış Kapı	18.898.688	7.964
İç Kapı	78.381.429	33.031

Toplam Maliyet (TL)	2.525.182.249
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.064.149
Alan (m ²)	2372,96
Kat sayısı	1B.K+8.N.K

EK 1.13. FN 13'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 14	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	96.456.288	27.244
Dış Bölücü	1.086.318.072	306.827
İç Bölücü	341.794.097	96.539
Yatay Bölücü	1.157.107.843	326.821
Çatı	109.366.542	30.890
Merdiven	67.492.354	19.063
Pencere	123.482.740	34.877
Dış Kapı	24.804.528	7.006
İç Kapı	105.574.986	29.820

Toplam Maliyet (TL)	3.636.266.053
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.027.052
Alan (m ²)	105
Kat sayısı	1B.K+10.N.K

EK 1.14. FN 14'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 15	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	127.393.697	26.294
Dış Bölücü	1.090.382.637	225.053
İç Bölücü	417.613.035	86.195
Yatay Bölücü	1.955.822.419	403.678
Çatı	162.595.948	33.560
Merdiven	59.620.688	12.306
Pencere	184.660.938	38.114
Dış Kapı	37.797.376	7.801
İç Kapı	124.237.231	25.642

Toplam Maliyet (TL)	4.877.014.394
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.006.608
Alan (m ²)	4845
Kat sayısı	1B.K+10.N.K

EK 1.15. FN 15'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 16	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	31.631.362	43.750
Dış Bölücü	349.753.391	483.753
İç Bölücü	60.535.746	83.729
Yatay Bölücü	256.954.128	355.400
Çatı	47.295.483	65.416
Merdiven	13.740.300	19.005
Pencere	28.125.965	38.902
DışKapı	5.905.840	8.169
İç Kapı	19.728.659	27.287

Toplam Maliyet (TL)	920.649.569
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.273.374
Alan (m ²)	723
Kat sayısı	1B.K+4.N.K

EK 1.16. FN 16'ya ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 17	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	45.484.607	34.664
Dış Bölücü	487.416.779	371.461
İç Bölücü	106.690.881	81.309
Yatay Bölücü	450.015.139	342.958
Çatı	95.129.435	72.498
Merdiven	42.747.600	32.578
Pencere	51.228.442	39.041
DışKapı	16.536.352	12.602
İç Kapı	51.187.872	39.010

Toplam Maliyet (TL)	1.540.590.861
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.174.088
Alan (m ²)	1312,16
Kat sayısı	1B.K+7.N.K

EK 1.17. FN 17'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 18	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	46.575.567	37.392
Dış Bölücü	480.574.914	385.818
İç Bölücü	152.919.230	122.768
Yatay Bölücü	445.959.847	357.995
Çatı	72.935.558	58.555
Merdiven	19.529.546	15.679
Pencere	43.684.316	35.071
Dış Kapı	11.811.680	9.483
İç Kapı	41.590.146	33.390

Toplam Maliyet (TL)	1.499.886.008
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.204.148
Alan (m ²)	1245,6
Kat sayısı	2B.K+5.N.K

EK 1.18. FN 18'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 19	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	164.216.798	32.246
Dış Bölücü	1.053.819.489	206.928
İç Bölücü	817.144.916	160.455
Yatay Bölücü	1.750.121.622	343.655
Çatı	234.772.266	46.100
Merdiven	111.021.624	21.800
Pencere	144.026.639	28.281
DışKapı	42.522.048	8.350
İç Kapı	140.766.648	27.641

Toplam Maliyet (TL)	5.211.949.854
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.023.421
Alan (m ²)	5092,676
Kat sayısı	1B.K+9.N.K

EK 1.19. FN 19'a ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 20	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	67.458.721	41.590
Dış Bölücü	321.943.577	198.486
İç Bölücü	221.364.769	136.476
Yatay Bölücü	624.915.463	385.275
Çatı	108.052.679	66.617
Merdiven	21.984.480	13.554
Pencere	66.391.980	40.932
DışKapı	16.536.352	10.195
İç Kapı	67.184.082	41.421

Toplam Maliyet (TL)	1.755.831.333
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.082.510
Alan (m ²)	1622
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.20. FN 20'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 21	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	177.429.347	31.837
Dış Bölücü	919.415.791	164.973
İç Bölücü	454.040.825	81.470
Yatay Bölücü	1.859.498.777	333.654
Çatı	251.285.300	45.088
Merdiven	111.021.624	19.921
Pencere	169.929.560	30.491
Dış Kapı	63.783.072	11.445
İç Kapı	125.303.645	22.484

Toplam Maliyet (TL)	4.956.336.417
Birim Maliyet (TL/m ²)	889.327
Alan (m ²)	5573,132
Kat sayısı	1B.K+9.N.K

EK 1.21. FN 21'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 22	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	49.985.483	57.230
Dış Bölücü	377.711.897	432.452
İç Bölücü	103.993.512	119.065
Yatay Bölücü	271.577.648	310.936
Çatı	52.256.573	59.830
Merdiven	23.419.578	26.814
Pencere	24.631.339	28.201
DışKapı	11.811.680	13.524
İç Kapı	26.660.350	30.524

Toplam Maliyet (TL)	1.068.283.650
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.223.104
Alan (m ²)	873,42
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.22. FN 22'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 23	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	100.574.820	56.499
Dış Bölücü	470.867.347	264.514
İç Bölücü	151.532.957	85.125
Yatay Bölücü	590.742.496	331.855
Çatı	142.155.684	79.857
Merdiven	30.839.340	17.324
Pencere	58.480.904	32.852
Dış Kapı	11.811.680	6.635
İç Kapı	51.721.079	29.055

Toplam Maliyet (TL)	1.872.121.763
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.051.683
Alan (m ²)	1780,12
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.23. FN 23'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 24	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	58.401.823	31.638
Dış Bölücü	545.526.817	295.525
İç Bölücü	247.628.571	134.146
Yatay Bölücü	719.728.943	389.394
Çatı	65.779.312	35.634
Merdiven	38.472.840	20.842
Pencere	74.898.832	40.575
Dış Kapı	24.804.528	13.437
İç Kapı	63.451.633	34.373

Toplam Maliyet (TL)	2.112.430.770
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.144.353
Alan (m ²)	1845,96
Kat sayısı	1B.K+9.N.K

EK 1.24. FN 24'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 25	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	102.600.841	51.071
Dış Bölücü	633.572.000	315.367
İç Bölücü	217.775.756	108.400
Yatay Bölücü	669.417.862	333.210
Çatı	157.502.036	78.398
Merdiven	30.839.340	15.351
Pencere	58.907.728	29.322
Dış Kapı	11.811.680	5.880
İç Kapı	57.053.149	28.399

Toplam Maliyet (TL)	2.236.742.077
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.113.361
Alan (m ²)	2009
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.25. FN 25'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 26	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	178.168.488	39.124
Dış Bölücü	703.329.297	154.442
İç Bölücü	619.322.301	135.996
Yatay Bölücü	1.624.605.415	356.743
Çatı	247.695.510	54.391
Merdiven	85.629.550	18.803
Pencere	161.244.864	35.408
DışKapı	50.790.224	11.153
İç Kapı	157.829.272	34.657

Toplam Maliyet (TL)	4.582.447.531
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.006.247
Alan (m ²)	4554
Kat sayısı	1B.K+6.N.K

EK 1.26. FN 26'ya ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 27	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	319.541.310	23.718
Dış Bölücü	1.523.609.352	113.089
İç Bölücü	1.897.130.090	140.814
Yatay Bölücü	4.591.649.765	340.813
Çatı	458.401.824	34.025
Merdiven	236.027.820	17.519
Pencere	631.611.545	46.881
DışKapı	119.297.968	8.855
İç Kapı	384.442.247	28.535

Toplam Maliyet (TL)	12.155.191.099
Birim Maliyet (TL/m ²)	902.214
Alan (m ²)	13472,64
Kat sayısı	1B.K+10.N.K

EK 1.27. FN 27'ye ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 28	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	129.527.200	58.711
Dış Bölücü	467.581.148	211.942
İç Bölücü	227.643.770	103.185
Yatay Bölücü	773.544.492	350.626
Çatı	144.058.273	65.298
Merdiven	50.967.353	23.102
Pencere	99.186.340	44.958
DışKapı	23.623.360	10.708
İç Kapı	88.512.362	40.120

40.120

Toplam Maliyet (TL)	2.331.081.722
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.056.615
Alan (m ²)	2206,18
Kat sayısı	1B.K+5.N.K

EK 1.28. FN 28'e ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 29	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	324.783.079	26.784
Dış Bölücü	1.318.762.334	108.754
İç Bölücü	1.617.391.883	133.380
Yatay Bölücü	4.204.840.495	346.758
Çatı	454.553.569	37.485
Merdiven	238.470.540	19.666
Pencere	498.258.486	41.090
DışKapı	119.297.968	9.838
İç Kapı	365.780.002	30.165

Toplam Maliyet (TL)	10.936.379.702
Birim Maliyet (TL/m ²)	903.685
Alan (m ²)	12126,16
Kat sayısı	1B.K+9.N.K

EK 1.29. FN 29'a ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

BİNA MALİYET BİLGİ FÖYÜ

PROJE NO	FN 30	
Fonksiyonel Elemanlar	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ²)
Alt Kabuk	76.948.130	107.590
Dış Bölücü	301.981.455	422.234
İç Bölücü	86.341.525	120.724
Yatay Bölücü	306.785.671	428.951
Çatı	85.580.594	119.660
Merdiven	18.100.555	25.308
Pencere	44.721.737	62.530
DışKapı	11.811.680	16.515
İç Kapı	31.992.420	44.732

Toplam Maliyet (TL)	1.070.088.335
Birim Maliyet (TL/m ²)	1.496.209
Alan (m ²)	715,2
Kat sayısı	1B.K+3.N.K

EK 1.30. FN 30'a ait Bina Maliyet Bilgi Föyü

**EK 2 FONKSİYONEL BİNA ELEMANLARINA
AİT BİRİM MALİYETLER**

	altkabuk	dışbolüc	icbölücü	yatayböl	çatı	merdiven	pencere	dışkapı	ıçkapı
1	26669.00	322896.0	88437.00	379470.0	45511.00	21611.00	42642.00	7755.00	29756.00
2	36993.00	270546.0	131524.0	358705.0	56548.00	10796.00	40355.00	10709.00	45119.00
3	31767.00	213631.0	131105.0	376948.0	61965.00	7530.00	43860.00	11840.00	41198.00
4	19152.00	276639.0	149972.0	473590.0	31170.00	14720.00	39280.00	12464.00	37176.00
5	42445.00	206942.0	90268.00	380112.0	66142.00	7104.00	11238.00	12517.00	34160.00
6	57432.00	176425.0	161195.0	426973.0	74701.00	9727.00	44789.00	11535.00	38186.00
7	32996.00	262958.0	97339.00	376292.0	58179.00	13337.00	13361.00	10318.00	36487.00
8	63508.00	286611.0	119007.0	355077.0	70632.00	23225.00	65268.00	7657.00	32407.00
9	37743.00	355931.0	201892.0	393885.0	68756.00	34672.00	36170.00	14799.00	42309.00
10	29828.00	174381.0	100475.0	268727.0	58164.00	26145.00	18862.00	10054.00	28096.00
11	48832.00	399043.0	103991.0	325958.0	63785.00	20980.00	15897.00	12525.00	37881.00
12	47160.00	161398.0	104740.0	356666.0	72184.00	14164.00	44958.00	7805.00	17264.00
13	30685.00	289916.0	104452.0	350801.0	52494.00	11838.00	35020.00	7964.00	33031.00
14	27244.00	306827.0	96539.00	326821.0	30890.00	19063.00	34877.00	7006.00	29820.00
15	26294.00	225053.0	86195.00	403678.0	33560.00	12306.00	38114.00	7801.00	25642.00
16	43750.00	483753.0	83729.00	355400.0	65416.00	19005.00	38902.00	8169.00	27287.00
17	34664.00	371461.0	81309.00	342958.0	72498.00	32578.00	39041.00	12602.00	39010.00
18	37392.00	385818.0	122768.0	357995.0	58555.00	15679.00	35071.00	9483.00	33390.00
19	32246.00	206928.0	160455.0	343655.0	46100.00	21800.00	28281.00	8350.00	27641.00
20	41950.00	198486.0	136476.0	385275.0	66617.00	13554.00	40932.00	10195.00	41421.00
21	31837.00	164973.0	81470.00	333654.0	45088.00	19921.00	30491.00	11445.00	22484.00
22	57230.00	432452.0	119065.0	310936.0	59830.00	26814.00	28201.00	13524.00	30524.00
23	56499.00	264514.0	85125.00	331855.0	79857.00	17324.00	32852.00	6635.00	29055.00
24	31638.00	295525.0	134146.0	389894.0	35634.00	20842.00	40575.00	13437.00	34373.00
25	51071.00	315367.0	108400.0	333210.0	78398.00	15351.00	29322.00	5880.00	28399.00
26	39124.00	154442.0	135996.0	356743.0	54391.00	18803.00	35408.00	11153.00	34657.00
27	23718.00	113089.0	140814.0	340813.0	34025.00	17519.00	46881.00	8855.00	28535.00
28	58711.00	211942.0	103185.0	350626.0	65298.00	23102.00	44958.00	10708.00	40120.00
29	26784.00	108754.0	133380.0	346758.0	37485.00	19666.00	41090.00	9838.00	30165.00
30	107590.0	422234.0	120724.0	428951.0	119660.0	25308.00	62530.00	16515.00	44732.00

**EK 3 KOLMOGOROV-SMIRNOV TESTİ
BİLGİSAYAR ÇIKTILARI**

02 Mar 94 SPSS for MS WINDOWS Release 6.0

Page 1

This software is functional through January 31, 1994.

>Warning # 2032

>Your license has expired. Ask your local SPSS coordinator to contact SPSS
>Inc. for a new license.

ALTKABUK ALT KABUK

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
1.00	1 .	9
6.00	2 .	366679
11.00	3 .	01112246779
5.00	4 .	12378
5.00	5 .	16778
1.00	6 .	3
1.00	Extremes	(107590)

Stem width: 10000.00
Each leaf: 1 case(s)

ALTKABUK ALT KABUK

Hi-Res Chart # 1:Normal q-q plot of alt kabuk

Hi-Res Chart # 2:Detrended normal q-q plot of alt kabuk

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.8242	30	< .0100
K-S (Lilliefors)	.1458	30	.1034

Hi-Res Chart # 3:Boxplot of altkabuk

DISBOLUC DIŞ BÖLÜCÜ

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
2.00	1 *	01
6.00	1 .	566779
5.00	2 *	00112
7.00	2 .	6677889
3.00	3 *	012
4.00	3 .	5789
2.00	4 *	23
1.00	4 .	8

Stem width: 100000.0
Each leaf: 1 case(s)

DISBOLUC DIŞ BÖLÜCÜ

Hi-Res Chart # 7:Normal q-q plot of dış bölücü
Hi-Res Chart # 8:Detrended normal q-q plot of dış bölücü

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9676	30	.5148
K-S (Lilliefors)	.1132	30	> .2000

Hi-Res Chart # 9:Boxplot of disboluc

ICBOLUCU İÇ BÖLÜCÜ

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
6.00	8 .	113568
3.00	9 .	067
6.00	10 .	033448
2.00	11 .	99
2.00	12 .	02
6.00	13 .	113456
2.00	14 .	09
.00	15 .	
2.00	16 .	01
1.00	Extremes	(201892)

Stem width: 10000.00
Each leaf: 1 case(s)

ICBOLUCU İÇ BÖLÜCÜ

Hi-Res Chart # 13:Normal q-q plot of iç bölücü
Hi-Res Chart # 14:Detrended normal q-q plot of iç bölücü

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9258	30	.0476
K-S (Lilliefors)	.1353	30	.1691

Hi-Res Chart # 15:Boxplot of icbolucu

YATAYBOL YATAY BÖLÜCÜ

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency Stem & Leaf

1.00	Extremes	(268727)
1.00	3 *	1
5.00	3 t	22333
12.00	3 f	444455555555
3.00	3 s	777
4.00	3 .	8889
1.00	4 *	0
2.00	4 t	22
1.00	Extremes	(473590)

Stem width: 100000.0
Each leaf: 1 case(s)

YATAYBOL YATAY BÖLÜCÜ

Hi-Res Chart # 25:Normal q-q plot of yatay bölücü
Hi-Res Chart # 26:Detrended normal q-q plot of yatay bölücü

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9533	30	.3041
K-S (Lilliefors)	.1677	30	.0310

Hi-Res Chart # 27:Boxplot of yataybol

CATI ÇATI

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
4.00	3 *	0134
2.00	3 .	57
.00	4 *	
3.00	4 .	556
2.00	5 *	24
5.00	5 .	68889
2.00	6 *	13
5.00	6 .	55668
4.00	7 *	0224
2.00	7 .	89
1.00	Extremes	(119660)

Stem width: 10000.00

Each leaf: 1 case(s)

CATI ÇATI

Hi-Res Chart # 4:Normal q-q plot of çati

Hi-Res Chart # 5:Detrended normal q-q plot of çati

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9183	30	.0325
K-S (Lilliefors)	.0968	30	> .2000

Hi-Res Chart # 6:Boxplot of cati

MERDIVEN MERDIVEN

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
3.00	0 .	779
7.00	1 *	0123344
9.00	1 .	557789999
6.00	2 *	001133
3.00	2 .	566
1.00	3 *	2
1.00	Extremes	(34672)

Stem width: 10000.00

Each leaf: 1 case(s)

MERDIVEN MERDIVEN

Hi-Res Chart # 19:Normal q-q plot of merdiven

Hi-Res Chart # 20:Detrended normal q-q plot of merdiven

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9726	30	.6396
K-S (Lilliefors)	.0759	30	> .2000

Hi-Res Chart # 21:Boxplot of merdiven

PENCERE PENCERE

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency Stem & Leaf

1.00	Extremes	(11238)
1.00	1 *	3
2.00	1 .	58
.00	2 *	
3.00	2 .	889
3.00	3 *	024
8.00	3 .	55568899
9.00	4 *	000123444
1.00	4 .	6
2.00	Extremes	(62530), (65268)

Stem width: 10000.00
Each leaf: 1 case(s)

PENCERE PENCERE

Hi-Res Chart # 22:Normal q-q plot of pencere
Hi-Res Chart # 23:Detrended normal q-q plot of pencere

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9346	30	.0818
K-S (Lilliefors)	.1438	30	.1151

Hi-Res Chart # 24:Boxplot of pencere

DISKAPI DIŞ KAPI

Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
1.00	0 f	5
7.00	0 s	6777777
5.00	0 .	88899
9.00	1 *	000001111
6.00	1 t	222233
1.00	1 f	4
1.00	1 s	6

Stem width: 10000.00
Each leaf: 1 case(s)

DISKAPI DIŞ KAPI

Hi-Res Chart # 10:Normal q-q plot of dış kapi
Hi-Res Chart # 11:Detrended normal q-q plot of dış kapi

	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9724	30	.6339
K-S (Lilliefors)	.1113	30	> .2000

Hi-Res Chart # 12:Boxplot of diskapi

ICKAPI İÇ KAPI
Valid cases: 30.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0

Frequency	Stem &	Leaf
1.00	1 .	7
1.00	2 *	2
9.00	2 .	577888999
8.00	3 *	00233444
5.00	3 .	67789
5.00	4 *	01124
1.00	4 .	5

Stem width: 10000.00
Each leaf: 1 case(s)

ICKAPI İÇ KAPI

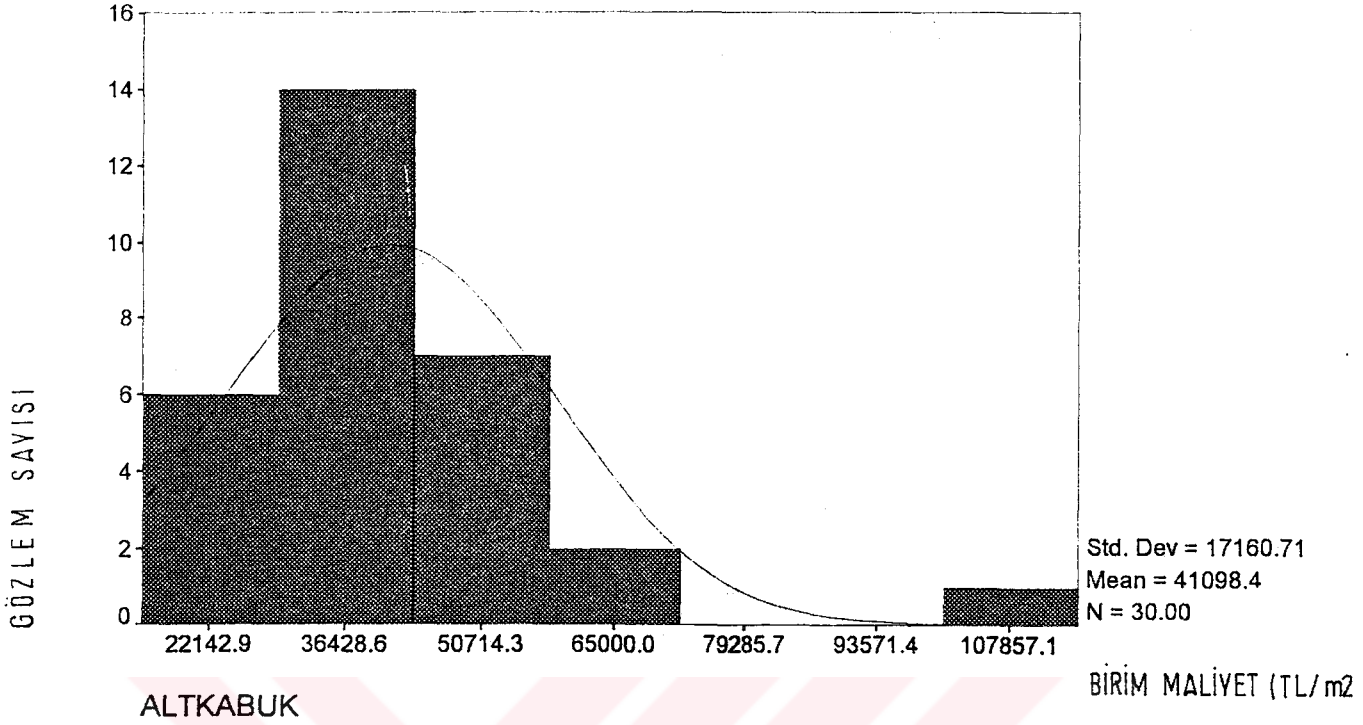
Hi-Res Chart # 16:Normal q-q plot of iç kapi

Hi-Res Chart # 17:Detrended normal q-q plot of iç kapi

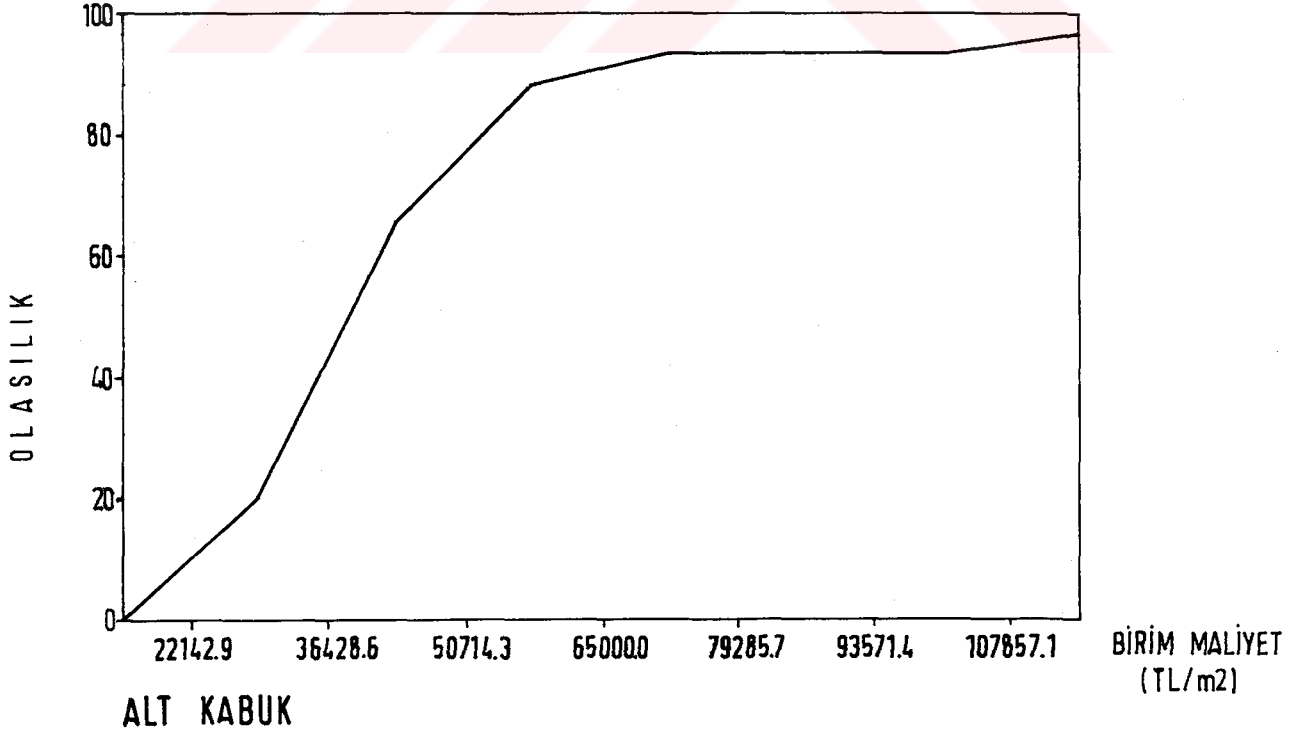
	Statistic	df	Significance
Shapiro-Wilks	.9769	30	.7476
K-S (Lilliefors)	.0984	30	> .2000

Hi-Res Chart # 18:Boxplot of ickapi

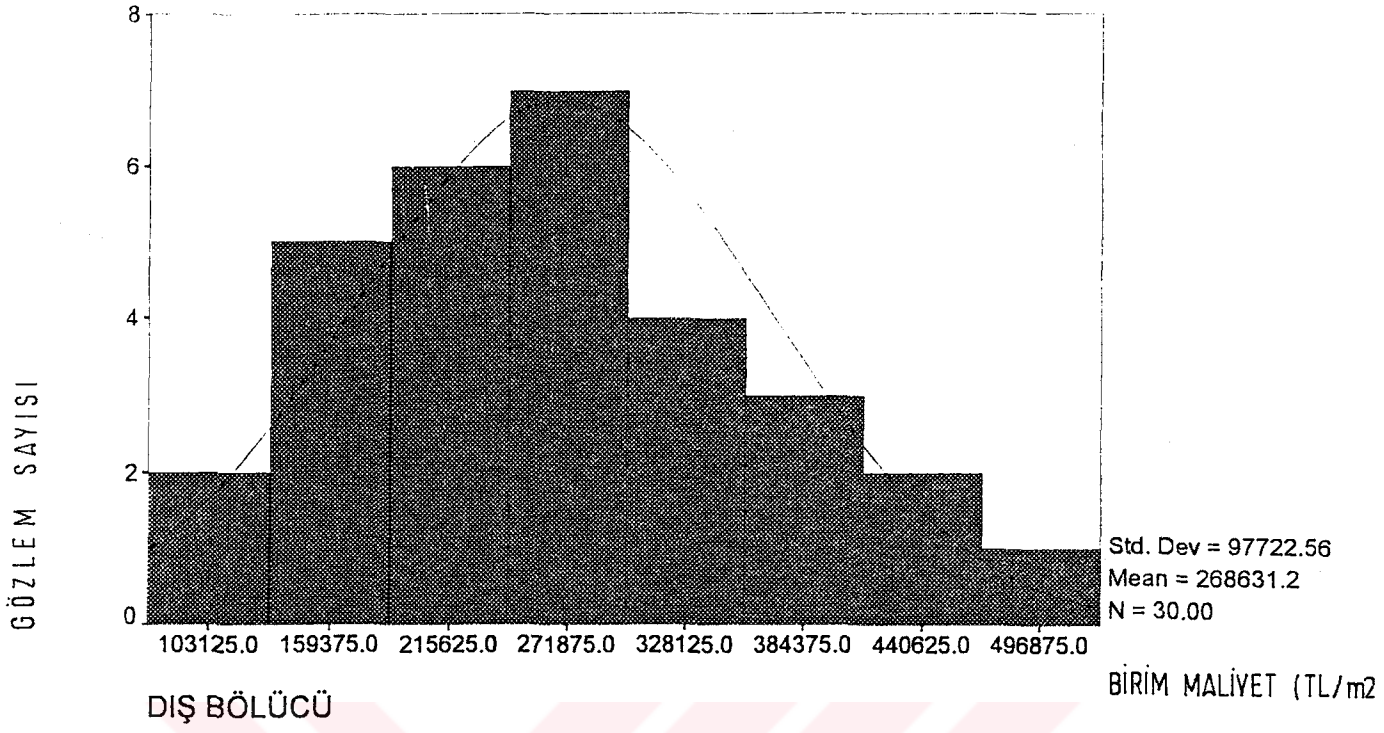
**EK 4 FONKSİYONEL BİNA ELEMANI BİRİM MALİYETİNE
AİT HİSTOGRAM VE KÜMÜLATİF OLASILIK
DAĞILIMLARI**



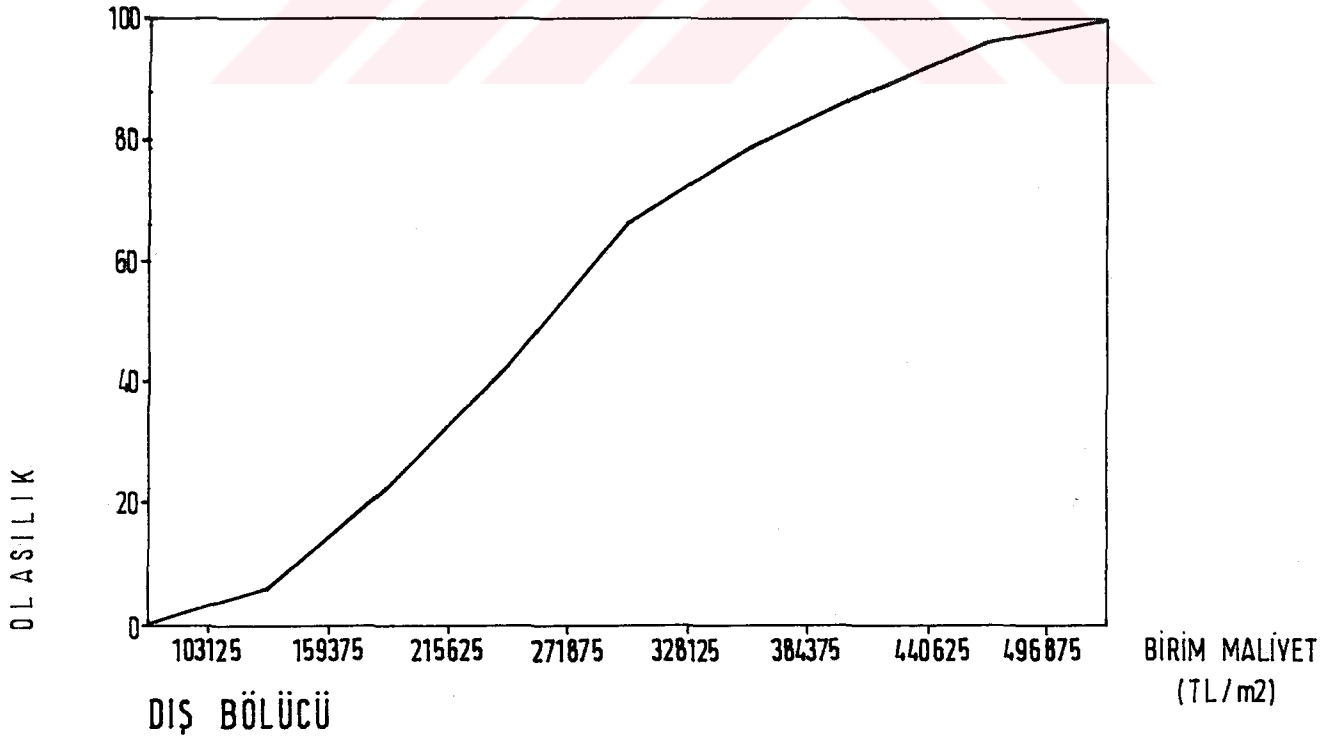
EK 4.1. Alt Kabuğa ait Histogram



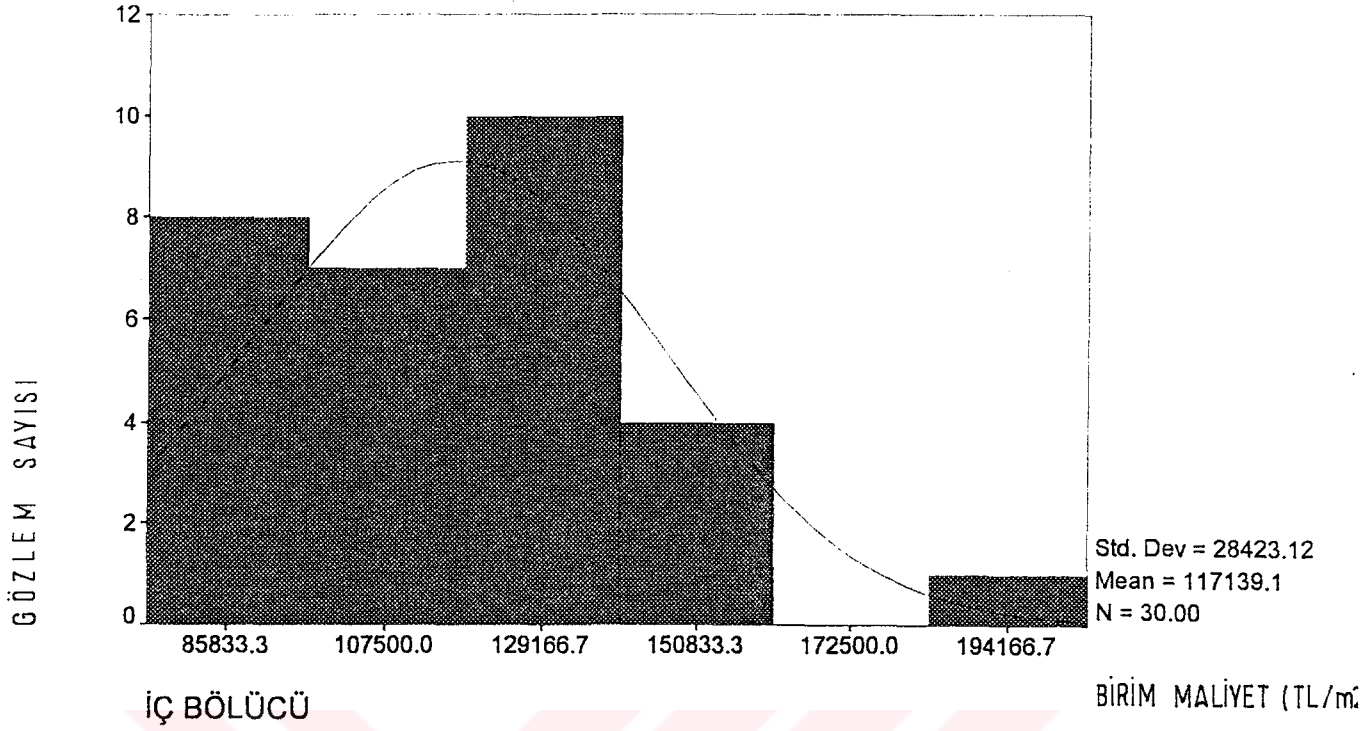
EK 4.2. Alt Kabuğa ait Kümülatif Olasılık Dağılımı



EK 4.3. Dış Bölüğe ait Histogram

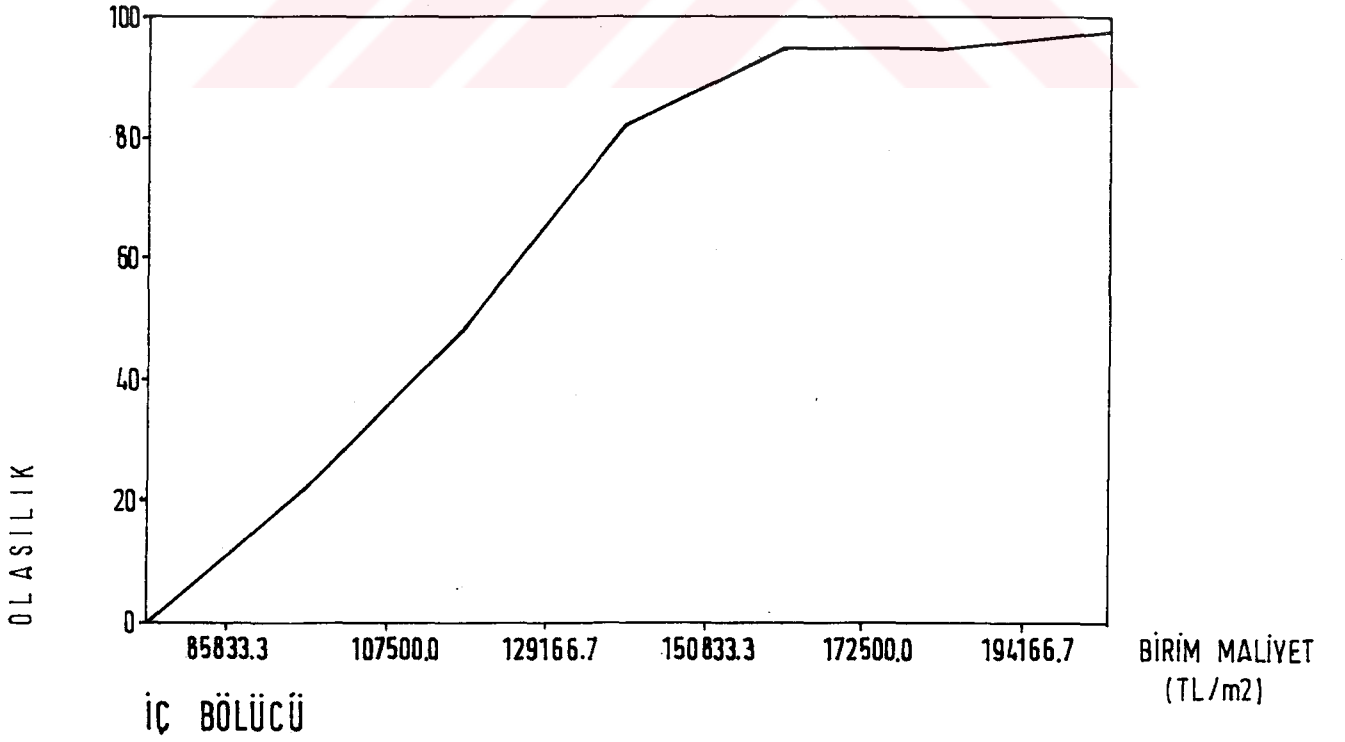


EK 4.4. Dış Bölüğe ait Kümülatif Olasılık Dağılımı



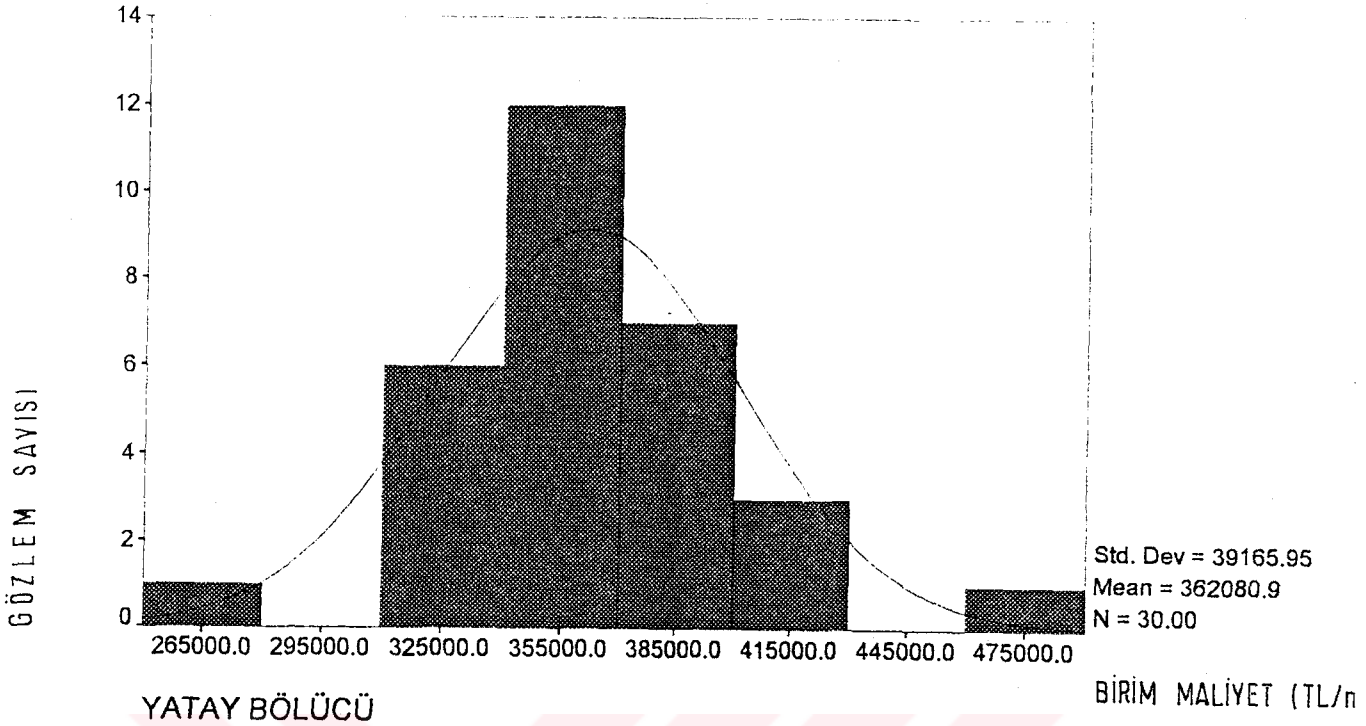
İÇ BÖLÜCÜ

EK 4.5. İç bölücüye ait Histogram

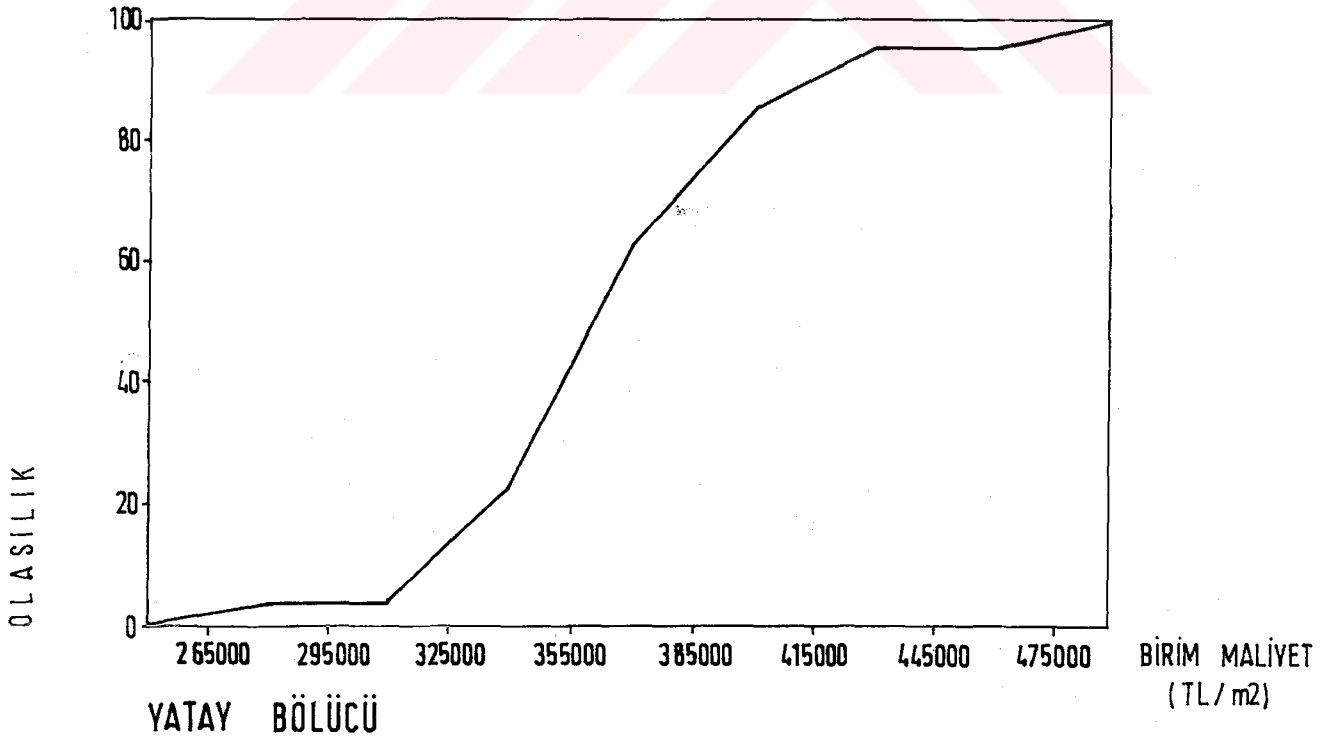


İÇ BÖLÜCÜ

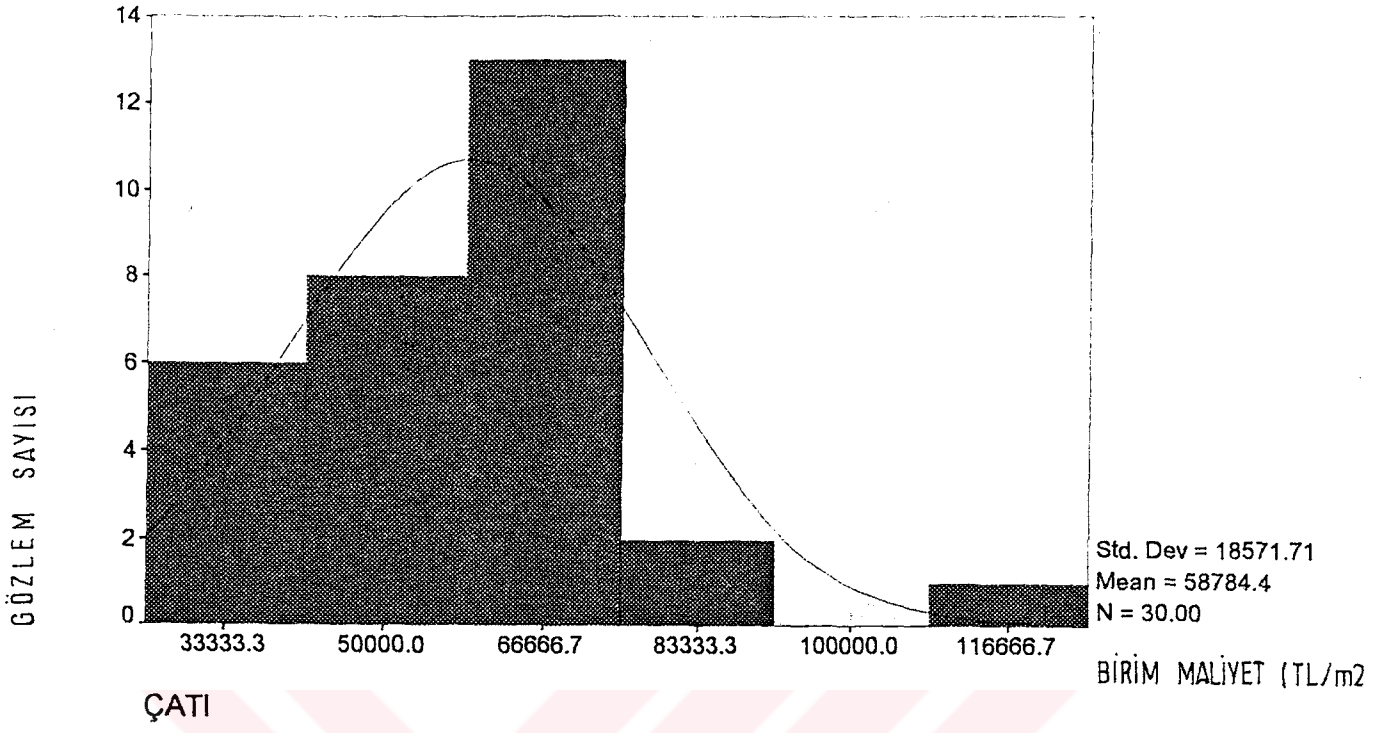
EK 4.6. İç Bölücüye ait Kümülatif Olasılık Dağılımı



EK 4.7. Yatay Bölücüye ait Histogram

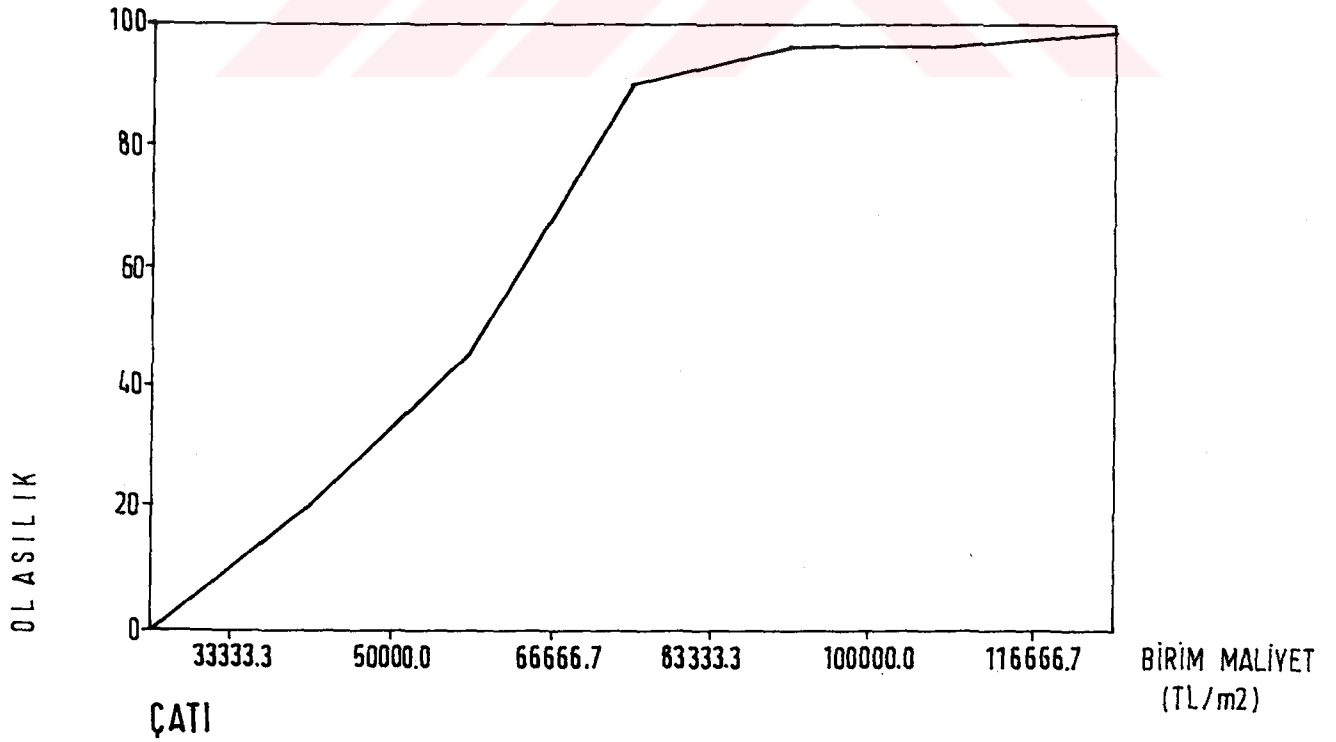


EK 4.8. Yatay Bölücüye ait Kümülatif Olasılık Dağılımı

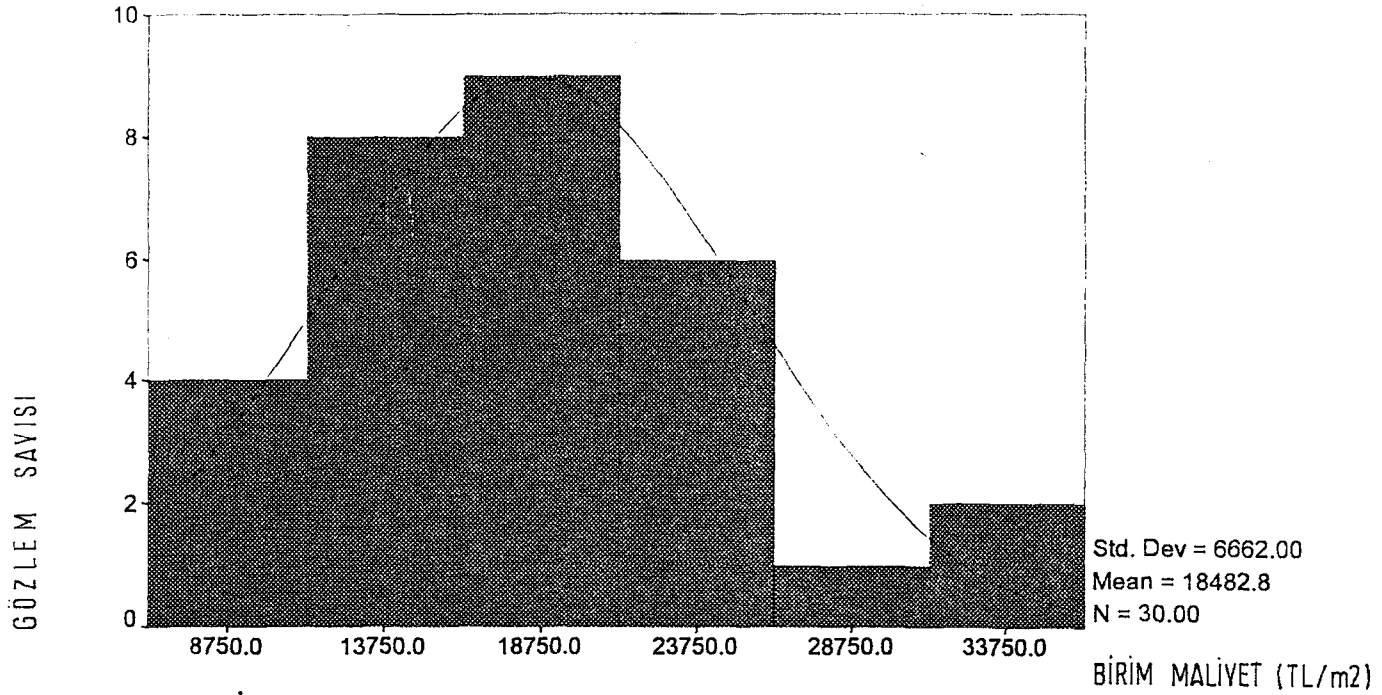


ÇATI

EK 4.9. Çatıya ait Histogram

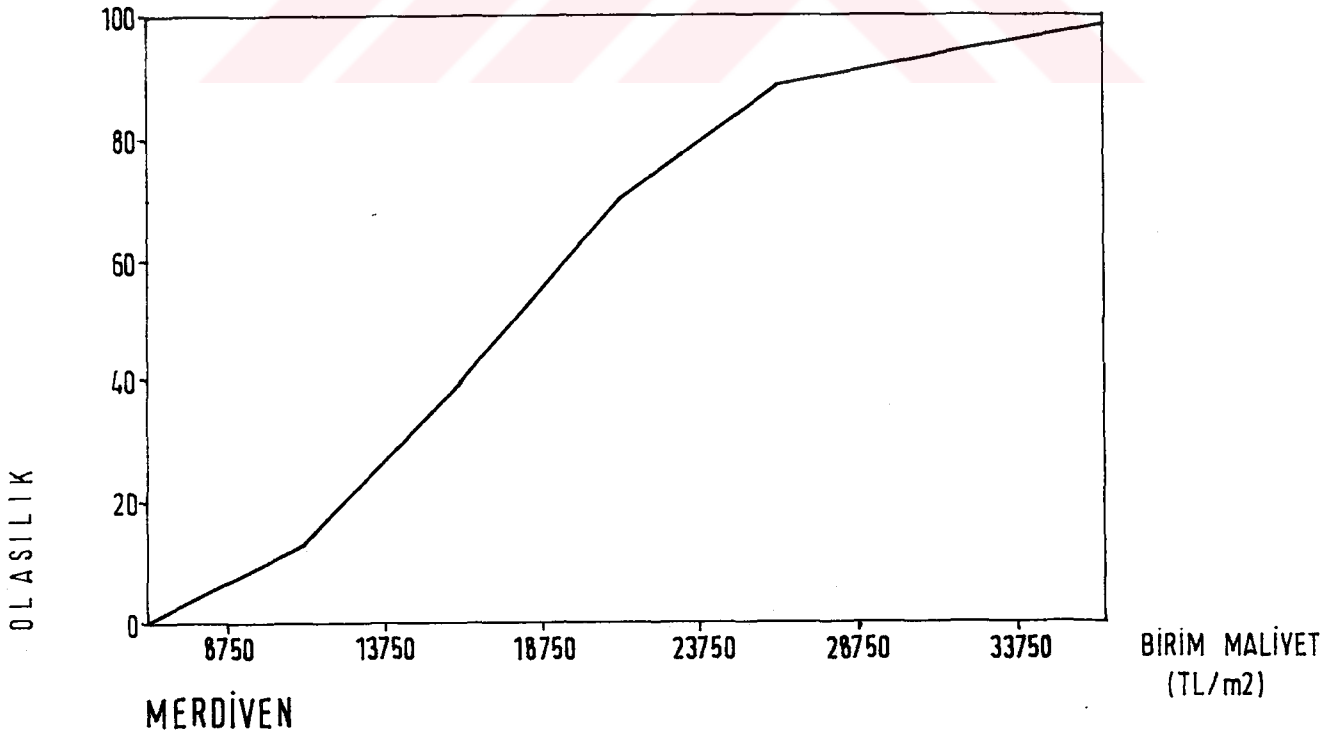


EK 4.10. Çatıya ait Kümülatif Olasılık Dağılımı



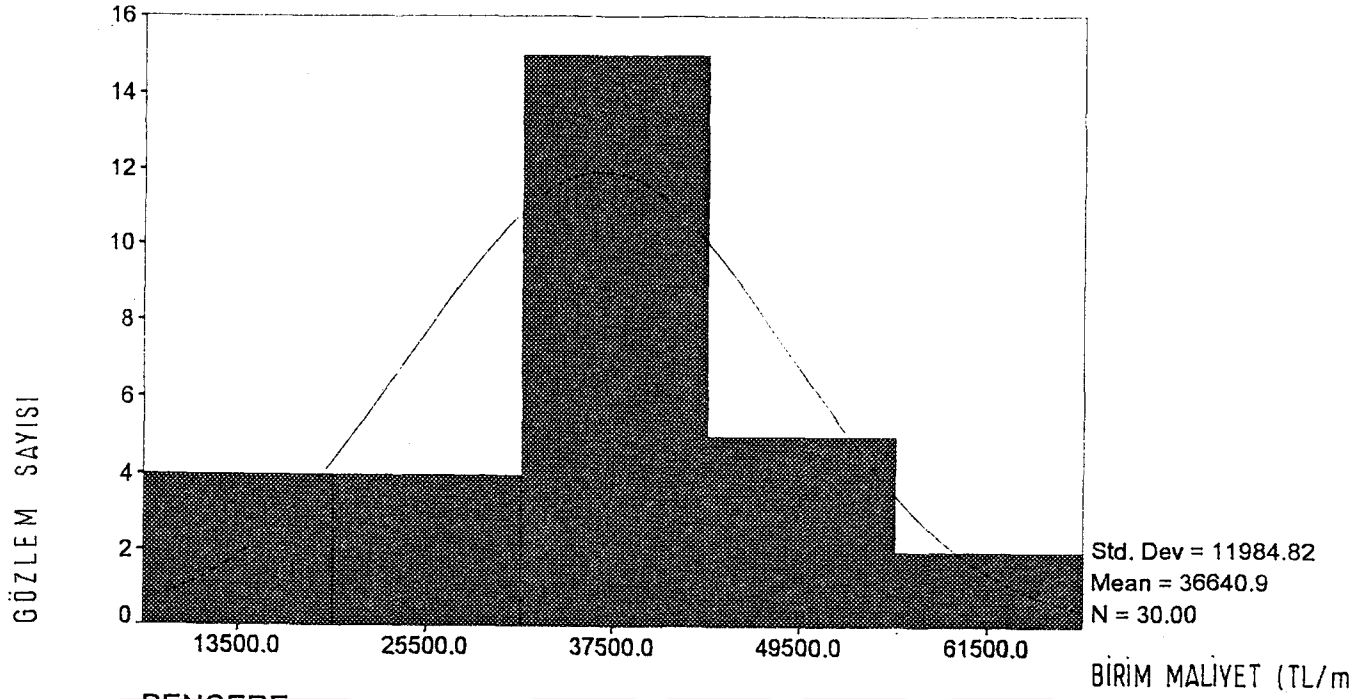
MERDİVEN

EK 4.11. Merdivene ait Histogram



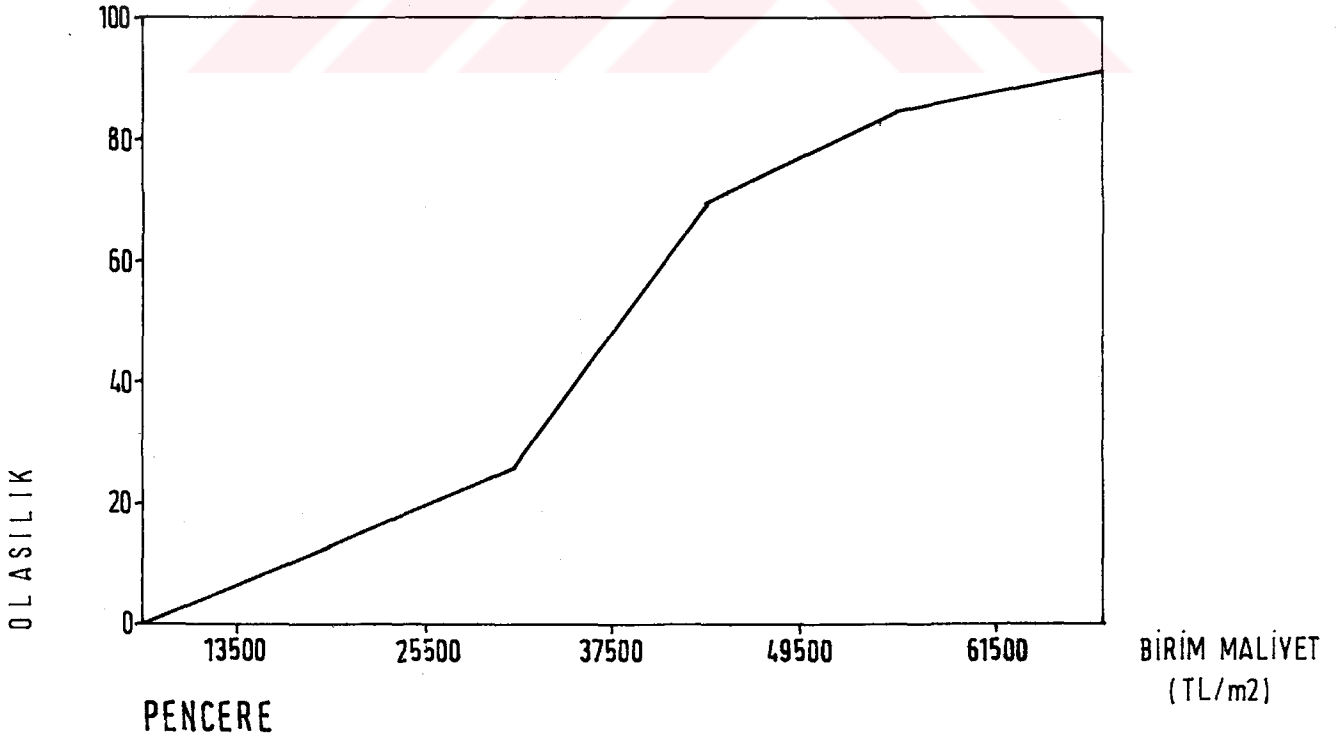
MERDİVEN

EK 4.12. Merdivene ait Kümülatif Olasılık Dağılımı

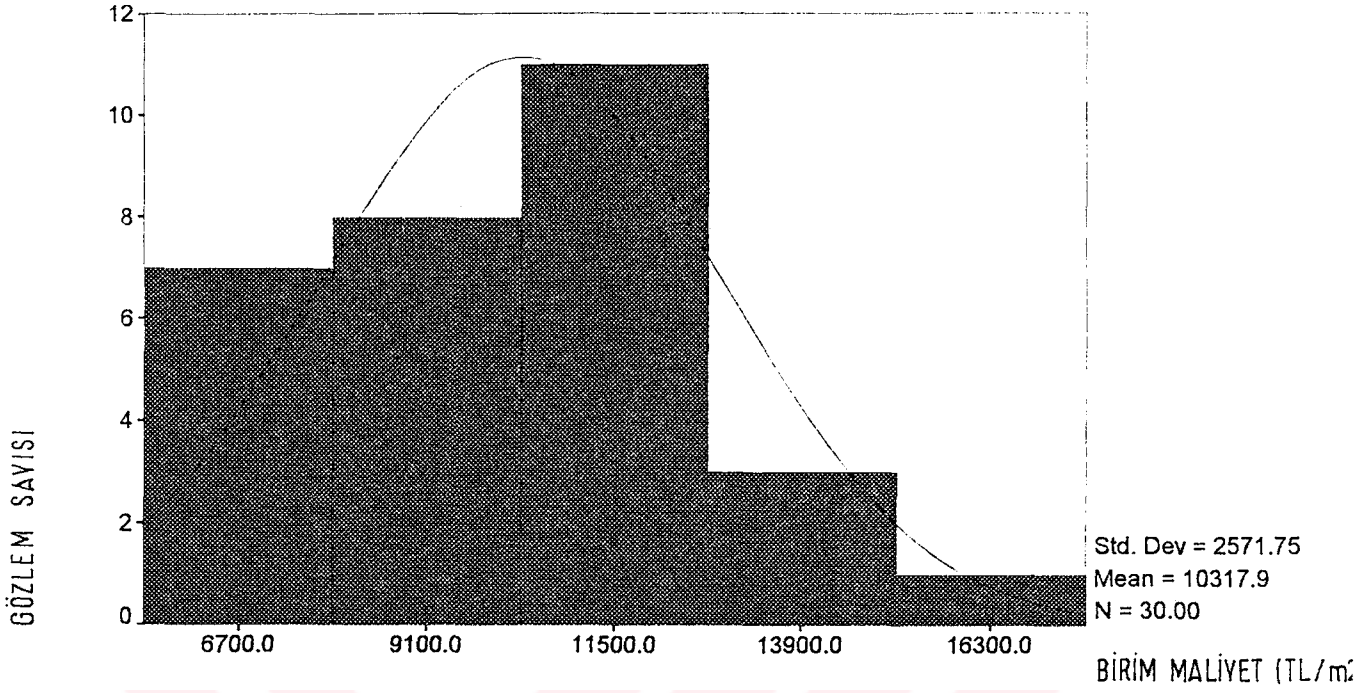


PENCERE

EK 4.13. Pencereye ait Histogram

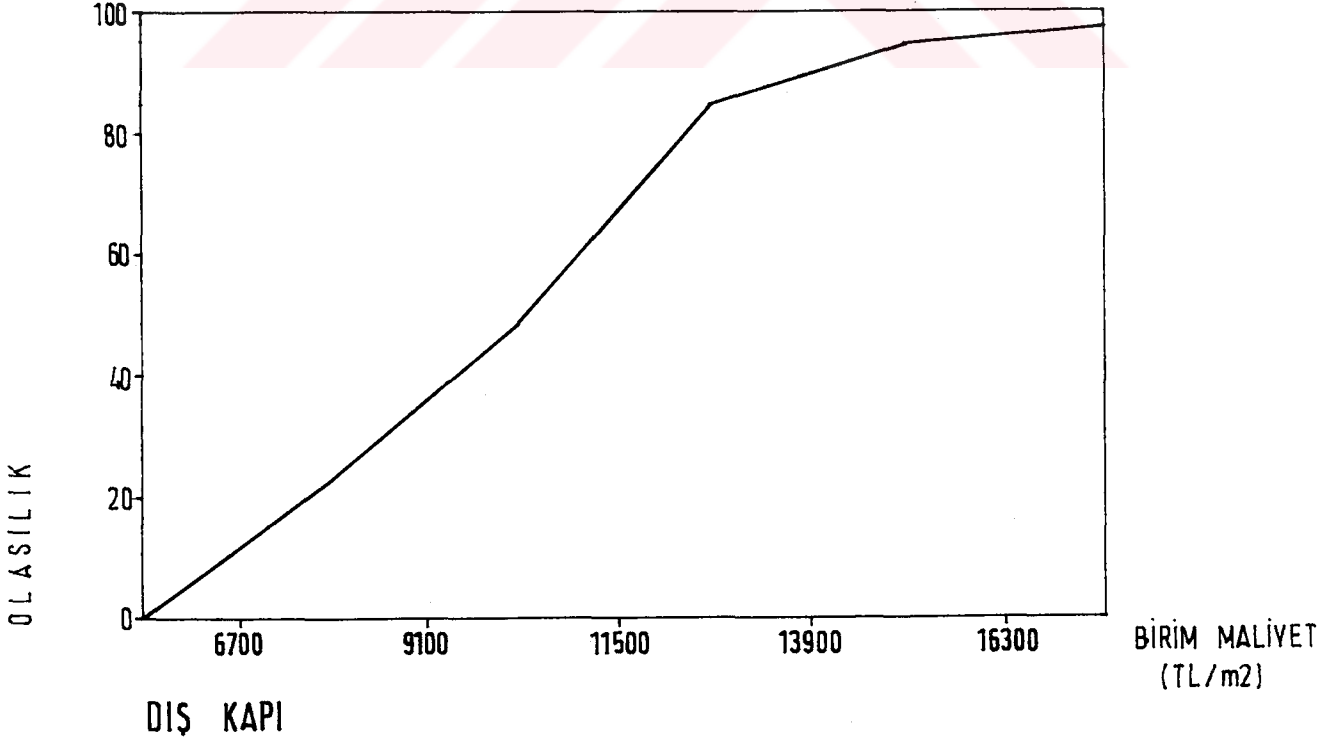


EK 4.14. Pencereye ait Kümülatif Olasılık Dağılımı



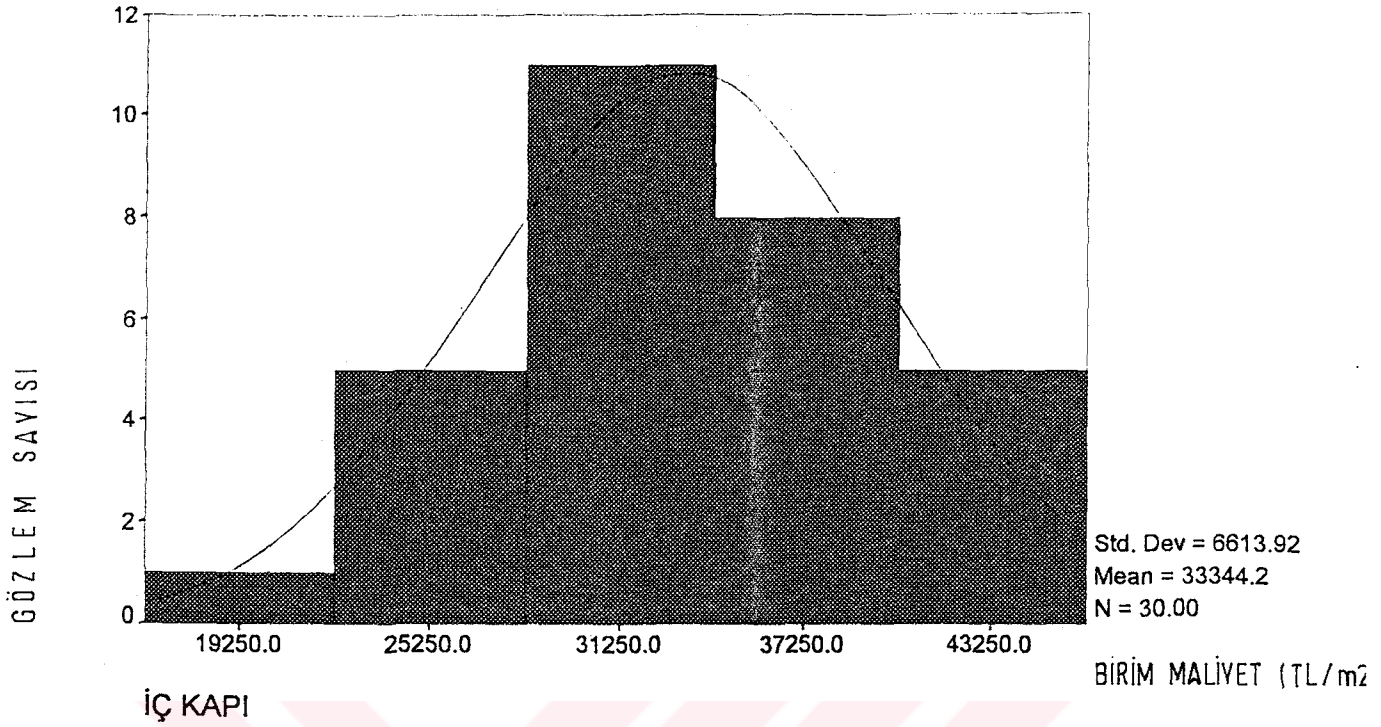
DIŞ KAPI

EK 4.15. Dış Kapiya ait Histogram

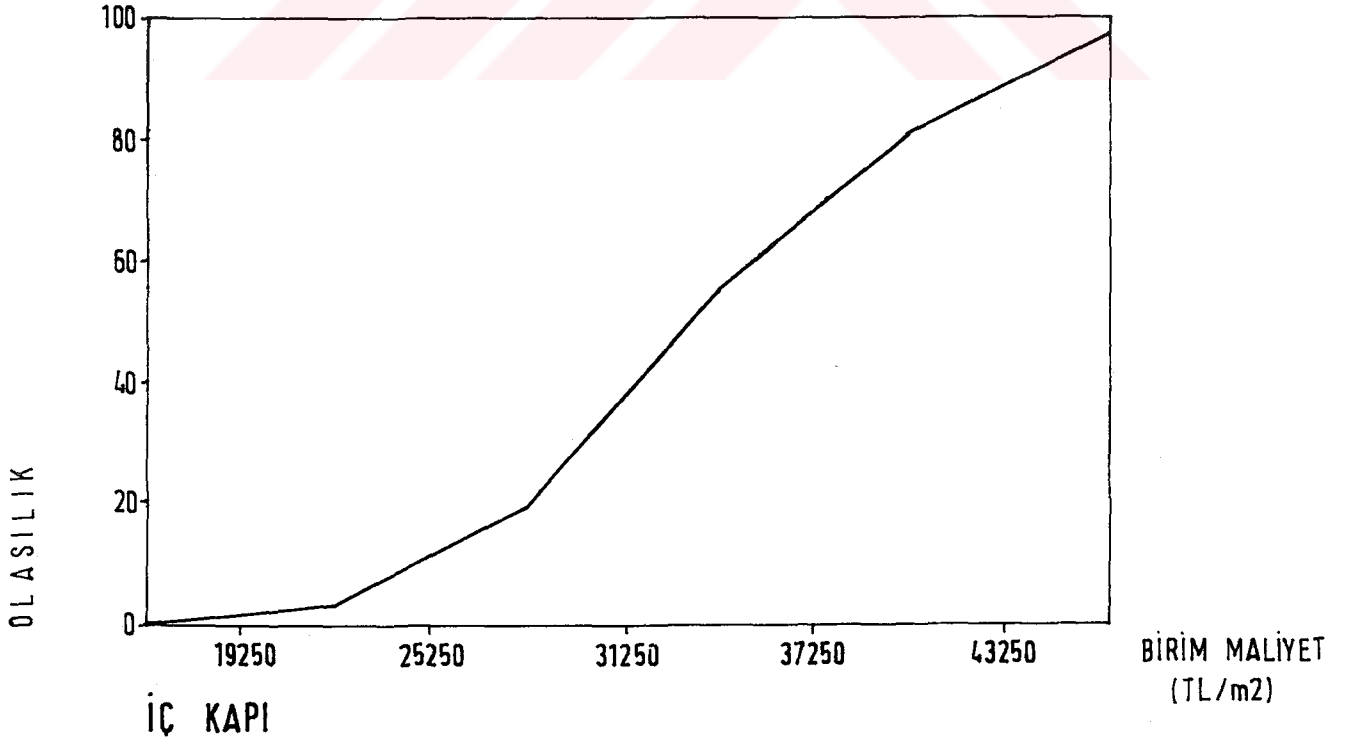


DIŞ KAPI

EK 4.16. Dış Kapiya ait Kümülatif Olasılık Dağılımı



EK 4.17. İç Kapiya ait Histogram



Ek 4.18. İç Kapiya ait Kümülatif Olasılık Dağılımı

EK 5 SİMÜLASYON İŞLEMİ

	rasgele1	altkabuk	rasgele2	disboluc	rasgele3	icbolucu	rasgele4	yataybol	rasgele5	cati	rasgele6	merdiven	rasgele7	pencere	rasgele8	diskapi	rasgele9	ickapi
1	98.0	106750.0	4.0	114375.0	74.0	137115.0	28.0	343000.0	55.0	61250.0	75.0	22750.0	56.0	35900.0	60.0	11020.0	24.0	29150.0
2	8.0	20000.0	95.0	468750.0	2.0	76445.0	30.0	345000.0	29.0	47085.0	23.0	13125.0	73.0	46300.0	52.0	10460.0	94.0	44950.0
3	62.0	41000.0	5.0	123375.0	94.0	160225.0	60.0	367000.0	68.0	66670.0	94.0	32500.0	21.0	26700.0	88.0	13500.0	38.0	31450.0
4	48.0	36500.0	96.0	492375.0	39.0	107500.0	32.0	346000.0	22.0	42920.0	18.0	12250.0	62.0	41500.0	34.0	8900.0	96.0	45750.0
5	26.0	29250.0	97.0	499125.0	2.0	72835.0	64.0	372000.0	74.0	68750.0	13.0	11250.0	34.0	33700.0	41.0	9500.0	14.0	26450.0
6	45.0	35250.0	28.0	203250.0	77.0	140000.0	81.0	393000.0	95.0	91660.0	19.0	12375.0	17.0	23300.0	7.0	6220.0	55.0	34250.0
7	24.0	28750.0	9.0	142500.0	55.0	122670.0	33.0	347000.0	69.0	66700.0	84.0	25000.0	39.0	35100.0	95.0	15100.0	99.0	46750.0
8	2.0	16500.0	54.0	271875.0	73.0	136390.0	31.0	345500.0	.0	.0	54.0	18750.0	59.0	40700.0	41.0	9500.0	7.0	23750.0
9	84.0	55500.0	14.0	158250.0	22.0	90900.0	5.0	313000.0	30.0	47916.0	42.0	16750.0	61.0	41100.0	98.0	17500.0	24.0	29150.0
10	4.0	17500.0	43.0	244875.0	70.0	132055.0	91.0	428000.0	23.0	43335.0	14.0	11500.0	31.0	32700.0	14.0	6940.0	63.0	36050.0
11	44.0	35250.0	90.0	429375.0	97.0	199950.0	40.0	352000.0	50.0	59585.0	65.0	20500.0	10.0	16700.0	59.0	10940.0	82.0	40450.0
12	99.0	115000.0	8.0	140250.0	79.0	141805.0	51.0	361000.0	94.0	88335.0	38.0	16000.0	12.0	18900.0	17.0	7260.0	98.0	46500.0
13	90.0	60250.0	16.0	166125.0	1.0	75725.0	.0	.0	36.0	51670.0	65.0	20500.0	39.0	35100.0	52.0	10460.0	67.0	36950.0
14	88.0	58750.0	26.0	198750.0	71.0	134585.0	78.0	390000.0	68.0	66670.0	35.0	15500.0	16.0	22300.0	6.0	6100.0	97.0	46250.0
15	96.0	65000.0	41.0	240375.0	19.0	88360.0	93.0	438000.0	42.0	55415.0	7.0	9000.0	22.0	27500.0	95.0	15100.0	28.0	29850.0
16	39.0	33250.0	96.0	492375.0	52.0	120500.0	32.0	346000.0	87.0	74170.0	36.0	15625.0	85.0	55500.0	5.0	6020.0	54.0	34050.0
17	9.0	20750.0	3.0	103125.0	52.0	120500.0	60.0	367000.0	30.0	47916.0	74.0	22500.0	49.0	37900.0	53.0	10540.0	33.0	30650.0
18	47.0	36000.0	51.0	264000.0	75.0	138195.0	46.0	357000.0	95.0	91660.0	38.0	16000.0	65.0	42300.0	35.0	8950.0	59.0	35150.0
19	34.0	31750.0	54.0	271875.0	80.0	142530.0	4.0	311000.0	37.0	52500.0	36.0	15625.0	75.0	47900.0	21.0	7700.0	61.0	35550.0
20	7.0	19500.0	65.0	300000.0	21.0	90165.0	75.0	385000.0	17.0	39170.0	57.0	19250.0	60.0	40700.0	39.0	9380.0	39.0	31650.0
21	35.0	31500.0	88.0	412500.0	80.0	142530.0	94.0	445000.0	32.0	49170.0	93.0	31750.0	81.0	52100.0	61.0	11100.0	83.0	40850.0
22	44.0	35250.0	71.0	323625.0	81.0	143615.0	11.0	322000.0	56.0	61670.0	32.0	14750.0	60.0	40700.0	21.0	7700.0	97.0	46250.0
23	13.0	23000.0	27.0	201000.0	45.0	114000.0	90.0	422000.0	12.0	34585.0	92.0	31250.0	41.0	35500.0	20.0	7620.0	27.0	29550.0
24	18.0	27250.0	80.0	367500.0	17.0	87280.0	18.0	333000.0	19.0	40835.0	95.0	33250.0	88.0	61300.0	64.0	11300.0	10.0	24850.0
25	80.0	52500.0	33.0	216750.0	48.0	117250.0	40.0	352000.0	4.0	28335.0	39.0	16250.0	80.0	51500.0	55.0	10660.0	53.0	33950.0
26	59.0	42000.0	90.0	429375.0	91.0	155890.0	24.0	341000.0	54.0	60835.0	27.0	14000.0	3.0	10300.0	88.0	13500.0	58.0	34950.0
27	58.0	41750.0	78.0	356250.0	30.0	98475.0	63.0	370000.0	95.0	91660.0	92.0	31250.0	78.0	50500.0	49.0	10300.0	30.0	28700.0
28	.0	.0	55.0	274125.0	70.0	133500.0	73.0	383000.0	52.0	60000.0	10.0	10000.0	89.0	63500.0	29.0	8460.0	3.0	22250.0
29	64.0	42500.0	87.0	405750.0	69.0	132780.0	87.0	405000.0	65.0	65000.0	75.0	22750.0	75.0	47900.0	93.0	14620.0	39.0	31650.0
30	78.0	51000.0	16.0	166125.0	91.0	155890.0	36.0	350000.0	26.0	45420.0	85.0	25250.0	90.0	65500.0	82.0	12500.0	64.0	36250.0
31	75.0	49000.0	98.0	525000.0	19.0	88360.0	74.0	384000.0	42.0	55415.0	35.0	15500.0	75.0	47900.0	14.0	6940.0	71.0	37850.0

	rasgele1	altkabuk	rasgele2	disboluc	rasgele3	icbolucu	rasgele4	yataybol	rasgele5	cati	rasgele6	merdiven	rasgele7	pencere	rasgele8	diskapi	rasgele9	ickapi
32	56.0	38750.0	9.0	142500.0	7.0	80055.0	38.0	351000.0	44.0	56670.0	56.0	19000.0	86.0	57100.0	45.0	9900.0	30.0	28700.0
33	97.0	99500.0	15.0	162750.0	22.0	90900.0	48.0	358000.0	54.0	60835.0	36.0	15625.0	72.0	45700.0	40.0	9420.0	8.0	24350.0
34	88.0	58750.0	19.0	176250.0	42.0	111110.0	93.0	438000.0	76.0	69585.0	57.0	19250.0	7.0	14100.0	45.0	9900.0	14.0	22650.0
35	.0	.0	85.0	396750.0	10.0	82225.0	42.0	354000.0	92.0	83335.0	7.0	9000.0	17.0	23300.0	4.0	5900.0	71.0	37850.0
36	88.0	58750.0	3.0	103125.0	36.0	103890.0	52.0	362000.0	4.0	28335.0	68.0	21000.0	74.0	47100.0	20.0	7620.0	6.0	23550.0
37	83.0	54500.0	22.0	187500.0	69.0	132780.0	62.0	369000.0	49.0	57500.0	14.0	11500.0	41.0	35500.0	9.0	6460.0	95.0	45450.0
38	55.0	38500.0	94.0	462000.0	95.0	161665.0	30.0	345000.0	80.0	71250.0	7.0	9000.0	65.0	42300.0	49.0	10300.0	95.0	45450.0
39	44.0	35250.0	82.0	378750.0	37.0	105335.0	79.0	391000.0	4.0	28335.0	27.0	14000.0	31.0	32700.0	89.0	13740.0	59.0	35150.0
40	86.0	57000.0	87.0	405750.0	28.0	96665.0	92.0	434000.0	21.0	40835.0	35.0	15500.0	66.0	42700.0	77.0	12140.0	62.0	35850.0
41	23.0	28250.0	11.0	149250.0	28.0	96665.0	12.0	324000.0	44.0	56670.0	56.0	19000.0	35.0	33900.0	74.0	11940.0	2.0	20750.0
42	76.0	49750.0	95.0	468750.0	82.0	144695.0	36.0	350000.0	70.0	67500.0	79.0	23750.0	20.0	25900.0	84.0	12620.0	15.0	26850.0
43	80.0	52500.0	46.0	253875.0	53.0	120860.0	91.0	428000.0	.0	.0	68.0	21000.0	83.0	57100.0	39.0	9380.0	27.0	29550.0
44	61.0	40500.0	29.0	206625.0	57.0	123750.0	86.0	400000.0	43.0	54170.0	28.0	14125.0	33.0	33500.0	34.0	8900.0	12.0	25650.0
45	56.0	38750.0	34.0	221250.0	93.0	158780.0	1.0	265500.0	46.0	58335.0	19.0	12375.0	74.0	47100.0	13.0	6860.0	50.0	33450.0
46	4.0	17500.0	97.0	499125.0	28.0	96665.0	3.0	310000.0	37.0	52500.0	7.0	9000.0	87.0	59300.0	22.0	7820.0	73.0	38350.0
47	11.0	21500.0	81.0	372000.0	97.0	199950.0	74.0	384000.0	84.0	72920.0	47.0	17500.0	53.0	38900.0	10.0	6540.0	33.0	30650.0
48	10.0	21250.0	13.0	156000.0	66.0	129890.0	28.0	343000.0	47.0	58400.0	74.0	22500.0	90.0	65500.0	97.0	16340.0	98.0	46500.0
49	84.0	55500.0	97.0	499125.0	62.0	127365.0	38.0	351000.0	95.0	91660.0	67.0	20875.0	88.0	61300.0	85.0	12700.0	96.0	15750.0
50	8.0	20000.0	66.0	301125.0	52.0	120500.0	73.0	383000.0	78.0	70420.0	21.0	12750.0	23.0	28700.0	8.0	6380.0	79.0	39650.0
51	33.0	31500.0	71.0	323625.0	57.0	121585.0	53.0	363000.0	13.0	35420.0	2.0	7000.0	65.0	42300.0	83.0	12540.0	53.0	33950.0
52	18.0	27250.0	81.0	372000.0	17.0	87280.0	84.0	396000.0	20.0	41670.0	80.0	24000.0	13.0	19500.0	59.0	10940.0	15.0	36850.0
53	51.0	37000.0	43.0	244875.0	84.0	146140.0	8.0	317000.0	82.0	72085.0	12.0	11000.0	85.0	55500.0	63.0	11180.0	72.0	37950.0
54	62.0	41000.0	65.0	300000.0	56.0	123030.0	62.0	369000.0	66.0	65420.0	58.0	19375.0	68.0	43300.0	56.0	10700.0	18.0	27950.0
55	32.0	31250.0	32.0	214500.0	11.0	82585.0	33.0	347000.0	65.0	65000.0	50.0	18000.0	6.0	13100.0	55.0	10660.0	13.0	26050.0
56	41.0	34000.0	24.0	192000.0	80.0	142530.0	81.0	393000.0	38.0	52920.0	6.0	8375.0	87.0	59300.0	6.0	6100.0	24.0	29150.0
57	94.0	63500.0	74.0	337125.0	99.0	206445.0	59.0	366000.0	79.0	70835.0	38.0	16000.0	64.0	41900.0	95.0	15100.0	31.0	30350.0
58	15.0	24250.0	97.0	499125.0	33.0	101000.0	41.0	354000.0	17.0	39170.0	99.0	36250.0	88.0	61300.0	89.0	13740.0	41.0	31850.0
59	9.0	20750.0	84.0	388875.0	71.0	134585.0	36.0	350000.0	9.0	32085.0	15.0	11625.0	52.0	38700.0	29.0	8460.0	36.0	31050.0
60	49.0	36750.0	13.0	156000.0	43.0	111475.0	28.0	343000.0	85.0	73335.0	17.0	12000.0	61.0	41100.0	83.0	12540.0	75.0	38750.0
61	89.0	59750.0	61.0	288750.0	5.0	78610.0	51.0	361000.0	46.0	58335.0	71.0	21750.0	34.0	33700.0	5.0	6020.0	42.0	32050.0
62	43.0	35000.0	29.0	206625.0	33.0	101000.0	21.0	337000.0	8.0	31670.0	88.0	26000.0	31.0	32700.0	12.0	6780.0	92.0	44050.0

EK 5.2. Simülasyon İşlemi

	rasgele1	altkabuk	rasgele2	disboluc	rasgele3	icbolucu	rasgele4	yataybol	rasgele5	cati	rasgele6	merdiven	rasgele7	pencere	rasgele8	diskapi	rasgele9	ickapi
63	54.0	38250.0	95.0	468750.0	51.0	119415.0	59.0	366000.0	92.0	83335.0	5.0	8250.0	36.0	34300.0	80.0	12380.0	88.0	42850.0
64	85.0	56250.0	86.0	401250.0	29.0	97390.0	2.0	289000.0	89.0	75000.0	81.0	24250.0	58.0	40700.0	97.0	16340.0	72.0	37950.0
65	81.0	53000.0	56.0	277500.0	69.0	132780.0	90.0	422000.0	6.0	30000.0	51.0	18125.0	61.0	41100.0	19.0	7500.0	52.0	33850.0
66	88.0	58750.0	89.0	423750.0	56.0	123030.0	28.0	343000.0	66.0	65420.0	69.0	21250.0	45.0	36700.0	77.0	12140.0	47.0	32950.0
67	69.0	45500.0	3.0	103125.0	12.0	83305.0	46.0	357000.0	53.0	60800.0	96.0	33750.0	87.0	59300.0	43.0	9740.0	32.0	30450.0
68	54.0	38250.0	98.0	525000.0	71.0	134585.0	66.0	367000.0	33.0	50000.0	27.0	14000.0	52.0	38700.0	35.0	8950.0	55.0	34250.0
69	19.0	26750.0	53.0	269625.0	92.0	158055.0	87.0	405000.0	31.0	48335.0	86.0	25500.0	10.0	16700.0	37.0	9180.0	59.0	10940.0
70	94.0	63500.0	81.0	372000.0	55.0	122670.0	95.0	452000.0	74.0	68750.0	78.0	23500.0	69.0	43500.0	83.0	12540.0	88.0	42850.0
71	37.0	33000.0	95.0	468750.0	36.0	103890.0	77.0	388000.0	92.0	83335.0	7.0	9000.0	85.0	55500.0	92.0	14460.0	91.0	43750.0
72	54.0	38250.0	95.0	468750.0	4.0	77530.0	76.0	386000.0	13.0	35420.0	62.0	20000.0	64.0	41900.0	30.0	8300.0	47.0	32950.0
73	87.0	58000.0	91.0	438375.0	9.0	81140.0	22.0	338000.0	16.0	38335.0	40.0	16500.0	44.0	36300.0	15.0	7100.0	33.0	30650.0
74	30.0	30750.0	64.0	296625.0	3.0	77170.0	7.0	316000.0	86.0	73750.0	62.0	20000.0	72.0	45700.0	4.0	5900.0	33.0	30650.0
75	43.0	35000.0	24.0	192000.0	24.0	93055.0	91.0	428000.0	39.0	53335.0	39.0	16250.0	77.0	49500.0	98.0	17500.0	90.0	43450.0
76	38.0	33250.0	15.0	162750.0	69.0	131695.0	83.0	395000.0	83.0	72500.0	98.0	36000.0	48.0	37500.0	30.0	8300.0	11.0	25250.0
77	50.0	36900.0	10.0	147000.0	43.0	111475.0	8.0	317000.0	89.0	75000.0	45.0	17125.0	22.0	27500.0	93.0	14620.0	41.0	31850.0
78	80.0	52500.0	20.0	179625.0	49.0	118335.0	1.0	265500.0	65.0	65000.0	48.0	17750.0	86.0	57100.0	44.0	9820.0	89.0	43250.0
79	73.0	47750.0	3.0	103125.0	46.0	115085.0	24.0	341000.0	51.0	59585.0	49.0	17800.0	33.0	33500.0	77.0	12140.0	91.0	43750.0
80	41.0	34000.0	48.0	258375.0	88.0	151195.0	51.0	361000.0	54.0	60835.0	90.0	28125.0	79.0	51100.0	44.0	9820.0	26.0	29450.0
81	23.0	28250.0	10.0	147000.0	84.0	146140.0	38.0	351000.0	86.0	73750.0	97.0	34625.0	85.0	55500.0	7.0	6220.0	84.0	41250.0
82	79.0	51250.0	44.0	248250.0	47.0	116170.0	99.0	490000.0	22.0	42920.0	34.0	15250.0	78.0	50500.0	48.0	10220.0	9.0	24650.0
83	34.0	59750.0	26.0	198750.0	31.0	99195.0	22.0	338000.0	91.0	80420.0	81.0	24250.0	34.0	33700.0	18.0	7460.0	7.0	23750.0
84	87.0	58000.0	99.0	528375.0	36.0	103890.0	28.0	343000.0	41.0	55000.0	82.0	24500.0	76.0	48700.0	38.0	9300.0	82.0	40450.0
85	63.0	41500.0	13.0	156000.0	22.0	90900.0	15.0	328000.0	6.0	30000.0	27.0	14000.0	19.0	25100.0	28.0	8380.0	65.0	36550.0
86	90.0	60250.0	66.0	301125.0	62.0	127365.0	7.0	316000.0	28.0	46670.0	22.0	13000.0	53.0	38900.0	73.0	11900.0	22.0	28750.0
87	82.0	54000.0	59.0	259500.0	12.0	83305.0	75.0	385000.0	8.0	31670.0	31.0	13375.0	15.0	21500.0	78.0	12220.0	71.0	37850.0
88	29.0	30500.0	5.0	123375.0	69.0	132780.0	95.0	452000.0	54.0	60835.0	52.0	18000.0	26.0	31500.0	80.0	12380.0	48.0	33150.0
89	70.0	46000.0	44.0	248250.0	84.0	146140.0	17.0	331000.0	28.0	46670.0	27.0	14000.0	74.0	47100.0	65.0	11340.0	47.0	32950.0
90	22.0	28000.0	77.0	351750.0	8.0	80780.0	77.0	388000.0	21.0	40835.0	3.0	7375.0	33.0	33500.0	33.0	8780.0	19.0	28250.0
91	17.0	25500.0	22.0	187500.0	12.0	83305.0	97.0	469000.0	92.0	83335.0	76.0	23000.0	35.0	33900.0	28.0	8380.0	95.0	45450.0
92	71.0	46500.0	64.0	296625.0	84.0	146140.0	37.0	350500.0	96.0	95835.0	73.0	22250.0	66.0	42700.0	59.0	10940.0	6.0	23550.0
93	90.0	60250.0	59.0	284250.0	38.0	106780.0	72.0	381000.0	58.0	62920.0	25.0	13500.0	35.0	33900.0	72.0	11780.0	52.0	33850.0

	rasgele1	altkabuk	rasgele2	disboluc	rasgele3	icbolucu	rasgele4	yataybol	rasgele5	cati	rasgele6	merdiven	rasgele7	pencere	rasgele8	diskapi	rasgele9	ickapi
94	42.0	34250.0	59.0	284250.0	25.0	93780.0	75.0	385000.0	86.0	73750.0	31.0	13375.0	29.0	30700.0	4.0	5900.0	17.0	27550.0
95	7.0	19500.0	64.0	296625.0	90.0	154805.0	85.0	398000.0	29.0	47085.0	3.0	7375.0	72.0	45700.0	5.0	6020.0	10.0	24850.0
96	95.0	64250.0	4.0	114375.0	9.0	81140.0	51.0	361000.0	59.0	63335.0	69.0	21250.0	16.0	22300.0	94.0	14860.0	27.0	29550.0
97	95.0	64250.0	28.0	203250.0	81.0	143615.0	97.0	469000.0	92.0	83335.0	48.0	17750.0	81.0	52100.0	20.0	7620.0	5.0	23050.0
98	44.0	35250.0	23.0	188750.0	59.0	125195.0	23.0	340000.0	77.0	70000.0	22.0	13000.0	86.0	57100.0	52.0	10460.0	36.0	31050.0
99	90.0	60250.0	65.0	300000.0	31.0	99195.0	78.0	390000.0	39.0	53335.0	19.0	12375.0	3.0	10300.0	3.0	5780.0	22.0	28750.0
100	53.0	37750.0	.0	.0	46.0	115085.0	67.0	375000.0	86.0	69585.0	86.0	25500.0	11.0	17500.0	80.0	12 380.0	83.0	40850.0

EK 5.4. Simülasyon İşlemi



**EK 6 100 SİMÜLASYON SONUCU ELDE EDİLEN BİRİM
MALİYET VERİLERİ**

	var00001		var00001	var00001		var00001
1	861310.0	32	783675.0 63	1173530	94	948555.0
2	1072115	33	867080.0 64	1038130	95	999960.0
3	862420.0	34	919595.0 65	1015855	96	772060.0
4	1133695	35	992360.0 66	1116990	97	1063970
5	1122860	36	755370.0 67	782970.0	98	870806.0
6	939305.0	37	900190.0 68	1210735	99	959985.0
7	829570.0	38	1185465 69	970085.0	100	693650.0
8	862965.0	39	1034260 70	1201310		
9	770066.0	40	1140440 71	1199685		
10	952955.0	41	740425.0 72	1109100		
11	1164750	42	1169815 73	1044400		
12	935050.0	43	972265.0 74	896545.0		
13	456780.0	44	907220.0 75	928090.0		
14	938905.0	45	842400.0 76	902245.0		
15	968600.0	46	1090260 77	778470.0		
16	1177490	47	1143960 78	808880.0		
17	760881.0	48	859380.0 79	773735.0		
18	989255.0	49	1265275 80	983900.0		
19	916430.0	50	982525.0 81	883735.0		
20	934815.0	51	970920.0 82	1049210		
21	1216500	52	1005490 83	865275.0		
22	995560.0	53	932730.0 84	1211215		
23	898505.0	54	999775.0 85	730430.0		
24	986565.0	55	808145.0 86	943960.0		
25	879195.0	56	917375.0 87	898420.0		
26	1101850	57	1147255 88	894520.0		
27	1078885	58	1160685 89	923450.0		
28	954835.0	59	1025130 90	967270.0		
29	1167950	60	824950.0 91	959370.0		
30	907935.0	61	939965.0 92	1035040		
31	1209965	62	820825.0 93	988230.0		



EK 7 ÖRNEK UYGULAMAYA AİT MALİYET VERİLERİ

SUMKO 4A

Poz No	Yapım İşlemi	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
15.1402	Kum Çakıl Serilmesi	m ³	120,00	37.196	4.463.520
16.002	200 doz grobeton	m ³	21.50	284.101	61.081.715
16.0431	B225 Betonu	m ³	300,00	398.151	119.445.300
17.136	Ocak taşı ile blokaj	m ³	35,50	108.692	3.858.566
18.071	Yatay delikli tuğla duvar	m ²	13,50	330.393	4.460.305
18.0711	Yatay delikli 1/2 tuğla	m ²	410	36.783	15.081.030
18.106	20 cm.lik ytong	m ²	380	330.393	125.549.340
18.211	Kiremit ile çatı örtüsü	m ²	260	38.623	10.041.980
19.033	Marsilya tipi mahya	mt	15	12.960	194.400
19.0483	3 katlı su yalıtımı	m ²	17	47.246	803.182
21.011	3 cm. cam yünü	m ²	260	26.359	6.853.340
21.067	Düz yüzeyli kalıp	m ²	2400	54.744	131.385.600
21.210	İş iskelesi	m ²	850	9.388	7.979.800
21.286	Ahşap oturtma çatı	m ²	260	187.294	48.696.440
22.286	Meşe parke kaplama	m ²	232	344.133	79.838.856
22.003	Pres kapı kasası	m ²	16	412.489	6.599.824
22.015	Camlı kapı kanadı	m ²	50	113.020	5.651.000
22.0093	Pres kapı kanadı	m ²	140	288.746	40.424.440
22.045	Tek cam	m ²	120	230.380	27.645.600
23.001/1	İnce betonarme demiri	T	3,2	4.890.894	15.650.860
23.176	Çeşitli demir işleri	kg.	450	12.329	5.548.050
25.005	Ahşap yağlı boyası	m ²	1350	53.622	72.389.70
25.036	Akrilik esaslı boya	m ²	850	20.014	17.011.900
25.045	Beyaz kireç, badana	m ²	1150	2621	3.014.150
25.048	Plastik Badana	m ²	1580	18.195	28.748.100
25.115	Marley döşeme	m ²	305	49.683	15.153.315
26.081	Beyaz karo fayans	m ²	220	154.462	33.981.640
26.111	Seramik döşeme kapl.	m ²	170	258.131	43.882.270
26.501	Suni mermer-döşeme kapl.	m ²	110	144.038	15.844.180
26.661	Mermer merdiven basamağı	mt	120	81617	9.794.040
27.501	Dış sıva	m ²	850	29.690	25.236.500
27.531	İç sıva	m ²	2100	24.330	51.093.000
27.535	Tavan sıvası	m ²	880	22.842	20.100.960
27.581	Tesviye betonu	m ²	880	16.190	14.247.200
27.583	400 doz şap	m ²	715	24.387	17.436.705
28.002	3 mm.lik cam takılması	m ²	200	54.261	10.852.200

SUMKO 6A

<i>Poz No</i>	<i>Yapım İşlemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim Fiyat (TL)</i>	<i>Tutar (TL)</i>
151402	Kum çakıl serilmesi	m ³	120	37.196	4.463.520
16.002	200 doz grobeton	m ³	21.5	284.101	61.081.715
16.0431	B225 betonu	m ³	331	398.151	131.787.981
17.136	Ocaktaşı ile blokaj	m ³	35,5	108.692	3.858.566
18.071	Yatay delikli, tuğla duvar	m ²	570	330.393	188.324.010
18.0711	Yatay delikli 1/2 tuğla	m ²	600	36.783	22.069.800
18.211	Kiremit ile çatı örtüsü	m ²	260	38.623	10.041.980
18.231	Marsilya tipi mahya	mt.	15	12.960	194.400
19.033	3 katlı su yalıtımı	m ²	17	47.246	803.182
19.0501	5 cm. cam yünü	m ²	260	26.359	6.853.340
21.011	Düz yüzeyli kalıp	m ²	2487	54.744	13.576.512
21.054	Kalıp iskelesi	m ²	5.700	10.036	57.205.200
21.067	İş iskelesi	m ²	1270	9.388	11.922.760
21.210	Ahşap Oturtma çatı	m ²	260	187.294	48.696.440
21.286	Meşe parke kaplama	m ²	345	344.133	118.725.885
22.003	Pres kapı kasası	m ²	27	412.489	11.137.203
22.015	Camlı kapı kanadı	m ²	80	113.020	9.041.600
22.0093	Pres kapı kanadı	m ²	200	288.746	57.749.200
22.045	Tek cam	m ²	180	230.380	41.468.400
23.001/1	İnce betonarme demiri	T	4,6	4.890.894	22.498.112
23.176	Çeşitli demir işleri	kg	650	12.329	8.013.850
25.005	Ahşap yağlı boyası	m ²	1975	53.622	105.903.450
25.036	Akrilik esaslı boya	m ²	1,300	20.014	26.018.200
25.045	Beyaz kireç badana	m ²	15,00	26.71	3.931.500
25.048	Plastik badana	m ²	2,280	18.195	41.484.600
25.115	Marley döşeme	m ²	450	49.683	22.357.350
26.081	Beyaz karofayans	m ²	320	154.462	49.427.840
26.111	Seramik döş.kaplaması	m ²	245	258.131	63.242.095
26.501	Suni mermer döş.kapl.	m ²	170	144.038	24.486.460
26.661	Mermer-merdiven basamağı	m ²	170	81.617	13.874.890
27.501	Dış sıva	m ²	1300	29.690	38.597.000
27.531	İç sıva	m ²	2900	24.330	70.557.000
27.535	Tavan sıvası	m ²	1250	22.842	28.552.500
27.581	Tesviye betonu	m ²	1250	16.190	20.237.500
27.583	400 doz şap	m ²	100	24.387	2.438.700
28.002	3 mm.lik cam takılması	m ²	300	54.261	16.278.300



EK 8 RASGELE SAYILAR TABLOSU

10 09 73 25 33	76 52 01 35 86	34 67 35 48 76	80 95 90 91 17	39 29 27 49 45
37 54 20 48 05	64 89 47 42 96	24 80 52 40 37	20 63 61 04 02	00 82 29 16 65
08 42 26 89 53	19 64 50 93 03	23 20 90 25 60	15 95 33 47 64	35 08 03 36 06
99 01 90 25 29	09 37 67 07 15	38 31 13 11 65	88 67 67 43 97	04 43 62 76 59
12 80 79 99 70	80 15 73 61 47	64 03 23 66 53	98 95 11 68 77	12 17 17 68 33
66 06 57 47 17	34 07 27 68 50	36 69 73 61 70	65 81 33 98 85	11 19 92 91 70
31 06 01 08 05	45 57 18 24 06	35 30 34 26 14	86 79 90 74 39	23 40 30 97 32
85 26 97 76 02	02 05 16 56 92	68 66 57 48 18	73 05 38 52 47	18 62 38 85 79
63 57 33 21 35	05 32 54 70 48	90 55 35 75 48	28 46 82 87 09	83 49 12 56 24
73 79 64 57 53	03 52 96 47 78	35 80 83 42 82	60 93 52 03 44	35 27 38 84 35
98 52 01 77 67	14 90 56 86 07	22 10 94 05 58	60 97 09 34 33	50 50 07 39 98
11 80 50 54 31	39 80 82 77 32	50 72 56 82 48	29 40 52 42 01	52 77 56 78 51
83 45 29 96 34	06 28 89 80 83	13 74 67 00 78	18 47 54 06 10	68 71 17 78 17
88 68 54 02 00	86 50 75 84 01	36 76 66 79 51	90 36 47 64 93	29 60 91 10 62
99 59 46 73 48	87 51 76 49 09	91 82 60 89 28	93 78 56 13 68	23 47 83 41 13
65 48 11 76 74	17 46 85 09 50	58 04 77 69 74	73 03 95 71 86	40 21 81 65 44
80 12 43 56 35	17 72 70 80 15	45 31 82 23 74	21 11 57 82 53	14 38 55 37 63
74 35 09 98 17	77 40 27 72 14	43 23 60 02 10	45 52 16 42 37	96 28 60 26 55
69 91 62 68 03	66 25 22 91 48	36 93 68 72 03	76 62 11 39 90	94 40 05 64 18
09 89 32 05 05	14 22 56 85 14	46 42 75 67 88	96 29 77 88 22	54 38 21 45 98
91 49 91 45 23	68 47 92 76 86	46 16 28 35 54	94 75 08 99 23	37 08 92 00 48
80 33 69 45 98	26 94 03 68 58	70 29 73 41 35	53 14 03 33 40	42 05 08 23 41
44 10 48 19 49	85 15 74 79 54	32 97 92 65 75	57 60 04 08 81	22 22 20 64 13
12 55 07 37 42	11 10 00 20 40	12 86 07 46 97	96 64 48 94 39	28 70 72 58 15
63 60 64 93 29	16 50 53 44 84	40 21 95 25 63	43 65 17 70 82	07 20 73 17 90
61 19 69 04 46	26 45 74 77 74	51 92 43 37 29	65 39 45 95 93	42 58 26 05 27
15 47 44 52 66	95 27 07 99 53	59 36 78 38 48	82 39 61 01 18	33 21 15 94 66
94 55 72 85 73	67 89 75 43 87	54 62 24 44 31	91 19 04 25 92	92 92 74 59 73
42 48 11 62 13	97 34 40 87 21	16 86 84 87 67	03 07 11 20 59	25 70 14 66 70
23 52 37 83 17	73 20 88 98 37	68 93 59 14 16	26 25 22 96 63	05 52 28 25 62
04 49 35 24 94	75 24 63 38 24	45 86 25 10 25	61 96 27 93 35	65 33 71 24 72
00 54 99 76 54	64 05 18 81 59	96 11 96 38 96	54 69 28 23 91	23 28 72 95 29
35 96 31 53 07	26 89 80 93 54	33 35 13 54 62	77 97 45 00 24	90 10 33 93 33
59 80 80 83 91	45 42 72 68 42	83 60 94 97 00	13 02 12 48 92	78 56 52 01 06
46 05 88 52 36	01 39 09 22 86	77 28 14 40 77	93 91 08 36 47	70 61 74 29 41
32 17 90 05 97	87 37 92 52 41	05 56 70 70 07	86 74 31 71 57	85 39 41 18 38
69 23 46 14 06	20 11 74 52 04	15 95 66 00 00	18 74 39 24 23	97 11 89 63 38
19 56 54 14 30	01 75 87 53 79	40 41 92 15 85	66 67 43 68 06	84 96 28 52 07
45 15 51 49 38	19 47 60 72 46	43 66 79 45 43	59 04 79 00 33	20 82 66 95 41
94 86 43 19 94	36 16 81 08 51	34 88 88 15 53	01 54 03 54 56	05 01 45 11 76

98 08 02 48 26	45 24 02 84 04	44 99 00 88 96	39 09 47 34 07	35 44 13 18 50	59 58 00 64 78	75 56 97 88 00	88 83 55 44 86	23 76 80 61 56	04 11 10 81 08
33 18 51 62 32	41 94 15 09 49	89 43 54 85 81	88 69 54 19 94	37 54 87 30 43	38 50 80 73 41	23 79 34 87 63	90 82 29 70 22	17 71 90 42 07	95 95 44 99 53
80 95 10 04 06	96 38 27 07 74	20 15 12 33 87	25 01 62 52 98	94 62 46 11 71	30 69 27 06 68	94 68 81 61 27	56 19 68 00 91	82 06 76 34 00	05 46 26 92 00
79 75 24 91 40	71 96 12 82 96	69 86 10 25 91	74 85 22 05 39	00 38 75 95 79	65 44 39 50 59	18 28 82 74 37	49 63 22 40 41	08 33 76 56 76	96 29 99 03 36
18 63 33 25 37	98 14 50 65 71	31 01 02 46 74	05 45 56 14 27	77 93 89 19 36	27 26 75 02 64	13 19 27 22 94	07 47 74 46 06	17 98 54 89 11	97 34 13 03 53
74 02 94 39 02	77 55 73 22 70	97 79 01 71 19	52 52 75 80 21	80 81 45 17 48	91 30 70 60 91	19 07 22 42 10	36 69 95 37 28	28 82 53 57 93	38 97 66 62 52
54 17 84 56 11	80 99 33 71 43	05 33 51 29 69	56 12 71 92 55	36 04 09 03 24	68 43 49 46 88	84 47 31 36 22	62 12 69 84 08	12 84 38 25 90	09 81 59 31 46
11 66 44 98 83	52 07 98 48 27	59 38 17 15 39	09 97 33 34 40	88 46 12 33 56	48 90 81 58 77	54 74 52 45 91	35 70 00 47 54	83 82 45 26 92	54 13 05 51 60
48 32 47 79 28	31 24 96 47 10	02 29 53 68 70	32 30 75 75 46	15 02 00 99 94	06 91 34 51 97	42 67 27 86 01	11 88 30 95 28	63 01 19 89 01	14 97 44 03 44
69 07 49 41 38	87 03 79 19 76	35 58 40 44 01	10 51 82 16 15	01 84 87 69 38	10 45 51 60 19	14 21 03 37 12	91 34 23 78 21	88 32 58 08 51	43 66 77 03 83
09 18 82 00 97	32 82 53 95 27	04 22 08 63 04	83 36 98 73 74	64 27 85 80 44	12 88 39 73 43	65 02 76 11 84	04 28 50 13 92	17 97 41 50 77	90 71 22 67 69
90 04 58 54 97	51 98 15 06 54	94 93 88 19 97	91 87 07 61 50	68 47 66 40 59	21 77 83 09 76	38 80 73 69 61	31 64 94 20 96	63 28 10 20 23	08 81 64 74 49
73 18 95 02 07	47 67 72 52 69	02 20 06 44 64	27 12 46 70 18	41 36 18 27 60	19 52 35 95 15	65 12 25 96 59	86 28 36 82 58	69 57 21 37 98	16 43 59 15 29
75 76 87 64 90	20 97 18 17 49	90 42 91 22 72	95 37 50 58 71	93 82 34 31 76	67 24 55 26 70	35 58 31 65 03	79 24 68 66 86	76 40 33 42 22	20 65 59 03 02
54 01 64 40 56	66 28 13 10 03	00 68 22 73 98	20 71 45 32 95	07 70 61 78 13	60 58 44 73 77	07 50 03 79 92	45 13 42 65 29	26 76 08 36 37	41 32 64 43 44
08 35 86 99 10	78 54 24 27 85	13 60 15 88 73	04 61 89 75 53	31 22 30 84 20	53 85 34 13 77	36 06 09 48 50	58 83 87 38 59	49 36 47 33 31	96 24 04 36 42
28 30 60 32 64	81 33 31 05 91	40 51 00 78 93	32 00 46 04 75	94 11 90 18 40	24 63 73 87 36	74 38 48 93 42	52 62 30 79 92	12 36 91 86 01	03 74 28 38 73
53 84 08 62 33	81 59 41 36 28	51 21 59 02 90	28 46 66 87 95	77 76 22 07 91	83 08 01 24 51	38 99 22 28 15	07 75 95 17 77	97 37 72 75 85	51 97 23 78 67
91 75 75 37 41	61 61 36 22 69	50 26 39 02 12	55 78 17 65 14	83 48 34 70 55	16 44 42 43 34	36 15 19 90 73	27 49 37 09 39	85 13 03 25 52	54 84 65 47 59
89 41 59 26 94	00 39 75 83 91	12 60 71 76 46	48 94 97 23 06	94 54 13 74 08	60 79 01 81 57	57 17 86 57 62	11 16 17 85 76	45 81 95 29 79	65 13 00 43 60
77 51 30 38 20	86 83 42 99 01	68 41 48 27 74	51 90 81 39 80	72 89 35 55 07	03 90 11 04 61	93 71 61 68 94	66 08 32 46 53	84 60 95 82 32	88 61 81 91 61
19 50 23 71 74	69 97 92 02 88	55 21 02 97 73	74 28 77 52 51	65 34 46 74 15	38 55 59 55 54	32 88 65 97 80	08 35 56 08 60	29 73 54 77 62	71 29 92 38 53
21 81 85 93 13	93 27 88 17 57	05 68 67 31 56	07 08 28 50 46	31 85 33 84 52	17 54 67 37 04	92 05 24 62 15	55 12 12 92 81	59 07 60 79 36	27 95 45 89 09
51 47 46 64 99	68 10 72 36 21	94 04 99 13 45	42 83 60 91 91	08 00 74 54 49	32 64 35 28 61	95 81 90 68 31	00 91 19 89 36	76 35 59 37 79	80 86 30 05 14
99 55 96 83 31	62 53 52 41 70	69 77 71 28 30	74 81 97 81 42	43 86 07 28 34	69 57 26 87 77	39 51 03 59 05	14 06 04 06 19	29 54 96 96 16	33 56 46 07 80
33 71 34 80 07	93 58 47 28 69	51 92 66 47 21	58 30 32 98 22	93 17 49 39 72	24 12 26 65 91	27 69 90 64 94	14 84 54 66 72	61 95 87 71 00	90 89 97 57 54
85 27 48 68 93	11 30 32 92 70	28 83 43 41 37	73 51 59 04 00	71 14 84 36 43	61 19 63 02 31	92 96 26 17 73	41 83 95 53 82	17 26 77 09 43	78 03 87 02 67
84 13 38 96 40	44 03 55 21 66	73 85 27 00 91	61 22 26 05 61	62 32 71 84 23	30 53 22 17 04	10 27 41 22 02	39 68 52 33 09	10 06 16 88 29	55 98 66 64 85
56 73 21 62 34	17 39 59 61 31	10 12 39 16 22	85 49 65 75 60	81 60 41 88 80	03 78 89 75 99	75 86 72 07 17	74 41 65 31 66	35 20 83 33 74	87 53 90 83 23
65 13 85 68 06	87 64 88 52 61	34 31 36 58 61	45 87 52 10 69	85 64 44 72 77	48 22 86 33 79	85 78 34 76 19	53 15 26 74 33	35 66 35 29 72	16 81 86 73 11
38 00 10 21 76	81 71 91 17 11	71 60 29 29 37	74 21 96 40 49	65 58 44 96 98	60 36 59 46 53	35 07 53 39 49	42 61 42 92 97	01 91 82 83 16	98 95 37 32 31
37 40 29 63 97	01 30 47 75 86	56 27 11 00 86	47 32 46 26 05	40 03 03 74 38	83 79 94 24 02	56 62 33 44 42	34 99 44 13 74	70 07 11 47 36	09 95 81 80 65
97 12 54 03 48	87 08 33 14 17	21 81 53 92 50	75 23 76 20 47	15 50 12 95 78	32 96 00 74 05	36 40 98 32 32	99 38 54 16 00	11 13 30 75 86	15 91 70 62 53
21 82 64 11 34	47 14 33 40 72	04 63 88 59 02	49 13 90 64 41	03 85 65 45 52	19 32 25 38 45	57 62 05 26 06	66 49 76 86 46	78 13 86 65 59	19 64 09 94 13
73 13 54 27 42	95 71 90 90 35	85 79 47 42 96	08 78 98 81 56	64 69 11 92 02	11 22 09 47 47	07 39 93 74 08	48 50 92 39 29	27 48 24 54 76	85 24 43 61 59
07 63 87 79 29	03 06 11 80 72	96 20 74 41 56	23 82 19 95 38	04 71 36 69 94	31 75 15 72 60	68 98 00 53 39	15 47 04 83 55	88 65 12 25 96	03 15 21 62 21
00 52 88 34 41	07 95 41 98 14	59 17 52 06 05	05 53 35 21 39	61 21 20 64 55	88 49 29 93 82	14 45 40 45 04	20 09 49 89 77	74 81 39 34 13	22 10 97 85 08
83 59 63 56 55	06 95 89 29 83	05 12 80 07 19	77 43 36 37 83	02 30 16 04 98	30 93 41 77 44	07 48 18 38 28	73 78 80 65 33	28 69 72 04 05	04 20 62 03 80
10 85 06 27 46	99 59 91 05 07	13 49 90 63 19	53 07 57 18 39	06 41 01 93 02	22 88 84 88 03	27 40 99 87 48	00 53 04 51 28	74 02 28 46 17	82 03 71 62 08
39 82 09 89 52	43 62 26 31 47	64 42 18 08 14	43 80 00 93 51	31 02 47 31 67	78 21 21 69 03	35 00 29 13 86	44 37 21 54 86	65 74 11 40 14	87 48 13 72 20

41 84 98 45 47	46 85 05 23 26	34 67 75 83 00	74 91 06 43 45	19 32 58 15 49
46 35 23 30 49	69 24 89 34 60	45 30 50 75 21	61 31 83 18 55	14 41 37 09 51
11 08 79 62 94	14 01 33 17 92	59 74 76 72 77	76 50 33 45 13	39 66 37 75 44
52 70 10 83 37	56 30 38 73 15	16 52 06 96 76	11 65 49 98 93	02 18 16 81 61
57 27 53 68 98	81 30 44 85 85	68 65 22 73 76	92 85 25 58 66	88 44 80 35 84
20 85 77 31 56	70 28 42 43 26	79 37 59 52 20	01 15 96 32 67	10 62 24 83 91
15 63 38 49 24	90 41 59 36 14	33 52 12 66 65	55 82 34 76 41	86 22 53 17 04
92 69 44 82 97	39 90 40 21 15	59 58 94 90 67	66 82 14 15 75	49 76 70 40 37
77 61 31 90 19	88 15 20 00 80	20 55 49 14 09	96 27 74 82 57	50 81 69 76 16
38 68 83 24 86	45 13 46 35 45	59 40 47 20 59	43 94 75 16 80	43 85 25 96 93
25 16 30 18 89	70 01 41 50 21	41 29 06 73 12	71 85 71 59 57	68 97 11 14 03
65 25 10 76 29	37 23 93 32 95	05 87 00 11 19	92 78 42 63 40	18 47 76 56 22
36 81 54 36 25	18 63 73 75 09	82 44 49 90 05	04 92 17 37 01	14 70 79 39 97
64 39 71 16 92	05 32 78 21 62	20 24 78 17 59	45 19 72 53 32	83 74 52 25 67
04 51 52 56 24	95 09 66 79 46	48 46 08 55 58	15 19 11 87 82	16 93 03 33 61
83 76 16 08 73	43 25 38 41 45	60 83 32 59 83	01 29 14 13 49	20 36 80 71 26
14 38 70 63 45	80 85 40 92 79	43 52 90 63 18	38 38 47 47 61	41 19 63 74 80
51 32 19 22 46	80 08 87 70 74	88 72 25 67 36	66 16 44 94 31	66 91 93 16 78
72 47 20 00 08	80 89 01 80 02	94 81 33 19 00	54 15 58 34 36	35 35 25 41 31
05 46 65 53 06	93 12 81 84 64	74 45 79 05 61	72 84 81 18 34	79 98 26 84 16
39 52 87 24 84	82 47 42 55 93	48 54 53 52 47	18 61 91 36 74	18 61 11 92 41
81 61 61 87 11	53 34 24 42 76	75 12 21 17 24	74 62 77 37 07	58 31 91 59 97
07 58 61 61 20	82 64 12 28 20	92 90 41 31 41	32 39 21 97 63	61 19 96 79 40
90 76 70 42 35	13 57 41 72 00	69 90 26 37 42	78 46 42 25 01	18 62 79 08 72
40 18 82 81 93	29 59 38 86 27	94 97 21 15 98	62 09 53 67 87	00 44 15 89 97
34 41 48 21 57	86 88 75 50 87	19 15 20 00 23	12 30 28 07 83	32 62 46 86 91
63 43 97 53 63	44 98 91 68 22	36 02 40 09 67	76 37 84 18 05	65 96 17 34 88
67 04 90 90 70	93 39 94 55 47	94 45 87 42 84	05 04 14 98 07	20 28 83 40 60
79 49 50 41 46	52 16 29 02 86	54 15 83 42 43	46 97 83 54 82	59 36 29 59 38
91 70 43 05 52	04 73 72 10 31	75 05 19 30 29	47 66 56 43 82	99 78 29 34 78

ÖZGEÇMİŞ

Nilüfer Yaylagül 1969 yılında Almanya’da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini İstanbul’da tamamladıktan sonra, 1986 yılında İ.T.Ü.Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde lisans eğitime başladı. 1990 yılında mezun oldu. Aynı yıl, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bina Yapım Yönetim Programında yüksek lisans eğitime başladı.

