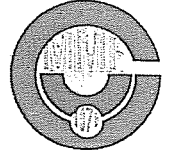




ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ



ÇUKUROVA UNIVERSITY
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 22
VOL

SAYI 1
NO

Haziran 2007
June

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

A Study for the Optimization of Cutting Forces Based on the Taguchi Method <i>Kesme Kuvvetlerinin Taguchi Metoduyla Optimizasyonuna Yönelik Bir Çalışma</i> Uğur EŞME, Hasan SERİN.....	1
Modeling of the Contact Resistances in Resistance Spot Welding (RSW) Process <i>Direnç Nokta Kaynağında Temas Dirençlerinin Modellenmesi</i> Uğur EŞME, Hasan SERİN, Mustafa ÖZCANLI.....	13
Modeling and Prediction of Weld Strength in Resistance Spot Welding (RSW) Process Using Artificial Neural Network (ANN) <i>Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Mukavemetinin Modellenmesi ve Tahmin</i> <i>Edilmesinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması</i> Uğur EŞME, Onur GÜVEN, Hasan SERİN.....	21
Design Construction and Experimental Testing of A Box-Type Solar Cooker <i>Kutu Tipi Bir Güneş Fırınının Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Olarak Test Edilmesi</i> Funda KAHRAMAN, Ercan KÖSE, Serap AKCAN.....	29
Osmaniye İli Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi - Temel Göstergeler <i>Social-Economical Development Level of Osmaniye – Basic Indicators</i> Erdem KOÇ, Sedat GÖKFİDAN.....	35
Osmaniye İlinde Öne Çıkan Sanayi Sektörleri <i>The Leading Industrial Sectors in Osmaniye</i> Sedat GÖKFİDAN, Erdem KOÇ.....	49
Sentetik Lif Üretiminde Kullanılan Tek Vidalı Ekstrüderlerin Tasarım Esasları <i>Design Basis of Single Screw Extruders in Synthetic Fibre Production</i> Oğuz DEMİRYÜREK, Erdem KOÇ.....	59
Suya Doygun Olmayan Zeminlerin Sükunetteki Yanal Basınç Katsayısının Laboratuvar Ortamında Ölçülmesi <i>The Measurement of Coefficient of Lateral Earth Pressure At-Rest of Unsaturated</i> <i>Soils in Laboratory</i> Mehmet Arslan TEKİNSOY, Cafer KAYADELEN, Taha TAŞKIRAN.....	75
Çok Katlı Betonarme Yapılarda Bölme Duvarlarının Deprem Davranışına Etkisi <i>The Influence of Infill Walls on Earthquake Behaviour of Multi-Storey RC Buildings</i> Ediz DÜNDAR, A.Kamil TANRIKULU.....	87
Sonlu Elemanlar Yönteminin Şev Stabilitesi Problemlerinin Analizinde Kullanılması <i>Application of the Finite Element Method to Slope Stability Analyses</i> M.Salih KESKİN, Mustafa LAMAN.....	101

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ**

Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture

Sahibi

Orhan BÜYÜKALACA
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

Editör

Mesut ANIL

YAYIN KURULU

Mesut ANIL Melih BAYRAMOĞLU
Hasan ÇETİN Recep YURTAL
Osman BABAARSLAN

YAZI İNCELEME KURULU (Editorial Board)
(SÜREKLİ)

İ.Deniz AKÇALI (Ç.Ü.) Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)
Ahmet AYHAN (S.Ü.) Sedat TEMÜR (S.Ü.)
A.Feyzi BİNGÖL (F.Ü.) Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.)
İlhan ERHAN (M.S.Ü.) Aziz ERTUNÇ (Ç.Ü.)
Cahit HELVACI (D.E.Ü.) M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)
Erdal KEREY (İ.Ü.) Salih KIRKGOZ (Ç.Ü.)
Erdeş KOÇ (Ç.Ü.) Güven ÖNAL (İ.T.Ü.)
Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.) Kazım PIHTILI (F.Ü.)
Hamit SERBEST (Ç.Ü.) Bedri TUÇ (G.Ü.)
İbrahim UZMAY (E.Ü.) Servet YAMAN (Ç.Ü.)
Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.) Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)

(Bu Sayıda Görüşlerinden Yararlanılan Diğer Hakemler)

Zekeriya ALTAÇ (O.Ü.) Mehmet ARDICILOGLU (E.Ü.)
H.Murat ARSLAN (Ç.Ü.) Kadir AYDIN (Ç.Ü.)
Cengiz Duran ATIŞ (Ç.Ü.) Mesut BAŞIBÜYÜK (Ç.Ü.)
Ali BERTAY (S.Ü.) Hüsamettin BULUT (Har.Ü.)
Orhan BÜYÜKALACA (Ç.Ü.) Fazıl CANBULUT (E.Ü.)
Hatice ÇAGATAY (Ç.Ü.) Faruk Fırat ÇALIM (M.K.Ü.)
Nihat ÇELİK (Ç.Ü.) Cevdet ÇETİN (Mer.Ü.)
Cengiz DÜNDAR (Ç.Ü.) Abdulkadir EKŞİ (Ç.Ü.)
Erkin ERTEN (Ç.Ü.) Adem ERSOY (Ç.Ü.)
Onur GÜVEN (Mer.Ü.) Selçuk KAÇIN (M.K.Ü.)
Funda KAHRAMAN (Mer.Ü.) Hasan KAPLAN (P.Ü.)
Cafer KAYADELEN (N.Ü.) Alaettin KILIC (Ç.Ü.)
Mehmet KOBYA (G. Y.T.E.) Alican KOP (K.S.Ü.)
Halil KUMBUR (Mer.Ü.) M.Kemal KÜLEKÇİ (Mer.Ü.)
Mustafa MAMAK (Ç.Ü.) R.Tuğrul OGULATA (Ç.Ü.)
Seyfi Noyan OGULATA (Ç.Ü.) Hakkı ÖNEL (Y.T.Ü.)
Emel Ceyhan SABİR (Ç.Ü.) Galip SEÇKİN (Ç.Ü.)
Zeliha SÉLEK (Ç.Ü.) Metin Hakan SEVERCAN (N.Ü.)
Umur K. SEVİM (M.K.Ü.) Osman SIVRIKAYA (N.Ü.)
Şükrü SU (E.Ü.) Savaş ŞENER (Mer.Ü.)
A.Hamza TANRIKULU (Ç.Ü.) A.Kamil TANRIKULU (Ç.Ü.)
Fatih ÜNEŞ (M.K.Ü.) Ulvi Can ÜNLÜGENÇ (Ç.Ü.)
Gürhan YALÇIN (N.Ü.) Hüseyin R.YERLİ (Ç.Ü.)
A.Aziz YILDIZ (Ç.Ü.)

YAZISMA ADRESİ

Ç.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı / ADANA

Tel : (322) 338 63 57 Fax : (322) 338 61 26

(Bu sayı Çukurova Mühendisler - Mimarlar Güçlendirme Derneği tarafından bastırılmıştır)



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ



ÇUKUROVA UNIVERSITY
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 22
VOL

SAYI 1
NO

Haziran 2007
June

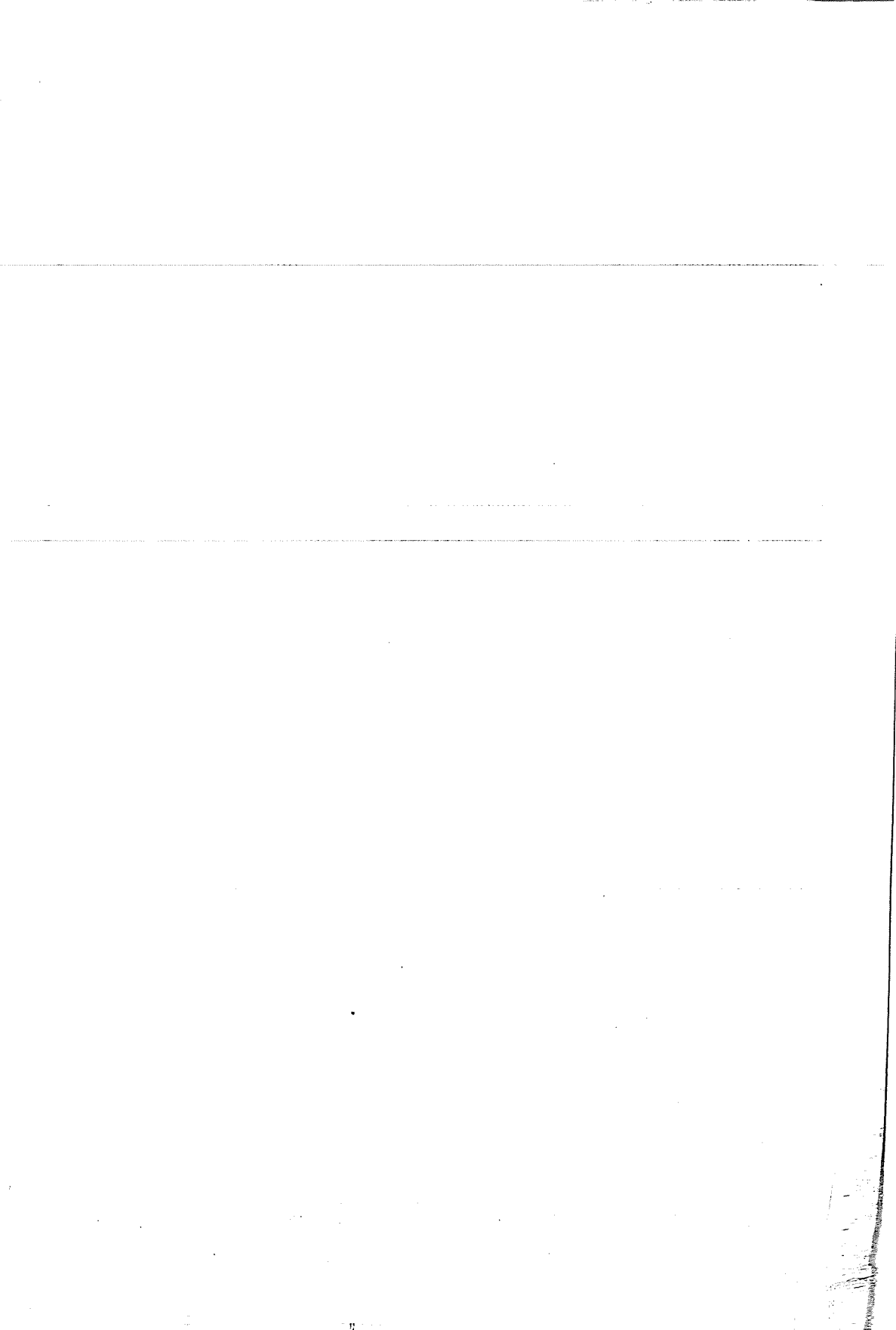
ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

A Study for the Optimization of Cutting Forces Based on the Taguchi Method <i>Kesme Kuvvetlerinin Taguchi Metoduyla Optimizasyonuna Yönelik Bir Çalışma</i> Uğur EŞME, Hasan SERİN.....	1
Modeling of the Contact Resistances in Resistance Spot Welding (RSW) Process <i>Direnç Nokta Kaynağında Temas Dirençlerinin Modellenmesi</i> Uğur EŞME, Hasan SERİN, Mustafa ÖZCANLI.....	13
Modeling and Prediction of Weld Strength in Resistance Spot Welding (RSW) Process Using Artificial Neural Network (ANN) <i>Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Mukavemetinin Modellenmesi ve Tahmin Edilmesinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması</i> Uğur EŞME, Onur GÜVEN, Hasan SERİN.....	21
Design Construction and Experimental Testing of A Box-Type Solar Cooker <i>Kutu Tipi Bir Güneş Fırınının Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Olarak Test Edilmesi</i> Funda KAHRAMAN, Ercan KÖSE, Serap AKCAN.....	29
Osmaniye İli Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi - Temel Göstergeler <i>Social-Economical Development Level of Osmaniye - Basic Indicators</i> Erdem KOÇ, Sedat GÖKFİDAN.....	35
Osmaniye İlinde Öne Çıkan Sanayi Sektörleri <i>The Leading Industrial Sectors in Osmaniye</i> Sedat GÖKFİDAN, Erdem KOÇ.....	49
Sentetik Lif Üretiminde Kullanılan Tek Vidalı Ekstrüderlerin Tasarım Esasları <i>Design Basis of Single Screw Extruders in Synthetic Fibre Production</i> Oğuz DEMİRÜREK, Erdem KOÇ.....	59
Suya Doymun Olmayan Zeminlerin Sükunetteki Yanal Basınç Katsayısının Laboratuvar Ortamında Ölçülmesi <i>The Measurement of Coefficient of Lateral Earth Pressure At-Rest of Unsaturated Soils in Laboratory</i> Mehmet Arslan TEKİNSOY, Cafer KAYADELEN, Taha TAŞKIRAN.....	75
Çok Katlı Betonarme Yapılarda Bölme Duvarlarının Deprem Davranışına Etkisi <i>The Influence of Infill Walls on Earthquake Behaviour of Multi-Storey RC Buildings</i> Ediz DÜNDAR, A.Kamil TANRIKULU.....	87
Sonlu Elemanlar Yönteminin Şev Stabilitesi Problemlerinin Analizinde Kullanılması <i>Application of the Finite Element Method to Slope Stability Analyses</i> M.Şalih KESKİN, Mustafa LAMAN.....	101

Farklı Su Bağlayıcı Oranında Hazırlanan Harçlarda Numune Boy Değişiminin Basınç Dayanımı ve Birim Kısılma Üzerindeki Etkisi <i>Influence of Sample Length Change on the Compressive Strength and Strain at Compressive Strength of Mortars Made with Various Water-Binder Ratio</i> Cengiz Duran ATIŞ, Kubilay AKÇAÖZÖĞLU.....	115
Seyhan Havzasının Bölgesel Taşkın Frekans Analizi <i>Regional Flood Frequency Analysis for Seyhan River Basin</i> Neslihan SEÇKİN, Recep YURTAL.....	123
Çelik Lif Katkılı Normal ve Yüksek Mukavemetli Betonların Mekanik Davranışlarının İncelenmesi <i>Mechanical Properties of Steel Fiber Content of Normal and High Strength Concrete</i> İsmail H.ÇAĞATAY.....	137
Çelik Lif Katkılı Yüksek Mukavemetli Betonarme Kirişlerin Deneysel Olarak İncelenmesi <i>Experimental Investigation of High Strength Reinforced Concrete Beams with Steel Fibers</i> İsmail H.ÇAĞATAY.....	149
İki Boyutlu Elastostatik Problemlerin Sınır Eleman Metodu ile Formülasyonu <i>Formulation of Two Dimensional Elastostatic Problems with Boundary Element Method</i> İbrahim Ö.DENEME, Hüseyin R.YERLİ.....	163
Türk Deprem Yönetmeliğine Göre A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi <i>Investigation of A2 Irregularity Condition According to Turkish Earthquake Code</i> Mustafa Y.ÖZDEMİR, İbrahim Ö.DENEME, Hüseyin R.YERLİ.....	181
Savak Arkasında Boşluk Oluşumunun Sayısal Olarak İncelenmesi <i>Numerical Investigation of the Cavity Formation Behind a Weir</i> Selahattin KOCAMAN, Hatice ÖZMEN ÇAĞATAY, Hasan GÜZEL.....	191
Eğri Yüzeyle Kıyı Duvarlarında Dalga Basınçlarının Deneysel İncelenmesi <i>Experimental Investigation of Wave Pressures on Curved Seawalls</i> Mustafa MAMAK, Hasan GÜZEL.....	199
Deterministik Yaklaşım ile Yapı Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması <i>Determination of Structural Earthquake Reliability By Deterministic Approach and Comparison of Strengthening Methods</i> M.Hakan SEVERCAN, Soner KÖSE, İbrahim Ö.DENEME.....	217
Probabilistik Yöntem Kullanılarak Yapı Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması <i>Determination of Structural Earthquake Reliability using Probabilistic Approach and Comparison of Strengthening Methods</i> M.Hakan SEVERCAN, Soner KÖSE, İbrahim Ö.DENEME.....	233
Kontrol Yapıları Arkasındaki Açık Kanal Akımlarının Sayısal ve Deneysel Analizi <i>Numerical and Experimental Analyses of Open Channel Flows Behind Control Structures</i> M.Sami AKÖZ, Talat ŞEKER, Mustafa DEMİRCİ.....	245
5083-O, 5186-H111 ve 5083-H111 Alüminyum Alaşımlarının Sürtünme Karıştırma Kaynak Yöntemiyle Birleştirilmesi <i>Joining of 5083-O, 5186-H111 and 5083-H111 Aluminum Alloys by Friction Stir Welding</i> Murat DİLEK, Durmuş Ali BİRCAN, Abdulkadir EKŞİ.....	255

Su Alma Yapılarında Batık Kanatlarla Sediment Kontrolü <i>Sediment Management with Submerged Vanes at Water Intakes</i> Fikret KOCABAŞ, Burhan ÜNAL, Murat ÇOBANER, Serap ÜNAL.....	269
Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Değişik Dizayn Yöntemlerinin Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Different Design Methods for Ground Source Heat Pumps</i> İsmail KILIÇ.....	279
Suriye ve Türkiye'de Üretilen Pamuk Liflerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması İncelenmesi <i>A Comparable Investigation on the Properties of Cotton Fibers Produced in Syria and Turkey</i> Khalil ALHALABI, Emel Ceyhun SABİR.....	291
Dokuma İşletmelerinde Proses Kontrol <i>Process Control in Weaving Mills</i> H.Mehtap BULUKLU, Emel Ceyhun SABİR.....	303
Basic Blue 41 Boyar Maddesinin İnaktif Sucul Bitki <i>Myriophyllum Spicatum</i> Tarafından Biosorpsiyonunun Yalancı İzotermlere Uygulanması <i>Application of Pseudo Izoterms on the Biosorption of Basic Blue 41 Submerged</i> <i>Aquatic Plant (Myriophyllum Spicatum)</i> Mesut BAŞİBÜYÜK, Serpil SAVCI, Olcayto KESKİNKAN.....	317
Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Uygulamalarının Kullanım Sonrası Değerlendirilmesi <i>The Post Occupancy Evaluation of Mass Housing Application of Kahramanmaraş City</i> Mustafa YEĞİN, Zahide Fatma ERŞAN.....	325
Aşağı Seyhan Nehri Sedimentlerinde Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı <i>Seasonal Distribution of Heavy Metals in Sediments of Lower Seyhan River</i> Orkun İ. DAVUTLUOĞLU, Turan YILMAZ, Galip SEÇKİN, Ahmet YÜCEER.....	341
Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri <i>The Effects of Depth in Getting Water from Dam Lakes on Water Quality</i> Demet DURHASAN, Zeliha SELEK.....	353
Metal Sanayi Atık Çamurlarından Ağır Metal Gideriminde Farklı Liç Yöntemlerinin Kullanılması <i>The Use of Different Leaching Methods to Remove Heavy Metals from</i> <i>Metal Industry Waste Sludge</i> Bülent SARI, Belgin BAYAT.....	363
İşletmelerin TS-ISO 14000 Standartlarını Uygulama Kararlarına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi <i>The Determination of the Factors That Affect the Implementation Decisions of the</i> <i>TS-ISO 14000 Standards of the Companies</i> Hatice Kübra TAÇ, Fuat BUDAK.....	379
Çamlıyayla (Mersin) ve Güneydoğu'sunun Jeolojik İncelemesi <i>Geological Investigation of Çamlıyayla (Mersin) and It's South East</i> Ayşe KAYA, Cavit DEMİRKOL, Alican KOP.....	391
Seyhan Baraj Gölü Kuzeyinde Handere Formasyonu Zemin Türü İncelemesi <i>Soil Type Investigation of the Handere Formation Northeast of Seyhan Dam Lake</i> Ali GÖKOĞLU, Osman GÜNAYDIN, Mehmet SÖYLEMEZ.....	401
Baltaşı-Palu (Elazığ) Travertenlerinin Teknomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi <i>Determination Technomechanic Properties of Baltası Village (Palu-Elazığ) Traverten Marbles</i> Selçuk ŞEN, Nil YAPICI, Mesut ANIL.....	409

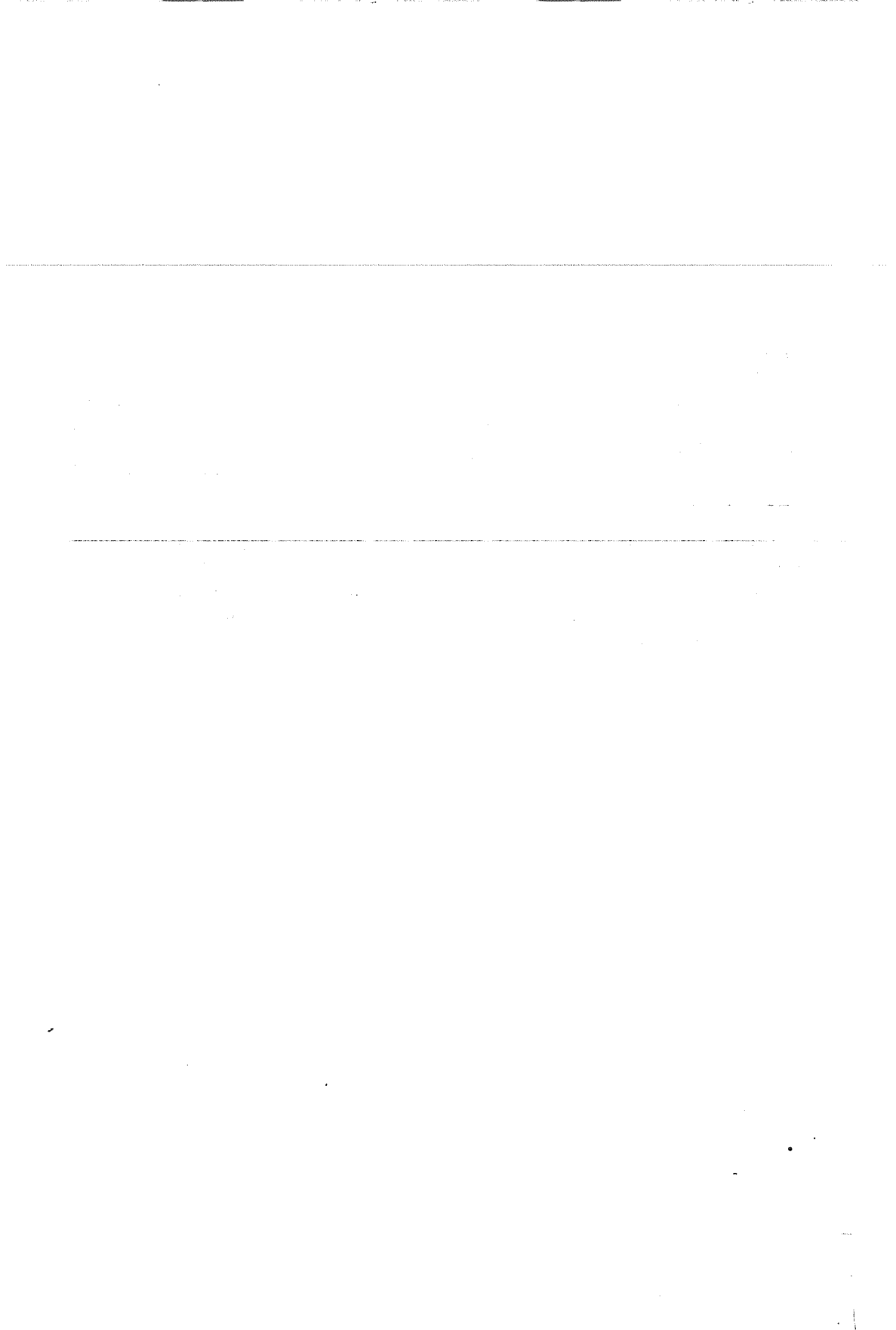


ÖNSÖZ

Fakülte Dergimizin 22. cilt 1. sayısını yayınlamış bulunuyoruz. 2007 yılına ait bu ciltde 4'ü İngilizce ve 31'ü Türkçe olmak üzere 35 adet makale yer almaktadır. Bundan sonra yayınlanacak olan 2007 yılı 2. sayısını da Aralık ayında yayınlamayı planlıyoruz. Dergimize değerli öğretim elemanlarımızın güncel çalışmalarını bekler, gösterdikleri ilgiye teşekkür ederiz.

Fakülte bütçesinde yeterli ödenek olmadığı için dergimizin baskısını gerçekleştiren Çukurova Mühendisler-Mimarlar Güçlendirme Derneği'ne ve büyük bir özveriyle derginin dizgisini yapan Yazım-Yayım Bürosu sekreteri Filiz DEMİRKIRAN'a ve basımını büyük bir titizlikle gerçekleştiren Üniversitemiz Matbaası yetkililerine teşekkür etmeyi görev biliriz.

Yayın Kurulu



A STUDY FOR THE OPTIMIZATION OF CUTTING FORCES BASED ON THE TAGUCHI METHOD

Uğur EŞME

Mersin Marine and Merchant Academy Dept. of Marine Programs, Mersin/Türkiye

Hasan SERİN

Ç.Ü., Department of Mechanical Engineering, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *In this study, the Taguchi method which is a powerful tool to design optimization for quality is used to find the optimal cutting forces for oblique turning operations. An orthogonal array, the signal-to-noise (S/N) ratio, and the analysis of variance (ANOVA) are employed to investigate the cutting force characteristics of Ç1050 steel bars using HSS cutting tools. Through this study, not only can the optimal cutting forces for turning operations be obtained, but also the main cutting parameters that affect the cutting performance in oblique turning operations can be found. Experimental results are provided to confirm the effectiveness of this approach.*

KESME KUVVETLERİNİN TAGUCHİ METODUYLA OPTİMİZASYONUNA YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

ÖZET : *Bu çalışmada, eğik tornalama işleminde optimum kesme kuvvetlerini bulmak için, en güçlü kalite kontrol ve optimizasyon metotlarından biri olan Taguchi metodu kullanılmıştır. Ç1050 çeliğinin HSS kesme kalemi ile eğik tornalanmasında kesme performansını etkileyen optimum kesme kuvvetlerinin bulunması için Ortogonal diziler, S/N oranı ve Varyans Analizi yönteminden de faydalanılmıştır. Deneysel sonuçlar bu yöntemin etkinliğini göstermiştir.*

1. INTRODUCTION

In a turning operation, it is an important task to select cutting parameters for achieving high cutting performance. Usually, the desired cutting parameters are determined based on experience or by use of a handbook. However, this does not ensure that the selected cutting parameters have optimal or near optimal cutting performance for a particular machine and environment. To select the cutting parameters properly, several mathematical models [1–6] based on statistical regression techniques or neural computing have been constructed to establish the relationship between the cutting performance and the cutting parameters. Then, an objective function with constraints is formulated to solve the optimal cutting parameters using optimization techniques. Therefore, considerable knowledge and experience are required for using this modern approach [7]. Furthermore, a large number of cutting experiments has to be performed and analyzed in order to build the mathematical models. Thus the required model building is very costly in terms of time and materials. In this paper, an alternative approach based on the Taguchi method [8–10] is used to determine the optimum cutting forces more efficiency.

Basically, the Taguchi method is a powerful tool for the design of high quality systems. It provides a simple, efficient and systematic approach to optimize designs for performance, quality, and cost. The methodology is valuable when the design parameters are qualitative and discrete. Taguchi parameter design can optimize the performance characteristics through the settings of design parameters and reduce the sensitivity of the system performance to sources of variation. In recent years, the rapid growth of interest in the Taguchi method has led to numerous applications of the method in a world-wide range of industries and nations [11].

2. OBLIQUE TURNING PROCESS

Turning is a very important machining process in which a single-point cutting tool removes material from the surface of a rotating cylindrical workpiece. The cutting tool is fed linearly in a direction parallel to the axis of rotation. Turning is carried out on a lathe that provides the power to turn the workpiece at a given rotational speed and to feed the cutting tool at a specified rate and depth of cut. Therefore, three cutting parameters, i.e. cutting speed (V), feed rate (F), and depth of cut (D), need to be determined in a turning operation.

In oblique turning process the resistance of material against cutting causes the formation of the cutting forces on the cutting tool. These are; i. tangential force, (F_t), ii. radial force (F_r) and iii. axial force (F_a). The cutting conditions, workpiece and tool material, tool geometry and tool wear effects the magnitude of the cutting forces. It is important to know the forces acting on the tool for increasing cutting performance and optimum design of the machine tool. In the present study, the effect of cutting parameters on the cutting forces is measured by using an analog 3KSM HORSMANN dynamometer.

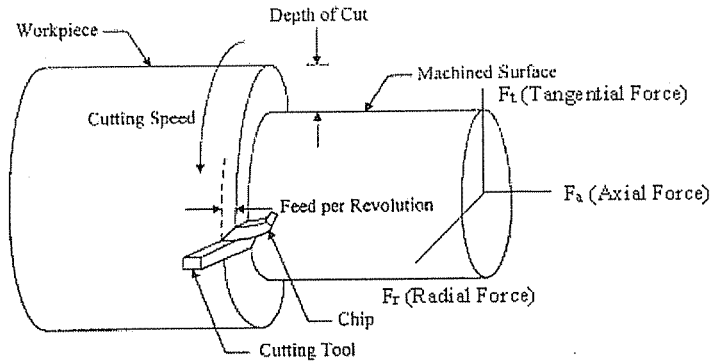


Figure 1. Oblique turning process [7]

Basically, cutting forces correlated strongly with cutting parameters such as cutting speed, feed rate, and depth of cut. Proper selection of the cutting parameters can secure longer tool life and better surface roughness [5, 7].

2.1. Taguchi Method for the Optimization of the Turning Process

Taguchi is the developer of the Taguchi method [8]. He proposed that engineering optimization of a process or product should be carried out in a three-step approach; i. system design, ii. parameter design, and iii. tolerance design. In system design, the engineer applies scientific and engineering knowledge to produce a basic functional prototype design, this design including the product design stage and the process design stage. In the product design stage, the selection of materials, components, tentative product parameter values, etc., are involved. As to the process design stage, the analysis of processing sequences, the selections of production equipment, tentative process parameter values, etc., are involved. Since system design is an initial functional design, it may be far from optimum in terms of quality and cost. Following on from system design is parameter design. The objective of parameter design is to optimize the settings of the process parameter values for improving quality characteristics and to identify the product parameter values under the optimal process parameter values. In addition, it is expected that the optimal process parameter values obtained from parameter design are insensitive to variation in the environmental conditions and other noise factors [7]. Finally, tolerance design is used to determine and analyze tolerances around the optimal settings recommend by the parameter design. Tolerance design is required if the reduced variation obtained by the parameter design does not meet the required performance, and involves tightening tolerances on the product parameters or process parameters for which variations result in a large negative influence on the required product performance.

Basically, experimental design methods [11] were developed originally by Fisher [12]. However, classical experimental design methods are too complex and not easy to use.

Furthermore, a large number of experiments have to be carried out when the number of the process parameters increases. To solve this problem, the Taguchi method uses a special design of orthogonal arrays to study the entire parameter space with a small number of experiments only. The experimental results are then transformed into a signal-to-noise (S/N) ratio. Taguchi recommends the use of the S/N ratio to measure the quality characteristics deviating from the desired values. Usually, there are three categories of quality characteristic in the analysis of the S/N ratio, i.e. the-lower-the-better, the-higher-the-better, and the nominal-the-better. The S/N ratio for each level of process parameters is computed based on the S/N analysis. Regardless of the category of the quality characteristic, a greater S/N ratio corresponds to better quality characteristics. Therefore, the optimal level of the process parameters is the level with the greatest S/N ratio. Furthermore, a statistical analysis of variance (ANOVA) is performed to see which process parameters are statistically significant. With the S/N and ANOVA analyses, the optimal combination of the process parameters can be predicted. Finally, a confirmation experiment is conducted to verify the optimal cutting parameters obtained from the parameter design.

To summarize, the parameter design of the Taguchi method includes the following steps: 1. identification of the quality characteristics and selection of design parameters to be evaluated; 2. determination of the number of levels for the design parameters and possible interactions between the design parameters (in the present study the interaction was neglected); 3. selection of the appropriate orthogonal array and assignment of design parameters to the orthogonal array; 4. conducting of the experiments based on the arrangement of the orthogonal array; 5. analysis of the experimental results using the S/N and ANOVA analyses; 6. selection of the optimal levels of design parameters; and 7. verification of the optimal design parameters through the confirmation experiment [7,11].

3. SELECTION OF CUTTING PARAMETERS AND THEIR LEVELS

The cutting experiments were carried out on a lathe using HSS cutting tool for the machining of Ç1050 steel bars. The initial cutting parameters were as follows: cutting speed 110 rpm; feed rate 0.40 mm/rev; and depth of cut 1.0 mm. The feasible space for the cutting parameters was defined by varying the cutting speed in the range of 110-600 rpm; the feed rate in the range of 0.2-0.6 mm/rev, and the depth of cut in the range of 0.5-1.5 mm. In the cutting parameter design, three levels of the cutting parameters were selected as shown in Table 1. in order to prevent the sudden increase of cutting forces due to the dullness of the cutting edge, the HSS tool was changed after three repetition of each experiment.

Table 1. Cutting parameters and their levels

Symbol	Cutting Parameter	Unit	Level 1	Level 2	Level 3
V	Cutting Speed	rpm	110	300 ^a	600
F	Rate of Feed	mm/rev	0.2	0.4 ^a	0.6
D	Depth of Cut	mm	0.5	1.0 ^a	1.5

a: initial cutting parameters

4. ORTHOGONAL ARRAY EXPERIMENT

To select an appropriate orthogonal array for the experiments, the total degrees of freedom need to be computed. The degrees of freedom are defined as the number of comparisons between design parameters that need to be made to determine which level is better and specifically how much better it is. For example, a four-level design parameter counts for three degrees of freedom. The degrees of freedom (V_f) associated with the interaction between two design parameters are given by the product of the degrees of freedom for the two design parameters. In this study, the interaction between the cutting parameters is neglected. Therefore, there are eight degrees of freedom ($V_f = 9 - 1 = 8$) owing to there being three cutting parameters (such as cutting speed, rate of feed and depth of cut) in the turning operations. Once the required degrees of freedom are known, the next step is to select an appropriate orthogonal array to fit the specific task. Basically, the degrees of freedom for the orthogonal array should be greater than or at least equal to those for the design parameters. In this study, an L_9 orthogonal array with four columns and nine rows was used. This array has eight degrees of freedom and it can handle three-level design parameters. Each cutting parameter is assigned to a column, nine cutting-parameter combinations being available. Therefore, only nine experiments are required to study the entire parameter space using the L_9 orthogonal array. The experimental layout for the three cutting parameters using the L_9 orthogonal array is shown in Table 2. Since the L_9 orthogonal array has four columns, one column of the array is left empty for the error of experiments: orthogonality is not lost by letting one column of the array remain empty [7]. To increase the sensitivity of the results each experiment in the L_9 orthogonal array was repeated three times.

Table 2. Experimental layout of L_9 orthogonal array

Experiment number	Cutting Parameter Level			
	V Cutting Speed	F Rate of Feed	D Depth of Cut	E Error
1	1	1	1	
2	1	2	2	
3	1	3	3	
4	2	1	2	
5	2	2	3	
6	2	3	1	
7	3	1	3	
8	3	2	1	
9	3	3	2	

4.1. S/N Ratio Analysis

As mentioned earlier, there are three categories of quality characteristics, i.e. the-lower-the-better, the-higher-the-better, and the-nominal-the-better. In the present study the-lower-the-better quality characteristic was selected for the cutting forces. The loss function of the-lower-the-better quality characteristics can be expressed as [11, 12];

$$L_j = \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

$$\eta_j = -10 \log L_j \quad (2)$$

where, n is the number of tests, and y_i is the experimental value of the i^{th} quality characteristic, L_j overall loss function, and η_j is the S/N ratio. Table 3 shows the average experimental results for cutting forces and the corresponding S/N ratio using Eqs. (1) and (2).

Table 3. Experimental results for cutting forces and S/N ratio

Experiment Number	F _t N	F _a N	F _r N	S/N ratio (dB)		
				F _t	F _a	F _r
1	100	60	40	-40.00	-35.56	-32.04
2	140	100	50	-42.92	-40.00	-33.98
3	300	190	80	-49.54	-45.58	-38.06
4	120	90	70	-41.58	-39.08	-36.90
5	220	180	80	-46.85	-45.11	-38.06
6	200	150	50	-46.02	-43.52	-33.98
7	280	170	90	-48.94	-44.61	-39.08
8	170	130	40	-44.61	-42.28	-32.04
9	200	160	80	-46.02	-44.08	-38.06

Since the experimental design is orthogonal, it is then possible to separate out the effect of each cutting parameter at different levels [12]. The mean S/N ratio for each level of the cutting parameters is summarized and called the S/N response table for cutting forces. In addition, the total mean S/N ratio for the nine experiments is also calculated and listed in Table 4.

Table 4. S/N response table for cutting forces

Cutting Force	Symbol	Cutting parameter	Mean S/N Ratio dB			Total Mean S/N	Maximum-Minimum
			Level 1	Level 2	Level 3		
F _t	V	Cutting speed	-44.15	-44.82	-46.52	-45.20	2.37
	F	Rate of feed	-43.51	-44.79	-47.19		3.68
	D	Depth of cut	-43.54	-43.51	-48.44		4.93
F _a	V	Cutting speed	-40.38	-42.57	-43.66	-42.20	3.28
	F	Rate of feed	-39.75	-42.46	-44.39		4.64
	D	Depth of cut	-40.45	-41.06	-45.10		4.65
F _r	V	Cutting speed	-34.69	-36.31	-36.40	-35.80	1.71
	F	Rate of feed	-36.01	-34.69	-36.70		2.01
	D	Depth of cut	-32.69	-36.31	-38.40		5.71

Figures 2, 3 and 4 show the S/N response graph for cutting forces. As shown in Eqs. (1) and (2), from the view point of the lower-the-better quality characteristic, greater S/N ratio corresponds to the smaller variance of the output characteristic around the desired value.

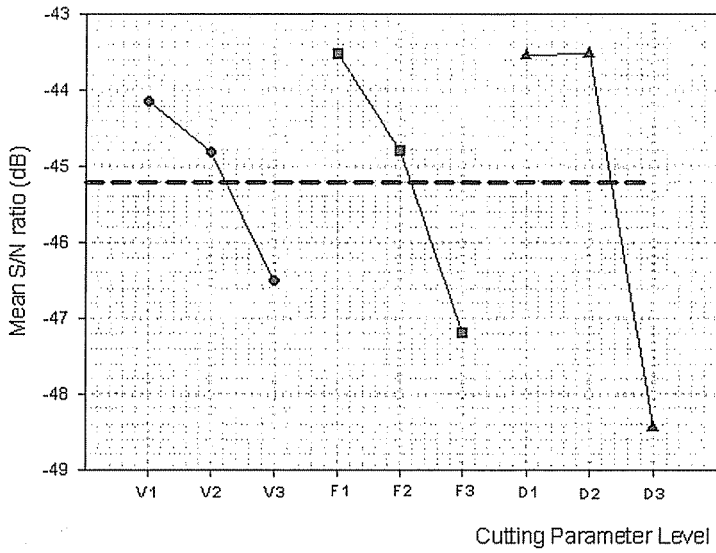


Figure 2. S/N graph for tangential force F_t

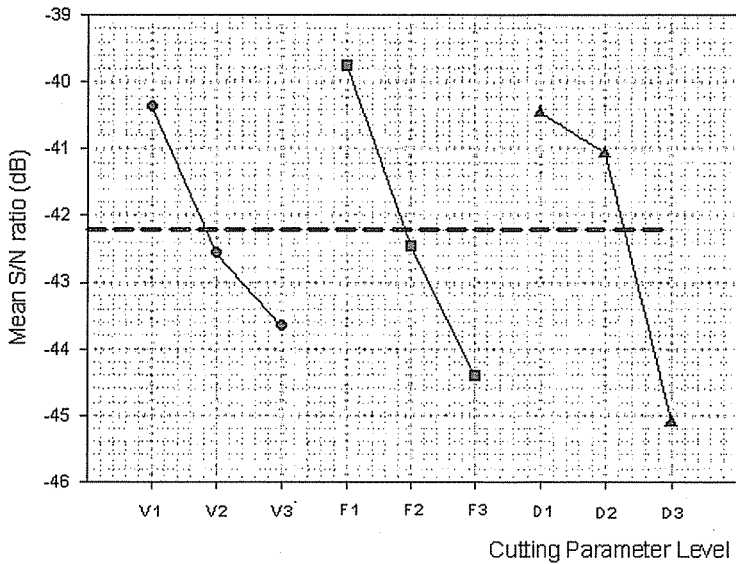


Figure 3. S/N graph for axial force F_a

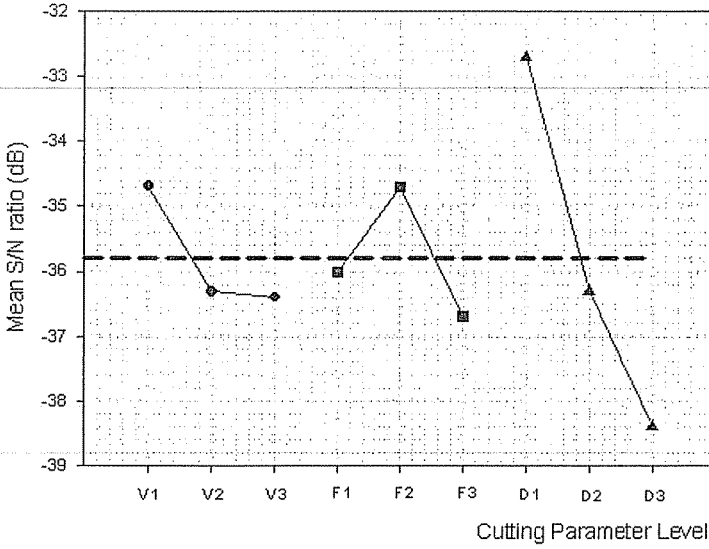


Figure 4. S/N graph for radial force F_r

4.2. Analysis of Variance (ANOVA)

The purpose of the analysis of variance (ANOVA) is to investigate which design parameters significantly affect the quality characteristic. This is to be accomplished by separating the total variability of the S/N ratios, which is measured by the sum of the squared deviations from the total mean S/N ratio, into contributions by each of the design parameters and the error. First, the total sum of squared deviations SS_{Total} from the total mean S/N ratio η_m can be calculated as [12]:

$$SS_{Total} = \sum_{i=1}^n (\eta_i - \eta_m)^2 \quad (3)$$

where η_i is the mean S/N ratio for the i^{th} experiment. Statistically, there is a tool called an F test named after Fisher [13] to see which design parameters have a significant effect on the quality characteristic. Usually, the change of the cutting parameter has a significant effect on the cutting forces when the F value is large. In performing the F test, the mean of squared deviations due to each design parameter needs to be calculated. The mean of squared deviations is equal to the sum of squared deviations divided by the number of degrees of freedom associated with the design parameter. Then, the F value for each design parameter is simply the ratio of the mean of squared deviations to the mean of squared error. Tables 5, 6 and 7 show the results of ANOVA for the cutting forces F_t , F_a and F_r respectively.

Table 5. Results of ANOVA for F_t

Symbol	Cutting Parameters	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	Contribution (%)
D	Depth of cut	2	48.39	24.19	11.5	58.59
F	Rate of feed	2	21.00	10.50	5.0	25.42
V	Cutting speed	2	8.97	4.48	2.1	5.42
Error		2	4.22	2.11		2.55
Total		8	82.58			100

Table 6. Results of ANOVA for F_n

Symbol	Cutting Parameters	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	Contribution (%)
D	Depth of cut	2	38.24	19.12	19.5	42.71
F	Rate of feed	2	32.61	16.30	16.6	36.42
V	Cutting speed	2	16.72	8.36	8.5	18.67
Error		2	1.96	0.98		2.18
Total		8	89.53			100

Table 7. Results of ANOVA for F_r

Symbol	Cutting Parameters	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	Contribution (%)
D	Depth of cut	2	50.19	25.09	173.5	80.62
F	Rate of feed	2	6.24	3.12	21.6	10.02
V	Cutting speed	2	5.53	2.76	19.1	8.88
Error		2	0.29	0.14		0.46
Total		8	62.25			100

It can be found that depth of cut, rate of feed are the significant on cutting forces. Increasing depth of cut and rate of feed increases the cutting forces. However, the change in cutting speed has an insignificant effect on the cutting forces. It directly affects the tool life and surface roughness [7]. According to the Yang and Tarng [7], cutting speed, depth of cut and rate of feed are the significant parameters for affecting the tool life and surface roughness. Increasing the cutting parameters decreases the tool life and increases the surface roughness.

In the present study, the contribution order of the cutting parameters for cutting forces is depth of cut rate of feed and with small effect cutting speed. The optimal cutting parameters;

1. for tangential force (F_t) are the cutting speed at level 1, the feed rate at level 1, and depth of cut at level 2 ($V_1F_1D_2$),

2. for axial force (F_a) are the cutting speed at level 1, the feed rate at level 1, and depth of cut at level 1 ($V_1F_1D_1$),
3. for radial force (F_r) are the cutting speed at level 1, the feed rate at level 2, and depth of cut at level 2 ($V_1F_2D_1$).

4.3. Confirmation Tests

Once the optimal level of the design parameters has been selected, the final step is to predict and verify the improvement of the quality characteristic using the optimal level of the design parameters. The estimated S/N ratio $\hat{\eta}$ using the optimal level of the design parameters can be calculated as:

$$\hat{\eta} = \eta_m + \sum_{i=1}^j (\eta_i^- - \eta_m) \quad (4)$$

where η_m is the total mean-S/N ratio, η_i^- is the mean S/N ratio at the optimal-level, and j is the number of the main design parameters that affect the quality characteristic. The estimated S/N ratio using the optimal cutting parameters for cutting forces can then be obtained and the corresponding cutting forces can also be calculated by using Eqs. (1) and (2). Table 8 shows the comparison of the predicted cutting forces with the actual cutting forces using the optimal cutting parameters, good agreement between the predicted and actual cutting forces being observed.

The increase of the S/N ratios from the initial cutting parameters to the optimal cutting parameters are; 1.90 for tangential force, 4.18 for axial force and 1.20 for radial force.

Table 8. Results of the confirmation experiment

	Initial cutting parameters	Optimal cutting parameters		Improvement of the S/N ratio
		Prediction	Experiment	
F_t	Level	$V_2F_2D_2$	$V_1F_1D_2$	$V_1F_1D_2$
	Value (N)	125	115	100
	S/N (dB)	-41.90	-41.20	-40.00
F_a	Level	$V_2F_2D_2$	$V_1F_1D_1$	$V_1F_1D_1$
	Value (N)	120	70	75
	S/N (dB)	-41.68	-36.90	-37.5
F_r	Level	$V_2F_2D_2$	$V_1F_2D_1$	$V_1F_2D_1$
	Value (N)	80	60	70
	S/N (dB)	-38.10	-30.47	-36.90

5. CONCLUSION

In this study, an application and adaptation of Taguchi optimization and quality control method was established for the optimization of cutting forces in oblique turning process. As indicated in this study that the Taguchi method provides a systematic and efficient methodology with less experiments and trials.

The experimental results obtained in this study showed that, depth of cut, rate of feed has significant effect on the cutting forces. Cutting speed has insignificant effect on cutting forces. However, changing cutting parameters as a whole significantly changes the cutting forces. The optimum cutting parameters and forces in a given range for Ç1050 steel bar is shown in Table 9.

Table 9. Optimum cutting parameters and forces for Ç1050 steel

Cutting Forces		Cutting speed (V) rpm	Rate of feed (F) mm/rev	Depth of cut (D) mm
F_t	100	110	0.2	1.0
F_a	75	110	0.2	0.5
F_r	70	110	0.4	0.5

6. REFERENCES

1. Abuelnaga, A.M., El-Dardiry, M.A., "Optimization methods for metal cutting", *Int. J. Mach. Tool Des. Res.* 24 (1), 1-18, 1984.
2. Oxley, P.L.B., "Modelling machining processes with a view to their optimization and the adaptive control of metal cutting machine tools", *Robot. Comput.-Integrated Manuf.* 4, 103-119, 1988.
3. Chryssolouris, G., Guillot, M., "A comparison of statistical and AI approaches to the selection of process parameters in intelligent machining", *ASME J. Eng. Ind.* 112, 122-131, 1990.
4. Yao, Y., Fang, X.D., "Modelling of multivariate time series for tool wear estimation in finish turning", *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 32 (4), 495-508, 1992.
5. Zhou, C., Wysk, R.A., "An integrated system for selecting optimum cutting speeds and tool replacement times", *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 32 (5) (1992) 695-707.
6. Chua, M.S., Rahman, M., Wong, Y.S., Loh, H.T., "Determination of optimal cutting conditions using design of experiments and optimization techniques", *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 33 (2) 297-305, (1993).
7. Yang, W.H., Tarng, Y.S., "Design Optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method", 84, 122-129, 1988.
8. Taguchi, G., "Introduction to Quality Engineering", Asian Productivity Organization, Tokyo, 1990.
9. Ross, P.J., "Taguchi Techniques for Quality Engineering", Mc-Graw-Hill, New York, 1988.
10. Peace, G.S., "Taguchi Methods: A Hand-on Approach", Addison-Wesley, Reading, MA, 1993.

11. Bendell, A., Disney, J., Pridmore, W.A., "Taguchi Methods: Applications in World Industry", IFS Publications, UK, 1989.
12. Montgomery, D.C., "Design and Analysis of Experiments", Wiley, Singapore, 1991.
13. Fisher, R.A., "Statistical Methods for Research Workers", Oliver and Boyd, London, 1925.

MODELING OF THE CONTACT RESISTANCES IN RESISTANCE SPOT WELDING (RSW) PROCESS

Uğur EŞME

Mersin Marine and Merchant Academy Department of Marine Programs, Mersin/Türkiye

Hasan SERİN ve Mustafa ÖZCANLI

C.U., Department of Mechanical Engineering, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *This paper describes an application of neural network (NN) technologies with back propagation method (BPM) for modeling of the contact resistance in resistance spot welding (RSW) process. A neural network is used to construct the relationships between electrode force, tip geometry and contact resistances (upper electrode-workpiece, workpiece-workpiece and lower electrode-workpiece). A series of experiments were carried out using 1.5 mm SAE 1010 steel specimens to measure the contact resistances. Then, the neural network is trained with contact resistance experimental data, tested and compared in experimental data in terms of its ability to determine contact resistances. The results show that the proposed neural network is capable of mapping the complex relationships between the contact resistances and welding parameters.*

DİRENÇ NOKTA KAYNAĞINDA TEMAS DİRENÇLERİNİN MODELLENMESİ

ÖZET : *Bu çalışmada, nokta direnç kaynağında oluşan temas dirençleri yapay sinir ağları uygulaması kullanılarak modellenmiştir. Üst elektrot-iş parçası, iş parçası ara yüzey dirençleri ve alt elektrot-iş parçası arasındaki ilişkilerin modellenmesi için yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, SAE 1010 çeliği üzerinde çok sayıda deneyler yapılmıştır. Yapay sinir ağları metodunda sistemi tanıma işlemi deney sonuçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma temas dirençlerinin modellenmesinde yapay sinir ağları yönteminin etkili bir metot olduğunu göstermiştir.*

1. INTRODUCTION

Contact resistance is an important parameter in electrical resistance spot welding [1–3]. Here, a large current is passed through two water cooled copper electrodes which also clamp the sheets to be welded. Generally, there are seven sources of electrical resistances in spot welding. Figure 1 is a schematic sketch of the resistances in spot welding.

Body resistances, upper electrode resistance, upper workpiece resistance, lower workpiece resistance and lower electrode resistance (R_1 , R_3 , R_5 and R_7 respectively), which depend only on the physical properties (such as resistivity and temperature) of the material can be taken as constant since they can not be altered. However, the contact resistances, upper electrode-workpiece, workpiece-workpiece (faying surface) and lower electrode-workpiece (R_2 , R_4 and R_6 respectively), are altered depending on the material and electrode geometry.

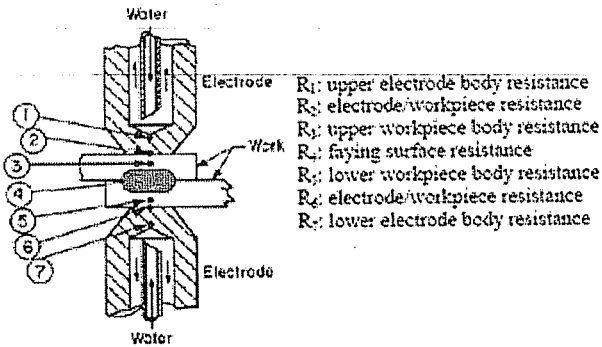


Figure 1. Contact resistances in resistance spot welding process [4]

Clearly, the contact resistance at the faying surface, as shown in Figure 1, is critical since weld nugget growth is initiated here. A large contact resistance is advantageous for the formation of a single spot weld since it can contribute significantly to ohmic heating at the start of the welding cycle. This is particularly important in the spot welding of aluminium alloys which have high bulk electrical and thermal conductivity [4,5]. In practice, however, the contact resistance should not be too high, otherwise too much current is diverted to previously formed, neighbouring spot welds. In addition, very high contact resistance can make nugget formation difficult to control in the early part of the welding cycle [1,6]. In this paper, the effect of electrode shape and force on the contact resistances (R_2 , R_4 and R_6) was modeled using neural network prediction and modeling method.



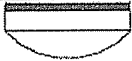
2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

SAE 1010 hot rolled low carbon steel sheets with 1.5 mm thicknesses were used as a workpiece material. The specimens were prepared by cutting the workpiece material into the suitable dimensions (width: 25 mm, length: 101 mm and contacting overlap: 25 mm)

and then cleaned and abraded to prevent high contact resistance which is created due to oxide layer [2].

In this study copper is used as an electrode material. Contact resistance measurements were made for electrode/sheet (R_2 and R_6) and faying surface (R_4) interfaces using four point method [1] as a function of applied load through flat-flat (pair 1), dome-dome (pair 2), and cup-dome (pair 3) electrodes. The contact diameter of the flat electrode is 12 mm and radius of curvature of the concave and convex surfaces for cup and dome electrodes is 30 mm. The resistance measurements were made using a Thruby digital micro-ohmmeter, which eliminates any errors using an automatic zero null circuit resistance. The details of the parameters used in the study and other relevant data, as shown in Table 1, are taken from the another part of this study [7].

Table 1. Experimental results used for training neural network [7]

Pressure (kN)	$R_2 \times 10^{-3}$	$R_4 \times 10^{-3}$	$R_6 \times 10^{-3}$	
1.5	12.20	32.30	15.30	
2.5	9.50	12.60	8.00	
3.5	2.02	9.30	2.00	
flat-flat (pair 1)				
1.5	23.05	41.50	22.25	
2.5	16.00	30.11	15.06	
3.5	11.04	25.08	13.00	
dome-dome (pair 2)				
1.5	11.07	25.02	12.01	
2.5	9.08	19.03	9.02	
3.5	7.01	9.45	8.25	
dome-cup (pair 3)				

3. NEURAL NETWORK DESIGN

The neural network technique provides an alternative method for predictive learning and modeling of weld quality. Neural networks have several advantages compared to conventional applied mathematical and statistical techniques. They have been used in a wide variety of applications, ranging from classification and pattern recognition to optimization and control. Neural networks also provide a generic technique for the realization of continuous mappings, providing several advantages compared to conventional statistical techniques. They are suitable for incremental learning, enabling the neural network models to be improved incrementally as new data becomes available [8].

They are also suitable for fast computation on parallel architectures and have good generalization capabilities and can approximate a variety of functions. The best-known example of a neural network training algorithm is back-propagation. In back-propagation, the gradient vector of the error surface is calculated. This vector points in the direction of steepest descent from the current point, so we know that if we move along it a “short” distance, we will decrease the error [8]. The developed neural network system with back propagation (BPM) method is shown in Figure 2. A sequence of such moves (slowing as we near the bottom) will eventually find a minimum of some sort. Large steps may converge more quickly, but may also overstep the solution or (if the error surface is very eccentric) go off in the wrong direction. A classic example of this in neural network training is where the algorithm progresses very slowly along a steep, narrow, valley, bouncing from one side across to the other. In contrast, very small steps may go in the correct direction, but they also require a large number of iterations. In practice, the step size is proportional to the slope (so that the algorithms settle down to a minimum) and to a special constant, the learning rate. The correct setting for the learning rate is application-dependent, and is typically chosen by experiment; it may also be time-varying, getting smaller as the algorithm progresses [8].

The algorithm progresses iteratively through a number of epochs. On each epoch, the training cases are each submitted in turn to the network, and target and actual outputs compared and the error calculated. This error, together with the error surface gradient, is used to adjust the weights, and then the process repeats. The initial network configuration is random, and training stops when a given number of epochs elapse, or when the error reaches an acceptable level, or when the error stops improving [9-10].

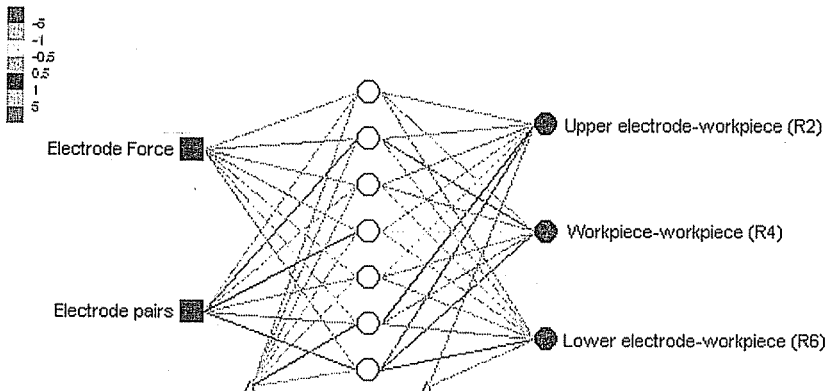


Figure 2. Neural network system with back propagation

Developed neural network system consists of 2 input layers, 7 hidden layers and 3 output layer. The input variables used in the present paper are: electrode force (F, kN), electrode pair configuration. The output layer forming the variables which are to be predicted consists of contact resistance (ohm, Ω). The performance of the neural network depends on the number of hidden layers and number of neurones in the hidden layers. Therefore, many attempts should be carried out in choosing the optimal structure for the neural network by changing the number of hidden layers as well as the number of neurones in each of these hidden layers. The appropriate neural network structure for predicting contact resistance was chosen by the trial-and-error method [6-8].

The results of the test are summarized in Table 2. The testing data are boldfaced in the table and these sets of data were not used for training the network. The errors in contact resistances (R_2 , R_4 and R_6) estimates very rarely exceeded 5%, and thus the network was able to predict with significant accuracy.

After learning process of the network, the connection weights according to the input and output nodes were found as shown in Table 3.

Table 2. Comparison of experimental and predicted results obtained from Neural Network

Sample	Electrode force F (kN)	Electrode Pairs 1.flat-flat 2.dome-dome 3.dome-cup	Experimental results			Network results						
			$ER_2 \times 10^{-3}$	$ER_4 \times 10^{-3}$	$ER_6 \times 10^{-3}$	$NR_2 \times 10^{-3}$	$NR_4 \times 10^{-3}$	$NR_6 \times 10^{-3}$	Error percentage (%)			
			Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	R_2	R_4	R_6
TRAIN DATA	TR1	1.5	1	11.05	26.03	12.20	12.201	32.299	15.297	-0.001	0.001	0.003
	TR2	2.5	1	21.55	37.42	20.36	9.497	12.582	8.005	0.003	0.018	-0.005
	TR3	3.5	1	10.32	24.02	11.00	2.191	9.601	2.136	-0.171	-0.301	-0.136
	TR4	1.5	2	10.78	20.23	11.12	22.896	41.443	22.122	0.154	0.057	0.128
	TR5	2.5	2	19.32	34.25	20.08	16.000	30.121	15.064	0.000	-0.011	-0.004
	TR6	3.5	2	10.00	23.20	11.52	11.039	25.060	12.998	0.001	0.020	0.002
	TR7	1.5	3	3.05	10.12	3.04	11.075	25.023	12.017	-0.005	-0.003	-0.007
	TR8	2.5	3	14.07	26.24	13.32	9.078	19.012	9.017	0.002	0.018	0.003
	TR9	3.5	3	8.00	11.50	9.20	7.006	9.797	8.246	0.004	-0.347	0.004
TEST DATA	TT1	1.8	1	11.05	26.03	12.200	12.13	21.70	14.18	-1.081	4.330	-1.975
	TT2	1.8	2	21.55	37.42	20.360	22.58	41.25	21.66	-1.031	-3.832	-1.303
	TT3	1.8	3	10.32	24.02	11.000	9.75	24.12	10.34	0.574	-0.097	0.657
	TT4	2.2	1	10.78	20.23	11.120	11.85	15.28	11.82	-1.067	4.955	-0.699
	TT5	2.2	2	19.32	34.25	20.080	19.80	37.68	17.90	-0.485	-3.430	2.178
	TT6	2.2	3	10.00	23.20	11.520	9.35	22.53	9.40	0.647	0.667	2.119
	TT7	3.0	1	3.05	10.12	3.040	3.10	9.81	2.51	-0.050	0.311	0.530
	TT8	3.0	2	14.07	26.24	13.320	12.30	25.23	13.47	1.771	1.007	-0.154
	TT9	3.0	3	8.00	11.50	9.200	7.89	11.05	8.52	0.107	0.448	0.681

Table 3. Connection weights between input, output and hidden layers

Input layer node	Hidden layer node number						
	1	2	3	4	5	6	7
Bias	1.05092	2.1744	1.40772	1.85678	-3.21021	0.601679	-3.56141
Electrode Force	3.04264	0.403928	4.40388	2.11066	-4.95154	-1.20328	0.273098
Electrode Pairs	3.26888	-5.11437	-3.0907	0.670023	-4.73546	0.494734	-6.71643

Hidden node number	Output node		
	R ₂	R ₄	R ₆
Bias	0.255565	-0.970369	0.27194
1	-3.021520	1.395950	-0.170497
2	1.370320	5.336170	1.41059
3	-0.497786	-4.32430	-0.102509
4	1.643420	-0.949581	-1.02095
5	3.135240	3.827230	4.70351
6	0.706856	0.054605	0.202046
7	-5.87764	-5.04954	-5.85347

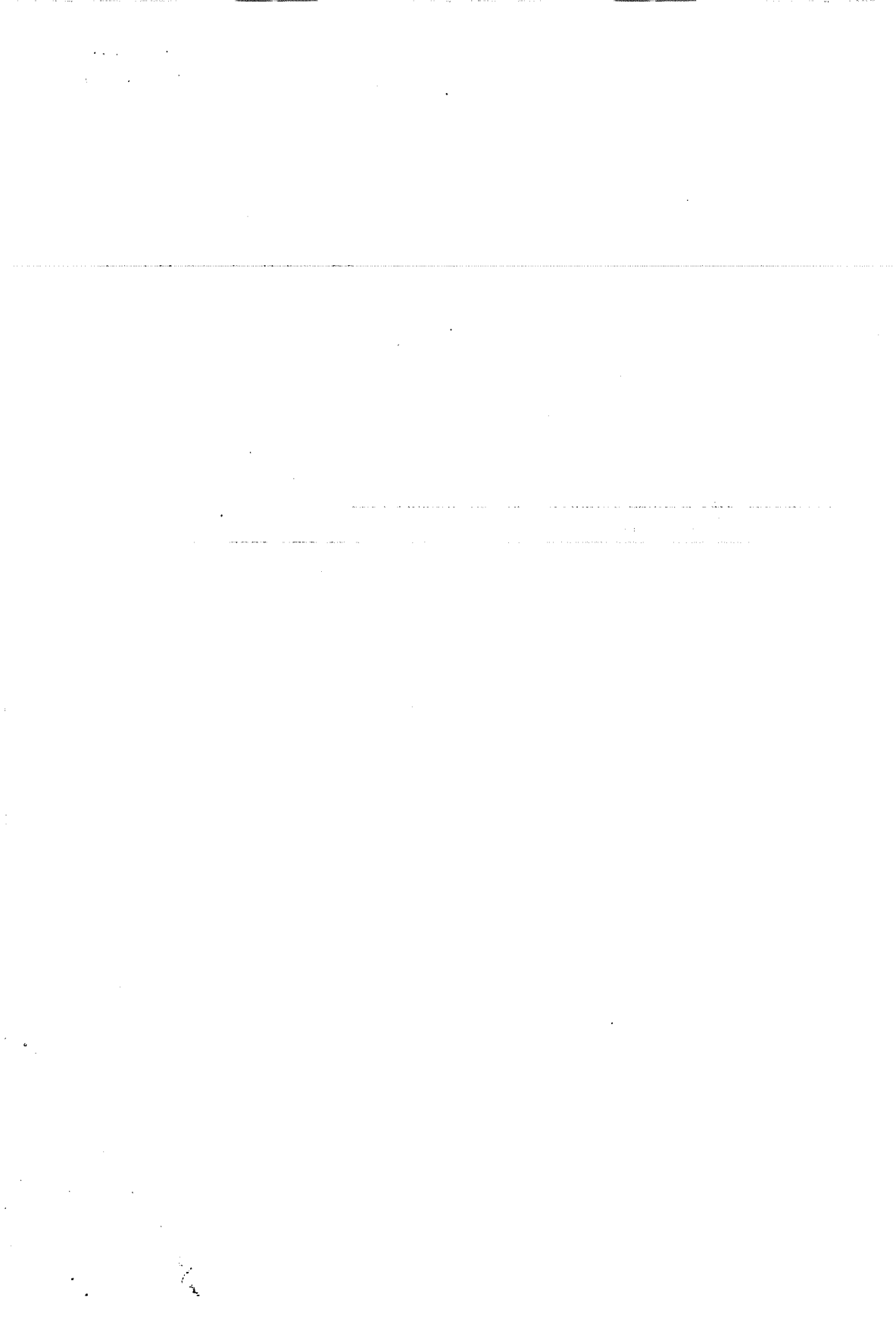
4. CONCLUSIONS

A neural network system for contact resistance prediction was developed based on the electrode force and electrode pairs. A neural network system was thought of because such a system does not need a mathematical model of the relationship between electrode forces, electrode tip shape and contact resistance as needed by a conventional system [11]. It is a known fact that it is not possible to develop a relationship between electrode force, electrode tip shape (pairs) and contact resistance for the spot welding process, which is a non-linear process. Using neural networks, system would be able learn to map the electrode force and shape to its respective contact resistance based on a lot of test patterns which were introduced to the system during learning process. Learning is achieved by adjusting the weights, using an iterative process, during the course of the process [10].

The error between experimental values and the predicted values by neural network with back propagation method did not exceed 5%. Therefore, good agreement achieved by using this method to predict the contact resistances (upper electrode-workpiece, workpiece-workpiece or faying surface and lower electrode-workpiece) for the prevention of the shunt effect of current and metal expulsion from the faying surface due to the high contact resistance.

5. REFERENCES

1. James, P.S., Chandler, H.W., Evans, J.T., Wen, J., Browne, D.J., Newton, C.J., "The Effect of Mechanical Loading on the Contact Resistance of Coated Aluminum", *Materials Science & Engineering*, A230, pp. 194-201, 1997.
2. Eşme, U., "The Effect of Welding and Design Parameters on the Quality of the Resistance Spot Welding (RSW) Joints", MSc Thesis, Cukurova University Institute of Natural and Applied Sciences, Turkey, 2002.
3. Degarmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., "Materials and Processes in Manufacturing", Macmillan Publishing Company, New York, 1988.
4. Lantz, J., "Principles of Resistance Welding-Weld Heads, Electrodes and Quality, Welding Design and Fabrication", pp. 46-49, April 2000.
5. Yeung, K.S., Thornton, P.H., "Transient Thermal Analysis of Spot Welding Electrodes, AWS Welding Research", pp. 1-6, January 1999.
6. Hirsch, R.B., "The Effect of Tip Force on Weld Quality and Electrode Life", Leibovitz V.P. Manufacturing Unitrol Electronics Inc, pp. 1-12, USA, 1998.
7. Bayramoglu, M., Eşme, U. and Geren, N., "Effects of welding parameters on the quality of resistance spot welded SAE 1010 steel sheet", *International Journal of Materials and Product Technology*, 19(5), 2003.
8. Nagesh, D.S. and Data, G.L., "Prediction of weld bead geometry and penetration in shielded metal-arc welding using artificial Neural Networks", *Journal of Materials Processing Technology*, 123, 303-312, 2002.
9. Tarng, Y.S., Tsai, H.L. and Yeh, S.S., "Modeling, optimization and classification of weld quality in tungsten inert gas welding", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 39, 1427-1438, 1999.
10. Aravinthan, A. and et al., "A Neural Network System for Spot Weld Strength Prediction", Systems Engineering Research Group, Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, 1999.
11. Brown, J.D. and Rodd, M.G., "Application of artificial intelligence techniques to resistance spot welding", *Ironmaking & Steelmaking*, 199-204, 1998.



MODELING AND PREDICTION OF WELD STRENGTH IN RESISTANCE SPOT WELDING (RSW) PROCESS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**Uğur EŞME***Mersin Marine and Merchant Academy Dept. of Marine Programs, Mersin/Türkiye***Onur GÜVEN***M.U., Department of Mechanical Engineering, Mersin/Türkiye***Hasan SERİN***C.U., Department of Mechanical Engineering, Adana/Türkiye*

ABSTRACT : Resistance spot welding (RSW) is a process that is being widely used in the industry for sheet joining purposes. In this paper, use of artificial neural networks (ANN) to model the resistance spot welding process of 3mm SAE 1010 steel sheet is explored. Back-propagation neural networks (BPN) are used to associate the welding process parameters (electrode force, welding current and electrode diameter) with the features of the weld strength. These networks have achieved good agreement with the training data and have yielded satisfactory generalisation.

**DİRENÇ NOKTA KAYNAĞINDA KAYNAK MUKAVEMETİNİN
MODELLENMESİ VE TAHMİN EDİLMESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ
KULLANILMASI**

ÖZET : Direnç nokta kaynağı endüstride parça metal sacların birleştirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu çalışmada 3 mm SAE 1010 çelik sacın nokta kaynağı yapay sinir ağları (NN) kullanılarak modellenmiştir. Geri yayımlı ağlar kullanılarak (BPN) direnç nokta kaynağı parametreleri (elektrot baskı kuvveti, kaynak akımı ve elektrot çapı) ile kaynak mukavemeti arasındaki ilişki araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar ile yapay sinir ağları bulunmuş sonuçlar arasında çok düşük farklar görülmüştür.

1. INTRODUCTION

Across the engineering spectrum, welding is an essential process in the manufacturing of components, assemblies or complete machines. Resistance spot welding (RSW) is a thermo-electric process in which heat is generated at the interface of the parts to be joined by passing an electrical current through the parts for a precisely controlled time and under a controlled pressure or force. The name resistance welding derives from the fact that the resistance of the workpieces and electrodes are used in combination or contrast to generate the heat at their interface.

As shown in Figure 1, in resistance spot welding, both heat and pressure are used to effect coalescence [1].

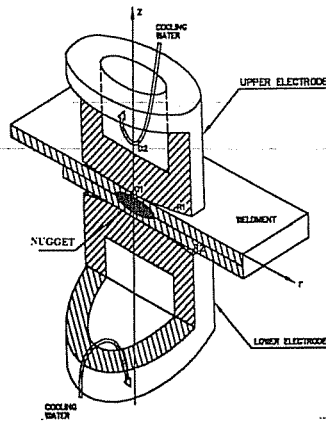


Figure 1. Resistance spot welding (RSW) process [2]

The heat is the consequence of the electrical resistance of the workpieces and the interface between them. The pressure is varied throughout the weld cycle. A certain amount of pressure is applied initially to hold the workpieces in contact and thereby control the electrical resistance at the interface [3]. When the proper temperature is attained, the pressure is increased to facilitate coalescence. Due to applied pressure, coalescence occurs at a lower temperature than that required for oxyfuel gas or arc welding. In fact, in many resistance spot welding operations, melting of the base metal does not occur. Therefore, resistance spot welding processes could well be considered as a form of solid-state welding [4].

The qualities of the spot welded joints are defined by the mechanical properties and size of the heat affected zone. The weld strength is measured by a number of standardised destructive tests, which subject the weld to different types of loading. Controlling the welding parameters plays an important role on the quality of the weld. Therefore, it is very important to select the welding process parameters for obtaining optimal weld strength. Usually, the desired welding process parameters are determined based on experience or from a handbook. However, this does not ensure that the selected welding process

parameters can produce the optimal or near optimal weld strength for that particular welding machine and environment. In this paper, artificial neural network (ANN) was used to determine the relationship thus modeling the weld strength subjected to the process parameters.

2. EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

3 mm SAE 1010 hot rolled low carbon steel was used as a workpiece material. The specimens were prepared by cutting the workpiece material into the suitable dimensions and then cleaned and abraded to prevent high contact resistance which is created due to oxide layer [3]. The tension shear test experiments were performed on the specimens according to welding standards of Resistance Welders Manufacturer Association (RWMA) [4]. The configuration and dimensions of the specimens used throughout the work are given in Figure 2 [5].

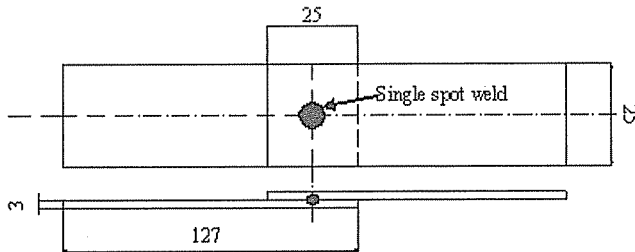


Figure 2. Loading of the tensile test samples

In this study, copper is used as an electrode material. The shape and corresponding dimensions of the electrodes used in this work are shown in Figure 3.

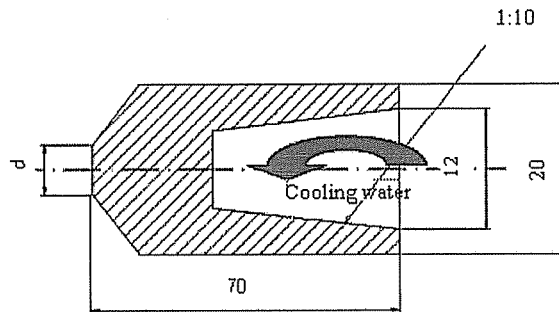


Figure 3. Electrode shape and dimensions [5]

The experiments were performed on a SPP 60 series BAYKAL spot welding machine. It is a pneumatically operated, electronically current and timing controlled welding

machine. Current values of the spot welding machine ranges from 5.5 kA to 18.8 kA. The pressure, applied through pneumatic cylinder can be controlled and adjusted according to the required value during the welding period. The adjustable pressure ranges from 1 to 8 bars. Applied pressure is measured and controlled by the help of a manometer which is mounted on the valve section of the machine.

In order to obtain train data for neural network modelling, the experiments were performed by keeping the type of electrode material, water flow rate, electrode nose geometry (flat-flat) constant and changing the other parameters, as shown in Table 1, according to the electrode force, current and electrode diameter [5].

Table 1. Welding Parameters used for obtaining training data

Thickness (mm)	Force F (kN)	Current I (kA)	Electrode diameter d (mm)	Weld time (Cycles)	Hold Time (Cycles)
3.0	4.90 – 7.85 – 8.83	14.4 – 16.2 – 17.0 – 17.5	9.5 – 11 – 13	30	18

3. ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR MODELING AND PREDICTION

Neural networks have seen an explosion of interest over the last few years, and are being successfully applied across an extraordinary range of problem domains, in areas as diverse as finance, medicine, engineering, geology and physics. Indeed, anywhere that there are problems of prediction, classification or control, neural networks are being introduced.

A neural network is an adaptable system that can learn relationships through repeated presentation of data and is capable of generalising to new, previously unseen data. If a network is to be of any use, there must be inputs (which carry the values of variables of interest in the outside world) and outputs (which form predictions, or control signals). Inputs and outputs correspond to sensory and motor nerves such as those coming from the eyes and leading to the hands. However, there may also be hidden neurones, which play an internal role in the network. The input, hidden and output neurones need to be connected together [6].

To capture the essence of biological neural systems, an artificial neurone is used. It receives a number of inputs (either from original data, or from the output of other neurones in the neural network). Each input comes via a connection, which has a strength (or weight); these weights correspond to synaptic efficacy in a biological neurone. Each neurone also has a single threshold value. The weighted sum of the inputs is formed, and the threshold subtracted, to compose the activation of the neurone (also known as the post-synaptic potential, or PSP, of the neurone). The activation signal is passed through an activation function (also known as a transfer function) to produce the output of the neurone. For our application, this function is a sigmoid function, which is the same for all neurones [6].

$$f(x) = [1 + \exp[-x]]^{-1} \quad (1)$$

The best-known example of a neural network training algorithm is back-propagation. In back-propagation, the gradient vector of the error surface is calculated. This vector points in the direction of steepest descent from the current point, so we know that if we move along it a "short" distance, we will decrease the error. A sequence of such moves (slowing as we near the bottom) will eventually find a minimum of some sort. Large steps may converge more quickly, but may also overstep the solution or (if the error surface is very eccentric) go off in the wrong direction. A classic example of this in neural network training is where the algorithm progresses very slowly along a steep, narrow, valley, bouncing from one side across to the other. In contrast, very small steps may go in the correct direction, but they also require a large number of iterations. In practice, the step size is proportional to the slope (so that the algorithms settle down to a minimum) and to a special constant, the learning rate. The correct setting for the learning rate is application-dependent, and is typically chosen by experiment; it may also be time-varying, getting smaller as the algorithm progresses.

The algorithm progresses iteratively through a number of epochs. On each epoch, the training cases are each submitted in turn to the network, and target and actual outputs compared and the error calculated. This error, together with the error surface gradient, is used to adjust the weights, and then the process repeats. The initial network configuration is random, and training stops when a given number of epochs elapse, or when the error reaches an acceptable level, or when the error stops improving. We can select which of these stopping conditions to use.

Neural network with back-propagation used in this study is shown in Figure 4. Network system consists of 3 input layers, 7 hidden layers and 1 output layer. The input variables used in the present paper are: electrode force (F, kN), welding current (I, kA) and electrode tip diameter (d, mm). The output layer forming the variables which are to be predicted consists of Tensile strength per spot (TS, kN)

The hidden and output layer neurons are each connected to all of the units in the preceding layer. When the network is executed (used), the input variable values are placed in the input units, and then the hidden and output layer units are progressively executed. Each of them calculates their activation value by taking the weighted sum of the outputs of the units in the preceding layer, and subtracting the threshold.

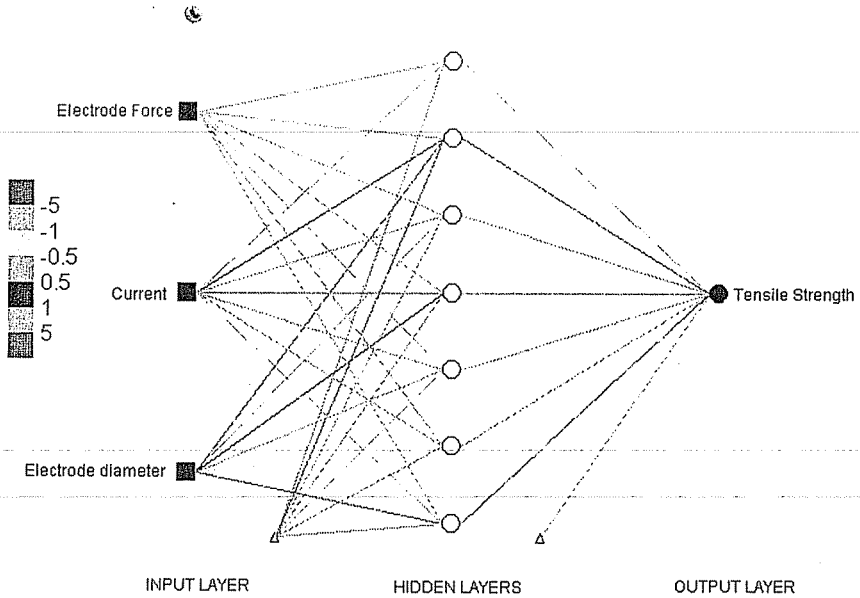


Figure 4. Back Propagation Neural network used for predicting tensile strength

The results of the test are summarised in Table 2. The testing data are boldfaced in the table and these sets of data were not used for training the network. The errors in tensile strength estimates very rarely exceeded 30% (only one of the total outputs), and thus the network was able to predict with significant accuracy. It can be concluded from this part of the work that the neural networks appear to constitute a workable model for predicting the weld strength set of welding conditions.

4. CONCLUSIONS

A neural network system for weld strength prediction will be developed based on the electrode force, welding current and electrode diameter. A neural network system was thought of because such a system does not need a mathematical model of the relationship between welding parameters and weld strength as needed by a conventional system [9]. It is a known fact that it is not possible to develop a relationship between welding parameters and strength for the spot welding process, which is a non-linear process. The experiments showed that, at low electrode force and welding currents and large electrode diameters (4.9 kN, 14.40 kA and 13 mm respectively) low tensile strength (11.0 kN) was obtained due to the density of current (A/mm^2) under electrode. Therefore, it should be compatible with the

*MODELING AND PREDICTION OF WELD STRENGTH IN RESISTANCE SPOT WELDING (RSW)
PROCESS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)*

Table 2. Comparison of experimental and predicted results of tensile strength

Sample	Electrode force F (kN)	Welding current I (A)	Electrode diameter d (mm)	Experimental results	Network results	Error percentage (%)	
				Tensile Strength (kN)	Tensile Strength (kN)		
TRAIN DATA	1	4.9	14.40	9.5	1.30	1.37	-0.07
	2	4.9	16.20	9.5	1.50	1.31	0.19
	3	4.9	17.00	9.5	1.30	1.43	-0.13
	4	4.9	14.40	11	11.75	11.75	0.00
	5	4.9	16.20	11	14.23	14.22	0.01
	6	4.9	17.50	11	13.75	13.75	0.00
	7	4.9	14.40	13	1.10	0.89	0.21
	8	4.9	16.20	13	1.25	1.24	0.01
	9	4.9	17.00	13	1.40	1.35	0.05
	10	4.9	17.50	13	1.30	1.39	-0.09
	11	7.85	14.40	9.5	1.10	0.80	0.30
	12	7.85	16.20	9.5	1.20	0.81	0.39
	13	7.85	17.00	9.5	0.95	0.84	0.11
	14	7.85	17.50	9.5	0.88	0.95	-0.08
	15	7.85	14.40	11	13.75	13.73	0.02
	16	7.85	17.00	11	16.70	16.43	0.27
	17	7.85	17.50	11	16.20	16.32	-0.12
	18	7.85	14.40	13	1.00	0.97	0.03
	19	7.85	16.20	13	1.10	1.21	-0.11
	20	7.85	17.00	13	1.30	1.32	-0.02
	21	8.83	16.20	9.5	1.00	0.81	0.19
	22	8.83	17.00	9.5	0.90	0.84	0.06
	23	8.83	17.50	9.5	0.80	0.92	-0.12
	24	8.83	14.40	11	11.25	11.25	0.00
	25	8.83	16.20	11	13.25	13.03	0.22
	26	8.83	17.00	11	10.75	11.09	-0.34
	27	8.83	17.50	11	9.80	9.58	0.22
	28	8.83	14.40	13	1.10	1.13	-0.03
	29	8.83	16.20	13	1.25	1.21	0.04
	30	8.83	17.00	13	1.35	1.31	0.04
TEST DATA	31	4.9	17.50	9.5	1.15	1.57	-0.42
	32	4.9	17.00	11	14.46	14.16	0.30
	33	7.85	16.20	11	16.03	16.42	-0.39
	34	7.85	17.50	13	1.20	1.37	-0.17
	35	8.83	14.40	9.5	0.95	0.80	0.15
	36	8.83	17.50	13	1.20	1.37	-0.17

welding parameters. Maximum Tensile strength of 16.70 kN was observed at 7.85 kN electrode force, 17.00 kA welding current and 11 mm electrode diameter.

The network-analysis-with-back-propagation showed that an optimum neural network, based on a minimum prediction error, contained seven hidden nodes. In this study, neural network modeling appeared to be well suited for predicting weld strength, particularly when there is no other predictive capability using theoretical numerical models. The model predictions were shown to be in good agreement with the experimental weld strength properties.

5. REFERENCES

1. Lantz, J., "Principles of Resistance Welding", *Welding Design and Fabrication*, 26-29, Feb 2000.
2. Tandoğan, A.B., "Determination of Spot Welding Parameters of Thick", *Heat Treated SAE 4140 Steel Parts*, MSc Thesis, Middle East Technical University, The Department of Metallurgical and Materials Engineering, 89p, Ankara, 1998.
3. Crinon, E. and Evans, J.T., "The Effect of Surface Roughness, Oxide Film Thickness and Interfacial Sliding on the Electrical Contact Resistance of Aluminium", *Journal of Materials Science and Engineering*, 242, 121-128, 1997.
4. Giroux, D., "Resistance Welding Manual (4th Edition)", McGraw Hill Inc., 550p., New York, 1989.
5. Eşme, U., "The Effect of Welding and Design Parameters on the Quality of the Resistance Spot Welding (RSW) Joints", MSc Thesis, Cukurova University The Department of Mechanical Engineering, 107p, 2002.
6. Nagesh, D.S. and Data, G.L., "Prediction of Weld Bead Geometry and Penetration in Shielded Metal-Arc Welding Using Artificial Neural Networks", 123, 303-312, 2002.
7. Cook, G.E., Andersen, K., Karsai, G. and Ramaswamy, K., "Artificial neural networks applied to arc welding process modeling and control", *IEEE Trans. Ind. App.* 26 (5), 824-830, 1990.
8. Cook, G.E., Barnett, R.J., Andersen, K. and Strauss, A.M., "Weld modeling and control using artificial neural networks", *IEEE Trans. Ind. App.* 31(6), 1484-1491, 1995.
9. Brown, J.D. and Rodd, M.G., "Application of artificial intelligence techniques to resistance spot welding", *Ironmaking & Steelmaking*, 199-204, 1998.

DESIGN, CONSTRUCTION AND EXPERIMENTAL TESTING OF A BOX-TYPE SOLAR COOKER**Funda KAHRAMAN ve Ercan KÖSE***M.Ü., Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Türkiye***Serap AKCAN***Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

ABSTRACT : *Solar cookers are used to cook rice, vegetables, meat, bake cakes, etc. Most tropical developing countries, among the various types of solar cookers, box type solar cookers are becoming very popular. The two basic system components are the solar collectors with reflectors and a cooking unit. In this study, a box-type solar cooker was designed and constructed. It consists of wooden, mirror, glass wools and glass covers. The inside of the solar cooker was covered with aluminium foils to transfer the sun rays to the absorber plate. The cooker was tested in summer conditions of Tarsus in southern Turkey. Experiments were performed without load for one week. The temperature of the solar cooker was measured with digital thermocouple. The experimental results show that the box-type solar cooker may be assumed suitable in some cooking process for the climatic conditions of the most regions of Turkey.*

Keywords: *Solar energy, The solar cooker, Design, Temperature variations*

KUTU TİPİ BİR GÜNEŞ FIRINININ TASARIMI, İMALATI VE DENEYSEL OLARAK TEST EDİLMESİ

ÖZET : *Güneş fırınları pirinç, sebze, et gibi yiyecekleri pişirmek için kullanılmaktadır. Çoğu gelişmekte olan ülkelerde güneş fırınlarının bir türü olan kutu tipi fırınların kullanılması çok yaygın hale gelmiştir. Sistemin temel bileşenleri yansıtıcı toplayıcı ve pişirme ünitesidir. Bu çalışmada, kutu tipi bir güneş fırını tasarlanmış ve üretilmiştir. Fırın, ahşap, ayna, cam yünü ve cam kapaktan yapılmıştır. Fırının iç kısmı, güneş ışınlarını, ısı tutucu plakaya transfer etmek için alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Fırın, Türkiye'nin güneyinde Tarsus'un yaz iklim koşullarında test edilmiştir. Deneyler bir hafta boyunca yükstüz olarak yapılmıştır. Güneş fırınının sıcaklığı dijital thermocouple yardımı ile ölçülmüştür. Deneysel sonuçlar, kutu tipi güneş fırınlarının, Türkiye'nin çoğu bölgesinin iklim koşulları için bazı yemeklerin pişirilmesinin uygun olabileceğini göstermiştir.*

Anahtar kelimeler: *Güneş enerjisi, Güneş fırını, Tasarım, Sıcaklık değişimi*

1. INTRODUCTION

Over one-third of all humanity and two-thirds of the developing world cook over biomass fuel wood, charcoal, dung and crop residues etc. For these persons a hot meal depends on a day journey that will take them several miles from home and travel on foot in search of firewood, also an unsustainable source of energy. In addition, according to different studies, women typically spend three to seven hours per day near the fire, exposed to smoke, often with children nearby. In homes, exposures to smoke, particulate matter along with carbon monoxide, formaldehyde, benzene, nitrogen dioxide, etc., pose serious health threats millions of people become sick each year from drinking contaminated water. Children are especially susceptible. According to the study made by World Health Organization polluted water and sanitation deficiency are the cause of 80% of all the diseases. Solar cookers are the only smoke-free solutions mainly for cooking and for pasteurizing water. The necessity of the use of solar cookers in order to reduce the consumption of firewood or conventional fuel is well recognized by various national and international organizations. In spite of various efforts made, the widespread use of solar cookers has not become possible due to different reasons including the impossibility of using during the period lacking sufficient sunshine for cooking [1]. Solar cookers are used primarily to cook food and pasteurize water. Additional uses are continually being developed. However, there are many factors that affect peoples approach to solar cooking. Among these factors are access to materials, availability of traditional cooking fuels, climate, food preferences, cultural factors and technical capabilities.

Solar cookers (or commonly solar ovens) are one of two types, box type cookers and concentrating cookers. In concentrating cookers, the radiation is concentrated by a parabolic reflecting surface. The cooking vessel is placed at the focus of the parabolic reflector and is, thus, directly heated. This results in a remarkable reduction of cooking time, and temperatures above 200 °C can be achieved in such a cooker. A common problem in concentrating cookers is food spillage, unless a vapor tight vessel is used. Further, some form of tracking is needed which adds to the cost of the device. The box type cooker is the simplest device to collect the incoming solar radiation and convert it into heat energy. Part of this heat is delivered as useful energy to the cooked food. Box type cookers have the advantage of being simple in design and do not cost much. It requires no tracking, which allows unattended cooking. Also, diffuse radiation contributes to the heat input [2]. Box type solar cookers are suitable mainly for the boiling type of cooking. The cooking temperature is, in this case, close to 100 °C. This range of temperature is suitable for cooking, boiling, which is prevalent in most of parts of Turkey, India, Pakistan, Africa etc.

2. LITERATURE REVIEW

Solar cookers have attracted the attention of many researchers.

Khalifa et al. [3] have studied the heat transfer in the cooking process as an approach to develop outdoor and indoor cookers.

Channiwala and Doshi [4] have presented a correlation for the determination of the top loss coefficient in terms of cooker configuration, optical properties and wind velocity.

Grupp et al. [5] have presented a novel design of the box type solar cooker in which the cooker has a fixed cooking vessel in good thermal contact with the conductive absorber plate. The cooking vessel is also set into the glazing to enable easier access to the vessel. The cooker has been used for boiling water, and it has been reported that 5 liters of water per square meter of opening surface can be brought to full boiling in less than one hour.

Bushnell and Sohi [6] have reported the performance measurements of a solar cooking oven design that collects solar energy and stores it in a phase change Material located in a heat exchanger.

Mohamad et al. [7] have investigated theoretically the performance of a box solar cooker during the year. The effect of cooker configuration and solar insolation on the performance has been investigated. Results of experimental verification on two different cookers have been reported. It has been concluded that the cooker aspect ratio, reflector angle and cooker orientation are the main factors affecting the cooker performance. It has been reported that an improved performance has been achieved by considering a transparent south facing side of the cooker.

Suharta et al. [8] have described several generations of solar ovens and their field testing in Indonesia. It has been reported that an oven temperature up to 175 °C has been reached and that solar ovens proved their ability to cook effectively.

Gogna et al. [9] reported a relatively simple test procedure based on zero thermal loss from the solar collector at the steady-state condition. It involves the measurement of stagnation temperature that the absorber approaches when no heat is extracted from the collector.

Mullick et al. [10] developed the thermal test procedure to determine the optical efficiency for a paraboloid concentrator solar cooker.

Kumar [11] compared the three experimental test procedures for determination of optical efficiency of concentrator solar cooker.

Namdewani [1] has designed and studied different solar devices like solar cookers, solar cooker cum drier, solar cooker cum water heater and solar still for the last 25 years. He made multipurpose device at home for different practical uses and to study advantages, conveniences and limitations. His device named as food processor, which could cook meal or heat water for pasteurizing, dry agriculture products, distill some liquid (mainly water).

Esen [12] designed a solar cooker integrated vacuum-tube collector with high pipes containing different refrigerants and he analysed its thermal performance experimentally. His study demonstrated that cooking times between 27 and 70 min as well as short heat up times can be obtained with a solar cooking system consisting of vacuum tube collector with integrated long heat pipes using refrigerant as working fluid.

El-Sebaei et al. [13] constructed and tested with or without load. The best performance of box type solar cookers was achieved with the largest cooker load.

Oturanc et al. [14] designed a box type solar cooker and its thermal performance analysed experimentally. The thermal performance and efficiency values obtained may be assumed sufficient for the climatic conditions of Turkey. Although boiling temperatures are not reached, some foods like potatoes, rice, egg, macaroni, etc. can be easily cooked by the designed cooker. Some cooking processes are performed

with the cooker and realized in 90-180 min periods which is the proposed cooking period for box type solar cookers.

3. MATERIAL AND METHODS

The constructed box type solar cooker is shown in Figure 1. It consists of wooden, mirror, glass wools and glass covers. The inside surfaces of the box were covered with aluminum foils. Shape of the solar cooker is rectangular prism. The inner dimensions of the box are 0.78 mX0.42 mX0.63 mX0.53 m. The top of the solar cooker was covered with double glass separated by 0.02m. The double glass covers minimizing the rate of heat lost through the top of the cooker. Mirror reflector was used to reflect the solar radiation onto the cooker cover for increasing of efficiency. Dimension of the mirror 0.70 m and 0.78 m. A steel platform was used for the absorbing surface for the incoming solar radiation in bottom of the solar cooker. Thickness and dimension of the platform are 0.001m and $0.55 \times 0.75 \text{ m}^2$, respectively. The temperatures were measured for two angles of cooker which are 16° and 26° . Radiation of sun is vertical for 26° according to the surface of the cooker.

The experiments were conducted on 21-25 June 2006. Temperatures were measured between 10 AM and 16 PM with an interval of 1 hour.

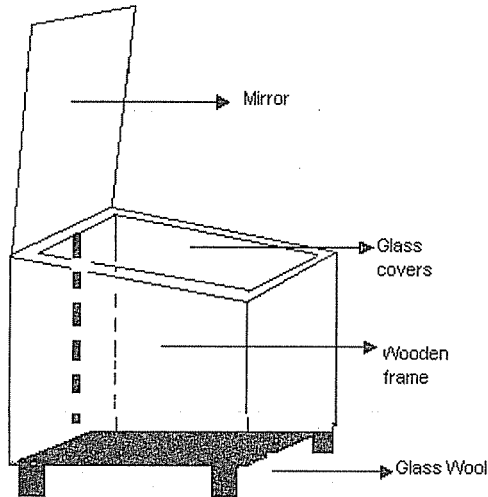


Figure 1. Schematic diagram of the constructed box type solar cooker

4. RESULTS AND DISCUSSION

Experiment was started at 10.00 AM on 21 June 2006. The sun angle of the cooker was adjusted to 16° . The cooker was kept under the sun until the temperatures of the cooker to obtain their maximum values. The results were found to be 36, 45, 58, 69, 80, 82, and 79 °C, respectively (D1). When the sun angle of the cooker was altered to 26° , the temperatures were measured to be 37, 65, 82, 102, 119, 126 and 123 °C (D2) on 22 June 2006; 45, 81, 119, 127, 131, 128 and 130 °C (D3) on 23 June 2006; 45, 85, 121, 130, 135, 128, and 126°C (D4) on 24 June 2006; 36, 51, 62, 70, 84, 91 and 92 °C (D5)

on 25 June 2006, respectively. The weather was clear and sunny on the 21-24 June 2006 but it was cloudy on the 25 June 2006. As seen from figure 2 the lower temperatures were obtained on the 25 June 2006 (D5). Temperature distribution for the box type cooker without load is shown in Fig. 2. The graph was attained by using matlab program. From the results of Fig. 2, it is clear that the temperatures of the cooker increase with the time of the day until they achieved their maximum values at 2.00 PM.

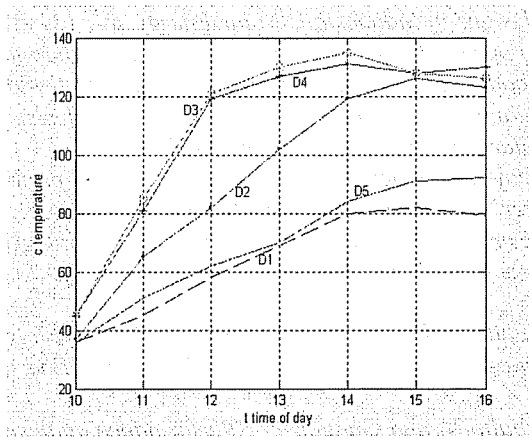


Figure 2. The relationship between time of day and temperature for the cooker without load

5. CONCLUSIONS

- The designed cooker is inexpensive and easy to manufacture and use.
- Boiling temperature of water was reached. Thus, some cooking process may be performed with the box type cooker and may be realized in the short time at Tarsus's climatic conditions.
- Thermal performances and cooking abilities may be improved by adapting some modifications in non-tropical regions.
- The use of these solar cookers is limited because they do not have any storage, i.e. these cookers cannot be used on cloudy days or in late evening.

6. REFERENCES

1. Nandwani, S.S., "Design construction and study of a hybrid solar food processor in the climate of Costa Rica", *Renewable Energy*, 32: 427-44, 2007.
2. Amer, E.H., "Theoretical and experimental assessment of a double exposure solar cooker", *Energy Conversion and Management*, 44: 2651-2663, 2003.
3. Khalifa, M., Taha, M.A. and Akyurt, M., "Solar cookers for outdoors and indoors", *Solar Energy*, 10: 819-29, 1985.
4. Channiwala, S.A., Doshi, N.I., "Heat loss coefficients for box-type solar cookers", *Solar Energy*, 42: 495-501, 1989.

5. Grupp, M., Montague, P. and Wackernagel, M.A., "Novel advanced box-type solar cooker", *Solar Energy*, 47: 107-13, 1991.
6. Bushnell, D.L., Sohi, M.A., "Modular phase change heat exchanger for a solar oven", *Solar Energy*, 49: 235-44, 1992.
7. Mohamed, M.A., Hanafi, A. and Abdelkader, A.M., "Analytical and experimental performance of hot-box solar cooker", In *Proceedings of the ISES 1997 Solar World Congress, Solar Means Business, August 24-29, 1997*.
8. Suharta, H., Abdullah, K. and Sayigh, A., "The solar oven: development and field testing of user made designs in Indonesia", *Solar Energy*, 64: 121-32, 1998.
9. Gonga, P.K., Chopra, K.L. and Mullick, S.C., "Photo thermal performance of selective black nickel coatings", *Int. J. Energy Res.*, 4: 317-22, 1980.
10. Mullick, S.C., Kandpal, T.C. and Saxena, A.K., "Thermal test procedure for box type solar cooker", *Solar Energy*, 39(4): 353-60, 1987.
11. Kumar, S., "Estimation of design parameters for thermal performance evaluation of box-type solar cooker", *Renewable Energy*, 30: 1117-1126, 2005.
12. Esen, M., "Thermal performance of a solar cooker integrated vacuum tube collector with heat pipes containing different refrigerants", *Solar Energy*, 76: 751-757, 2004.
13. El-Sebaili, A.A. and İbrahim, A., "Experimental testing of a box type solar cooker using the standard procedure of cooking power", *Renewable Energy*, 30: 1861-1871, 2005.
14. Oturanç, G., Özbaltalı, N. and Güngör, A., "Performance analysis of a solar cooker in Turkey", *Int. J. Energy Res.*, 26: 105-111, 2002.

OSMANİYE İLİ SOSYO-EKONOMİK GELİŞMİŞLİK DÜZEYİ - TEMEL GÖSTERGELER

Erdem KOÇ

Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Sedat GÖKFİDAN

Ç.Ü., Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Osmaniye/Türkiye

ÖZET : *Bir ülke, bölge veya ilin sosyo - ekonomik bakımdan gelişmesi aynı zamanda gelir ve hayat seviyesinin yükselmesi anlamına gelmektedir. Günümüzde gelişme düzeyleri tespit edilirken milli gelir göstergelerinin yanısıra sosyal, kültürel ve diğer ekonomik göstergeler de hesaplanmaktadır. Bu çalışmada Osmaniye ilinin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi ve temel göstergeleri araştırılmıştır.*

SOCIAL-ECONOMICAL DEVELOPMENT LEVEL OF OSMANİYE - BASIC INDICATORS

ABSTRACT : *The social-economical development of a country, region or city means the corresponding increase in welfare and income level. Nowadays, in determining the development level, along with National Gross Income parameters, the social, cultural and other economical indicators are being considered or calculated. In the present study, the social-economical development level of Osmaniye and the basic parameters concerned have been examined.*

1. GİRİŞ

Günümüzde ülkeler için gelişmiş, az gelişmiş ve geri kalmış veya gelişmekte olan ülkeler şeklinde sınıflandırma yapılırken ölçü olarak o ülkenin ekonomik dinamikleri değerlendirmeye alınmaktadır. Ekonomik yapıyı güçlendiren ve ona yön veren faktörlerden en önemlisi de yapılan yatırımlardır. Dünyanın yatırımlar için kullanılacak olan kaynakları ise sınırlı olup, ancak imkanlarını iyi değerlendirebilen ve doğru kararlar vermek suretiyle yatırımlarını doğru şekilde yönetebilen ülkelerin ekonomileri gelişmekte, buna bağlı olarak da hayat seviyesi yükselmektedir.

Son yirmi yıl içerisinde ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve gelişme kavramı yeniden tanımlanmış olup önceki tanımlarda kişi başına düşen milli gelir ölçüsü esas alınırken, yeni yaklaşım ve tanımlarda beşeri ölçüler de değerlendirme içerisine alınmıştır. İşsizlik, yoksulluk, gelir dağılımı, bölgelerarası denge, sosyal ve kültürel birikimler ve demokratik unsurlar da gelişme kavramı içerisinde değerlendirilmektedir. Bu sebeple son yıllarda bir ülkenin, bölgenin veya kentin gelişme derecesi veya seviyesi belirlenirken tek gösterge olarak kabul edilen milli gelir seviyesi yanında sosyal ve diğer ekonomik göstergeler de dikkate alınmaktadır. Bu göstergeler; demografik, istihdam, eğitim, sağlık, alt yapı ve diğer refah göstergeleri şeklinde sıralanabilmektedir. Milli gelir dışındaki diğer ekonomik göstergeler olarak imalat sanayi göstergeleri, inşaat, tarım, mali göstergeler sayılabilir.

Bu çalışmada kalkınma, gelişme ve sürdürülebilir kalkınma kavramları tanımlanmak suretiyle temel göstergeler belirlenmiştir. Türkiye’de il ve ilçelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyleri incelenerek Osmaniye ilinin gelişmişlik seviyesi temel sosyo-ekonomik göstergeleri ile birlikte analiz edilmiş olup ilin sosyo-ekonomik gelişmişlik seviyesi belirlenmiştir.

2. SOSYO-EKONOMİK GELİŞMİŞLİK PARAMETRELERİ

2.1. Sosyo-Ekonomik Gelişme

Bir bölgenin veya ilin sosyo-ekonomik gelişmesi, gelir ve refah düzeyinin yükselmesi anlamına gelmekte olup kişi başına düşen milli gelirin arttırılmasını hedeflemektedir. Sosyo-ekonomik gelişme ekonomik büyüme kavramı ile beraber yapısal ve insani gelişmeyi de içine alan, ölçülebilen bütün sosyal değişkenleri veya parametreleri de ifade etmektedir. Niceliksel büyüme, gelişme için gerekli olmakla birlikte gerekli olan makroekonomik istikrar ortamı, sosyal, kültürel, çevresel ve mekansal yapılanmada uyumu ve dengeyi gerekli kılmaktadır[1].

Gelişme; bir ülkenin ekonomik, sosyal, siyasal ve kültürel alanlarda ilerlemesini kapsamakta ve bir bütün oluşturmakta olup fiziki kapasite büyüklüğü ve gelir artışı gibi ekonomik gelişmeler yanında, bunların gelir grupları ve bölgelerarası dağılım ile sosyal ve kültürel birikimlerin göstergeleştirildiği bir bütünü veya toplumsal gelişme düzeyini ifade etmektedir[1,2]. Gelir artışıyla ölçülen ekonomik büyüme, toplumsal gelişmişlik durumunu yeterli kadar açıklayamayan, sadece talep genişlemesini açıklayabilen dar kapsamlı bir parametredir.

Gelişme; insani, sosyal, kültürel, çevresel ve mekansal boyutlarla da tanımlanmakta olup ekonomik büyüme kavramına ek olarak, yoksulluk, işsizlik, gelir dağılımı ve bölgesel dengesizlikler de gelişme tanımı içerisinde değerlendirilmektedir. Bu sebeple sürdürülebilir gelişme, kalkınma anlayışını “iktisadi büyüme”den toplumsal gelişmeye

doğru yönlendirmektedir[1]. Kalkınma, fertlerin refah düzeylerini yükseltmek amacıyla, siyasal iktidarın belli ekonomik ve toplumsal politikalar izleyerek toplumun yapısını değiştirme girişimi olarak tanımlanabilir. Bu anlamda kalkınma, eğitim, sağlık, sosyal hizmetler, sanayi, tarım, ticaret, şehir planlaması ve kırsal alandaki olumlu değişimleri kapsamaktadır. Eğitim sistemi, tarım sektörü de dahil tüm sektörlerle insan gücü yetiştiren, işgücü sağlayan bir sistem olarak değerlendirilmektedir.Eğitim, ekonomiye güçlü üreticiler, akıllı ve bilinçli tüketiciler, zeki ve namuslu girişimciler ve üretken ve becerikli kadrolar yetiştirmek zorundadır [3]. İnsanlarda paradigma değişikliği yapılmadan davranış değişikliği meydana getirilemez.Bu gelişme sağlanmadan sosyal, kültürel ve ekonomik gelişme, başka bir anlatımla kalkınma gerçekleştirilemez.

2.2. Gelişmişlik Düzeyi ve Temel Parametreler

Toplumların sosyo-kültürel ve ekonomik yapısını veya sistemini etkileyen sanayileşme olgusu, geleneksel tarım toplumundan modern sanayi toplumuna geçişin yaşandığı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir. Sanayi sektörünün gelişmesi, tarım ve hizmetler sektörünü de olumlu yönde etkilemekte olup bu sebeple sosyo-ekonomik gelişme ve kalkınmanın temel parametresi ve dinamiğini oluşturmaktadır.

Kent ekonomilerinin ulaştıkları seviyeler ülke ve bölgenin gelişmişlik derecesine bağlı olduğu kadar, kendi özel konum ve şartlarına da bağlıdır. Her iki alandan gelen kümülatif etkiler,bir kentin cazibe merkezi olup olmamasında temel belirleyici faktördür.

Şehir dinamiğini oluşturan unsurlar sosyo-ekonomik gelişmenin alt ve üst yapı donatımları tarafından belirlenmektedir. Bu alt yapılar ve yapısal karakterler .

- Doğal alt yapı
- Maddi alt yapı
- Kurumsal alt yapı
- Beşeri alt yapı

olarak tespit edilmiştir [4].

Bu alt yapıların birbirini tamamlayarak gelişmesi hem gelir düzeyini arttırır hem de sosyal seviyesi yükselen bir şehir tipini ortaya çıkarır. Bu alt yapılar şehir ve gelişme olgusunda önemli bir yer işgal etmektedir.

Genel olarak bir kentin kurulduğu mekanın doğal şartları doğal alt yapı kapsamında değerlendirilir. Su kaynakları, arazi yapısı, orman, maden kaynakları ve iklim belli başlı doğal alt yapı unsurlarıdır. Çoğunluğu kalıcı, sabit özelliğe sahip olan doğal alt yapı unsurları, ekonomik faaliyetlerin şeklini ve yönünü de tayin etmektedir. Enerji, yol, ulaşım, haberleşme sahalarındaki yatırımlar, donatımlar ve araçlar, kurumsal yönetim, eğitim, sağlık ve sosyal hizmet alanlarındaki bina ve donatımlar maddi alt yapıyı oluşturmaktadır. Kısaca maddi alt yapı bir kentin mal ve hizmet üretimine ön hizmetler olarak dahil olan sermayedir. Bir toplumsal ortamdaki ekonomik birimlerin faaliyet planının hazırlanması, karara bağlanması , uygulanması ve kontrolü için normlar ve örgütlenme biçimleri kurumsal alt yapıyı oluşturur.

Merkezi ve yerel kamu yönetimlerinin, güvenlikle ilgili hizmetlerin, sendikalar faaliyetlerin, dernek ve diğer gönüllü kuruluşların her türlü iktisadi faaliyete ilişkin birimlerin örgütlenme biçimi ile bu örgütlerdeki geçerli olan kurallar, toplumsal davranış kalıplarını belirleyen ve yönlendiren her çeşit düzenlemeler kurumsal alt

yapının özelliklerini belirler. Eğitim-öğretim, sağlık, kültür, araştırma-geliştirme faaliyetleri ile işgücünün eğitim düzeyi beşeri alt yapı olarak değerlendirilmektedir. Bir kentteki eğitim, araştırma, kültür ve spor kurumlarının miktar ve kalitesi beşeri sermayenin derecesini belirler. Beşeri alt yapı diğer alt yapı unsurları ile birlikte gelişme sürecini kontrol edip yönlendirmektedir.

Yukarıda kısaca özetlenen alt yapı unsurlarıyla birlikte üst yapı unsurları olarak isimlendirilen tarım, sanayi, ticaret ve hizmet faaliyetleri üretim ve tüketimi bir kentin ekonomik seviyesini belirlemektedir. Alt yapı ve üst yapının karşılıklı tesirleri ve birbirleriyle bütünleşme dereceleri şehir ekonomisinin gelişme profilini oluşturur. Bir şehrin ekonomisine en büyük katma değeri verebilecek potansiyele sahip olan sadece sanayi sektörüdür ve hatta ticaret ve hizmet faaliyetleri büyük ölçüde sanayiden gelen katma değerlerle yürütülmektedir.

Bir ülkenin veya ilin gelişme seviyesi veya derecesi belirlenirken sosyal ve ekonomik göstergeler dikkate alınmaktadır. Bu göstergeler aşağıda kısaca izah edilmiştir.

a-Sosyal Göstergeler: Demografik, istihdam, eğitim, sağlık, alt yapı ve diğer refah göstergeleri

Demografik göstergelerde nüfusun sosyal yönü, büyüme hızı ve mekansal dağılımı, toplam nüfus, şehirleşme oranı, yıllık ortalama nüfus artış hızı, nüfusun yoğunluğu ve ortalama hane halkı büyüklüğü gibi değişkenler değerlendirilmektedir. İllerde tarım, sanayi, ticaret ve mali kurumlar iş kollarında çalışan nüfus ile ücretli çalışanlar ve ücretli kadın çalışanlar istihdam göstergeleri olarak değerlendirmeye alınır. Eğitim göstergeleri; okur-yazar nüfus oranı, okur-yazar kadın nüfus oranı, okullaşma oranları gibi sosyo-kültürel gelişmişlik düzeyini yansıtabilen nicel değişkenlerdir. Sağlık göstergeleri olarak illerde on bin kişiye düşen hekim, diş hekimi, eczane ve hastane yatak sayısı, eğitilmiş iş gücü olarak nitelendirilen sağlık personeli değerlendirilmektedir.

Altyapı göstergeleri olarak asfalt yol oranları ve kırsal nüfus oranı değişkenleri incelenmektedir. Diğer refah göstergeleri; illerde on bin kişiye düşen özel otomobil, motorlu kara taşıtı ve fert başına düşen telefon kontör değeriyle elektrik tüketimi miktarı gibi parametreler olarak da değerlendirilmektedir [3].

b-Ekonomik Göstergeler : İmalat sanayi, inşaat, tarım ve mali göstergeler

İnsan ihtiyaçlarının doğa tarafından tam olarak karşılanmaması sonucu ortaya çıkan bir beşeri faaliyet olan üretimin temel amacı bir ürün veya hizmet yaratmaktır. Bunun gerçekleşmesi için üretim faktörleri adı verilen, insan gücü, malzeme, makine ve parasal kaynaklar (sermaye) gibi unsurların belirli şartlar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi gerekir. İşletme veya fabrika insan ihtiyaçlarını karşılamak üzere faydalı mal veya hizmet üreten ekonomik ünitelerdir.

Ekonomik göstergelerden imalat sanayi göstergeleri en başta değerlendirilmekte olup bu sektörün gelişmesi tarım ve hizmetler sektörlerini de olumlu yönde etkilemektedir. Tarım sektörü sanayi sektöründen girdi almak zorunda olduğu gibi bu sektöre hammadde de sağlamaktadır. Tarım göstergeleri; kırsal nüfus başına düşen tarımsal üretim değeri ile ülke tarımsal üretim değeri içindeki payını gösteren değişkenler veya büyüklükler şeklinde değerlendirilmektedir.

İnşaat sektörü önemli sektörlerden olup bu sektörün canlı olması ekonomide canlılık yaratmaktadır. Türkiye'deki inşaatların % 80'i konut üretimi, geri kalanını ise ticari ve sınai yapılarla diğer yapılar oluşturmaktadır. Bir ülkenin enerji üretim ve tüketimi o ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtmakta olup enerji üretimi kalkınma ve gelişme için kullanılan temel göstergelerdendir. Enerji tüketimiyle ekonomik büyüme ve kalkınma arasında doğrusal bir ilişki vardır ve ekonomik gelişme ve refah artışıyla enerji tüketiminin de arttığı görülmektedir.

Banka mevduatı , krediler , fert başına düşen bütçe gelirleri ile fert başına düşen gelir ve kurumlar vergisi değişkenleri başlıca mali göstergeler olarak değerlendirilmektedir. Kamu yatırım harcamaları da sosyo-ekonomik gelişmeyi sağlayan veya hızlandıran temel unsurlardır. Ulaştırma ve haberleşme hizmetlerinin ekonomik, sosyal ve kültürel gelişmeyi destekleyen, ülke kalkınmasına olumlu katkı yaparak ulusal ve uluslar arası ticareti kolaylaştıran bir yapıya sahip olması gerekmektedir.

Turizm sektörü bir ülke için ekonomik, toplumsal ve kültürel sonuçları ve getirileri ile en önemli sektörlerden biridir. Bu sektör için ; doğal güzellikler ve zenginlikler (sit alanları, iklim,bitki örtüsü. vb.), turistik hizmetler ve etkinlikler (ulaşım, konaklama imkanları, eğlence tesisleri vb.), gerek alt yapı hizmetleri (Haberleşme, su, enerji vb.) ile çok yönlü üretim ve hizmetler sektörü (ticaret, yönetim, sanayi vb.) kaynak oluşturarak turizm arzını arttırmaktadır. Genellikle bir yerin tarihi ve doğal güzelliklerini görmek, tanımak, eğlenmek ve dinlenmek amacıyla yapılan geziler ile bu tür geziler veya yolculuklar düzenlemek için yürütülen çalışmalar ve başvuru alan yöntemlerin tümü turizm olarak tanımlanmaktadır. Dinlenmek, eğlenmek, görmek ve tanımak amacıyla gezi yapan kişiye de turist denmektedir. Genellikle ikamet ettiği ülkeden ücretli bir iş görmek dışında herhangi bir nedenle başka bir ülkeye giden her kişi ziyaretçi olarak değerlendirilmekte olup bunlar da turistler (ziyaret edilen ülkede en az 24 saat kalan ; eğlence, tatil, sağlık, inceleme, dine ve spora yönelik etkinliklerde bulunan, iş, görev, toplantı ve ailesel nedenlerle yolculuk eden geçici ziyaretçiler) ile geçiciler (ziyaret ettikleri ülkede 24 saatten fazla kalmayan ziyaretçiler) olarak iki alt gruba ayrılmaktadır. Bu genel tanımların ışığında 20. Yüzyılda gelişen değişik tipte turizm faaliyetleri dikkati çekmektedir. Bunlar kısaca konaklama turizmi, iş ve kongre turizmi, ticari turizm, kültür turizmi, karma turizm, kitle turizmi, seçkin turizm, termal turizm, eko turizm, gençlik turizmi, deniz turizmi vb. şeklinde özetlenebilir [3, 6].

3. OSMANİYE İLİ SOSYO-EKONOMİK GELİŞİMİŞLİK DÜZEYİ

Bir bölge veya ilin sosyo - ekonomik gelişmişlik düzeyi için, tarım, sanayi ve hizmetler sektörlerinde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) önemli bir gösterge olduğundan Osmaniye ilinin durumu Çizelge 1'de özetlenmiştir. Akdeniz bölgesi ve Türkiye karşılaştırmalı sektörel dağılımından Osmaniye'nin tarım sektöründe bölge payı 1987 yılında % 4,8 ,ülke payı %0,8 iken, bu oran 2000 yılında bölge payı % 3,4'e ,ülke payı ise %0,6'ya gerilemiştir.Sanayi sektöründe bölge payı 1987 yılında % 2,4 iken 2000 yılında % 1,3 ; ülke payı ise 1987 yılında %0,3 iken 2000 yılında bu oran %0,1'e gerilemiş, hizmetler sektöründe önemli bir değişme meydana gelmemiştir.Osmaniye ilinde 1987-2000 yıllarında her üç sektörün GSYİH'daki payları Şekil-1'de gösterilmiştir. Şekilden, 1987 yılında sanayi sektörünün % 16,0 pay aldığı, 2000 yılında da aynı sektörün % 9,6'ya gerilediği, tarım sektörünün % 32,6'dan %

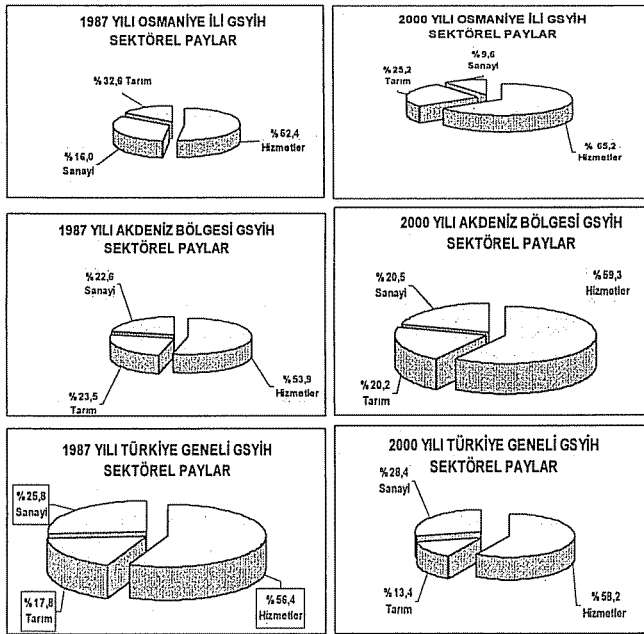
25.2'ye gerilediği fakat aynı dönemde hizmetler sektörünün % 52,4'ten % 65,2'ye yükseldiği görülmektedir.

Çizelge 1. Osmaniye İli İçin Gayri Safi Yurtiçi Hasılabın Sektörel Dağılımı (1987 Yılı Sabit Fiyatlarıyla, Milyar TL) [5]

	TARIM		SANAYİ		HİZMETLER		TOPLAM	
	1987	2000	1987	2000	1987	2000	1987	2000
OSMANİYE	100	96	49	37	157	249	306	382
AKDENİZ	2.097	2.817	2.019	2.863	4.822	8.252	83.937	13.932
TÜRKİYE	13.314	15.962	19.276	33.738	42.132	69.089	74.722	118.789
Bölge Payı (%)	4,8	3,4	2,4	1,3	3,3	3,0	3,4	2,7
Ülke Payı (%)	0,8	0,6	0,3	0,1	0,4	0,4	0,4	0,3

Çizelge 2. Osmaniye İli İçin Gayri Safi Yurtiçi Hasılabın Sektörel Büyüme Hızları (1987-2000 Dönemi Yıllık Ortalama; Yüzde) [5]

	TARIM	SANAYİ	HİZMETLER	TOPLAM
OSMANİYE	-0,3	-2,2	3,6	1,7
AKDENİZ	2,3	2,7	4,2	3,5
TÜRKİYE	1,4	4,4	3,9	3,6



Şekil 1. Osmaniye İli'nde Sektörlerin GSYİH'daki Payları (%) [5]

Çizelge 2'de ülke bazında tarım sektörünün büyüme hızı ortalama olarak % 1,4 oranında artarken bölge hızı Türkiye ortalamasını aşmış ve % 2,3 oranında, Osmaniye

ilinde ise % -0,3 oranında gerçekleşmiştir. Sanayi sektöründe ise ülke ortalaması % 4,4; bölge hızı % 2,7 oranında artmış ,Osmaniye ili ise % -2,2 oranında kalmıştır.Hizmetler sektöründe ise ülke ortalaması % 3,9, bölge ortalaması % 4,2 , Osmaniye İli'nde ise % 3,6 oranında artış görülmüştür.Bu göstergelerden anlaşılacağı üzere Osmaniye İli'nde hizmetler sektörünün gelişme gösterebileceği söylenebilir.

Sosyo-ekonomik gelişmişlik seviyesi için önemli göstergelerden biri de Bölgesel Gayri Safi Hasıla olduğundan illerin 1987-2000 dönemindeki durumları Çizelge 3'te incelenmiştir.

Çizelge 3. İllerin Akdeniz Bölgesi Gayri Safi Hasılasına Katkı Payı (%) [5]

İLLER	Bölge Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya Katkı Payı (%)			
	1987-2000 Dönemi			
	1987 YILI	2000 YILI	FARK	ORT.PAY
ADANA	25,6	25,6	-	25,1
MERSİN	22,3	22,1	-0,2	22,4
ANTALYA	17,3	21,1	3,8	20,2
HATAY	14,8	13,6	-1,2	13,8
K.MARAS	8,8	7,8	-1	8,1
ISPARTA	4,5	4,1	-0,4	4,1
OSMANİYE	3,4	2,7	-0,7	3,2
BURDUR	3,3	3	-0,3	3
AKDENİZ	100	100		100

Söz konusu dönemde, BGSŞ payı en yüksek olan iller Adana, İçel ve Antalya iken, katkı payı en düşük iller ise ; Isparta, Osmaniye ve Burdur'dur. İllerin 1987 ve 2000 yılları itibarıyla BGSŞ'ya katkılarındaki değişimler incelendiğinde, bölge ve Türkiye ortalaması üzerinde büyüyen Antalya ilinin katkısının arttığı; Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye, Isparta, Burdur ve Mersin illerinin katkılarının ise azaldığı izlenmektedir. Adana ilinin katkı payında ise bir değişiklik olmamıştır (Antalya ilinin büyüme göstermesi turizm merkezi olması dolayısıyladır).

Çizelge 4. Osmaniye İli Gayri Safi Yurtiçi Hasılasındaki Gelişmeler (1987-2000) [5]

a)Büyüme Hızı

İL/YIL	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1987-2000
	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	Büy. Hızı %	
Osmaniye	1,0	4,5	10,0	-4	6,6	3	-4,7	7,1	8,7	6	-11,4	-1,3	-0,6	1,7
Akdeniz	1,4	5,0	8,8	-3	6,3	9,5	-4,4	6,1	5,5	9	2,3	-3,9	3,8	3,5
Türkiye	2,1	0,3	9,3	0,9	6	8	-5,5	7,2	7	7,5	3,1	-4,7	7,4	3,6

b)Sektörel Yapı ve Büyüme Hızları

OSMANİYE	1987	1987	1999	1999	1999	2000	2000	2000	1987-2000
	Değer 000.000 TL	Yüzde	Değer 000.000 TL	Yüzde	Büyüme Hızı	Değer 000.000 TL	Yüzde	Büyüme Hızı	Yıllık Ortalama Büyüme Hızı %
TARIM	99,719	32,6	105,077	27,3	-0,9	96,156	25,2	-8,5	-0,3
SANAYİ	49,120	16,0	43,012	11,2	-19,6	36,646	9,6	-14,8	-2,2
HİZMETLER	157,341	51,4	236,542	61,5	-4,5	249,341	65,2	-4,5	3,6
TOPLAM	306,179	100,0	384,631	100,0	-1,3	382,143	100,0	-0,6	1,7

Osmaniye ili Gayri Safi Yurtiçi Hasılasındaki gelişmeler de incelenmiş olup % büyüme hızı yıllar bazında Çizelge 4a'da verilmiştir. 1988 yılında % 1,0 büyüme gözlenen Osmaniye'de 2000 yılında % -0,6 küçülme meydana gelmiştir. Aynı yıllar Akdeniz Bölgesi'ndeki yıllık ortalama büyüme hızı % 3,5 ile Türkiye ortalamasına yaklaşıp, Osmaniye ilinin yıllık ortalama büyüme hızı ise % 1,7 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4b'de Osmaniye ilinde tarım, sanayi ve hizmetler sektörlerinde GSYİH ve yıllık büyüme hızları özetlenmektedir. 1987 yılında sanayi sektörü % 16,0'lık pay alırken 2000 yılında bu oran % 9,6'ya gerilemiş, tarımda % 32,6'dan %25,2'ye gerilemiştir. Yine aynı dönemde hizmetler sektöründe ise % 51,4'ten % 65,2'ye yükseldiği açıkça görülmektedir.

İllerin Bölgesel Gayri Safi Hasılaya katkıları ve 1987-2000 yıllarında BGSİH'ya katkılarındaki değişimler incelendiğinde Osmaniye ilinin katkısının azaldığı gözlenmiştir [5]. Kişi Başı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (KBGSYİH) endeksi olarak Akdeniz ve Türkiye için 100 değeri esas alındığında bölge ortalaması üzerinde olan Mersin, Adana ve Antalya illerinin aynı zamanda Türkiye ortalamasının da üzerinde endeks değerlerine sahip oldukları görülmektedir (Çizelge-5). Bölge ortalamalarına yakın endeks değerlerine sahip Hatay ve Burdur illerinin Türkiye ortalamasına da yaklaştıkları, bölge ortalamalarının bir hayli altında kalan, Isparta, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinin Türkiye ortalamasının da oldukça altında kaldığı görülmektedir. Osmaniye bölgede 8.sırada ve en sonda olup Türkiye'de 54. sırada yer almaktadır.

Çizelge 5. Akdeniz Bölgesi İlleri KBGSYİH Endeks Değerleri (1987-2000) [5]

İLLER	AKDENİZ = 100		TÜRKİYE = 100	
	Endeks Değeri	Sıra	Endeks Değeri	Sıra
Mersin	121,3	1	115,7	15
Adana	116,9	2	111,5	16
Antalya	116,7	3	111,4	17
Hatay	90,3	4	86,1	28
Burdur	89,1	5	85,0	31
Isparta	68,4	6	65,2	44
Kahramanmaraş	65,1	7	62,1	46
Osmaniye	57,2	8	54,6	54

Yapılan bir çalışmada illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması yapılmıştır [1]. Ekonomik ve sosyal yapıları temsil eden demografik göstergeler, istihdam, eğitim, sağlık, sanayi, tarım, inşaat, mali alt yapı göstergeleriyle diğer refah göstergelerinden seçilen 58 temsili değişkenlerin bileşkesi ile sıralama endeksi belirlenmiş ve illerin sıralaması yapılmıştır. Çizelge 6 Türkiye'deki illerin gelişmişlik sıralamasını göstermektedir.

Gelişme durumlarına göre Türkiye'de farklı gelişmişlik düzeylerinde 5 ayrı grup oluşturulmuştur (Çizelge 7). Gelişmişlik endeksi esas alındığında Osmaniye'nin 47. sırada yer aldığı, bu gelişme seviyesiyle 4.derece gelişmiş illerin en başında bulunduğu görülmektedir. Çizelge 8 Osmaniye ili ekonomik ve sosyal gelişmişlik performansı

hakkında bir fikir vermektedir. 2003 yılı esas alındığında 81 il içinde 47.sırada yer alan Osmaniye'nin temel göstergeleri özetlenmiştir. Göstergeler Osmaniye ili yanında Akdeniz Bölgesi ve Türkiye ile karşılaştırılabilecek parametreleri rakamlarla ifade etmektedir. Osmaniye toplam nüfus itibarıyla 81 il içinde 44.sırada yer alırken şehirleşme oranı açısından 11.sırada, yıllık ortalama nüfus artışı hızı itibarıyla 26.sırada bulunmaktadır. Tarım iş kolunda çalışanların toplam istihdama oranı (% 59,99) ile 48. sırada, sanayi iş kolunda çalışanların oranı (% 6,86) ile 39.sırada yer almıştır.

Okur-yazar oranı (% 86,2) ile 50. sırada yer almıştır. Eğitim göstergeleri bakımından liseler okullaşma oranı % 46,14 ile 11.sırada, meslek liseleri okullaşma oranı % 12,96 ile 59.sırada bulunmaktadır. Tarımsal üretim değerinin Türkiye içindeki payı bakımından 41.sırada, sanayi göstergeleri bakımından organize sanayi bölgesi parsel sayısı ile 57.sırada ve Küçük Sanayi Sitesi işyeri sayısı bakımından 51. sırada yer almıştır. Mali göstergeler bakımından Osmaniye İli Gayri Safi Yurtiçi Hasıla içindeki payı % 0,36 ile 53. sırada yer almıştır. İnşaat göstergeleri bakımından da (daire sayısı 85.733 adet olarak) 42.sırada yer almıştır.

Çizelge 6. İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması (2003) [1]

Sıra	İl	Endeks	Sıra	İl	Endeks	Sıra	İl	Endeks	Sıra	İl	Endeks
1	İSTANBUL	4,80772	21	ZONGULDAK	0,44906	42	KIRŞEHİR	-0,2287	62	ORDU	-0,64489
2	ANKARA	3,31483	22	AYDIN	0,42025	43	ARTVİN	-0,26018	63	DIYARBAKIR	-0,71652
3	İZMİR	2,5241	23	SAKARYA	0,40404	44	AFYON	-0,27246	64	YOZGAT	-0,71652
4	KOCAELİ	1,94329	24	ÇANAKKALE	0,36924	45	DÜZCE	-0,27995	65	ADIYAMAN	-0,77647
5	BURSA	1,6789	25	MANİSA	0,34165	46	ÇORUM	-0,32761	66	BAYBURT	-0,80176
6	ESKİŞEHİR	1,10368	26	KONYA	0,25254	47	OSMANİYE	-0,33321	67	KARS	-0,81944
7	TEKİRDAĞ	1,05893	27	KARABÜK	0,21332	48	K.MARAŞ	-0,34958	68	ŞANLIURFA	-0,83158
8	ADANA	0,94901	28	ISPARTA	0,21187	49	NİĞDE	-0,35582	69	İĞDIR	-0,89089
9	YALOVA	0,93541	29	HATAY	0,19613	50	GİRESUN	-0,36686	70	BATMAN	-0,90456
10	ANTALYA	0,9148	31	BÜRDÜR	0,14395	51	KASTAMONU	-0,37558	71	GÜMÜŞHANE	-0,92501
11	KIRKLARELİ	0,86287	32	SAMSUN	0,08791	52	TUNCELİ	-0,40003	72	MARDİN	-0,98944
12	DENİZLİ	0,71624	33	KIRIKKALE	0,05851	53	SİVAS	-0,40597	73	SİRT	-1,00644
13	MUĞLA	0,71238	34	NEVŞEHİR	-0,07483	54	KİLİS	-0,41175	74	ARDAHAN	-1,07318
14	BOLU	0,6086	35	KARAMAN	-0,09852	55	BARTIN	-0,4155	75	VAN	-1,09297
15	BALIKESİR	0,5654	36	ELAZIĞ	-0,10131	56	AKSARAY	-0,45183	76	BİNGÖL	-1,12469
16	EDİRNE	0,56234	37	RİZE	-0,1784	57	SİNOP	-0,48518	77	HAKKARİ	-1,13956
17	MERSİN	0,51934	38	TRABZON	-0,18582	58	ERZİNCAN	-0,49288	78	ŞIRNAK	-1,13979
18	BİLEÇİK	0,50429	39	AMASYA	-0,18591	59	ÇANKIRI	-0,51917	79	BİTLİS	-1,15736
19	KAYSERİ	0,47748	40	KÜTAHYA	-0,20684	60	ERZURUM	-0,53286	80	AĞRI	-1,28116
20	GAZİANTEP	0,46175	41	MALATYA	-0,22627	61	TOKAT	-0,5901	81	MUŞ	-1,43956

Türkiye'de mevcut idari yapı esas alınmak suretiyle 872 ilçe için sosyal (demografik,istihdam,eğitim,sağlık,alt yapı ve diğer refah göstergeleri) ve ekonomik (imalat,İNŞAAT,tarım ve mali göstergeler) alanlardan seçilen 32 parametre kullanılarak ilçelerin gelişmişlik sıralaması da yapılmıştır [2]. Söz konusu çalışmada Ankara,İstanbul ve İzmir illerinin büyükşehir belediyeleri kapsamında yer alan ilçeleri gelişmiş merkezler olarak kabul edilip değerlendirme dışı tutulmuştur.

Adana,Bursa,Gaziantep,Kayseri ve Konya illerindeki büyükşehir kapsamındaki ilçeler tek tek ele alınmamış. Büyükşehir (merkez ilçe) olarak tek başlıkta incelenmiştir. Çizelge 9 bu çerçevede elde edilmiş 81 il merkez ilçelerinin 872 ilçe içindeki sırasıyla birlikte gelişmişlik sıralamasını göstermektedir. Osmaniye merkez ilçesi 81 il içinde 56.sırada; 872 ilçe içinde de 122. sırada yer almaktadır. Osmaniye için bir gelişmişlik profili çizen bu göstergeler esas alındığında eğitim başta olmak üzere değişik sektörlerde yatırım ihtiyacı olduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 7. Gelişmişlik Endeksine Göre Kademeli İl Grupları [1]

1.Derece Gelişmiş İller	2.Derece Gelişmiş İller	3.Derece Gelişmiş İller	4.Derece Gelişmiş İller	5.Derece Gelişmiş İller
İSTANBUL	ESKİŞEHİR	KONYA	OSMANİYE	BAYBURT
ANKARA	TEKİRDAĞ	KARABÜK	KAHRAMANMARAŞ	KARS
İZMİR	ADANA	ISPARTA	NİĞDE	ŞANLIURFA
KOCAELİ	YALOVA	HATAY	GİRESUN	İĞDIR
BURSA	ANTALYA	UŞAK	KASTAMONU	BATMAN
	KIRKLARELİ	BURDUR	TUNCELİ	GÜMÜŞHANE
	DENİZLİ	SAMSUN	SIVAS	MARDİN
	MUĞLA	KIRIKKALE	KILIS	SİİRT
	BOLU	NEVŞEHİR	BARTIN	ARDAHAN
	BALIKESİR	KARAMAN	AKSARAY	VAN
	EDİRNE	ELAZIĞ	SİNOP	BİNGÖL
	MERSİN	RİZE	ERZİNCAN	HAKKARİ
	BİLECİK	TRABZON	ÇANKIRI	ŞIRNAK
	KAYSERİ	AMASYA	ERZURUM	BİTLİS
	GAZİANTEP	KÜTAHYA	TOKAT	AĞRI
	ZONGULDAK	MALATYA	ORDU	MUŞ
	AYDIN	KIRŞEHİR	DİYARBAKIR	
	SAKARYA	ARTVİN	YOZGAT	
	ÇANAKKALE	AFYON	ADİYAMAN	
	MANİSA	DÜZCE		
		ÇORUM		

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Türkiye’de illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyinin tespit edilmesi amacıyla milli gelir göstergesinin yanı sıra sosyal ve diğer ekonomik göstergeler de değerlendirilmiş ve her il için gelişmişlik endeksi belirlenmiştir. Osmaniye ili’nin temel göstergeleri ve Türkiye’de 81 il içerisinde ; merkez ilçe ve ilçelerinin 872 ilçe içindeki konumu belirlenmiştir. Sıralamanın belirlenmesinde kullanılan göstergeler ; demografik, istihdam, eğitim, sağlık, alt yapı durumu, on bin kişiye düşen özel otomobil sayısı, kişi başına tüketilen elektrik miktarı ve yeşil kartlıların nüfus oranı gibi çeşitli refah göstergeleri şeklindedir. Araştırma sonuçlarının genel değerlendirmesi aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Çizelge 8. Osmaniye İli Ekonomik ve Sosyal Göstergeler ve Gelişmişlik Performansı [1,5]

[Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması - 47 (81 İl içinde 2003)]							
No	Değişken	Yıl	Birim	Osmaniye	Akdeniz Böl.	Türkiye	81 il içinde Sıra
DEMOGRAFİK GÖSTERGELER							
1	Toplam Nüfus	2000	Kişi	458.782	8.706.005	67.803.927	44
2	Şehirleşme Oranı	2000	Yüzde	68,00	59,78	64,90	11
3	Yıllık Ortalama Nüfus Artış Hızı	1990-2000	Binde	17,76	21,43	18,28	26
4	Nüfus Yoğunluğu	2000	Kişi/Km2	146,86	98	88	13
5	Doğurganlık Hızı	2000	Çocuk sayısı	2,95	2,58	2,53	26
6	Ortalama Hane Halkı Büyüklüğü	2000	Kişi	5,13	4,6	4,5	32
İSTİHDAM GÖSTERGELERİ							
7	Tarım İşkol. Çalış. Topl. İstih. Oranı	2000	Yüzde	59,99	54,97	48,38	48
8	Sanayi İşkol. Çalış. Topl. İstih. Oranı	2000	Yüzde	6,86	8,78	13,35	39
9	Ticaret İşkol. Çalış. Topl. İstih. Oranı	2000	Yüzde	6,96	10,46	9,67	30
10	Mali Kurum. İşkol. Çalış. Topl. İstih. Or.	2000	Yüzde	1,36	2,29	3,11	49
11	Ücretli Çalışan. Topl. İstih. Oranı	2000	Yüzde	32,59	37,81	43,52	39
12	Ücretli Çalış. Kadın. Topl. İstih. Oranı	2000	Yüzde	4,4	7,37	8,81	40
13	İşverenlerin Topl. İstih. Oranı	2000	Yüzde	1,42	2,23	2,61	42
EĞİTİM GÖSTERGELERİ							
14	Okur Yazar Nüfus Oranı	2000	Yüzde	86,02	88,16	87,3	50
15	Okur Yazar Kadın Nüf. Topl. Kad. Nüf. Or.	2000	Yüzde	79,03	81,96	80,62	46
16	Üniversite Bitirenleri Okul Bitir. Oranı	2000	Yüzde	6,73	8,28	8,42	29
17	İlköğretim Okullaşma Oranı	2000-2001	Yüzde	90,93	97,69	98,01	48
18	Liseler Okullaşma Oranı	2000-2001	Yüzde	46,14	42,18	36,92	11
19	Meslek Liseleri Okullaşma Oranı	2000-2001	Yüzde	12,96	16,55	20,49	59
SAĞLIK GÖSTERGELERİ							
20	Bebek Ölüm Oranı	2000	Binde	36	37,13	43	68
21	Onbin Kişiyi Düşen Hekim Sayısı	2000	Kişi	6	10	13	61
22	Onbin Kişiyi Düşen Diş Hekimi Sayısı	2000	Kişi	1	1	2	27
23	Onbin Kişiyi Düşen Eczane Sayısı	2000	Adet	1	3	3	76
24	Onbin Kişiyi Düşen Hastane Yatak Sayısı	2000	Hast. Yatağı	7	19	23	75
SANAYİ GÖSTERGELERİ							
25	Organize Sanayi Bölgesi Parsel Sayısı	2000	Parsel	62	1,298	28,726	57
26	Küçük Sanayi Sitesi İş Yeri Sayısı	2000	Adet	529	11,610	81,302	51
27	İmalat Sanayi İş Yeri Sayısı	2000	Adet	10	658	11,118	64
28	İmalat Sanayi Yıllık Çalışanlar Ort. Sayısı	2000	Kişi	661	77,723	1,130,488	69
29	İmalat Sanayi Kurulu Güç Kapasite Mik.	2000	Beygir gücü	5,212	1,905,901	13,478,078	70
30	Fert Başına İmalat Sanayi Elektrik Tüket.	2000	kws	24	626	550	70
31	Fert Başına İmalat Sanayi Katma Değeri	200	Milyon TL	51	216	350	52
TARIM GÖSTERGELERİ							
32	Kırsal Nüfus Başına Tarımsal Üretim Değ.	2000	Milyon TL	1,078	1,129	1,124	41
33	Tarımsal Üretim Değeri, Türkiye İçin, Payı	2000	Yüzde	0,59	14,77	100	56
İNŞAAT GÖSTERGELERİ							
34	Daire Sayısı	2000	Adet	85,733	2,078,908	16,235,830	42
35	Borulu Su Tesisatı Bulunan Daire Oranı	2000	Yüzde	97	97	97	38
MALİ GÖSTERGELER							
36	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla İçindeki Payı	2000	Yüzde	0,36	12,06	100	53
37	Fert Başına Düşen Gayri Safi Yur İçi Hasıla	2000	Milyon TL	983	1,726	1,837	58
38	Banka Şube Sayısı	2000	Adet	24	784	7786	59
39	Fert Başına Banka Mevduatı	2000	Milyon TL	130	475	939	66
40	Toplam Banka Mevduatı İçindeki Payı	2000	Yüzde	0,09	6,5	100	61
41	Toplam Banka Kredileri İçindeki Payı	2000	Yüzde	0,1	6,93	100	61
42	Kırsal Nüfus Başına Tarımsal Kredi Mik.	2000	Milyon TL	73	119	138	39
43	Fert Başına Sınai, Ticari ve Turizm Kred. Mik.	2000	Milyon TL	41	190	392	68
44	Fert Başına Belediye Giderleri	2000	Milyon TL	42	83	82	59
45	Fert Başına Genel Bütçe Gelirleri	2000	Milyon TL	42	176	464	72
46	Fert Başına Gelir ve Kurumlar Vergisi Mik.	2000	Milyon TL	24	72	165	65
47	Fert Başına Kamu Yatırımları Miktarı	1995-2000	Milyon TL	46	195	248	78
48	Fert Başına Teşvik Belğeli Yatırım Tutarı	1995-2000	Milyon TL	202	3,183	2,668	75
49	Fert Başına İhracat Miktarı	1995-2000	ABD Doları	0	1,841	2,249	80

50	Fert Başına İthalat Miktarı	1995-2000	ABD Doları	0	2.944	3.967	80
ALT YAPI GÖSTERGELERİ							
51	Kırsal Yerleşmelerde Asfalt Yol Oranı	2000	Yüzde	52,71	61,95	45,23	42
52	Yeterli İçme Suyu Götürülen Nüfus Oranı	2000	Yüzde	83,96	86,97	84,98	46
53	TCK Asfalt Yol Oranı	2000	Yüzde	97,86	94,24	91,28	21
DİĞER GÖSTERGELER							
54	On Bin Kişiye Düşen Özel Otomobil Sayısı	2000	Adet	240	615	652	58
55	On Bin Kişiye Düşen Motorlu Kara Taşıtlı Say.	2000	Adet	426	1.230	1.056	62
56	Fert Başına Elektrik Tüketim Miktarı	2000	Mws	0	1	1	68
57	Fert Başına Telefon Kontür Değeri	2000	Adet	911	1.485	1.852	62
58	Yeşil Kartlı Kişi Oranı	2000	Yüzde	8	16	15	73

Çizelge 9. İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması [2]

Sıra	872 ilçe içinde sırası	il	ilçe	Gelişmişlik Endeksi	Geliş. Grubu	Sıra	872 ilçe içinde sırası	il	ilçe	Gelişmişlik Endeksi	Geliş. Grubu
1		İSTANBUL	Büyükşehir			42	81	RİZE	Merkez	1,26549	2
2		ANKARA	Büyükşehir			43	85	BİLECİK	Merkez	1,21727	2
3		İZMİR	Büyükşehir			44	86	ZONGULDAK	Merkez	1,21346	2
4	1	BURSA	Büyükşehir	7,95333	1	45	89	NEVŞEHİR	Merkez	1,16603	2
5	2	ADANA	Büyükşehir	5,71564	1	46	90	ARTVİN	Merkez	1,1643	2
6	6	ANTALYA	Merkez	3,99069	1	47	93	KARAMAN	Merkez	1,13624	2
7	7	ESKİŞEHİR	Merkez	3,89817	1	48	97	TUNCELİ	Merkez	1,12096	2
8	8	GAZİANTEP	Büyükşehir	3,70467	1	49	98	DÜZCE	Merkez	1,11568	2
9	9	DENİZLİ	Merkez	3,69197	1	50	103	KİRŞEHİR	Merkez	1,09067	2
10	10	KONYA	Büyükşehir	3,54941	1	51	106	KIRKLARELİ	Merkez	1,08821	2
11	11	KOCAELİ	Merkez	3,52581	1	52	108	ÇANKIRI	Merkez	1,04942	2
12	13	MERSİN	Merkez	3,35555	1	53	116	SİNOP	Merkez	1,02409	2
13	14	KAYSERİ	Büyükşehir	3,32022	1	54	119	KASTAMONU	Merkez	0,99032	2
14	20	SAKARYA	Merkez	2,60751	2	55	120	HATAY	Merkez	0,98304	2
15	24	MANİSA	Merkez	2,46533	2	56	122	OSMANIYE	Merkez	0,97609	2
16	25	SAMSUN	Merkez	2,42698	2	57	157	TOKAT	Merkez	0,81785	2
17	26	YALOVA	Merkez	2,42273	2	58	139	ERZİNCAN	Merkez	0,78524	2
18	28	TRABZON	Merkez	2,39588	2	59	144	YOZGAT	Merkez	0,75984	2
19	30	EDİRNE	Merkez	2,14004	2	60	145	BATMAN	Merkez	0,75922	2
20	31	KARABÜK	Merkez	2,10701	2	61	146	ŞANLIURFA	Merkez	0,75601	2
21	33	BALIKESİR	Merkez	2,09334	2	62	149	VAN	Merkez	0,71686	2
22	34	İSPARTA	Merkez	2,02328	2	63	155	NİĞDE	Merkez	0,68957	2
23	37	MALATYA	Merkez	2,01459	2	64	157	AMASYA	Merkez	0,68128	2
24	39	ÇANAKKALE	Merkez	1,95451	2	65	167	AKSARAY	Merkez	0,62392	2
25	41	ERZURUM	Merkez	1,92489	2	66	171	GÜMÜŞHANE	Merkez	0,59389	3
26	42	KIRIKKALE	Merkez	1,92203	2	67	175	ADIYAMAN	Merkez	0,57604	3
27	44	TEKİRDAĞ	Merkez	1,8642	2	68	177	KİLİS	Merkez	0,5486	3
28	47	BOLU	Merkez	1,79561	2	69	183	SİRT	Merkez	0,50841	3
29	52	UŞAK	Merkez	1,70571	2	70	189	KARS	Merkez	0,48958	3
30	53	AYDIN	Merkez	1,6983	2	71	205	MARDİN	Merkez	0,40114	3
31	55	ORDU	Merkez	1,68126	2	72	239	BARTIN	Merkez	0,25663	3
32	56	SİVAS	Merkez	1,66151	2	73	308	HAKKARİ	Merkez	0,05534	3
33	58	KÜTAHYA	Merkez	1,64375	2	74	314	ŞİRNAK	Merkez	0,04898	3
34	59	AFYON	Merkez	1,5316	2	75	334	İĞDIR	Merkez	-0,01516	3
35	63	ÇORUM	Merkez	1,47724	2	76	336	BAYBURT	Merkez	-0,02293	3
36	66	GİRESUN	Merkez	1,45632	2	77	358	BİTLİS	Merkez	-0,0255	3
37	68	MUĞLA	Merkez	1,41047	2	78	344	BİNGÖL	Merkez	-0,04734	3
38	70	DIYARBAKIR	Merkez	1,39749	2	79	352	AĞRI	Merkez	-0,06557	3
39	71	ELAZIĞ	Merkez	1,58621	2	80	446	ARDAHAN	Merkez	-0,29251	4
40	72	K.MARAŞ	Merkez	1,37067	2	81	649	MUŞ	Merkez	-0,59441	4
41	78	BURDUR	Merkez	1,28548	2						

1- Bir bölgenin veya ilin sosyo-ekonomik bakımdan gelişmesi iktisadi büyüme kavramının yanı sıra yapısal ve insani gelişmeyi de içine alan ölçülebilen bütün sosyal değişkenleri de ihtiva etmektedir. Gelir artışıyla ölçülen ekonomik büyüme toplumsal gelişmişliği yeterince açıklayamayan, sadece talep gelişmesini açıklayabilen dar kapsamlı bir kavramdır.

- 2- Gelişme; insani, sosyal, kültürel, çevresel ve mekansal boyutlarıyla da tanımlanmakta olup ekonomik büyüme kavramına ilave olarak, işsizlik, yoksulluk, gelir dağılımı ve bölgesel dengesizlikler de gelişme tanımı kapsamında değerlendirilmektedir.
- 3- Kalkınma; kişilerin refah düzeylerini arttırmak amacıyla , siyasal iktidarın belli ekonomik ve toplumsal politikalar geliştirmek suretiyle toplumun yapısını değiştirme girişimi olarak tanımlanmakta olup, sağlık, eğitim, sosyal hizmetler, tarım, sanayi, ticaret, şehir planlaması ve kırsal alanlardaki olumlu değişimleri kapsamaktadır.
- 4- Toplumların sosyo-kültürel ve ekonomik yapısını veya sistemini etkileyen sanayileşme olgusu , geleneksel tarım toplumundan modern sanayi toplumuna geçişin yaşandığı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir.
- 5- Bir toplumsal alandaki ekonomik ünitelerin faaliyet planlarının hazırlanması, karara bağlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi için gerekli normlar ve teşkilatlanma şekilleri kurumsal alt yapıyı oluşturmaktadır.
- 6- Eğitim-öğretim, sağlık, kültür, araştırma ve geliştirme faaliyetleri ve iş gücünün eğitim seviyesi beşeri alt yapı olarak değerlendirilmektedir. Beşeri alt yapının, diğer alt yapı unsurlarıyla birlikte gelişme sürecini kontrol ederek yönlendirdiği tespit edilmiştir.
- 7- Bir kentin kurulduğu alanın doğal şartları doğal alt yapı kapsamında değerlendirilerek su kaynakları , arazi ve orman yapısı ,maden ve diğer yer altı kaynakları ve iklim bu kapsamda ele alınmaktadır.
- 8- Maddi alt yapıyı oluşturan unsurlar ise enerji, ulaşım, haberleşme yatırımları , eğitim, sağlık ve sosyal hizmet alanlarındaki bina ve donatılar olarak belirlenmiştir.
- 9- Bir ülkenin, bölgenin veya ilin gelişme durumu ve derecesi belirlenirken sosyal göstergeler olarak demografik yapı , istihdam, eğitim, sağlık ve diğer alt yapı unsurları ; ekonomik göstergeler olarak da imalat sanayi, inşaat, tarım ve mali göstergeler kullanılmaktadır.
- 10- Bir ilin veya bölgenin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi için sanayi, tarım ve hizmetler sektörlerinde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) önemli bir gösterge olup Osmaniye ili için yürütülen çalışmadan 2000 yılında her üç sektör toplamındaki ülkedeki payın % 0,3 olduğu tespit edilmiştir. Tarım sektörünün 1987 yılında ülke payı % 17,8 iken 2000 yılında % 13,4 düştüğü Osmaniye ilinde ise aynı dönemde tarım sektörünün payı % 32,6'dan % 25,2'ye gerilediği görülmektedir.
- 11- Sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi için önemli göstergelerden biri de Kişi Başı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla olduğundan 2001 yılında Osmaniye'nin aldığı pay 1157 \$ dır.
- 12- Araştırma yapılan iller içerisinde Osmaniye ili “ gelişmişlik endeksine ” göre sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralamasında 47. sırada yer almıştır.
- 13- Toplam nüfus itibarıyla Osmaniye 2003 yılında 81 il içerisinde 44.sırada yer alırken tarım iş kolunda çalışanların toplam istihdama oranı % 59,99 ile 48. sırada yer almıştır. Okur-yazar oranı % 86,02 ile Türkiye ortalamasına yakındır. Tarımsal üretim değerinin Türkiye içindeki payı bakımından 56.sırada yer almaktadır.

Osmaniye'nin aynı yıl fert başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla , içindeki payı esas alındığında 47. sırada yer aldığı görülmektedir.

- 14- Sosyal ve ekonomik göstergelerden seçilen 32 parametre kullanılarak 872 ilçe için gelişmişlik sıralaması da yapılmış olup Osmaniye merkez ilçesi 81 il içinde 56. sırada , 872 ilçe içerisinde de 122. sırada yer almıştır. Merkez ilçe Türkiye'de 6 gelişmişlik grubu içinde 2.gelişmişlik grubunda yer almaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Dinçer,B., Özslan,M., Kavasoglu,T., "İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2003)", *Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No DPT ;2671, Ankara, Mayıs 2003.*
2. Dinçer,B., Özslan,M., "İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2004)", *Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, Nisan 2004.*
3. Koç,E., "Türkiye'de İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi-Yozgat İlinin Durumu", *Yozgat Gündem Dergisi, Şubat 2007.*
4. Mazlum,M., Tekeoğlu,M., "Adana Ekonomisinin Yapısal Durumu, Nispi Gerileme Sorunları ve Çözüm Önerileri", *Adana Ticaret Odası, Adana, Aralık 1994.*
5. Kaynak,C., Akpınar,R., Kundap,A., "İller ve Bölgeler İtibariyle Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki Gelişmeler (1987-2000)", *Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Yayın No DPT; 2676, Ankara, Mayıs 2003.*
6. Koç,E., "Yozgat'ın Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Durumu, Yozgat Bozok Üniversitesine Doğru", *Yozgatlılar Birlik ve Dayanışma Vakfı, ISBN:975-93546-0-8, Ankara, Mayıs 2001.*

OSMANİYE İLİ'NDE ÖNE ÇIKAN SANAYİ SEKTÖRLERİ

Sedat GÖKFİDAN

Ç.Ü., Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Osmaniye / Türkiye

Erdem KOÇ

Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Bir bölge veya ilin sosyo-ekonomik yönden gelişmesi, gelir ve refah düzeyinin artması anlamına gelmekte olup sanayi sektörünün gelişmesi, tarım ve hizmetler sektörünü de olumlu yönde etkilemektedir. Bu çalışmada Osmaniye ilinde öne çıkan sanayi sektörleri incelenmiştir ve kamu yatırımlarının yönlendirilmesi ve özel sektör yatırımlarının desteklenmesine yönelik perspektif ortaya konmaktadır.*

THE LEADING INDUSTRIAL SECTORS IN OSMANİYE

ABSTRACT : *The social-economical development of a province of a country or a country as a whole means the corresponding increase in welfare and income level affecting the development of the industrial sector which in turn creates the impact effect on agricultural and servant sector. In the present study, the leading industrial sectors in the province of Osmaniye have been investigated and additionally, certain perspectives concerning the directing the state investments and supporting the civil sector investments have also been taken into account.*

1. GİRİŞ

Bir toplumun sosyal, kültürel ve ekonomik yapısını etkileyen sanayileşme süreci, geleneksel tarım toplumundan modern sanayi toplumuna hatta sanayi ötesi topluma geçişin yaşandığı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir. Sanayi sektöründe meydana gelen gelişmeler, tarım ve hizmetler sektörünü de olumlu yönde etkilemektedir. Sanayinin gelişmesi, ticari ve mali hizmetler sektörüne de hareketlilik ve canlılık kazandırmaktadır. Bu sebeple sanayileşme sosyo-ekonomik gelişme ve kalkınmanın göstergesi; dinamiği ve denge unsurudur.

Bir kentin ekonomik düzeyi, üst yapı elemanlarından oluşan tarım, sanayi, ticaret ve hizmet faaliyetleri kapsamında üretim ve tüketim faaliyetleriyle belirlenmektedir. Bu manada kent ekonomilerine en fazla katma değer verebilecek potansiyele sadece sanayi sektörü sahiptir. Ticaret ve hizmet faaliyetleri büyük ölçüde sanayiden gelen katma değerlerle yürütülmektedir. Ticaret ve hizmetler sektörü istihdam ve gelir oluşturma açısından ağırlıklı bir yere sahiptir.

Bir ülkenin, bölgenin veya ilin gelişme seviyesi belirlenirken sosyal ve ekonomik göstergeler esas alınmaktadır. Sosyal göstergeler ; demografik, istihdam, eğitim, sağlık, alt yapı ve diğer refah göstergeleri olup ekonomik göstergeler; imalat sanayi, inşaat, tarım ve mali göstergelerdir. Ekonomik göstergelerden imalat sanayi göstergeleri en başta değerlendirilmekte olup bu sektör aynı zamanda tarım ve hizmetler sektörlerini de olumlu yönde etkilemektedir Tarım sektörü sanayi sektöründen girdi almak zorunda olduğu gibi bu sektörün hammadde ihtiyacını da karşılamaktadır. Bu çalışmada Türkiye’de imalat sanayi gelişmişlik sıralaması esas alınmak suretiyle Osmaniye ilinin durumu analiz edilmiş, ilin genel gelişmişlik seviyesi ile birlikte ilde öne çıkan sanayi sektörleri değerlendirilmiştir.

2. OSMANİYE’NİN İMALAT SANAYİ GELİŞMİŞLİK DURUMU

Aşağıda sıralanan sekiz sanayi değişkenleri veri olarak alınıp yürütülen bu çalışmada Türkiye’de illerin imalat sanayi gelişmişlik sıralaması yapılmıştır [1]. Çalışmada esas alınan değişkenler ;

- 1- Sanayi işkolunda çalışanların Toplam İstihdam Oranı.
- 2- Organize Sanayi Bölge Parsel Sayısı.
- 3- Küçük Sanayi Siteleri İş Yeri Sayısı.
- 4- İmalat Sanayi İş Yeri Sayısı
- 5- İmalat Sanayi Yıllık Çalışanlar Ortalama Sayısı
- 6- İmalat Sanayi Kurulu Güç Kapasitesi Miktarı
- 7- Fert Başına İmalat Sanayi Elektrik Tüketimi
- 8- Fert Başına İmalat Sanayi Katma Değeri

Çizelge-1 Türkiye’de seçilmiş illerin İmalat Sanayi Gelişmişlik Sıralamasını vermektedir. Çizelgede imalat sanayi sırası yanında genel gelişmişlik sırası da yer almaktadır. Osmaniye, genel gelişmişlik seviyesi bakımından 81 il içinde 47. sırada yer alırken, İmalat Sanayi Gelişmişlik Endeksi sıralamasında 57. sırada yer almaktadır. Daha önceki çalışmalarda, Osmaniye ili’nin genel gelişmişlik sırası ve sektörlerle göre durumu incelenmiş olduğundan burada tekrar değinilmemiştir. [2,3]

Yukarıda sıralanan sekiz sanayi değişkeni kullanılarak yapılan sanayi sektörü gelişmişlik sıralaması sonuçlarına göre ilk üç il sırasıyla İstanbul, İzmir ve Kocaeli olurken, Ardahan sıralamada sonuncu olarak 81. il olmuştur. Bursa'nın genel gelişmişlik sıralaması 5 iken imalat sanayi sıralaması 4 olarak belirlenmiştir. Osmaniye'nin çevresindeki iller Gaziantep'in genel gelişmişlik sıralaması 20 iken, imalat sanayi gelişmişlik sıralaması 7 , Hatay'ın genel gelişmişlik sıralaması 29 iken imalat sanayi gelişmişlik sıralaması 15, Kahramanmaraş'ın genel gelişmişlik sıralaması 48 iken imalat sanayi gelişmişlik sıralaması 27, İçel ilinin genel gelişmişlik sıralaması 17 iken imalat sanayi gelişmişlik sıralaması 21, Adana'nın genel gelişmişlik sıralamasındaki yeri 20 iken imalat sanayi gelişmişlik sıralamasındaki yeri 12 olarak belirlenmiştir. Osmaniye çevresindeki komşu iller içerisinde gerilerde yer almaktadır. Osmaniye seçilmiş illerden Şanlıurfa, Adıyaman, Erzincan gibi illerden daha üst sıralarda bulunmaktadır.

Çizelge 1. İmalat sanayi gelişmişlik sıralaması [1]

İl	İmalat Sanayi Gelişmişlik Endeksi	İmalat Sanayi Sırası	Genel Gelişmişlik Sırası
İstanbul	5,13730	1	1
İzmir	2,9330	2	3
Kocaeli	2,91789	3	4
Bursa	2,69851	4	5
Tekirdağ	1,72170	5	7
Ankara	1,67225	6	2
Gaziantep	1,06360	7	20
Adana	0,74363	12	8
Kayseri	0,45939	18	19
Kırıkkale	0,34660	20	33
Çorum	-0,25511	38	46
Tokat	-0,33017	42	61
Sivas	-0,37590	43	53
Kırşehir	-0,39555	45	42
Amasya	-0,49158	51	39
Yozgat	-0,50412	52	64
Diyarbakır	-0,52514	53	63
Osmaniye	-0,54708	57	47
Erzurum	-0,55320	59	60
Çankırı	-0,59023	61	59
Ardahan	-0,82060	81	74

Genel olarak bu çalışma ile ülkemiz sanayinin mekansal dağılımı değerlendirildiği zaman büyük kentlerin civarında yer alan çevre/ard bölge illerin hızla sanayileştiği görülmüştür. Osmaniye ili büyük sanayi kentleri olan Adana, İçel, Hatay, Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinin ortasında geçiş bölgesinde bulunduğu, ayrıca yeni kurulan Organize Sanayi bölgesindeki gelişmeler, serbest bölge hatta doğalgaz petrol boru hatlarının yükleme terminali Botaş tesislerine çok yakın yerde bulunduğu, teşvik kanunu'nun da etkisiyle sanayileşme gösterebilecek bir yapıya sahiptir.

Osmaniye'nin sanayi yapısı incelendiğinde ağırlıklı sektörün gıda ürünleri ve içecek imalatı, tekstil ürünleri imalatı ile ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek yapılan eşyaların imalatı sektörleri öne çıkmaktadır. Madencilik sektörünün ise Türkiye ortalamasının oldukça altında kaldığı fakat verimlilik verisine göre gıda sektöründen sonra gelişme gösterebileceği dikkat çekmektedir.

Türkiye'de planlı kalkınma dönemine geçildikten sonra kalkınma planında ve yıllık programlarda devamlı olarak sanayinin teşviki ve bölgelerarası gelişmişlik farkı ve dengelerin azaltılması amacıyla fiziki bir araç olarak kullanılabilen Organize Sanayi Bölgeleri ve Küçük Sanayi Siteleri kurulmakta ve bu uygulama ile kentlerde sanayi alt yapısı oluşturulmaya çalışılmaktadır. Osmaniye'de 10 adet İmalat Sanayi İşyeri, Küçük Sanayi Sitesi'nde 529 adet işyeri mevcut olup yeni iş yerleri yaratılmaya çalışılmaktadır.

3. OSMANİYE'DE ÖNE ÇIKAN SANAYİ SEKTÖRLERİ

Türkiye genelinde bütün illerde öne çıkan sanayi sektörleri çalışması [4] değerlendirildiğinde her il için kamu tarafından desteklenmesinde yarar görülen sektörlerin envanterinin çıkartılması ve kamu kaynaklarının rasyonel alanlara yönlendirilmesinin amaçlandığı görülmüştür. Çalışma yerel ticaret ve sanayi odaları ile yapılan anket çalışmasının bulgularını değerlendirmekte olup imalat sanayi dışındaki sektörleri de ihtiva etmektedir. Yürütülen çalışma Ticaret ve Sanayi Odaları tercihlerinde , ihracat, teşvik ve yabancı sermaye yatırım verilerinde öne çıkan bitkisel üretim, hayvancılık ve turizm sektörlerini de yansıtmaktadır fakat, özel sektörde 10 ve daha fazla kişi çalıştıran işyerleri ile kamu sektöründe tüm imalat sanayi işyerlerini kapsamaktadır.

Çalışmada kullanılan temel değişkenler aşağıda özetlenmiştir.

1. GSİS istihdam ve işyeri sayılarının il içi yüzde dağılımı (GSİS : Türkiye İstatistik Kurumu,TUİK,2002 Genel Sanayi İşyeri Sayımı).
2. GSİS yoğunlaşma katsayısı.
3. Özel sektör imalat sanayinin göreceli iş yeri verimliliği (yoğunlaşma katsayısı).
4. Anketten elde edilen sektörel öncelikler ve tercihler (Ticaret ve Sanayi odaları cevapları).
5. İhracat il içi yüzdesi.
6. İhracat yoğunlaşma katsayısı.
7. Yabancı sermaye yatırımları.
8. Gerçekleşen teşvikler.

Osmaniye'de yukarıdaki göstergeler bazında öne çıkan sektörler Çizelge-2'de özetlenmiştir. GSİS istihdam ve işyeri sayılarının il içi yüzde dağılımı esas alındığında gıda ürünleri ve içecek imalatı, tekstil ürünleri imalatı ile ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden, örülerek yapılan eşyaların imalatı sektörleri öne çıkmaktadır.

Çizelge 2. Osmaniye ilinde seçilmiş ana göstergelerde öne çıkan sektörler [4]

Sıra No	Gösterge	Öne Çıkan Sektörler
1	GSİS İl içi % Dağılımı	<ul style="list-style-type: none"> - Gıda ürünleri ve içecek imalatı - Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden, örülerek eşyaların imalatı. - Makine ve teçhizatı hariç;fabrikasyon metal ürünleri imalatı
2	GSİS Yoğunlaşma Katsayısı	<ul style="list-style-type: none"> - Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden, örülerek eşyaların imalatı. - Gıda ürünleri ve içecek imalatı - Makine ve teçhizatı hariç ; fabrikasyon metal ürünleri imalatı
3	Özel Sektör İşgücü Verimlilik Yoğunlaşma Katsayısı	<ul style="list-style-type: none"> - Madencilik ve Taşocaklığı - Gıda ürünleri ve içecek imalatı
4	Öncelikler / Tercihler	<ul style="list-style-type: none"> - Tekstil ürünleri imalatı - Plastik ve kauçuk ürünleri imalatı - Gıda ürünleri ve içecek imalatı
5	İhracat İl içi %	<ul style="list-style-type: none"> - Tekstil ürünleri imalatı - Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı - Gıda ürünleri ve içecek imalatı
6	Yoğunlaşma Katsayısı	<ul style="list-style-type: none"> - Tekstil ürünleri imalatı - Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı - Gıda ürünleri ve içecek imalatı
7	Yabancı Sermaye Yatırımları	
8	Gerçekleşen Teşvikler	<ul style="list-style-type: none"> - Gıda ürünleri ve içecek imalatı

Çizelge 3'te yukarıda sıralanan 8 göstergeye göre sektörlerin tekrarlanma sayılarından elde edilmiş, Osmaniye'de öne çıkan ilk dört sektör ve ilgili sektörlerin ihtiva ettiği alt sektörler ve sektörel yapıları verilmiştir. En çok tekrarlanan sektör birinci, onu takip eden sektörler ikinci ve üçüncü sektörler olarak sıralanmıştır. Öne çıkan sektörlerin kendi içindeki alt sektörleri ise TÜİK 2002 Genel Sanayi ve İşyeri Sayısı (GSİS) geçici sonuçları kullanılarak, iş yeri ve istihdama eşit ağırlık verilerek hesaplanan sektör içi yüzdelerle göre belirlenmiştir.

Çizelge 3. Osmaniye ilinde öne çıkan sektörler ve sektörel yapı [4]

Sıra No	Öne Çıkan Sektörler	Alt Sektörler
1	Gıda ürünleri ve içecek imalatı	-Ekmek,taze fırın ürünleri ve taze kek imalatı -Öğütülmüş tahıl ürünleri imalatı -Başka yerde sınıflandırılmamış sebze ve meyvelerin işlenmesi ve saklanması -Peksimet,bisküvi imalatı,dayanıklı pastane ürünleri ve dayanıklı kek imalatı -Ham,sıvı ve katı yağların imalatı -Kakao,çikolata ve şekerleme imalatı
2	Tekstil ürünleri imalatı	-Giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ürünleri imalatı -Doğal ve sentetik pamuk elyafının hazırlanması ve eğrilmesi -Pamuklu dokuma -Halı ve kilim imalatı
3	Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz,saman ve benzeri malzemelerden,örülerek yapılan eşyaların imalatı	-İnşaat kerestesi ve doğrama imalatı -Ahşap konteynır imalatı -Diğer ağaç ürünleri imalatı

Çizelge 4; işgücü verimliliği yoğunlaşma katsayısı, il ticaret / sanayi odaları öncelikleri, tercihler ve ihracat bazında öne çıkan sektörleri Çizelge 3'te verilenler hariç olmak üzere (Çizelge 2'de verilen 8 göstergeye göre en çok tekrarlanan sektör birinci olmak üzere öne çıkan sektörden sonra gelen diğer sektörler) toplu halde göstermektedir.

2000-2004 döneminde gerçekleşen teşvikler ve yabancı sermaye yatırımları bazında gıda ürünleri ve içecek imalatı öne çıkan sektörler olarak dikkati çekmektedir ve özel sektördeki iş gücü verimlilik yoğunlaşması göstergesi bakımından en verimli ilk üç sektör arasında yer almaktadır.

Osmaniye ili'nde gıda ürünleri ve içecek imalatı, TUIK 2002 Genel Sanayi İşyerleri Sayımı (GSİS) il içi yüzde ve yoğunlaşma özel sektör iş gücü verimliliği, İl Sanayi ve Ticaret Odaları'nın tercihleri ile tamamlanan teşvik yatırımları gibi göstergelerin her birinde öne çıktığı görülmüştür. [4] Buna rağmen sektörün verimliliği Türkiye ortalamasının altında olup alt sektörler itibarıyla çeşitliliğin görülmediği gıda sektörü, genel olarak günlük tüketime yönelik olan öğütülmüş tarım ürünleri imalatı, peksimet bisküvi imalatı, dayanıklı pastane ürünleri ve dayanıklı kek imalatı, ham sıvı ve katı yağların imalatı ve kakao, çikolata ve şekerleme imalatından oluşmaktadır.

Çizelge 4. Osmaniye İli'nde Öne Çıkan Diğer Sektörler [4]

Sıra No	Öne Çıkan Sektörler	Açıklama
1	Gıda ürünleri ve içecek imalatı	GSİS il içi yüzde göstergesi itibarıyla öne çıkan ilk üç sektör arasında yer almaktadır.
2	Tekstil ürünleri imalatı	Ticaret ve sanayi odaları tarafından tercih edilen ilk üç sektör arasında yer almaktadır.
3	Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz saman ve benzeri malzemelerden, örülerek yapılan eşyaların imalatı	GSİS il içi yüzde göstergesi itibarıyla öne çıkan ilk üç sektör arasında yer almaktadır.
4	Makine ve teçhizatı hariç, fabrikasyon metal ürünleri imalatı	GSİS il içi yüzde göstergesi itibarıyla öne çıkan ilk üç sektör arasında yer almaktadır.
5	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı	2000-2004 toplam sektörel ihracatın il toplam ihracatına oranı itibarıyla ilk üç sektör arasında
6	Plastik ve kauçuk ürünleri imalatı	Ticaret ve sanayi odaları tarafından tercih edilen ilk üç sektör arasında yer almaktadır.
7	Madencilik ve Taşocaklığı	Özel sektördeki iş gücü verimlilik yoğunlaşması göstergesi bakımından, en verimli ilk üç sektör arasında yer almaktadır.

Tekstil ürünleri imalatı ise; GSİS il içi yüzde veya yoğunlaşma ile özel sektör iş gücü verimliliği göstergelerinin her birinde öne çıkmaktadır. GSİS il içi yüzde göstergesi esas alındığında il içinde öne çıkmakta ama sektör, sektör verimliliğinde ilk üç sırada yer almasına rağmen Türkiye ortalamasının altındadır. Sektör içinde ağırlıklı olarak giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ürünleri imalatı, doğal ve sentetik pamuk elyafının hazırlanması ve eğirilmesi, pamuklu dokuma ve halı ve kilim imalatından oluşmaktadır [4].

2000-2004 döneminde il toplam sektörel ihracatının yaklaşık % 80'inin gerçekleştiği tekstil ürünleri imalatının, aynı zamanda il sanayi ve ticaret odalarının tercihleri arasında da yer alarak öne çıktığı görülmüştür. Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı; GSİS il içi yüzde ve ihracat yoğunlaşma göstergelerinin her birinde öne çıkmış ve 2000-2004 döneminde toplam sektörel ihracat oranları bakımından tekstil sektöründen sonra ikinci olarak % 11 oranı ile Türkiye ortalamasına oldukça yaklaşmıştır.

2002 yılı GSİS sonuçlarına göre ağırlıklandırılmış iş yeri sayısı ve istihdamının sektörel oranları % olarak belirlenmiş olup, Osmaniye'de gıda ürünleri ve içecek imalatı % 4,1 oranı ile Türkiye sektörel oranları ile karşılaştırıldığında (% 3 civarında)

daha yüksek bir orana sahip olduğu görülmüştür. Aynı durum sırasıyla % 2,4 ve % 1,4 ile ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç); % 2,1 ve % 2 fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizatı hariç). Giyim eşyası imalatı ; kürkün işlenmesi ve boyanması sektöründe ise % 1,7 ile Türkiye ortalamasının (% 3,3) yarısı kadardır.

2000-2004 döneminde toplam sektörel ihracat oranları ortalamasında % olarak tekstil ürünleri imalatında Türkiye ortalaması % 32 olarak gerçekleşirken Osmaniye ili için % 81 olarak belirlenmiştir. Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizatı imalatı alt sektöründe Türkiye ortalaması yaklaşık % 13 olarak belirlenmiş olup Osmaniye ili için ise bu oran % 11 olmuştur.

Gıda ürünleri ve içecek imalatının ihracat payı ise Osmaniye ve Türkiye oranları birbirine çok yakın ve % 4'ler seviyesindedir. Motorlu kara taşıtı, römork ve yarı römork imalatında ise ihraç oranları Türkiye % 9,5 ; Osmaniye ilinin ise oranı % 3 seviyesindedir.

2000 yılı imalat sanayi anket sonuçlarına göre belirlenen özel sektör iş gücü verimliliği tanımı esas alınarak (kişi başı, YTL olmak üzere) yapılan değerlendirme sonucunda Osmaniye ilinin iki alt sektörde verimlilik değerlerinin hesaplanabildiği ancak bu sektörlerin her ikisinde de (madencilik ve taş ocakçılığı ve gıda ürünleri ve içecek imalatı) Türkiye ortalama değerlerinin altında kaldığı gözlemlenmiştir.

4. SONUÇ

Türkiye'de imalat sanayi gelişmişlik sıralaması, seçilmiş sekiz sanayi değişkenleri veri olarak alınıp değerlendirilerek yürütülen çalışmalar esas alınarak Osmaniye ilinin durumu incelenmiştir. Yürütülen başka bir çalışma ile de Osmaniye'de öne çıkan sanayi sektörleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarının genel değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.

- 1- Genel gelişmişlik seviyesi ve imalat sanayi gelişmişlik sıralaması değerlendirildiğinde sanayi sektörleri gelişmişlik sıralaması sonuçlarına göre ilk sıraları İstanbul, İzmir ve Kocaeli illeri alırken Ardahan 81. il olarak sıralanmıştır.
- 2- Osmaniye genel gelişmişlik seviyesi bakımından 81 il içinde 47. sırada yer alırken İmalat Sanayi Gelişmişlik Endeksi sıralamasında 57. sırada yer almaktadır. Bu sıralamada Osmaniye ilinin Erzurum, Çankırı gibi seçilmiş illerden daha yukarıda olduğu buna karşılık Amasya, Yozgat, Kırşehir, Diyarbakır gibi illerden daha aşağıda yer aldığı görülmektedir.
- 3- Osmaniye ilinde seçilmiş ana göstergelerden GSİS il içi % dağılımında
 - Gıda ürünleri ve içecek imalatı.
 - Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç).
 - Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı.
 öne çıkan sektörler olarak sıralanmaktadır.
- 4- Osmaniye'de öne çıkan ilk üç sektör aşağıdaki gibi olmaktadır.
 - Gıda ürünleri ve içecek imalatı.
 - Tekstil ürünleri imalatı.
 - Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç)
- 5- Osmaniye ili'nde öne çıkan diğer sektörler
 - Makine ve teçhizatı hariç, fabrikasyon metal ürünleri imalatı.

- Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizatı imalatı.
 - Plastik ve kauçuk ürünleri imalatı.
 - Madencilik ve Taş ocakçılığı.
- 6- Osmaniye’de öne çıkan imalat sanayi sektörleri ilin sanayi yapısı hakkında genel bir bilgi vermekte olup kamu yatırımlarının yönlendirilmesi ve özel sektör yatırımlarının desteklenmesine (yürürlükte olan teşvik yasası kapsamında) projeksiyon tutacak durumu ortaya koymakta ve aynı zamanda kamu kaynaklarının doğru biçimde yönlendirilmesine imkan hazırlayacak bir envanter çalışması olarak değerlendirilebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Dinçer,B., Özasan,M., “İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2004)”, Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, D.P.T, Ankara, Nisan 2004.
2. Koç,E., Gökfidan,S., “Osmaniye İli Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi-Temel Göstergeler”, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi (Yayına kabul edildi) 2007.
3. Koç,E., “Türkiye’de İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi Araştırması-Yozgat Örneği”, Yozgat Gündem Dergisi, Sayı 14, 34-37, 1 Aralık 2006 Sayı 15, 32-33, 15 Aralık 2006.
4., İllerde Öne Çıkan Sanayi Sektörleri, Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, D.P.T. Yayın No:2693, Ağustos 2006.



SENTETİK LİF ÜRETİMİNDE KULLANILAN TEK VİDALI EKSTRÜDERLERİN TASARIM ESASLARI

Oğuz DEMİRYÜREK ve Erdem KOÇ

Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Sentetik lif üretiminde kullanılan en yaygın yöntem ekstrüderin yer aldığı eriyikten lif çekme yöntemidir. Ekstrüder katı haldeki polimeri eritip basınç kazandırarak çıkışa sevk eder. Tekstilde en çok kullanılan ekstrüderler tek vidalı olup bu çalışmada, ekstrüder basınç bölgesinde eriyik halindeki polimerin hidrodinamik akış davranışı, elde edilen debi, basınç ve ekstrüder içerisinde oluşan viskoz güç kaybı göz önüne alınarak boyutlu ve boyutsuz çalışmalarla analiz edilip ekstrüder tasarımı için esas olacak teorik bir model oluşturulmuştur. Bu model ile değişik çalışma şartlarında ekstrüder geometrisi, polimer debisi ve ekstrüder kanalı içerisinde oluşan viskoz güç kaybı önceden tahmin edilebilmektedir.*

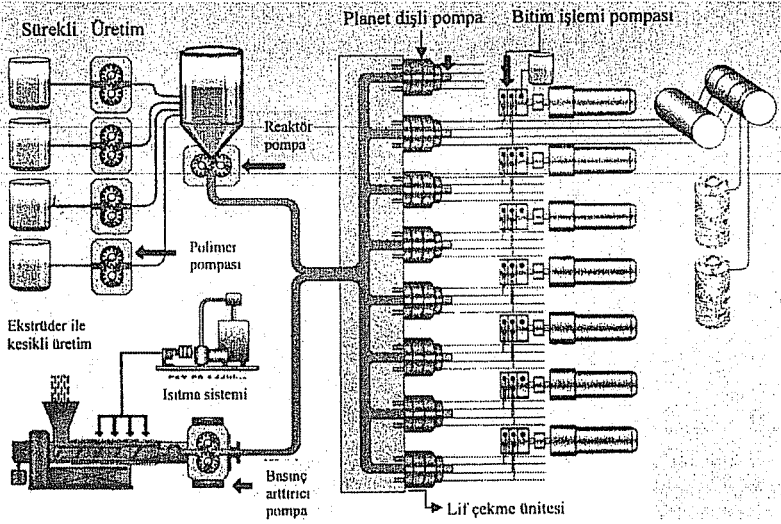
DESIGN BASIS OF SINGLE SCREW EXTRUDERS USED IN SYNTHETIC FIBRE PRODUCTION

ABSTRACT : *Melt spinning is the widespread method in synthetic fibre production. Extruder is an element that melts and pumps the solid polymer to the die. The most common extruder in textile industry is the single-screw extruder. In this study, hydrodynamic analysis of melt polymer in extruder pressure region was carried out in order to obtain a theoretical model for designing of an extruder by dimensional and non-dimensional approach considering flow rate and viscose power loss in extruder channels. With the model developed, extruder geometry, polymer flow rate and required power value of electric motor under different operating conditions can be predicted.*

1. GİRİŞ

Sentetik lif üretiminde ekstrüder, kimyasal işlemlerle üretilmiş olan katı haldeki polimerleri ısıtıp eriterek belli bir basınç altında çıkışa sevkeden bir elemandır. Eriyikten lif çekme de denilen bu sistem tekstil endüstrisinde oldukça fazla kullanım alanına sahiptir [1].

Eriyikten lif çekimi ile filament oluşturulması polimerin elde edilmesinden (polimerizasyon) hemen sonra yapılabileceği gibi elde edilen cipslerin ekstrüderde işlem görmesiyle de yapılmaktadır. İlk işleme kesiksiz (sürekli) üretim; ekstrüderin kullanıldığı ikinci işleme ise kesikli üretim denilmektedir. Şekil 1'de kesikli ve sürekli üretim sistemleri bir arada görülmektedir.

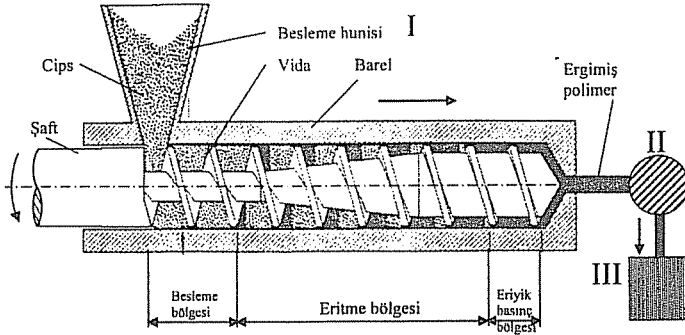


Şekil 1. Sürekli ve kesikli (ekstrüder ile) filament üretimi [2]

Sürekli üretimde, polimerizasyon işleminden sonra sıvı haldeki polimer basınç artırıcı pompadan geçerek bir hazneye toplanır ve buradan çıkışta bir reaktör pompa içerisinde işlem görerek basınç ve sıcaklık değerlerinin istenen seviyede olması sağlanır. Kesikli üretim ise ekstrüderin ana eleman olarak kullanıldığı sistemdir. Burada ekstrüder polimeri eritip karıştırarak belirli bir basınç ve viskoziteye ulaştırmak suretiyle çıkışa doğru zorlar. Daha sonra basınç artırıcı dozaj pompasına (dişli pompa) sevk edilen polimerin basıncı artırılır [3].

Katı polimerin (cips) eritilerek filamentin çekildiği proses, vidalı bir mile sahip olan ekstrüder, buna bağlı dozaj pompası ve lif çekimi için gerekli deliklere sahip düse başlıklarından oluşan bir sistemdir. Ekstrüder, basit olarak, silindirik bir gövde içerisinde dönen vidalı sistem olarak düşünülebilir. Polimer bu sistem içerisinde ısıtılarak eriyik haline getirilir ve vida ile belli bir basınç kazandırılarak itilir. Belli bir viskoziteye, sıcaklığa ve basınca sahip olan polimer, basınç artırıcı bir dozaj pompasından sonra düzeye gelir, burada şekil kazanarak lif halini alır [5].

Şekil 2’de tek vidalı bir ekstrüder görülmektedir. Bu ekstrüder besleme, eritme ve basınç bölgeleri denilen üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bu bölgelerin geometrisi üretim koşullarına, polimerin fiziksel özelliklerine ve vida konstrüksiyonuna bağlı olmaktadır. Tamamen eriyen polimer, ekstrüder çıkışında basınç artırıcı bölge olan pompalama bölgesinden geçerek basınç kazanır. Çıkıştan sonra ise üretim amacına uygun olarak polimerin şekil kazanması için çeşitli işlemler yapılabilmektedir (tel kaplama, boru, filament üretimi vb.). Polimer ekstrüder içerisinde yüksek basınç ve sıcaklıkta pompalanarak ekstrüder çıkışına gönderildiği için ekstrüderi bir ön pompa gibi düşünmek uygun olmaktadır. Vidanın ekstrüder boyunca artan konikliği, oluşan polimer eriyiğinin sıkıştırılmasına ve basınç oluşumuna yardım etmektedir (Şekil 1’de eritme bölgesi) [6].



Şekil 2. Tipik bir ekstrüder ve kısımları [6]

Çalışma kapsamında tekstil endüstrisinde ve diğer polimer işleme endüstrilerinde en çok kullanılan tek vidalı ekstrüderlerin eriyik basınç bölgesinde hidrodinamik analiz yapılp akış ve viskoz güç kaybı eşitlikleri elde edilmiştir. Ayrıca bu eşitlikler boyutsuzlaştırılarak ekstrüderin çalışma parametreleri ve tasarım özelliklerinin ekstrüder içerisindeki akış ve viskoz güç kaybına olan etkisinin tahmin edilebilmesine yönelik bir model oluşturulmuştur.

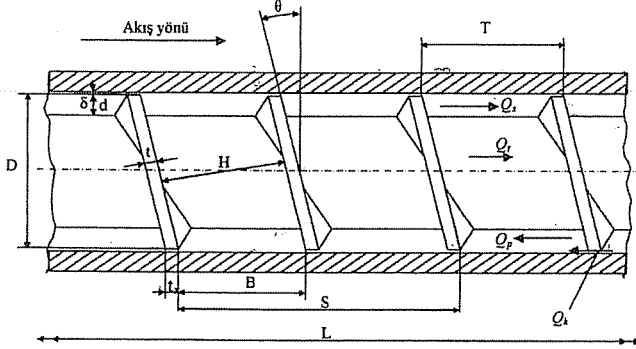
2. EKSTRÜDERDE HİDRODİNAMİK ANALİZ

2.1. Ekstrüder Geometrisi

Ekstrüder içerisinde sürüklenme akışı (drag flow), basınç akışı, kaçak akışlar ve vida kanalı içerisindeki eriyik havuzu içerisinde oluşan “sirkülasyon akışları” oluşmaktadır. Ekstrüderin hidrodinamik analizinin yapılabilmesi için Şekil 3’de verilen vida-barel geometrisinin iyi bilinmesi gerekmektedir [7, 8]. Şekilde;

θ	İçeris eğri	S	Bir tam vida dönüşünün aksel olarak izlediği yol
D	Vida çapı	B	İki vida dişinin aksel uzaklığı
d	vida ucu ile vida dişleri arasındaki mesafe	t_k	Bir vida dişinin aksel uzunluğu
δ	Baril ile vida arasındaki mesafe	Q_s	Sürüklenme akışı veya debisi
t	Vida dişinin kalınlığı	Q_p	Basınç akışı veya debisi
H	İki vida dişinin aksel uzaklığı	Q_k	Kaçak akış veya debisi
T	Hatve	Q_t	Net akış veya debisi

olarak verilmektedir. Ayrıca vidanın toplam uzunluğu “L”, vida sayısı “z”, vida devir sayısı “n”, basınç “P” ile gösterilmektedir.



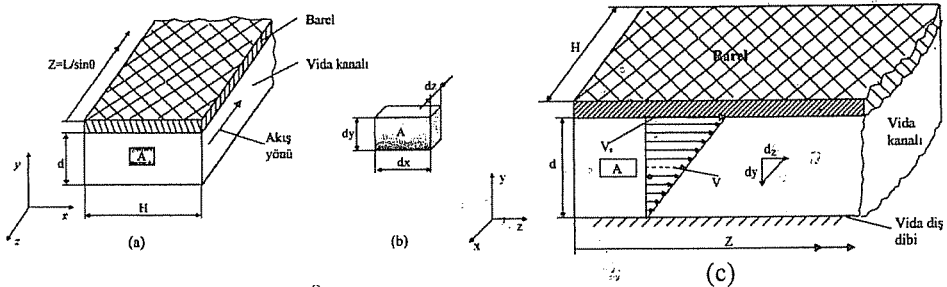
Şekil 3. Tipik bir vidanın geometrisi [7, 8]

Hidrodinamik analizde ekstrüderin üçüncü kısmı olan basınç bölgesinde sabit kanal derinlikli, sabit adımli vida ve ekstrüder içerisindeki eriyiğin akış davranışı boyutlu ve boyutsuz çalışmalar yapılarak incelenmiştir. Çalışmada, ekstrüder içerisinde oluşan net akış ve kaçak akışa etki eden akış türleri ele alınmış olup vida kanalı içerisinde net akış miktarı veya debiye etki etmeyen sirkülasyon akışları incelenmemiştir.

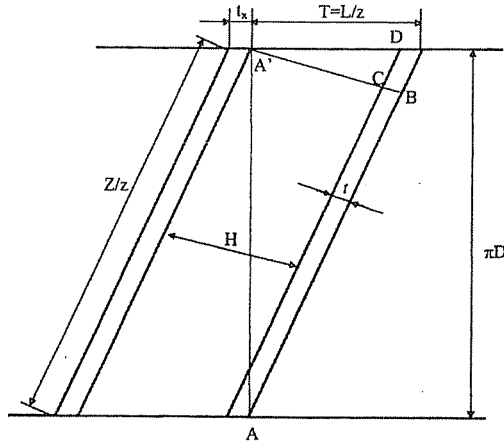
2.2. Net Akış ve Sızıntı (Kaçak Akış)

Net akış ekstrüder çıkışında elde edilmesi beklenen akış değeridir. Sürüklenme akışı, basınçtan kaynaklanan akış ve kaçak akışların vektörel toplamı net akışı oluşturur.

Sürüklenme Akışı: Vida kanalı içerisinde oluşan sürüklenme akışının (drag flow) incelenmesi için vida kanalının heliselliği açılıp kanal dikdörtgenler prizması şekline dönüştürülmektedir. Başka bir ifade ile iki vida dişi arasında kalan boşluk sarmal yapı olarak değil doğrusal yapı olacak şekilde incelenmektedir. Şekil 4 (a)'da vida kanalı içerisinde hareketi incelenen bir parçacık ve bu parçacığa ait boyutlar verilmektedir. Parçacık, z- yönünde hareket etmektedir ve helisi açılmış kanalın uzunluğu Z olarak gösterilmiştir. H, kanal uzunluğu ve d, kanal derinliğidir. Şekil 4 (c)'de ise Şekil 4(a)'da görülen kanal çevrilerek sürüklenme akışının oluşum modeli gösterilmiştir. Burada vidanın sabit, barelin hareketli olduğu kabulü yapılmış ve parçacık hızının barel yüzeyinde V_s maksimum sürüklenme hızına ulaştığı kabul edilmiştir.



Şekil 4. Vida kanalının doğrusal hali ve kanal içerisinde incelenen parçacık [9]



Şekil 7. Vidanın bir dönüşünün açılmış hali ve geometrik büyüklükleri [11]

Net Kaçak Akış: Net kaçak akış sürükleme ve basınç akışlarının farkı olarak değerlendirildiğinden

$$Q_k = \pi^2 D^2 \tan \theta \left(\frac{1}{12\eta} \frac{\delta^3 \tan \theta P}{l} - \frac{\omega \delta}{4\pi} \right) \quad (10)$$

olarak bulunmaktadır [7,11].

Boyutsuz Akış İfadeleri: Boyutlu ifadeler tasarım için sınırlayıcı olduklarından bu ifadelerin boyutsuz hale getirilmesiyle bir çok parametre bir arada incelenebilecektir. Boyutsuz çalışmalar yapılırken ekstrüder için önemli bir parametre olan vida çapı (D) esas alınmıştır.

(6) ve (10) eşitliklerinde $\bar{d} = \frac{d}{D}$, $\bar{H} = \frac{H}{D}$, $\bar{P} = \frac{P}{\eta\omega}$ ve $\bar{L} = \frac{L}{D}$, $\bar{\delta} = \frac{\delta}{D}$ alınarak ve helis açısı $\theta=17.40^\circ$ olarak belirlendiğinde boyutsuz net akış

$$\bar{Q}_i = 0.24\bar{d}\bar{H} - 0.025\bar{H}\bar{d}^3 \frac{\bar{P}}{\bar{L}} \quad (11)$$

olarak bulunur. Boyutsuz kaçak akış için ise

$$\bar{Q}_k = 0.08 \frac{\bar{\delta}^3 \bar{P}}{\bar{L}} - 0.246 \bar{\delta} \quad (12)$$

ifadesi elde edilir. Boyutsuz net akış ve kaçak akışın boyutlu parametrelerle ifadeleri ise

$$\bar{Q}_i = \frac{Q_i}{\omega D^3}, \quad \bar{Q}_k = \frac{Q_k}{\omega D^3}$$

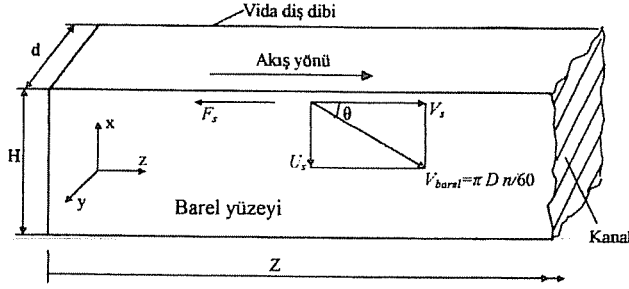
şeklinde olmaktadır [7,11].

2.3. Ekstrüderde Hidrodinamik Güç Kaybı Analizi

Ekstrüder içerisinde eriyik halinde bulunan polimer taşınırken viskoz sürtünmeden dolayı ötelenmeye karşı viskoz direnç kuvveti ortaya çıktığından vidanın dönme eksenine göre bir moment oluşur [8,10]. Bu moment ise viskoz kayıp güç olarak

adlandırılan ve polimerin ekstrüder içerisinde hareket etmesine engel teşkil edecek bir güç kaybına sebep olur. Burada, kanal içerisinde ve radyal açıklıkta oluşan viskoz güç kaybı hesaplanıp boyutsuz hale getirilmiştir.

Kanal İçerisindeki Viskoz Güç Kaybı: Şekil 8’de barel yüzeyinde oluşan polimer hız bileşenleri verilmektedir. Şekilde barel yüzeyi ön düzlemde yer almakta olup sirkülasyon ve sürüklenme akışları görülmektedir. Barel yüzeyinde basınç akışı oluşmadığından şekilde gösterilmemiştir.



Şekil 8. Barel yüzeyinde oluşan hız vektörü [8, 11]

N_{s1} , kanal içerisindeki polimere etkiyen viskoz sürtünme gücü ve F_s barel yüzeyindeki kayma kuvveti olmak üzere birim güç $dN_{s1} = V_{barel} * dF_s$ olmaktadır. olduğu görülmektedir. Birim sürtünme kuvveti ise

$$dF_s = \eta \frac{V_{barel}}{d} \pi D dz \quad (13)$$

olarak elde edilir. Helisi açılmış vida kanalında oluşan toplam güç ise

$$N_{s1} = \frac{\pi D^3 \omega^2 \eta L}{4 d \sin \theta} \quad (14)$$

şeklini almaktadır [8, 10].

Radyal Aralıkta Viskoz Güç Kaybı: Şekil 6’da gösterilen radyal aralıkta viskoz güç kaybı oluşmaktadır. Burada vida ve barel arasında oluşan sürtünme ve basınç kuvvetleri, vidanın dönme merkezine göre bir moment (M_s) oluşturmaktadır. Sürtünme kuvveti

$$F_s = \eta \frac{V_s}{\delta} Z t \cos \theta \quad (15)$$

şeklinde bulunur.

Basınçtan kaynaklanan kuvvet ise

$$F_p = \frac{P \delta Z}{2} \quad (16)$$

olarak yazılabilir. Viskoz kuvvet kaybı (F_v) ise basınç ve sürtünme kuvvetlerinin toplamına eşittir. Buradan, viskoz moment kaybı,

$$M_s = \frac{D}{2} \left(\frac{P \delta Z}{2} + \eta \frac{V_s}{\delta} Z t \cos \theta \right) \quad (17)$$

olarak elde edilir. $Z = \frac{L}{\sin \theta}$, $V_s = \frac{\pi D n}{60} \cos \theta$ olmak üzere viskoz güç kaybı

$$N_{s2} = \frac{D L t}{4 \sin \theta} \left(\frac{P \delta \omega}{t} + \eta \frac{D \omega^2}{\delta} \cos^2 \theta \right) \quad (18)$$

şeklinde elde edilmektedir [8, 10].

Boyutsuz Çalışma: Boyutsuz çalışmanın tasarım için oluşturduğu kolaylıklardan dolayı yukarıda elde edilen kayıp güç ifadelerinde vida çapı (D) esas alındığında

$$\bar{t} = \frac{t}{D}, \bar{L} = \frac{L}{D}, \bar{d} = \frac{d}{D}, \bar{\delta} = \frac{\delta}{D} \text{ ve } \bar{P} = \frac{P}{\eta \omega}$$

şeklinde boyutsuz hale getirilebilir.

Kanal içerisinde oluşan viskoz güç kaybı

$$\bar{N}_{s1} = \pi \frac{1}{4 \sin \theta} \frac{\bar{L}}{\bar{d}} \quad (19)$$

halini alır. Uygulamalarda en çok karşılaşılan helis açısı $\theta = 17.4$ olduğundan boyutsuz güç kaybı eşitliği

$$\bar{N}_{s1} = 2.626 \frac{\bar{L}}{\bar{d}} \quad (20)$$

şeklinde yazılabilir. \bar{N}_{s1} 'in boyutlu parametrelerle ifadesi ise

$$\bar{N}_{s1} = \frac{N_{s1}}{D^3 \omega^2 \eta} \quad (21)$$

olarak bulunur [8, 10].

Radial aralıkta meydana gelen boyutsuz viskoz güç kaybı ise uygulamalarda en çok karşılaşılan helis açısı $\theta = 17.4$ olarak belirlendiğinde

$$\bar{N}_{s2} = 0.836 L t \left(\frac{\bar{P} \bar{\delta}}{\bar{t}} + \frac{0.91}{\bar{\delta}} \right) \quad (22)$$

bulunur. \bar{N}_{s2} 'nin boyutlu parametrelerle ifadesi ise

$$\bar{N}_{s2} = \frac{N_{s2}}{L t D \omega^2 \eta} \quad (23)$$

şeklinde olmaktadır [11].

3. TEORİK NETİCELER VE İRDELEME

Bu bölümde ekstrüder geometrisi ile akış ve boyutsuz viskoz kayıp güç ilişkisi incelenerek tasarım için tavsiyelerde bulunulmuştur. Boyutsuz çalışma, ekstrüderin çeşitli tasarım ve çalışma parametreleri belirli limitler arasında alınarak yürütülmüştür. Çizelge 1'de bazı parametrelerin boyutsuz analize esas olacak boyutlu ve boyutsuz değerler bir arada verilmektedir. Teorik analiz bu limitler içerisinde kalınarak yapılmıştır.

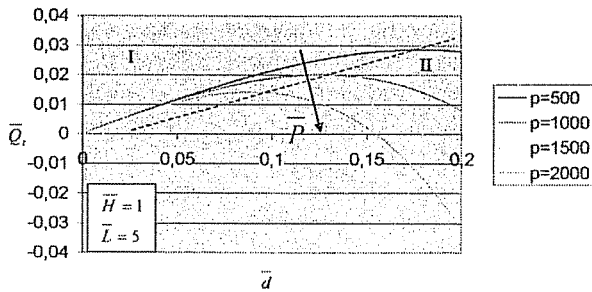
Çizelge 1. Ekstrüder için boyutlu-boyutsuz parametreler ve limit değerleri [6]

Boyutlu		Boyutsuz	
Parametre	Değer	Parametre	Değer
L	0.1-3.0 m.	\bar{L}	1-30
d	0.01-0.05m.	\bar{d}	0.05-0.2
H	0.05-0.25 m.	\bar{H}	0.5-1.5
t	0.01-0.02 m.	\bar{t}	0.05-0.2
δ	0.0005-0.005m.	$\bar{\delta}$	0.001-0.005
P	50-150 bar	\bar{P}	500-1500
D	0.05-0.25 m.	θ	15 ^o -20 ^o
ω	10-25 rad/s		
η	10 ³ poise (10 ⁴ Pa.s)		

3.1. Akış İçin Sonuçlar

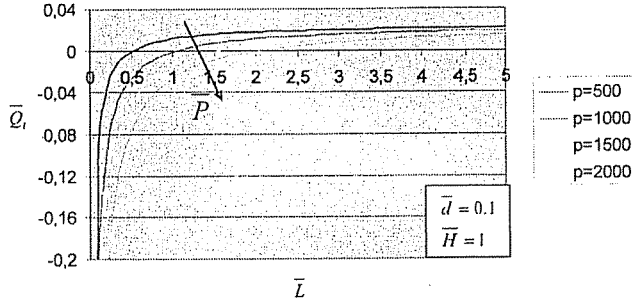
Boyutsuz kanal derinliğinin (\bar{d}) polimer taşıma hacmini önemli ölçüde belirlediği bilinmektedir. Bu parametrenin net akışa (\bar{Q}_i) olan etkisi Şekil 9'da incelenmiştir. Şekilden \bar{d} 'nin belli bir değerine kadar net akışın farklı basınçlarda aynı değeri aldığı ve kanal derinliğinin bu değere kadar artması net akışta lineer artışa neden olduğu, bu değerden sonra yüksek basınçlarda akışın biraz arttıktan sonra azalmaya başladığı görülmektedir. Eğrilerin maksimum noktaları birleştirildiğinde, I ile gösterilen bölge ekstrüder tasarımı için esas alınabilecek bölge olurken, II bölgesi akış özellikleri bakımından tasarıma uygun olmamaktadır

Elde edilen boyutsuz değerlerin boyutlu karşılıklarını belirlemek mümkündür. Tekstilde kullanılan bir ekstrüder için genel olarak vida çapı $D = 0.1$ m, vida hızı $n \cong 200$ dev/dak ($\omega = 20$ rad/s) ve polimerler için ortalama viskozite değeri $\eta = 10000$ poise alınabilmektedir. Ekstrüderin sağladığı basınç $P=100$ bar alındığında boyutlu ifadeler değerlendirilerek bu şartlar için $\bar{P} = 500$ eğrisi incelenebilir. Bu eğri üzerinde $\bar{d} = 0.17$ ($d=0.017$ m.) noktasında $\bar{Q}_i = 0.028$ maksimum noktası okunmaktadır. Bu değer ise boyutlu olarak ifade edildiğinde $Q_i = 40.32$ lt/dk'ya karşılık gelmektedir. Buradan, bahsedilen boyutlu şartlarda ekstrüderin ortalama olarak 40 lt/dk'lık bir debi sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen bu değer pratik çalışma verileri ile de uyumluluk göstermektedir.



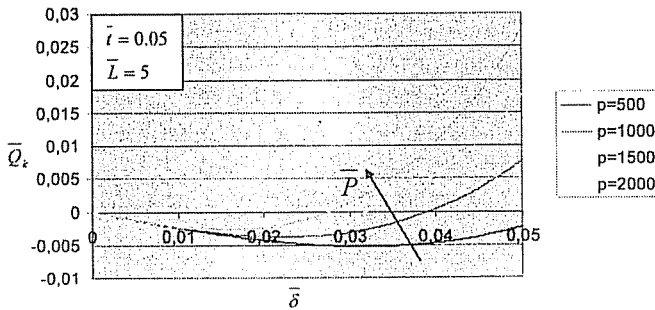
Şekil 9. Boyutsuz kanal derinliği (\bar{d}) ile boyutsuz net akış (\bar{Q}_i) değişimi

Vida uzunluğu, hem polimer kalitesini hem de tasarımda barel uzunluğunu belirleyen bir parametredir. Boyutsuz vida uzunluğunun (\bar{L}) net akışa (\bar{Q}_i) olan etkisi ise Şekil 10.'da incelenmiştir. Şekilde, \bar{L} 'nin sıfıra yakın değerlerinde \bar{Q}_i 'nin $-\infty$ 'a yaklaştığı, $\bar{L}=0.5...2$ arasında farklı basınç değerlerinde farklı noktalarda, \bar{Q}_i 'nin sıfır değerini aldığı görülmektedir. \bar{L} 'nin \bar{Q}_i 'yi sıfır yapan değerlerinden sonra daha da artırılması ile \bar{Q}_i artarak belli bir noktadan sonra sabit olmaktadır.



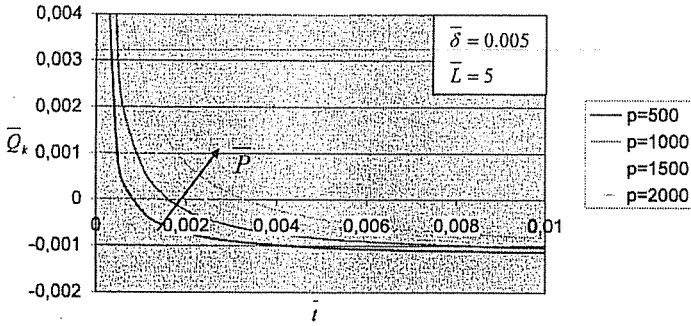
Şekil 10. Boyutsuz vida uzunluğu (\bar{L}) ile net akış (\bar{Q}_i) değişimi

Boyutsuz radyal aralığın ($\bar{\delta}$) kaçak akışa (\bar{Q}_k) olan etkisi Şekil 11'de incelenmiştir. Şekilden $\bar{\delta}$ 'nın kaçak akışı sıfır yapan değerine kadar boyutsuz kaçak akışın negatif olduğu başka bir ifade ile kaçığın oluşmadığı, bu değerden sonra ise eğrilerin pozitif değer alıp kaçak akışın oluştuğu görülmektedir. Ekstrüderde kaçak akışın hiç olmaması arzu edilen bir durumdur. Boyutsuz radyal aralığın 0.02...0.05 arasında seçilmesiyle akışkan kaçığın sıfır veya çok düşük olduğu görülmektedir. Tasarımda bu değerler dikkate alınarak imalat gerçekleştirilmelidir. Basıncın artırılması beklendiği üzere aynı radyal aralıkta kaçığın daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Şekil 9'da bahsedilen değerler dikkate alınarak $\bar{P}=500$ eğrisi incelendiğinde $\bar{Q}_k = -0.0021$ okunmaktadır. Elde edilen bu boyutsuz değer boyutlu olarak karşılığı ise $Q_k = 2.52$ lt/dk olmaktadır. Daha küçük toleranslarda küçük kaçak akış değerlerinin elde edilebileceği görülmektedir.



Şekil 11. Boyutsuz radyal aralık ($\bar{\delta}$) ile kaçak akış (\bar{Q}_k) değişimi

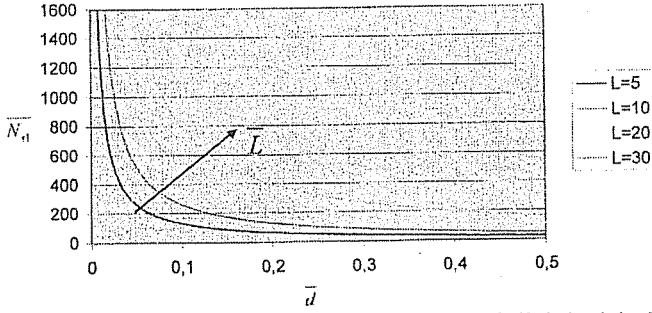
Boyutsuz vida kalınlığı (\bar{t}) kaçak akış için eriyiğin bir vida kanalından diğerine sızarken izlediği yol olarak düşünülebilir. Bu değer büyük olmasının kaçak akışı düşüreceği düşünülmektedir. Net akış için ise vida kalınlığı, eriyiğin taşındığı vida kanal hacmini sınırlamaktadır. Buradan vida kanalının kaçak akış için yeterince büyük, net akış için ise mümkün olduğunca küçük seçilmesinin tasarım için uygun olacağı düşünülebilir. Şekil 12’de boyutsuz vida kalınlığı (\bar{t}) ve kaçak akış (\bar{Q}_k) değişimi görülmektedir. Burada \bar{t} ’nin sıfıra yakın değerlerinde kaçak akışın beklendiği gibi büyük değerler aldığı görülmektedir. $\bar{t}=0.001\dots0.0035$ arasındaki değerlerde çeşitli basınçlarda kaçak akış sıfır değerini almaktadır. Bundan sonraki \bar{t} değerleri için kaçak akış eksponansiyel azalarak çeşitli basınç seviyelerinde sabit bir değer almaktadır. \bar{t} ’nin sabit olduğu noktalarda basıncın kaçak akışa etkisi ise ihmal edilebilecek düzeydedir. Bir başka ifade ile çeşitli basınç değerlerinde yaklaşık aynı kaçak akış değeri okunmaktadır.



Şekil 12. Boyutsuz vida kalınlığı (\bar{t}) ile kaçak akış (\bar{Q}_k) değişimi

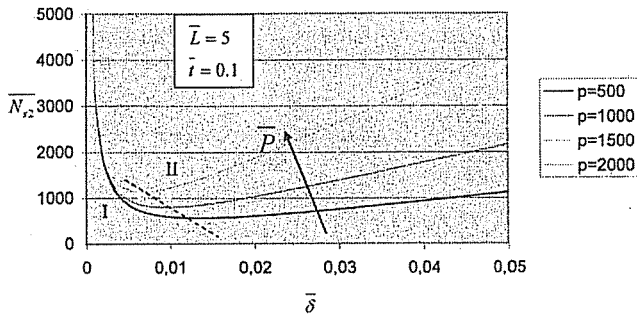
3.2. Viskoz Güç Kaybı için Sonuçlar

Boyutsuz kanal derinliği (\bar{d}) ve basınç bölgesindeki boyutsuz vida uzunluğu (\bar{L}), kanal içerisinde oluşan boyutsuz kayıp güç (\bar{N}_{s1}) değerini önemli ölçüde belirlemektedir. Şekil 13’de boyutsuz kanal derinliğinin boyutsuz viskoz kayıp güce olan etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Burada, \bar{d} ’nin sıfıra yakın değerlerinde viskoz güç kaybının büyük olduğu görülmektedir. \bar{d} ’nin artırılması ile bu güç kaybının da azaldığı görülmektedir. Şekilde $\bar{d}=0.1$ ve $\bar{L}=5$ için $\bar{N}_{s1}=135$ olarak bulunmuştur. Daha önce bahsedilen boyutlu parametreler dikkate alındığında $d=1$ cm, $L=50$ cm, ve $N_{s1}=54$ kW olarak bulunmaktadır. $\bar{d}=0.2$ seçildiğinde ise $\bar{N}_{s1}=85$ olup boyutlu karşılığı $N_{s1}=34$ kW olmaktadır. Elde edilen bu değer, kanal içerisinde oluşan viskoz güç kaybı olup vidaya uygulanan tahriğe polimerin direnci olarak gösterilebilir.



Şekil 13. Boyutsuz viskoz kayıp güç-vida derinliği değişimi

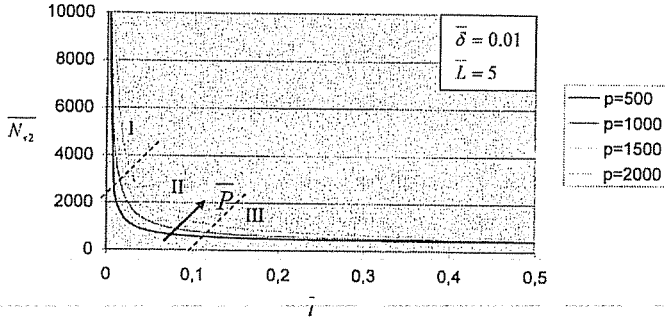
Şekil 14'de farklı basınç seviyeleri için $\overline{N}_{s2} - \overline{\delta}$ değişimi görülmektedir. Burada $\overline{\delta}$ 'nin sıfıra yakın değerlerinde \overline{N}_{s2} 'nin büyük değerler aldığı, $\overline{\delta}$ 'nin artırılmasıyla kayıp gücün belli bir $\overline{\delta}$ değerinde minimum değerini alıp bu değerden sonra yaklaşık lineer olarak arttığı görülmektedir. Şekilde $\overline{P}=500$ için $\overline{\delta}=0.014$ noktasında $\overline{N}_{s2}=564$ olarak minimum değerini almaktadır. Endüstride ve literatürde sıkça karşılaşılan boyutlu parametreler ($\omega=20$ rad/s, $P=100$ bar, $D=0.1$ m) değerlendirildiğinde bu nokta için $\delta=1.4$ mm ve $N_{s2}=11.2$ kW olarak bulunmaktadır. $\overline{\delta}$ 'nin bu değerden sonra daha da artırılması güç kaybının da artmasına sebep olmaktadır. Şekilde I ile gösterilen bölgede viskoz kayıp güçte ani bir düşüş görülmektedir. Kesikli doğru ile gösterilen yerde viskoz kayıp güç minimum değerlerini almaktadır. II no'lu bölgede ise lineer bir artış olduğu görülmektedir. Basıncın büyük seçilmesi, beklediği gibi, aynı radyal açıklık değerinde elde edilen viskoz güç kaybını arttırmaktadır.



Şekil 14. Boyutsuz viskoz kayıp güç-radyal açıklık değişimi

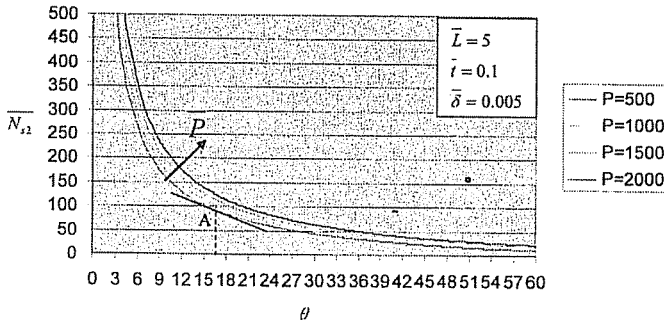
Şekil 15 boyutsuz vida kalınlığı (\overline{t}) ile vida ucunda oluşan boyutsuz viskoz güç kaybı (\overline{N}_{s2}) değişimini vermektedir. Şekilden \overline{t} 'nin sıfıra yakın değerlerinde (I) \overline{N}_{s2} 'nin yüksek değerlerinden ani bir düşüş olduğu, $\overline{t}=0.02...0.12$ değerlerinde çeşitli basınç seviyeleri için eğrinin parabolik bir şekilde azaldığı (II), $\overline{t}=0.2$ değerinden sonra

ise her basınç seviyesi için yaklaşık aynı viskoz kayıp gücün elde edildiği görülmektedir (III). $\bar{t}=0.15$ seçildiğinde $\bar{P}=500$ için $\bar{N}_{s2}=520$ bulunmaktadır. Daha önce bahsedilen boyutlu parametreler göz önüne alındığında $t=1.5$ cm ve $N_{s2}=15.6$ kW olarak bulunmaktadır. \bar{t} 'nin bu değerden sonra artırılmasının viskoz güç kaybında önemli bir değişiklik oluşturmadığı görülmektedir.



Şekil 15. Boyutsuz viskoz kayıp gücü-vida kalınlığı değişimi

Teorik incelemede kolaylık sağlaması bakımından buraya kadar olan analizlerde vida helis açısı θ endüstriyel uygulamalarda çokça karşılaşılan $\theta = 17.4^\circ$ değeri alınarak sabitlenmiştir. θ ile \bar{N}_{s2} 'nin değişimi ise Şekil 16'da gösterilmiştir. Burada viskoz kayıp gücün θ 'nın küçük değerlerinde çok büyük değerler aldığı; A bölgesinde ise çeşitli basınç seviyeleri için eğrilerin dönüm noktalarının bulunduğu görülmektedir. θ 'nın daha da artırılmasının viskoz kayıp gücü azalttığı görülse de bu azalma küçük olmaktadır. θ 'nın büyük açı değerlerinde küçük güç kaybı değerleri elde edilmesine rağmen büyük açı değerleri tasarım için uygun olmadığı bilinmektedir. Endüstriyel uygulanabilirliği bakımından helis açısının $16.5^\circ \dots 17.5^\circ$ arasında seçilmesinde yarar olduğu görülmektedir. Buradan uygulamada çalışılan vida helis açısı ile teorik analizde elde edilen değerlerin birbiri ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 16. Boyutsuz viskoz kayıp gücü-vida helis açısı değişimi

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Ekstrüder içerisinde oluşan akış ekstrüderin geometrik büyüklüklerine, polimer fiziksel özelliklerine ve ekstrüder çalışma parametrelerine bağlı olmaktadır. Bu çalışmada, ekstrüderin hidrodinamik analizi yapılarak polimer akış davranışı belirlenip boyutsuz çalışmalarla ekstrüder tasarım büyüklükleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu analiz sonucunda tasarım için aşağıdaki değerlendirme ve sonuçlar elde edilmiştir

1. Ekstrüder basınç bölgesindeki kanal derinliğinin $\bar{d}=0.1...0.15$ arasında seçilmesi ile maksimum net akış ve minimum viskoz kayıp güç elde edildiğinden, \bar{d} 'nin belirtilen aralıkta seçilmesi tavsiye edilmektedir.
2. Ekstrüderin basınç bölgesinde, net akış için, boyutsuz vida uzunluğunun $\bar{L}=1...3$ değerine kadar değişik basınç seviyelerinde negatif akış elde edilmektedir. Kaçak akış için ise bu değer aralığında yüksek akışkan kaçağı olduğundan ve vida boyu arttıkça viskoz kayıp güç de arttığından $\bar{L}=5...10$ aralığında seçilmesinin tasarım için uygun olacağı belirlenmiştir.
3. $\bar{\delta}=0.005...0.01$ aralığında, çeşitli basınç değerlerinde kaçak akış oluşmamaktadır. Bu değerlerden sonra ise akış pozitif değer olarak vida kanalları arasında kaçak oluşmaktadır. Ayrıca, boyutsuz viskoz kayıp güç $\bar{\delta}=0.003...0.1$ aralığında minimum değerini aldığından radyal açıklığın $\bar{\delta}=0.005...0.01$ aralığında belirlenmesi uygun olmaktadır.
4. Boyutsuz vida kalınlığı \bar{t} 'nin sıfıra yakın değerleri için kaçak akış büyük değerler almaktadır $\bar{t}=0.001$ 'den sonra ise kaçak akışın oluşmadığı görüldüğünden tasarım için $\bar{t}=0.01$ seçilmesinin ($D=10$ cm için $t=1$ mm) uygun olacağı bu analiz sonucunda elde edilmiştir..
5. Tekstilde kullanılan orta boy bir Ekstrüderin ($D=10$ cm) sağladığı debi bu çalışmada $Q_r=30-50$ lt/dk olarak belirlenmiştir, kaçak akış ise 2-3 lt/dk olmaktadır. Kanal içerisinde oluşan viskoz kayıp güç $N_{s1}=31.5$ kW, radyal aralıkta oluşan viskoz kayıp güç ise $N_{s2}=6.23$ kW olarak bulunmuştur. Toplam viskoz kayıp güç ise buradan $N_{sT}=37.73$ kW olmaktadır. Elde edilen bu değerler pratikte oluşan değerlerle de uyumluluk göstermektedir.
6. Endüstride kullanılan vida helis açısı $\theta=17.40^\circ$ olmaktadır. Yapılan teorik analiz neticesinde çeşitli basınç seviyeleri için $\theta=16.5...18.0^\circ$ arasında seçilmesinin uygun olacağı görülmektedir.
7. Ekstrüderin basınç bölgesinde yapılan bu analiz sonucunda tavsiye edilen vida geometrik büyüklükleri toplu halde boyutsuz olarak Çizelge 2'de gösterilmektedir. Elde edilen bu boyutsuz değerlerin boyutlu karşılıkları vida çapının (D) belirlenmesiyle mümkün olmaktadır.

Bu çalışma ile ekstrüder tasarım büyüklükleri için tavsiye edilen değerler belirlenerek geometrik büyüklüklerinin farklı kapasite ve büyüklükteki ekstrüderlerdeki akışa olan etkisi tahmin edilebilmektedir.

Çizelge 2. Tasarım için tavsiye edilen boyutsuz vida parametreleri

Boyutsuz İfade	Değer
\bar{d}	0.1...0.15
\bar{H}	0.8...1.2
\bar{L}	5...10
$\bar{\delta}$	0.005...0.01
\bar{t}	0.08...0.12
$\bar{\theta}$	16.5 ⁰ ...18.0 ⁰

5. KAYNAKLAR

1. Demiryürek,O., "Sentetik Lif Üretiminde Kullanılan Ekstrüderler ve Ekstrüder-Pompa Sisteminin Tasarım Esasları", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2004.
2. Zenith Pumps Pompa Kataloğu, 2003.
3. Tadmor,Z., Klein,I., "Engineering Principles of Plasticating Extrusion", Van Nostrand Reinhold Company, 1970.
4. Stevens,M.J, Covas,J.A., "Extruder Principles and Operation, Chapman&Hall, London", 1995.
5. Koç,E., Demiryürek,O., "Sentetik Lif Üretim Esasları ve Tekstilde Ekstrüzyon İşlemi", *Tekstil Teknoloji Dergisi*, 100-118, Eylül 2004.
6. Koç,E., Demiryürek,O., "Sentetik Lif Üretiminde Ekstrüzyon İşlemi ve Lif Çekim Sistemi Elemanları", *Tekstil Teknoloji Dergisi*, Sayı 101, 126-136, 2004.
7. Koç,E., Demiryürek,O., "Ekstrüder Tasarım Esasları ve Hidrodinamik Performans Analizi-I-Polimer Akış Davranış"ı, *Tekstil Teknoloji Dergisi*, Sayı:104, Sayfa: 140-163, Şubat 2005.
8. Demiryürek,O., Koç,E., "Ekstrüder Tasarım Esasları ve Hidrodinamik Performans Analizi-II-Viskoz Güç Kaybı", *Tekstil Teknoloji Dergisi*, Sayı 105, 156-165, Mart 2005.
9. Koç,E., Demiryürek,O., "Sentetik Lif Üretiminde Kullanılan Tek Vidalı Ekstrüderlerin Tasarım Esasları", 12. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu UMTS 2005, Cilt 1,57-69, 9-11 Haziran, Kayseri, 2005.
10. Demiryürek,O., Koç,E., *Design Basis and Hydrodynamic Performance Analysis of Single-Screw Extruders. II-Viscose Loss Power*, *Journal of Applied Polymer Science*, (in Progress), 2007.
11. Koç,E., Demiryürek,O., *Design Basis and Hydrodynamic Performance Analysis of Single-Screw Extruders. I-Polymer Flow Behaviour*, *Journal of Applied Polymer Science*, (in Progress), 2007.

SUYA DOYGUN OLMAYAN ZEMİNLERİN SÜKÛNETTEKİ YANAL BASINÇ KATSAYISININ LABORATUAR ORTAMINDA ÖLÇÜLMESİ

Mehmet Arslan TEKİNSOY

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Cafer KAYADELEN

N.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

Taha TAŞKIRAN

D.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

ÖZET : Diyarbakırdan alınan bir zeminin suya doygun olmayan ortamda yanıl basınç katsayısını araştırmak için deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, hem doymamış zeminler üzerinde konsolidasyon deneyleri gerçekleştirmeye hemde yanıl basınçların ölçülmesine olanak sağlayan özel bir konsolidasyon hücresi tasarlanarak imal edilmiştir. Deneylerde matris emme basıncı Eksen Kaydırma Tekniği kullanılarak kontrol edilmiş ve boşluksuyu hacim değişimleri 0.01 cm^3 hassasiyetli transducer ile ölçülmüştür. Deneylerde kullanılan numuneler yeniden yapılandırılarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, likit limit değerinin 1.5 katı su içeriğinde hazırlanan bulamaç halindeki zemin konsolide edilmiştir. Difüzyon yolu ile sızan hava hacmi ise Fredlund ve Rahardjo tarafından önerilen DAVI ile ölçülmüştür. Deney sonuçları K_0 matris emme basıncına bağlı olduğunu ve matris emme arttığında K_0 değerinin azaldığını göstermiştir.

THE MEASUREMENT OF COEFFICIENT OF LATERAL EARTH PRESSURE AT-REST OF UNSATURATED SOILS IN LABORATORY

ABSTRACT : An experimental work was carried out to investigate the coefficient of lateral earth pressure at rest (K_0) of an unsaturated soil taken from Diyarbakır. For this purpose, a special consolidation cell which allows the measurement of lateral earth pressures was designed and developed. In the experimental study, matric suction was controlled by using Axis Translation Technique and pore water volume changes were measured by means of volume change transducer with 0.01 cm^3 sensitive. The soil specimens were reconstituted from slurry prepared at 1.5 times the liquid limit of soil. Diffused air volume was measured by using DAVI suggested by Fredlund ve Rahardjo. Lateral pressures are measured by means of strain gauge bonded on the thin wall oedometer ring. The experimental results have demonstrated that K_0 depends on matric suction, as the matric suction is increased.

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliğinde zeminler genel olarak suya doymun ve doymamış durumda olmak üzere iki durumda incelenmektedir. Ancak geoteknik mühendisliğinde kullanılan modeller, güvenli tarafta kalmak amacıyla çoğunlukla doymun koşullara göre geliştirilmiştir. Yeryüzünün önemli bir bölümünün kurak veya yarı kurak iklim koşullarında bulunması ve bu bölgelerdeki zeminlerin hiçbir zaman doymun duruma ulaşamaması, son yıllarda doymamış zemin mekaniğine olan ilgiyi arttırmıştır. Diğer taraftan, özellikle şişme potansiyeline sahip ve kompakte zeminlerinde doymamış zeminler kategorisinde değerlendirilmesi bu alandaki çalışmaların önemini ortaya koymuştur (1). Sadece Amerika Birleşik Devletlerinde zeminlerin şişme probleminden kaynaklanan hasarın 9 milyar \$ ve bu hasarın sel, fırtına ve deprem gibi doğal felaketlerin sebep olduğu hasardan fazla olması şişen zeminler ile ilgili çalışmaların önemini göstermektedir (2, 3).

Kurak veya yarı kurak bölgelerdeki yeraltı su seviyesinin derinlerde olması ve bu bölgelerin aşırı buharlaşmaya maruz kalması nedeni ile sözü edilen bölge zeminleri, negatif boşluk suyu basıncı taşımaktadır. Başka bir ifade ile kurak ve yarı kurak bölge zeminleri, emme basıncına sahiptirler. Bugüne kadar yapılan çalışmalar, doymamış zeminlere ait mekanik davranışların, emme basınçlarından önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Örneğin, Frenlund ve Rahardjo (1) tarafından yapılan çalışmada doymun olmayan zeminler daha yüksek mukavemete ve daha düşük sıkışabilirliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde, geoteknik mühendisliğinde önemli bir zemin parametresi olan sükünetteki yanal zemin basınç katsayısı (K_0) için yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu katsayının, killi zeminlerde genellikle 0.4~0.6, kumlu zeminlerde 0.3~0.5 arasında değerler aldığı belirtilmektedir (4-7). K_0 arazide doğrudan veya laboratuvar ortamında dolaylı olarak ölçülmektedir. Arazide K_0 'ın ölçümü için Presyometre veya Toplam Gerilme Hücresi gibi aletler kullanılmaktadır (8). Laboratuvar ortamında bu katsayının ölçümü için çoğunlukla özel donanımlı konsolidasyon düzenekleri kullanılmakla beraber üç eksenli deney düzenekleri de kullanılabilir. Konsolidasyon düzeneklerinde, yanal basınçların ölçülmesi için deformasyon ölçerleri (strain gauge) veya basınç transducerleri kullanılmaktadır (9-11).

İnce daneli zeminler K_0 parametresinin deneysel olarak tespiti için laboratuvar ortamında yapılan çalışmaların tamamı doymun durumda gerçekleştirilirken, suya doymun olmayan zeminlerin K_0 parametresi üzerine ve matris emmenin bu parametre üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu gösteren herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Son yıllarda doymun olmayan zeminler üzerinde yapılan çalışmalar büyük ilgi görmesine rağmen, deneylerin oldukça zaman alıcı, karmaşık ve pahalı olması, bu konudaki çalışmaların sınırlı kalmasına sebep olmuştur. Suya doymun olmayan zeminlerde matris emmenin bir gerilme durumu değişkeni olarak kabul edilmesi, deneyler sırasında bu parametrenin durumunun bilinmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle doymun olmayan zemin deneylerinde matris emme basıncı ya doğrudan ölçülmekte ya da kontrol edilmektedir. Ancak deneyler sırasında doğrudan ölçümün problemliliği sebebi ile genellikle bu parametre kontrol edilmektedir. Matris emmenin kontrol edilmesi için Eksen Kaydırma, Osmotik ve Bağlı Nem denilen yöntemler kullanılmaktadır (1, 12-14). Eksen kaydırma yöntemi, deney sırasında

yüksek matris emme basınçlarının uygulanabilmesi sebebiyle en çok kullanılan yöntemdir (15-18). Bu yöntemde, doymamış zeminlerde negatif olan boşluk suyu basıncı yapay olarak pozitif bir değere yükseltilmektedir. Bu amaçla zemin numuneleri üzerine hava basıncı uygulanmak sureti ile zemin numuneleri içerisindeki boşluk suyu harekete geçirilmekte ve numunelerin istenilen doymunluğa ya da belli bir matris emme basıncına sahip olması sağlanmaktadır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için zemin numunesi altına yüksek hava giriş değerine sahip ve seramikten yapılan poroz bir disk yerleştirilmektedir. Bu disk, zemin numunesi üzerine uygulanan havayı geçirmezken, boşluk suyunu geçirmekte ve böylece numune içerisinde istenilen bir değerde sabit hava basıncı elde edilmektedir. Diğer taraftan, matris emme basıncı, boşluk hava basıncı ile boşluk suyu basıncı arasındaki farka eşit olduğu kabul edilmektedir ($u_a - u_w$). Klasik ödometre ve üç eksenli deney düzeneklerine, özel aparatlar entegre edilerek bu yöntem uygulanabilmekte ve doymamış zeminlerin mekanik davranışları incelenmektedir.

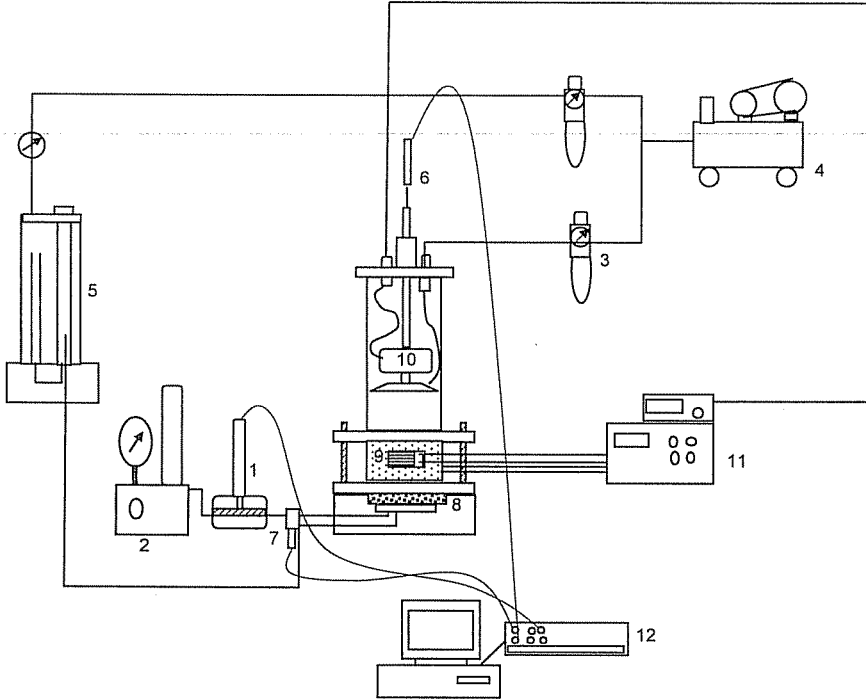
Bu çalışma kapsamında, suya doymun olmayan zeminlerin, K_0 koşullarındaki yanal zemin basınçları deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla yeni bir düzenek geliştirilmiş ve doymamış koşullarda konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Deneylerde matris emme basıncı Eksen Kaydırma Yöntemi ile kontrol edilirken, yanal basınçlar ince cidarlı olarak imal edilen ödometre ringinin dış çevresine yapıştırılan deformasyon ölçerler ile ölçülmüştür. Deneylerde Diyarbakır'dan alınan ve laboratuvarında yeniden yapılandırma yöntemi (reconstituted) ile hazırlanan numuneler kullanılmıştır. Sabit matris emme basınçları altında gerçekleştirilen deneylerde, matris emmenin K_0 üzerinde etkisi olduğu ve matris emme basıncı artarken bu katsayının azaldığı gözlenmiştir.

2. DENEY DÜZENEGİ

Bu çalışmada kullanılan deney düzeneği, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Geoteknik Laboratuvarında oluşturulmuştur. Şekil 1'de deney düzeneği ve tesisatı ile ilgili şema görülmektedir. Standart konsolidasyon düzeneğinin yükleme çerçevesi modifiye edilerek zemin numunesinin düşey yönde yüklenmesi için kullanılmıştır. Bu nedenle yükleme kolları uzatılmış ve yeni oluşturulan konsolidasyon hücresine monte edilmiştir (Şekil 2). Hava sızdırmayacak şekilde imal edilen konsolidasyon hücresinde, düşey yükün uygulanması hücre üst kısmından giren bir piston vasıtasıyla sağlanmıştır. Düşey yöndeki yükün hassas bir şekilde ölçülebilmesi için, yükleme başlığı üzerine yükleme hücresi (load cell) monte edilmiştir. Yük kayıplarından dolayı meydana gelen hatalar deney süresince elimine edilmiştir.

Deneyler emme kontrollü olarak gerçekleştirilmiş ve emme basınçlarının kontrolü için eksen kaydırma yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla, numune içine konsolidasyon hücresinin üst başlığından sabit hava basıncı uygulanmıştır. Deney sistemine hava basıncı bir kompresör vasıtasıyla sağlanmış ve hücre içerisindeki havayı sabit tutabilmek için, iki tane hava basınç düzenleyici kullanılmıştır. Zemin numunesi altına, 1500 kPa hava giriş değerine sahip seramik poroz bir disk monte edilmiştir. Seramik disk, hava giriş değerinden küçük basınçtaki havayı geçirmediği için numune içerisindeki hava basıncı sabit kalmaktadır. Ayrıca seramik altına bir su odacığı yapılmış ve deneyler süresince su ile doldurularak zemin içindeki boşluk suyu ile süreklilik sağlanmıştır. Boşluk suyunun ve sızan hava hacminin ölçülebilmesi için su odacığına iki tane çıkış vanası bağlanmıştır.

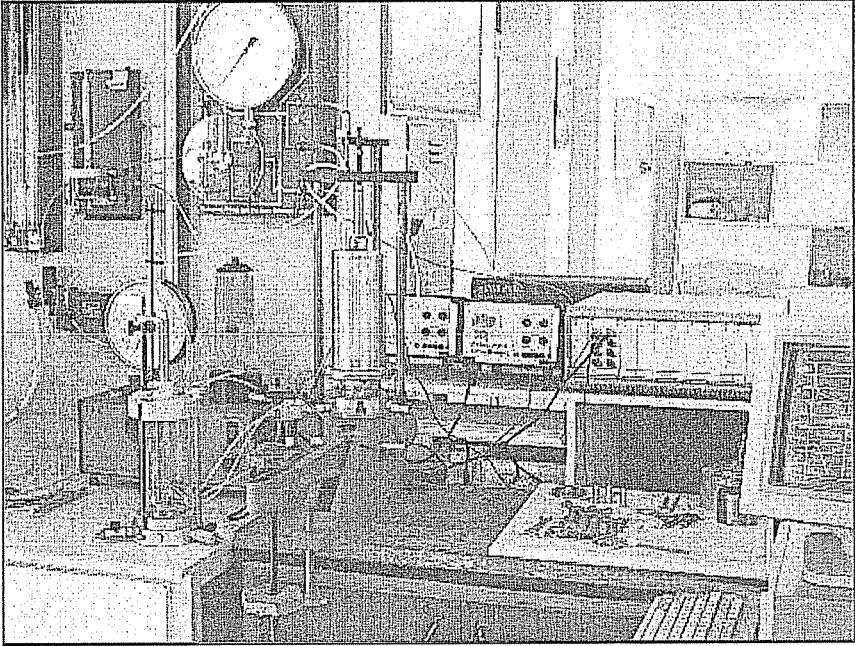
Bu vanalardan biri sızan hava hacim ölçere (DAVI) bağlanmıştır. Sızan hava hacim ölçer, aynı zamanda üzerindeki başka bir vana ile kompresöre bağlanmıştır. Su odacığına bağlı diğer vana ise numune içinden çıkan boşluk suyu hacmini ölçmek için hacim ölçer transducer'e bağlanmıştır. Hacim ölçerin diğer çıkışı ise sabit basınç sağlayan alete bağlanmıştır. Bu alet, difüzyon yolu ile su odacığına geçebilen havanın çıkarılması işlemi sırasında kullanılmıştır. Deneyler sırasında buradan basınçlı su verilerek hava kabarcıklarının DAVI içine girmesi sağlanmıştır. Bu arada hacim ölçer transducer, by-pass konumuna getirilmiş ve DAVI içine uygulanan su basıncından, 20~30 kPa kadar küçük bir hava basıncı uygulanmıştır. Düşey yüklemelerden dolayı zemin numunelerinin uyguladığı yanal gerilmeler deformasyon ölçerler ile ölçülmüştür. Dört adet deformasyon ölçer, ince cidarlı ringin dış duvarına Wheatstone köprüsü (Full bridge) oluşturacak şekilde yapıştırılmıştır (9).



- | | |
|--|---|
| 1-hacim değişim ölçer | 8-1500 kPa hava giriş değerine sahip seramik disk |
| 2-sabit basınç sağlar | 9-zemin numunesi |
| 3-hava basınç düzenleyicisi | 10- load cell |
| 4-kompresör | 11- indikatör |
| 5-sızan havanın ölçülmesi için düzenek | 12-data logger |
| 6-düşey deformasyon ölçer | |
| 7-boşluk suyu basınç ölçer | |

Şekil 1. Matris emme kontrollü ve yanal basınçların ölçülebildiği konsolidasyon deney düzeneği

Deney süresince sonuçların okunması ve kaydedilmesi için, EL27-1495 seri numaralı ve 8 kanal girişli ADU (Autonomous Data Acquisition Unit) isimli veri kayıt (data logger) cihazı kullanılmıştır. Ayrıca, veri kayıt cihazından bilgisayar ortamına gelen sinyalleri sayısal olarak kaydetmek için Dialog isimli bilgisayar programı kullanılmıştır.



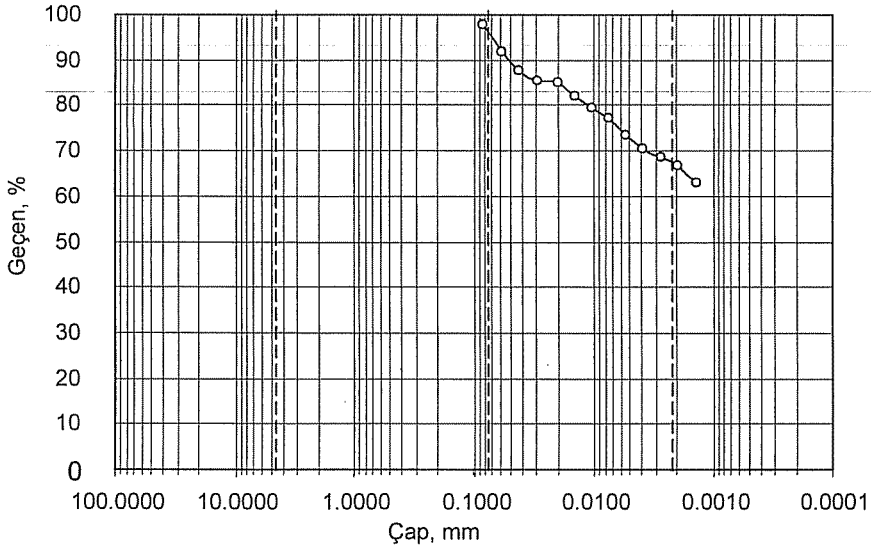
Şekil 2. Araştırma için imal edilen konsolidasyon hücresi ve yükleme çerçevesi

3. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Diyarbakır ilinin Kayapınar beldesinden alınan, yüksek plastisiteli killi zeminin fiziksel özellikleri standart deneylerle tespit edilmiş ve Çizelge 1'de gösterilmiştir. Zeminin dane dağılım eğrisi hidrometre deneyi sonucunda Şekil 3'teki gibi belirlenmiştir. Bu eğriye göre zemin, yaklaşık %65 kil, %30 silt ve %5 ince kum danelerinden oluşmaktadır. Deneylerde, yeniden yapılandırılmış zemin numuneleri kullanılmıştır. Bu amaçla zemin, kurutulduktan sonra 40 Nolu elekten elenmiş ve likit limit değerinin 1.5 katı su içeriğine sahip olacak şekilde, bulamaç suyu ilave edilerek bulamaç haline getirilmiştir. Bulamaçın homojen olması için önce elle, daha sonra bir mikser ile karıştırılmıştır. Homojen bir şekilde karıştırılan ve bulamaç haline getirilen zemin, bir hafta boyunca su içeriğini kaybetmeyecek şekilde bekletilmiştir. Daha sonra K_0 koşullarında konsolide etmek için özel yapılmış konsolidasyon ringi içine alınmış ve bir gün boyunca, kendi ağırlığı altında konsolide olması sağlanmıştır (14,19). 200 kPa'lık düşey yük değerine ulaşıncaya kadar, bulamaç numune küçük yük artımları ile yüklenmiştir. 200 kPa düşey yük düzeyinde, zemin numunesi tamamen çökene kadar beklenilmiş ve sonra doymamış koşullardaki deneylerde kullanılmıştır.

Çizelge 1. Kayapınar Kili'nin endeks özellikleri

Likit Limit (%)	77
Plastik Limit (%)	32
Plastisite İndisi	45
200 nolu elekten geçen (%)	95
Dane Birim Hacim Ağırlığı (γ_s)	2,65 gr/cm ³
Renk	Kahverengi
Zemin Sınıfı	CH



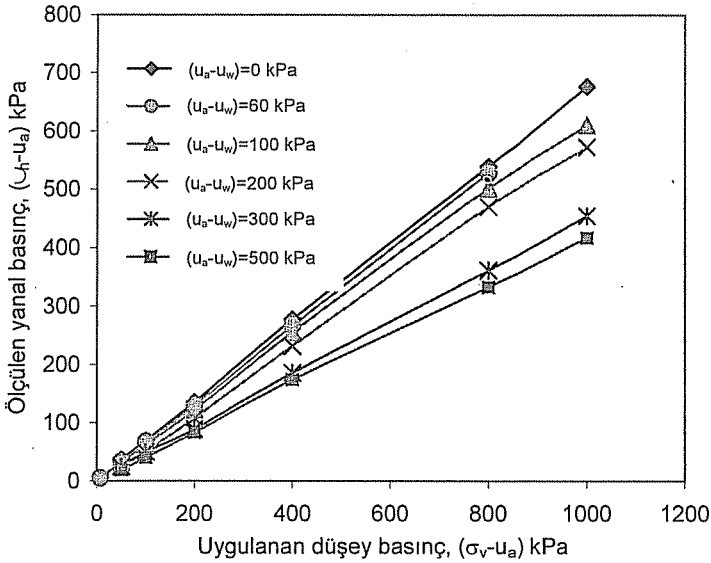
Kaba Daneli Zemin		İnce Daneli Zemin	
Çakıl	Kum	Silt	Kil

Şekil 3. Kayapınar Kili'nin dane dağılım eğrisi

4. DENEY SONUÇLARI

Doymamış koşullarda yapılan deneylerde, matris emme basınçları sabit tutulmuş ve düşey yüklemeler kademeli olarak artırılarak yanal basınçlar ölçülmüştür. Matris emme

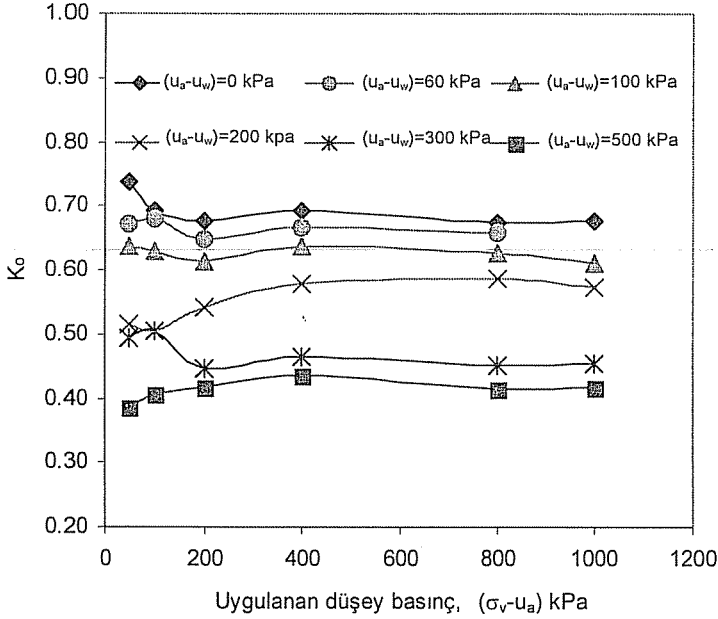
değerleri 60-500 kPa arasında seçilen deneylerde, yanal basınç ölçümleri ve numunelerin oturmaları su çıkışı sona erdiğinde alınmıştır. Sabit matris emme ve artan düşey basınç altında ölçülen yanal gerilme ve K_0 değerlerinin, uygulanan düşey basınç ile değişimleri Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir. Şekil 4’den görüldüğü gibi, doymun durumdakine benzer şekilde, yanal basınçlar uygulanan düşey basınçlar ile yaklaşık lineer olarak değişmektedir. Bu değişim küçük düşey basınçlarda lineerlikten bir miktar sapmakta ve bu nedenle de K_0 ’ın daha büyük değerler aldığı görülmektedir. Sabit matris emme basıncı altındaki zemin numuneleri, küçük düşey basınçlarda daha büyük S_r (doymunluk derecesi) değerine sahip olduğu için bu davranış gözlenmektedir. Yine bu şekillerden görüldüğü gibi, matris emme artıkça aynı düşey basınç altında zeminin uyguladığı yanal gerilme değerleri düşmekte ve K_0 değerleri azalmaktadır. Matris emme basıncı yükseldiğinde K_0 değerinin düşmesi, zemin numunelerinin gerilme iletimi özelliğinin değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 60 kPa’lık matris emme basıncında K_0 değeri yaklaşık olarak 0.65 iken, 500 kPa matris emme basıncında bu değer 0.40 civarına düşmektedir.



Şekil 4. Kayapınar Kili'nin farklı matris emme basınçları altında ölçülen yanal basıncın uygulanan düşey basınç ile değişimi

Matris emme basınçlarının K_0 üzerindeki etkisini incelemek için her bir konsolidasyon deneyinde benzer düşey yüklemelerde ölçülen K_0 değerlerinin, matris emme ile değişimleri Şekil 6’da verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi matris emme basıncı arttıkça K_0 değerleri düşmektedir. Başka bir ifade ile düşük doymunluk derecesinde aynı düşey yüklemeye sahip numunelerde, daha küçük yanal basınçlar ölçülmüştür. Bütün deneylerde gözlenen bu davranışın artan matris emme basıncı altında zemin numunesi daha kuru bir hal almasından ve iskelet yapısının rijitliğinin

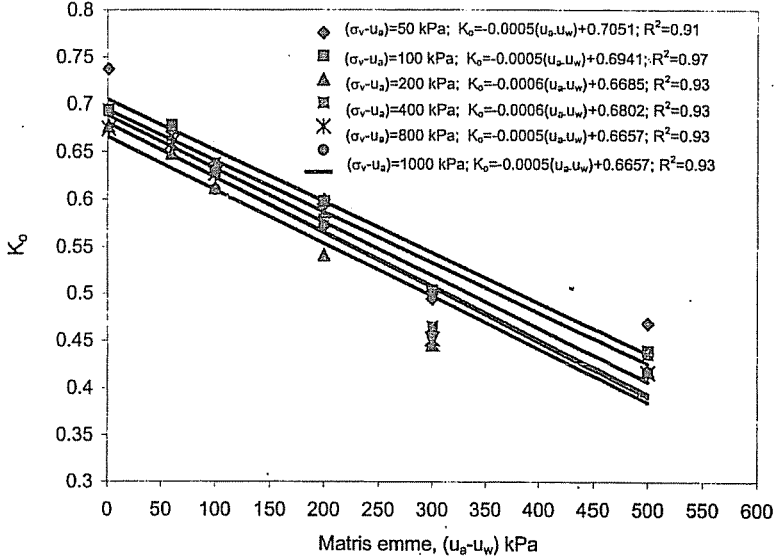
artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca matris emme basıncının, zemin danelerinin birbirini tutturucu etkisinin bulunması bu davranış üzerinde etkili olmaktadır. Yine şekil üzerinde görüldüğü gibi matris emme (u_a-u_w) ile K_o arasında, en küçük kareler yöntemi kullanılarak, yapılan lineer regresyon analizlerinde determinasyon katsayıları %94 ile %90 arasında değerler almıştır. Yapılan bu değerlendirme matris emme basıncı ile K_o arasında lineer bir ilişki kurulabileceğini göstermektedir.



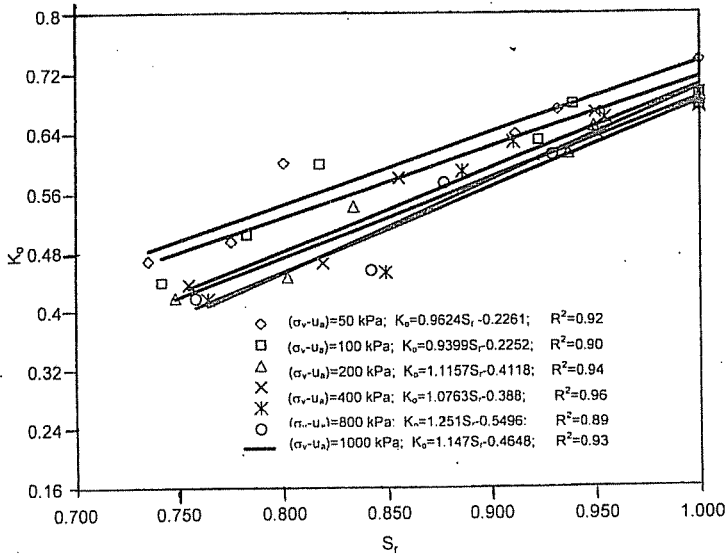
Şekil 5. Kayapınar Kili'nin farklı matris emme basınçları altında ölçülen K_o değerinin uygulanan düşey basınç ile değişimleri

Doğun olmayan zeminlerin mekanik davranışı üzerinde önemli etkisi bulunan diğer bir parametrede doygunluk derecesidir (S_r). Bu nedenle ölçülen K_o değerinin doygunluk derecesi ile değişimi incelenmiştir. Her yükleme kademesinde zemin içinden çıkan boşluk suyu hacim değişimleri ve zemin numunesinin toplam hacim değişimleri ölçülerek doygunluk dereceleri hesap edilmiştir. Şekil 7, K_o ile doygunluk derecesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekilden doygunluk derecesinin K_o üzerindeki etkisi net olarak görülürken, doygunluk derecesi azaldığında K_o 'ın da azaldığı gözlenmektedir. En küçük kareler yöntemi ile yapılan lineer regresyon sonucunda Kayapınar Kili için determinasyon katsayısının (R^2), 0.89 ile 0.96 arasında değerler aldığı gözlenmiştir. Bu değerlendirmeye göre, K_o ile doygunluk derecesi (S_r) arasında iyi bir lineer ilişki olduğu söylenebilir. Elde edilen doğruların eğimleri (0.96~1.25) yaklaşık eşit kabul edildiğinde, doğruların düşey yüklemeye göre paralel olarak kaydığı görülmektedir. Deneysel eksen kaydırma yönteminin kullanılmasının sonucu olarak

farklı düşey yüklemeler altında numunelerin doygunluk dereceleri eşit olmaktadır. Ancak boşluk oranları ve matris emme basınçları farklı değerler almaktadır. Bu etkinin sonucu olarak doğrular paralel olarak kaymaktadır.



Şekil 6. Farklı düşey basınç altında K_0 ile matris emme basıncı arasındaki ilişki



Şekil 7. Farklı düşey yüklemeler altında K_0 'ın doygunluk derecesi ile değişimi

5. SONUÇLAR

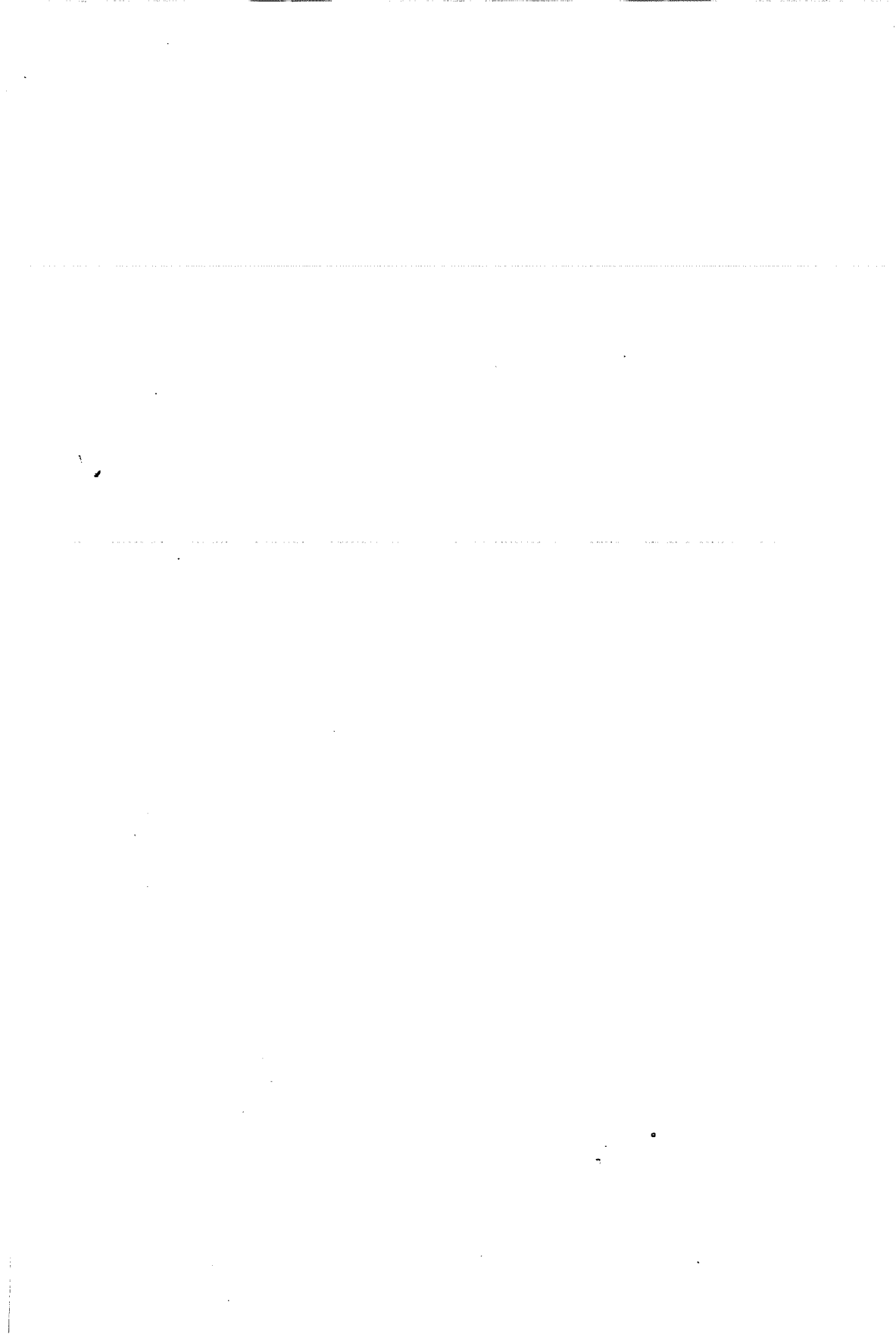
Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler sonunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Tasarlanan deney düzeneği ile doymamış bir zeminin K_0 koşullarında yanal basınçları ölçülebilmektedir. Diğer taraftan deney düzeneği, eksen kaydırma yöntemi ile matris emme basıncının kontrolüne izin verebilmektedir. Zemin numunelerinin su içeriğinin tespitinde, seramik poroz diskin deneylerden önce tam doyurulmasının önemli etkisi olduğu gözlenmiştir.
- Doymamış koşullarda ve sabit matris emme basıncı altında ölçülen yanal gerilmelerin, uygulanan düşey gerilmeler ile yaklaşık lineer değiştiği gözlenmiştir. Uygulanan matris emme basınç sınırları içerisinde yeniden yapılandırılarak hazırlanan killi zeminin K_0 değerinin 0.66 ile 0.42 arasında değişen değerler aldığı gözlenmiştir.
- Düşey basınç sabit kalırken matris emme değeri artırıldığında, yanal basınçların azaldığı gözlenmiştir. Diğer bir ifade ile matris emme basıncı arttığında K_0 'ın azaldığı görülmüştür. Bu gözlemin sonucunda matris emme basıncının yanal basınçlar, dolayısı ile K_0 üzerinde bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.
- Matris emme basıncı arttırıldığında zemin numunesinin daha kuru bir durumda bulunması ve buna bağlı olarak zemin iskeletinin rijitliğinin artmasının zeminin gerilme iletme özelliğini etkilediği sonucuna varılmıştır. Rijitliğin artması K_0 'ın azalması yönünde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.
- Doygunluk derecesi (S_r) ile K_0 arasındaki ilişkinin lineere yakın bir davranış olduğu gözlenmiştir. Farklı düşey yüklemeler altında S_r ile K_0 arasındaki ilişkiyi tanımlamak için yapılan lineer regresyonda determinasyon katsayılarının, bu ilişkiyi lineer kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

1. Fredlund, D.G. and Rahardjo, H., "Soil mechanics for unsaturated soils", New York, Wiley, 1993.
2. Jones, D.E. and Holtz, W.G., "Expansive soils-the hidden disaster", Civil Eng., ASCE 43(8), pp.49-51, 1973.
3. Krohn, J.P. and Slosson, J.E., "Assessment of expansive soils in the United States" Proc. 4th Conf. Expansive Soils, Denver, vol. 1, pp.596-608, 1980.
4. Sağlamer, A., "Kohezyonsuz Zeminlerde Sükunetteki Toprak Basıncı Katsayısının Zemin Parametreleri Cinsinden İfadesi", Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1972.
5. Abdelhamid, M.S. and Krizek, R.J., "At-Rest Lateral Earth Pressure of a Consolidating Clay", Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol. 102, p. 721-738, 1976.
6. Menzies, B.K., Sutton, H. and Davies, R.E., "A New System for Automatically Simulating K_0 Swelling in the Conventional Triaxial Cell", Geotechnique, Vol. 27, No.4, 593-596 p., 1977.
7. Kayadelen, C. ve Tekinsoy, M.A., "Killi Zeminlerin Sükunetteki Yanal Basınçları ve K_0 Katsayısı", Çukurova Üniversitesi Müh-Mim. Fak. Dergisi.(16) (1-2), s. 19-32, 2001.

8. Massarch, K.R. and Broms B.B., "Journal of Geotechnical Engineering", Vol. 10, 1041, 1976.
9. Edil, T.B and Dhowian, A.W., "At-Rest Lateral Pressure of Peat Soils", "Journal of Geo. Eng", Vol.107, 201-220 p., 1981.
10. Zhu, F. and Clark, J.I., "The Effect of Dynamic Loading on Lateral Stress in Sand", *Can. Geotech. J.* Vol. 31. 308-311, 1994.
11. Ting, C.M.R., Silts, G.C. and Wijeyesekera, D.C., "Development of K_0 in Soft Soils", *Geotechnique*, Vol. 44. No.1, 101-109 p., 1994.
12. Kassiff, G. and Ben Shalom, A., "Experimental Relationship Between Swell Pressure and Suction", *Geotechnique*, Vol.21, No.3. 245-255 p., 1971.
13. Romero, E., Lloret, A. and Gens, A., "Development of a New Suction and Temperature Controlled Oedometer Cell", *Proc. 1st IC on Unsaturated Soils, UNSAT'95, Paris, Vol.2, pp.33-559, 1995.*
14. Cunningham, M.R., Ridley, A.M., Dineen, K. and Burland, J.B., "The Mechanical Behaviour of Reconstituted Unsaturated Silty Clay", *Geotechnique*, Vol. 53, No.2, 183-194, 2003.
15. Gan, J.K.M. and Fredlund, D.G., "Multistage Direct Shear Testing of Unsaturated Soils", *ASTM, Geotechnical Testing Journal*, Vol.11 No.2, pp.132-138.
16. Aversa, S. and Nicotera, M.V., "A triaxial and Oedometer Apparatus for testing unsaturated soils", *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 25, No. 1, 3-15, 2002.
17. Tekinsoy, M.A., Kayadelen, C., Keskin, S. and Söylemez, M., "An Equation for Predicting Shear Strength Envelope with Respect to Matric Suction", *Computers and Geotechnics* Vol. 31 No.7, pp.589-593, 2004.
18. Tekinsoy, M.A., Kayadelen, C. ve Taşkıran, T., "Suya Doygun Olmayan Zeminlerin Üç Eksenli Parametrelerinin Belirlenmesi", *Çukurova Üniversitesi Müh-Mim. Fak. Dergisi*.(20) (1), s. 65-74, 2005.
19. Özocak, A., "Doygun Olmayan Siltli Zeminlerin Sıkışabilirliği", *Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2003.*



ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA BÖLME DUVARLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

Ediz DÜNDAR ve A.Kamil TANRIKULU
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, bölme duvarlarının betonarme yapıların deprem davranışına etkileri irdelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak düzlem çerçeve modeller oluşturulmuştur. Bölme duvarları için sonlu elemanlar ve çoklu payandalı modeller kullanılarak SAP2000 Yapı Analiz Programı ile analizi yapılmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bölme duvarları için en uygun modelleme yönteminin belirlenmesinden sonra, 7 katlı bölme duvarlı ve duvarsız yapıların belirlenen deprem yüklerine göre analizleri yapılmış ve ACI 318-99 Betonarme Tasarım Yönetmeliğine göre yapılar boyutlandırılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: dolgu duvarı, dolgu duvarlı betonarme çerçeve, sonlu elemanlarla modelleme, çoklu payandalarla modelleme

THE INFLUENCE OF INFILL WALLS ON EARTHQUAKE BEHAVIOUR OF MULTI-STOREY RC BUILDINGS

ABSTRACT : In this study, the effects of the infill walls on earthquake behaviour of reinforced concrete buildings have been investigated. For this purpose, at first planar frame models have been considered. Finite Elements and Multiple Strut Models were used for infill walls and the models have been analyzed by SAP2000 software package and the obtained results were compared with the experimental results available in literature. After determining the most convenient model for infill walls, structures having 7 storey with infill walls and without infill walls have been analyzed under earthquake loads and designed according to ACI 318-99. Finally the results were compared.

Keywords: infill walls, infilled RC frame, finite element modeling, equivalent multiple strut modeling

1. GİRİŞ

Büyük bir bölümü deprem kuşağı üzerinde yer alan ülkemizde, binaların depreme karşı dayanıklı olarak analiz ve tasarımı inşaat mühendisliğinin çok önemli konularından biridir. Bu konuda, bütün dünyada olduğu gibi, ülkemizde de bir çok araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, malzeme, imalat ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, depreme dayanıklı bina analiz ve tasarımı konusundaki şartname ve yönetmeliklerin zaman zaman yenilenmesini gerektirmektedir. Nitekim, Türk Deprem Yönetmeliği de son gelişmeler ışığı altında yenilenmiş ve Ocak 1998 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir. Söz konusu yönetmelik değişikliği ile getirilen önemli yeniliklerden biri, bölme duvarlarının, binaların deprem davranışına olan katkısının göz önüne alınıyor olmasıdır. Yönetmelik ile getirilen değişiklikten önce depreme dayanıklı yapı tasarımında bölme duvarlarının etkisi ihmal edilmekteydi. Bu yaklaşımdaki en önemli sebep bölme duvarlarının davranışının oldukça karmaşık olması ve oluşturulan modellerin analizinin mevcut bilgisayar teknolojisi ile yapılmasında karşılaşılan güçlüklerdi. Bina tasarımında mühendisler bölme duvarlarının taşıyıcı sistemdeki katkısını ihmal ederek güvenli tarafta kaldıkları varsayımında bulunmaktaydılar. Ancak bölme duvarlarının taşıyıcı sistem elemanlarında kesit tesiri dağılımını değiştirmesinden dolayı bu yaklaşımın doğruluğunun sorgulanması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında öncelikle SAP2000 entegre yapı analiz programında basit iki boyutlu duvarlı düzlem çerçeve modeller oluşturularak, önceki çalışmalarda elde edilen teorik ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve buradaki sonuçların tutarlılığına kanaat getirdikten sonra duvarlı ve duvarsız üç boyutlu betonarme çerçeve modeller oluşturulmuştur. Burada duvarlı ve duvarsız modeller arasında yapı davranışlarındaki farklar, yapı elemanlarının iç kuvvetlerindeki değişim, yapının deprem kuvvetleri altında kat seviyelerinde meydana gelen deplasmanlar gözlemlenmiştir. 1998 tarihli Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin (ABYYHY 98) istediği koşullara göre elde ettiğimiz sonuçların önemi irdelenmiştir.

2. YÖNTEM VE YÖNETMELİKLER

Bina analizinde ABYYHY 98, betonarme kesitlerin boyutlandırılmasında ise ACI 318-99 Betonarme Dizayn Yönetmeliği dikkate alınmıştır.

2.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

ABYYHY 98' in, deprem etkisi altındaki yapıların çözümü için önerdiği üç çözüm yönteminden biri olan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, yönetmeliğin öngördüğü hesap yöntemleri içinde uygulaması en kolay olanıdır. Bu yöntemde amaç, deprem sırasında yapıya etkiyen dinamik kuvvetlere eşdeğer etki oluşturacak statik yükleri kat hizalarına etkilemek ve bu yükler altında analiz yapmaktır. Yöntemde, yapıya etkiyen eşdeğer kat deprem yükleri yapının birinci doğal titreşim periyodu kullanılarak elde edilir ve yapının kat hizalarına, uygulanarak yapının statik analizi bu yükler altında yapılır. Buradan elde edilen yer değiştirmelerle yönetmeliğin öngördüğü düzensizlik kontrolleri yapılır.

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) (V_1),

$$V_i = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.1 \times A_0 \times I \times W \quad (1)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanır. Burada W binanın toplam ağırlığını, $R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısını, A_0 etkin yer ivmesi katsayısını, $A(T_1)$ spektral ivme katsayısını ifade etmektedir. Toplam Eşdeğer aşağıdaki denklem yardımıyla kat hizalarına dağıtılır.

$$F_i = (V_i - \Delta F_N) \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j \times H_j)} = (V_i - \Delta F_N) \times F_{fi} \quad (2)$$

Burada F_i Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde i'inci kata etkileyen eşdeğer deprem yükünü, ΔF_N binanın N'inci katına (tepesine) etkileyen ek eşdeğer deprem yükünü, H_i binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği, N Binanın temel üstünden itibaren toplam kat adedini ifade etmektedir.

2.2. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden kat ötelemesi, Δ_i ,

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. (3) denklemindeki d_i ve d_{i-1} , binanın sırasıyla i'inci ve (i - 1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin ucunda hesapla elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, (3) denklemleri ile hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{\max}$, (4) ve (5) denklemlerinde verilen koşulların en elverişsiz olanını sağlamalıdır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad (4)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R \quad (5)$$

(4) ve (5) denklemlerinde h_i , i'inci kat yüksekliğini, R ise taşıyıcı sistem davranış katsayısını göstermektedir.

2.3. İkinci Mertebe Etkileri

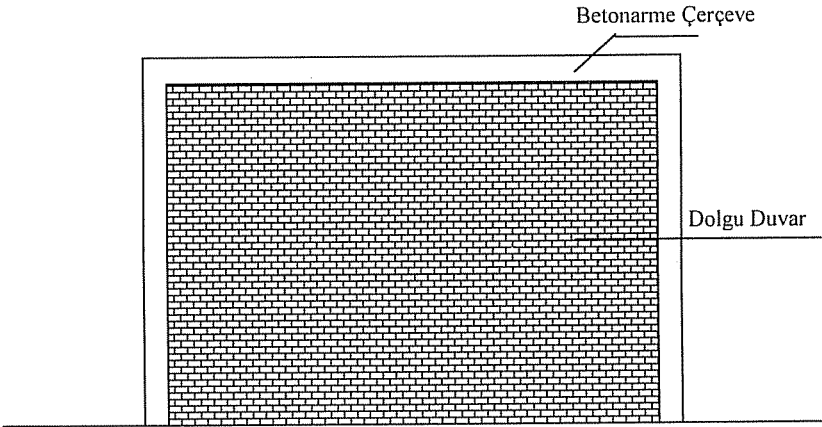
Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtilen denklemlere göre göz önüne alınabilir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (6)$$

(6) denkleminde V_i , göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i . katına etkiyen kat kesme kuvvetidir. (6) denklemindeki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3. BÖLME DUVARLI ÇERÇEVENİN MODELLENMESİ

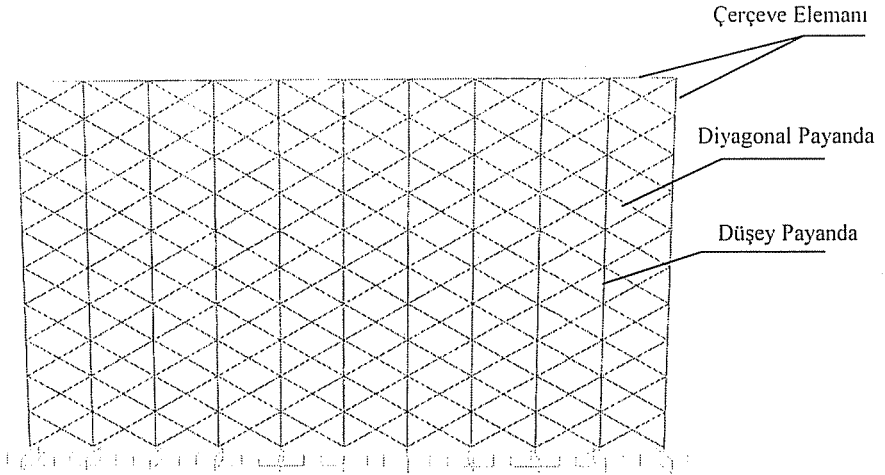
Bölme duvarlı bir yapı çerçevesi, farklı mekanik özelliklere sahip olan ve farklı zamanlarda, aralarında rijit bağlantı oluşturulmadan üretilen, betonarme kolon-kiriş ve duvardan oluşmaktadır (Şekil 1). Etkiyen yükün özelliklerine bağlı olarak çerçevenin bazı bölgelerinde betonarme elemanlar ile duvar birlikte hareket etmekte, bazı bölgelerde ise ayrılmalar meydana gelmekte ve elemanlar arası yük aktarımı gerçekleşmemektedir. Statik ya da dinamik yük altında, bölme duvarı ile betonarme çerçeve arasındaki etkileşimi modellemek için literatürde iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlardan ilki “Çoklu Payandalı Model” diğeri ise “Sonlu Elemanlar Modeli” dir.



Şekil 1. Bölme Duvarlı Yapı Çerçevesi

3.1. Çoklu Payandalı Model

Çoklu Payandalı Model’de Şekil 2’de görüldüğü gibi gerçek yapı modelindeki dolgu duvar elemanları kendisine kütlece eşdeğer ve aynı kalınlığa sahip diyagonal ve düşey çubuk elemanlarının betonarme çerçeve elemanlarına bağlanması ile modellenir.



Şekil 2. Çoklu Payandalı Model

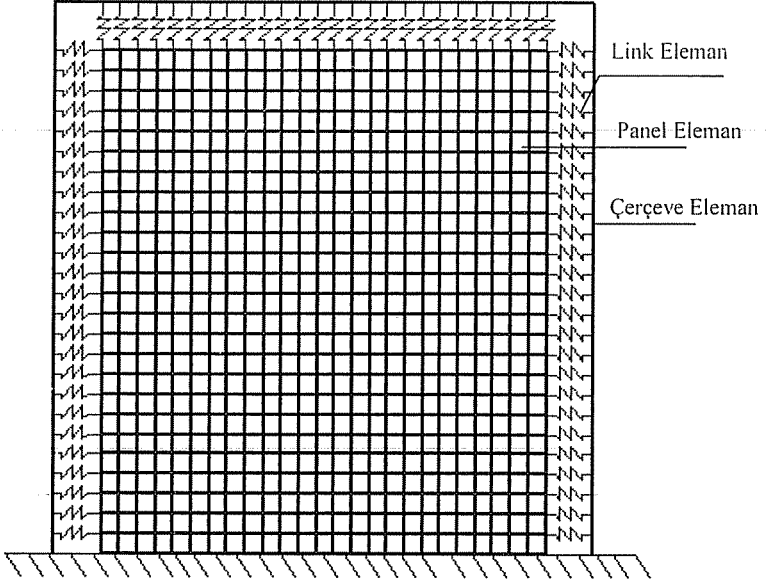
3.2. Sonlu Elemanlar Modeli

Sonlu Elemanlar Modeli'nde Şekil 3'de görüldüğü gibi yapıdaki dolgu duvar panel elemanlar ile modellenir. Farklı davranış özelliklerine sahip yapı elemanlarının birbirleri ile etkileşimini modellemek amacıyla, temas bölgelerine “Bağlantı (Link) Elemanı” yerleştirmek gerekmektedir.

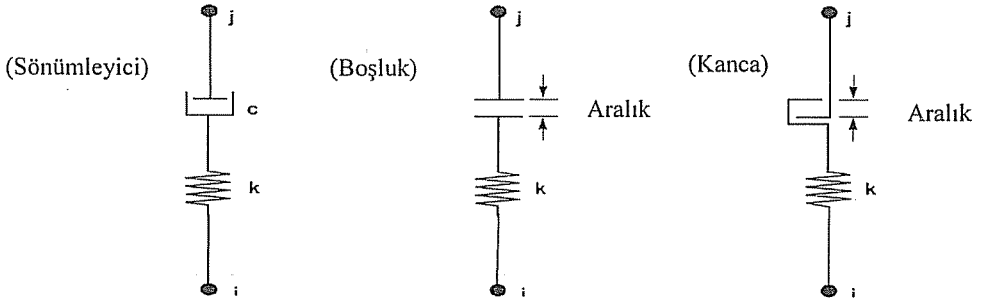
Bu çalışmada, bölme duvarlarının modellenmesi için Sonlu Elemanlar Modelinin kullanılması benimsenmiştir.

4. BAĞLANTI (LİNK) ELEMANI

Sonlu Elemanlar Yöntemine dayalı SAP2000 Yapı Analiz Programında link elemanları kullanıcılar tarafından geniş bir aralıkta özellikle kompozit yapı elemanlarının birbirleri ile etkileşimi, yapı-zemin yük transferi modellemelerinde kullanılmaktadır. Şekil 4'de SAP2000 eleman kütüphanesinde bulunan çeşitli link elemanları görülmektedir. Bu çalışmada hazırlanan duvarlı yapı modelleri için duvar ile betonarme çerçeve arasındaki etkileşimde, bitişik duvar ve çerçeve düğüm noktalarının birbirleri ile bağlantısını sağlamak amacıyla duvar ve çerçeve ileten fakat çekme kuvveti transfer etmeyen görel olarak rijit, kütleli ve ağırlığı olmayan çubuk elemanlar (Gap (Boşluk) link elemanı) tanımlanmıştır. Bu elemanlar sadece basınç kuvvetini aktarır; çekme kuvvetini aktarmamaktadır. Aralık mesafesi opsiyonu ise basınç kuvvetinin aktarımının belli bir deplasmandan sonra başlaması için program özelliklerine konmuştur. Analiz sonucunda link elemanlarından iç kuvvet değerleri “0” olanların basınç kuvveti taşımadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Sonlu Elemanlar Modeli



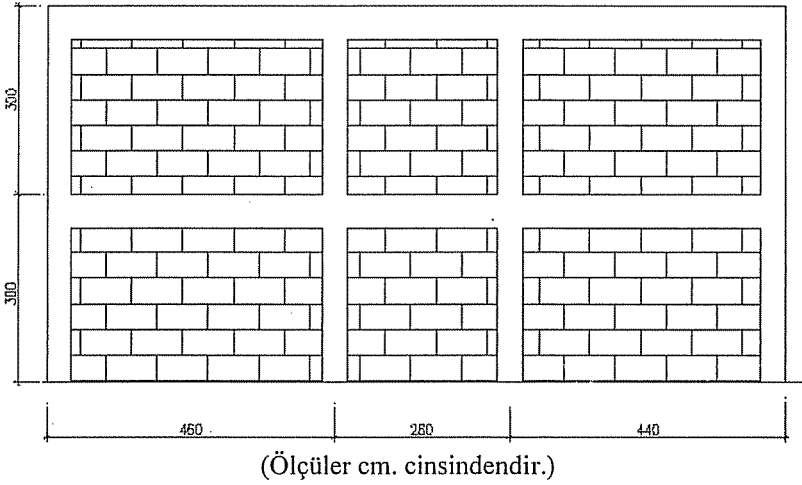
Şekil 4. SAP2000’ de kullanılan Sönümleyici, Boşluk ve Kanca Link Elemanları

5. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİNDE BÖLME SAYISININ DAVRANIŞA ETKİSİ

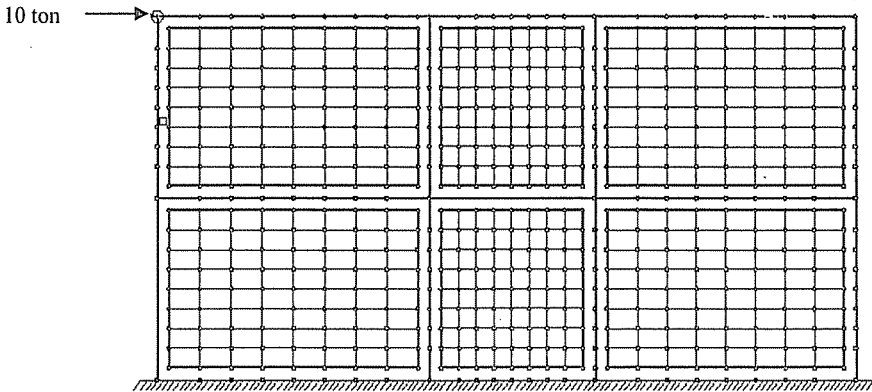
Bu bölümde, bölme duvarlarının sonlu elemanlar ile modellenmesinde, eleman boyut ve sayısının davranışa etkisi incelenmektedir. Burada panel eleman ne kadar küçük parçalara bölünürse nümerik hata payı o derece azaltılmış olur. Ancak hazırlanan modellerin profesyonel kullanımında pratik verimlilik koşulunu (bilgisayar performansı ve analiz süresi) sağlaması bakımından kabul edilebilir hata payı için en az bölme miktarının bulunması gerekmektedir. Bu bölümde, bölme duvarlı bir düzlem çerçeve modelinde çeşitli bölme sayıları için analizler yapılmış, deplasman miktarları ve model

titreşim periyotları bakımından karşılaştırmalar yapılarak; optimum bölme sayısı tespit edilmiştir.

Bu amaçla, Şekil 5'de görülen, 6 m. yüksekliğinde, 11.80 m. genişliğinde, 2 kat ve 3 açıklıktan oluşan betonarme bir düzlem çerçeve ele alınmıştır. Kirişler $25 \times 55 \text{ cm}^2$, kolonlar ise $25 \times 40 \text{ cm}^2$ boyutlarındadır. Kolon ve kirişlerin yapıldığı malzeme için elastisite modülü $E_{\text{beton}} = 2531051 \text{ ton/m}^2$ ve birim kütle $d_{\text{beton}} = 2.54 \text{E-01 ton-s}^2/\text{m}^4$ dir. Kolon ve kirişlerin majör atalet momentleri sırasıyla $(I_{3-3})_{\text{kolon}} = 1.333 \text{E-03 m}^4$ ve $(I_{3-3})_{\text{kiriş}} = 3.466 \text{E-03 m}^4$ dir. Duvar kalınlığı $t = 20 \text{ cm}$ duvar malzeme özellikleri ise $E_{\text{duvar}} = 7000 \text{ ton/m}^2$ $d_{\text{duvar}} = 1.94 \text{E-01 ton-s}^2/\text{m}^4$ dir. Bu çerçevenin sol üst köşesine etkililen 10 tonluk yatay tekil kuvvet altında analizi, duvarlar için çeşitli bölme sayıları uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

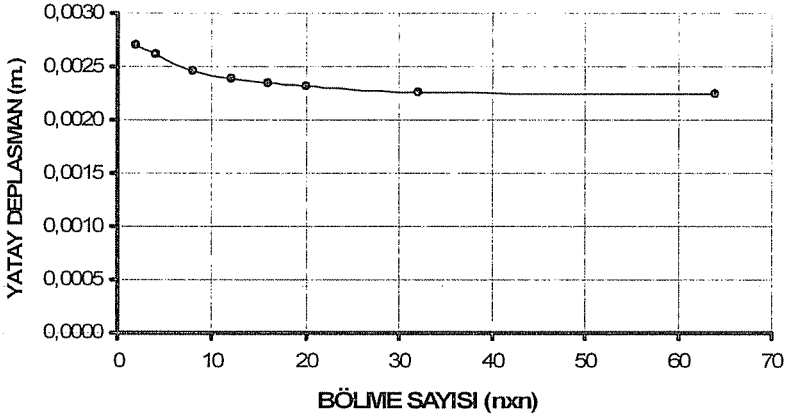


Şekil 5. İki Kat ve Üç açıklıklı Gerçek Yapı Modeli



Şekil 6. İki kat ve üç açıklıklı düzlem çerçeve (DÇ23) için 8x8 Bölmeli Sonlu Eleman Modeli

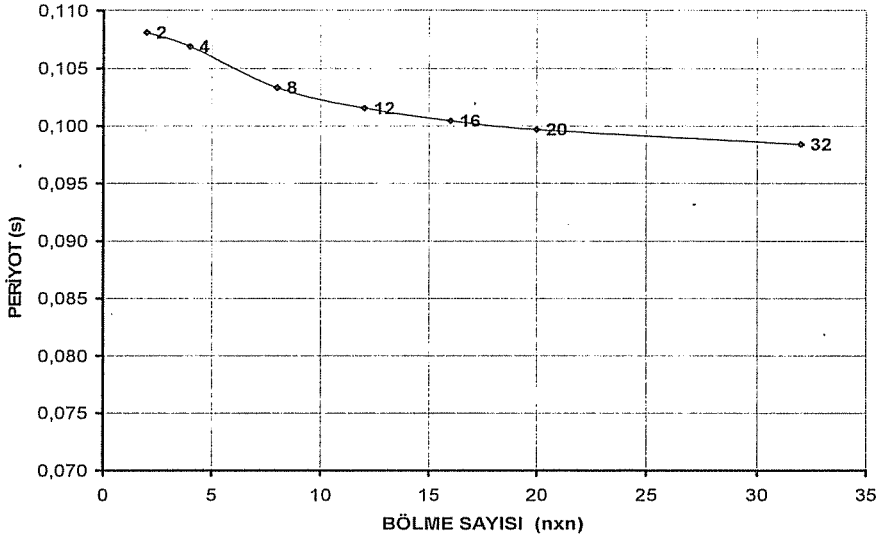
Şekil 7’de, çerçeve üst katında hesaplanan yatay deplasmanın bölme sayısına bağlı değişimi, Çizelge 1’de ise bu deplasmanlar arasındaki bağıl farklar görülmektedir. Aynı çerçevenin birinci serbest titreşim periyodunun bölme sayısı ile değişimi ve bu değerler arasındaki bağıl farklar sırasıyla Şekil 8 ve Çizelge 2’de yer almaktadır.



Şekil 7. DÇ23 üst kat yatay deplasmanın bölme sayısına göre değişimi

Çizelge 1. DÇ23 yatay deplasmanın bölme sayısına göre değişimi ve bağıl fark değerleri

BÖLME SAYISI (n x n)	DEPLASMAN (m)	BAĞIL FARK %
2x2	0.00270	16,67
4x4	0.00261	13,79
8x8	0.00246	8,54
12x12	0.00239	5,86
16x16	0.00234	3,85
20x20	0.00231	2,60
32x32	0.00226	0,44
64x64	0.00225	0,00



Şekil 8. DÇ23 1. titreşim periyodunun bölme sayısına göre değişimi

Çizelge 2. DÇ23 1. titreşim periyodunun bölme sayısına göre değişimi ve bağlı fark değerleri

BÖLME SAYISI (nxn)	T (PERİYOT- sn)	BAĞIL FARK %
2x2	0.10809	8,96
4x4	0.10689	7,93
8x8	0.10331	4,74
12x12	0.10154	3,08
16x16	0.10044	2,02
20x20	0.09969	1,28
32x32	0.09841	0,00

Çizelgelerin incelenmesinden görülebileceği gibi, konut türü yapılarda sıkça karşılaşılabilecek boyut ve açıklıklara sahip bu örnek çerçevede, 8x8 bölme yapılarak elde edilen sonuçlar ile 64x64 bölme yapılarak elde edilen sonuçlar arasındaki bağlı fark %10' un altında kalmaktadır. Dolayısıyla, 8x8 bölme sayılı sonlu eleman ağının gerçek problemlerde uygulanabilecek optimum ağ olduğu anlaşılmaktadır.

6. ÜÇ BOYUTLU BİR YAPININ DUVARLI VE DUVARSIZ OLARAK İNCELENMESİ

Bu bölümde, Şekil 9' da üç boyutlu görünümü verilen 7 katlı duvarlı ve duvarsız yapı modellerinin analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Binaya ait bilgiler aşağıdaki gibidir.

Bina Boyutları

x yönü : 11.00 m. (Toplam iki açıklıklı)

Kat yükseklikleri : 3.00 m.

y yönü : 12.00 m. (Toplam üç açıklıklı)

Malzeme özellikleri :

$E_{\text{beton}}=2531050.7 \text{ ton/m}^2$

$(f_{\text{ck}})_{\text{beton}}= 2812.28 \text{ ton/ m}^2$

$d_{\text{beton}}=2.54\text{E-}01 \text{ ton-s}^2/\text{m}^4$

$(f_{\text{yk}})_{\text{çelik}}=42184.18 \text{ ton/ m}^2$

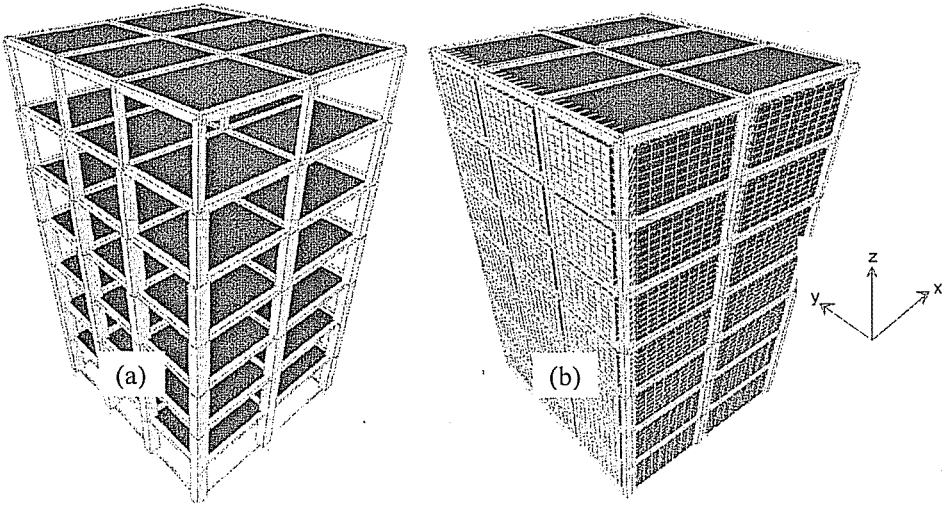
$E_{\text{duvar}}=70.000 \text{ ton/m}^2$

$d_{\text{duvar}}=1.87\text{E-}01 \text{ ton-s}^2/\text{m}^4$

Döşeme Sistemi : Plak

Duvar Kalınlıkları : 20 cm

Kat döşemeleri düzlemsel kabuk elemanlar kullanılarak modellenmiş ve her bir doğrultuda 4 elemana bölünmüştür. Kat tavan döşemeleri için sabit yük 200 kg/ m^2 hareketli yük 200 kg/ m^2 alınmıştır.

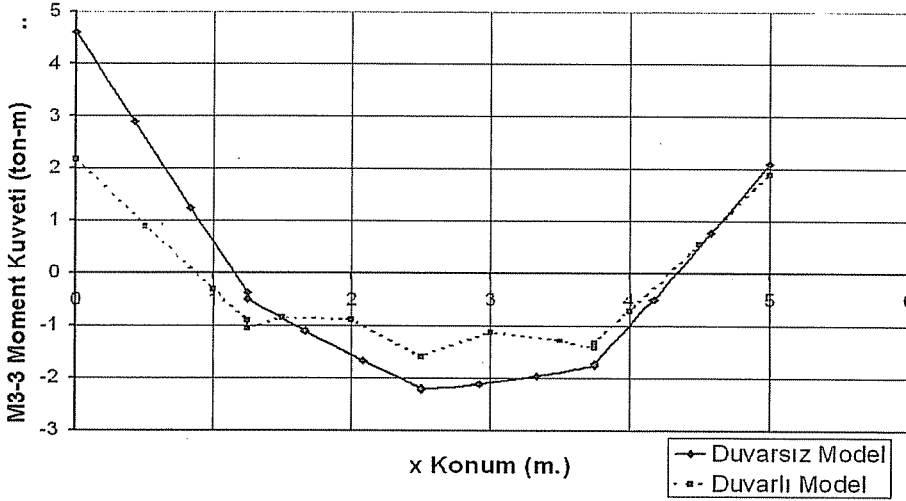


Şekil 9. Örnek Bina için SAP2000 modelleri: (a) Duvarsız yapı modeli, (b) Duvarlı yapı modeli

6.1. Duvarlı Ve Duvarsız Modellerin Kesit Tesirleri ve Beton Metraji Karşılaştırması

i- Örnek Bir Kiriş İçin Kesit Tesiri Karşılaştırması

Kiriş kesit tesirlerinin karşılaştırılmasında Düşey Yükleme Kombinasyonu (1.4G-1.6Q) göz önüne alınmış ve rastgele seçilmiş bir kiriş için örnek karşılaştırma grafiği Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Rastgele Seçilen Bir Kiriş İçin Moment Grafiği Karşılaştırması

Moment tesirleri arasındaki fark duvarlı model için duvarsız modele göre açıklık ortasında $\Delta_{açıklık} = (2.21993 - 1.5837) / 2.21993 * 100 = \%28.66$, sol mesnette $\Delta_{sol} = ((-4.61071 - (-2.17843)) / (-4.61071)) * 100 = \%52.75$, sağ mesnette $\Delta_{sağ} = (3.2203 - 2.7509 / 3.2203) * 100 = \%9.5$, lik bağılı bir azalmayı göstermektedir.

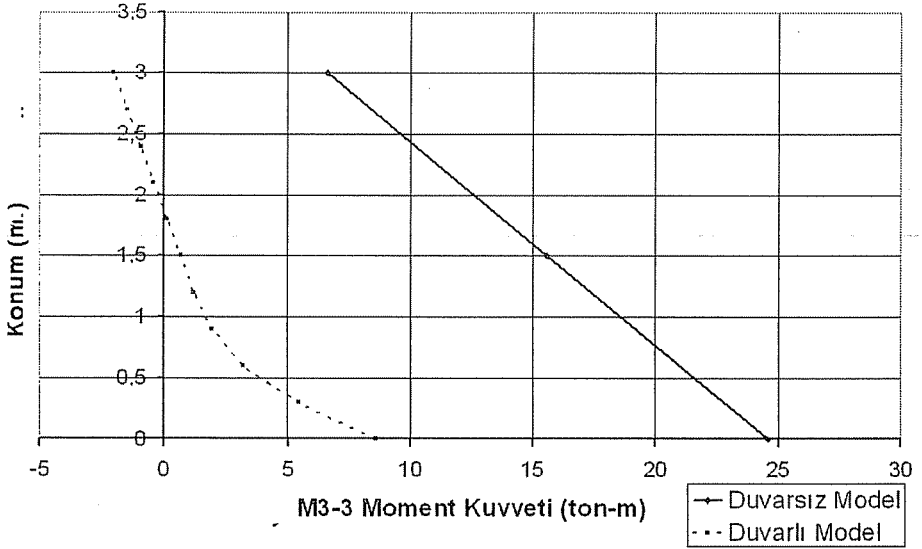
ii- Örnek Bir Kolon İçin Kesit Tesirleri Karşılaştırması

Kolon kesit tesirlerinin karşılaştırılmasında Yatay Yükleme Kombinasyonlarından (1.0G-1.0Q-1EX) göz önüne alınmış ve rastgele seçilmiş bir kolon için örnek karşılaştırma grafiği Şekil 11'de verilmiştir.

Moment tesirleri arasındaki fark duvarlı model için duvarsız modele göre açıklık ortasında $\Delta_{açıklık} = (15.57753 - 0.67358) / 15.57753 * 100 = \%95.66$, üst mesnette $\Delta_{üst} = (6.59123 - (-2.04263)) / 6.59123 * 100 = \%131.01$, alt mesnette $\Delta_{alt} = (24.56383 - 8.57527) / 24.56383 * 100 = \%65.09$, lik bağılı azalmayı göstermektedir.

iii- Duvarlı Ve Duvarsız Modellerin Üst Yapı Beton ve Donatı Miktarı Karşılaştırması

Duvarlı ve duvarsız modellerin analizleri sonucunda ACI 318-99 Betonarme Dizayn Yönetmeliğine göre betonarme elemanlarının boyutlandırılmaları yapılarak, beton ve boyuna donatı miktarları bakımından her iki durum karşılaştırılmıştır. Çizelge 3 ve Çizelge 4 de tavan betonu ve kolon betonları m^3 cinsinden Çizelge 5 ve Çizelge 6 da ise kiriş ve kolonlar için gerekli olan boyuna donatı miktarı cm^2 cinsinden karşılaştırılmıştır.



Çizelge 3. Duvarlı ve Duvarsız Durum için Tavan Betonu (Tavan kirişleri ve döşemesi) Karşılaştırması

<i>Cinsi</i>	<i>Birimi</i>	<i>Duvarsız Durum</i>	<i>Duvarlı Durum</i>	<i>Bağıl Fark %</i>
1. Kat Tavanı Betonu	m^3	27,71	26,21	5,41
2. Kat Tavanı Betonu	m^3	28,19	26,21	7,02
3. Kat Tavanı Betonu	m^3	28,23	26,10	7,55
4. Kat Tavanı Betonu	m^3	27,85	26,00	6,64
5. Kat Tavanı Betonu	m^3	27,43	26,00	5,21
6. Kat Tavanı Betonu	m^3	26,55	25,95	2,26
7. Kat Tavanı Betonu	m^3	26,10	25,90	0,77

Çizelge 4. Duvarlı ve Duvarsız Durum için Kolon Betonu Karşılaştırması

<i>Cinsi</i>	<i>Birimi</i>	<i>Duvarsız Durum</i>	<i>Duvarlı Durum</i>	<i>Bağıl Fark %</i>
1. Kat Kolonu Betonu	m ³	12,15	3,78	68,89
2. Kat Kolonu Betonu	m ³	12,15	3,78	68,89
3. Kat Kolonu Betonu	m ³	11,34	3,78	66,67
4. Kat Kolonu Betonu	m ³	10,08	2,70	73,21
5. Kat Kolonu Betonu	m ³	7,56	2,70	64,29
6. Kat Kolonu Betonu	m ³	6,93	2,70	61,04
7. Kat Kolonu Betonu	m ³	2,70	2,70	0,00

Üst Yapı için gerekli olan toplam beton miktarı Duvarlı Modelde **204.51 m³**, Duvarsız Modelde ise **254.97 m³** olarak elde edilmiştir. Burada beton miktarında Duvarlı Model için Duvarsız Modele göre %19.80 lik bir azalma görülmektedir.

Çizelge 5. Duvarlı ve Duvarsız Durum için Tavan Kirişleri Açıklık Donatısı Karşılaştırması

<i>Kat No:</i>	<i>Birimi</i>	<i>Duvarsız Durum</i>	<i>Duvarlı Durum</i>	<i>Bağıl Fark %</i>
1. Kat	cm ²	80,32	63,87	20,48
2. Kat	cm ²	89,51	65,65	26,66
3. Kat	cm ²	88,22	63,79	27,69
4. Kat	cm ²	81,94	55,63	32,11
5. Kat	cm ²	74,98	49,66	33,77
6. Kat	cm ²	67,78	45,30	33,17
7. Kat	cm ²	56,58	39,93	29,43

Çizelge 6. Duvarlı ve Duvarsız Durum için Kolon Boyuna Donatısı Karşılaştırması

<i>Kat No:</i>	<i>Birimi</i>	<i>Duvarsız Durum</i>	<i>Duvarlı Durum</i>	<i>Bağıl Fark %</i>
1. Kat	cm ²	405,00	194,64	51,94
2. Kat	cm ²	405,00	140,17	65,39
3. Kat	cm ²	378,00	130,48	65,48
4. Kat	cm ²	336,00	167,42	50,17
5. Kat	cm ²	252,00	134,16	46,76
6. Kat	cm ²	231,00	109,80	52,47
7. Kat	cm ²	109,79	115,18	-4,91

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yapılarda kullanılan bölme duvarlarının betonarme çerçeve analiz ve tasarımına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Erken dönem çalışmalarında, özellikle hesaplamalar amacı ile kullanılan bilgisayar teknolojisindeki kısıtlara paralel olarak duvar davranışını modellemek amacı ile daha basit benzeşim teknikleri (eşdeğer tek payanda) kullanılmış ama sonuçların her koşulda gerçekçi olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun dışında duvarın malzeme özellikleri bakımından beton kadar monolitik olmaması (tuğlaların birbirine harç ile bağlanması) ve standardizasyon bakımından sınıflandırılmasının zor olması, duvar-betonarme çerçeve etkileşiminin özellikle göçme modları bakımından modellenmesinin zor olması, tasarımcıların bölme duvarın yapı üzerindeki etkilerini göz önüne almamasına sebep olmuştur. Böylelikle duvarın rijitliğinin ihmal edilmesinin dizayn açısından güvenli tarafta kalmak anlamına geldiği yönünde bir yaklaşım benimsenmiştir. Ancak yapılan çalışmalarda duvarın etkisinin yük dağılımını değiştirdiği, taşıyıcı elemanlardaki kesit tesirlerinin bazı noktalarda duvarsız modellerdekine göre daha yüksek çıkmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Analizlerde duvarlı modellerde yapı periyotlarının duvarsız eşdeğer modellere göre ciddi oranlarda düştüğü görülmüştür. Bu da eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen deprem kuvvetlerinin de farklı elde edilmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak duvarın etkisini göz önüne alan model çalışmalarının geliştirilmesi ileriki dönemlerde daha gerçekçi betonarme tasarımların yapılmasını sağlayacaktır.

8. KAYNAKLAR

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2 Temmuz 1998 tarih ve 23.390 sayılı Resmi Gazete.
2. CSI ANALYSIS REFERENCE MANUAL Ekim 2005.
3. Liaum, T.C. and Hung Kwan, K., "Non-linear Analysis of Multistorey Infilled Frames", *Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2*, 73, 441-454, 1982.
4. Liauw, T.C., "An Approximate Method of Analysis for Infilled Frames with or without Opening", *Pergamon Press Build Sci. Vol. 7.*, 223-238, 1972.
5. Liauw, T.C. and Lee, S.W., "On the Behaviour and the Analysis of Multi-storey Infilled Frames Subject to Lateral Loading", *Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2*, 641-656, 1977.
6. Mallick, D.V., Severn, R.T., "The Behaviour of Infilled Frames under Static Loading", *Proc. Inst. Civ. Engrs*, 38, 639-656, 1967.
7. Mallick, D.V., Severn, R.T., "Dynamic Characteristics of Infilled Frames", *Proc. Inst. Civ. Engrs*, 39, 261-287, 1968.
8. Papias, M., "Analysis of Infilled Frames Using a Coupled Finite Element and Boundry Element Solution Scheme", *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 26, 731-742, 1988.
9. Smith, B.S., "Lateral Stiffness of Infilled Frames", *Journal of the Structural Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 88, 183, 1962.
10. Smith, B.S. and Carter, C., "A method of analysis for infilled frames", *Proc. Inst. Civ. Eng.*, 44, 31-49, 1969.
11. Thiruvengadam, V., "On the Natural Frequencies of Infilled Frames Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 13, 401-419, 1985.

**SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİNİN ŞEV STABİLİTESİ
PROBLEMLERİNİN ANALİZİNDE KULLANILMASI****M. Salih KESKİN ve Mustafa LAMAN**

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, sonlu elemanlar yönteminin, şev stabilitesi problemlerinin analizinde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, zemin davranışı ve şev göçmesinin modellenmesi için gerekli olan zemin özelliklerinin belirlenmesi ele alınmıştır. Ayrıca mukavemet azaltma tekniği ve şev göçmesinin tanımı konularından bahsedilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile şev stabilite analizleri yapmak amacıyla Plaxis bilgisayar programı kullanılmış ve zemin davranışı modellenmesi için Mohr-Coulomb modeli seçilmiştir. Çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar literatürdeki farklı limit denge yöntemleri ile karşılaştırılarak gerekli öneriler yapılmıştır.

**APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD TO
SLOPE STABILITY ANALYSES**

ABSTRACT : In this study, the applicability of the finite element method in the analysis of slope stability problems was investigated. The manuscript describes the soil properties which required to adequately modeling the soil behaviour and the slope failure. Strength reduction techniques and the definition of slope collapse are also discussed. Plaxis FE program was used to perform the slope stability analyses and Mohr-Coulomb soil model was selected to model the soil behaviour. Several slopes are analyzed with the finite element method, and the results compared with outcomes from various limit equilibrium methods. Conclusions for the practical use of the finite element method are also given.

1. GİRİŞ

Şev genel anlamda “yatay ya da mevcut arazi yüzeyi ile belirli bir açı yapan kitle” olarak tarif edilebilir (1, 2). Şev stabilitesi analizleri geoteknik mühendisliğinin önemli araştırma konularından biridir. Bunun nedeni, şev stabilite bozukluklarının depremler, sel baskınları gibi doğal afetlere benzer olarak ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmesidir. Doğal ve yapay tüm şevlerin gerek kendi ağırlıkları, gerekse uygulanan yüklerin etkisi altında göçmeye karşı stabiliteyi, elastik teoriye dayanan limit denge yöntemleriyle analiz edilmektedir (İsveç Dilim, Bishop, Janbu, Morgenstern ve Price, Spencer vb). Bu yöntemler arasında uygulamada bazı farklılıklar olmasına rağmen, ortak özellik, bilinen veya kabul edilen bir kritik kayma yüzeyinde, kayma kütlelerinin dengesinin araştırılmasıdır (Şekil 1). Pratikte kullanılan dilim yöntemleri, kayma yüzeyinin yeterli miktarda düşey dilimlere ayrılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemler arasındaki fark, dilim kuvvetleri ile ilgili yapılan kabullerden kaynaklanmaktadır. Tüm mühendislik problemlerinde olduğu gibi, şev stabilitesi analizinde de güvenlik sayısı kavramı geçerlidir. Elde edilen güvenlik sayısı, bir şevin stabil olup olmadığını veya ne kadar stabil olduğunun göstergesidir. Şekil 1’den

$$T_i = W_i \sin \alpha_i \quad (1)$$

$$S_i = \bar{N}_i \tan \phi_d + c_d \Delta l_i = (W_i \cos \alpha_i - U_i) \tan \phi_d + c_d \Delta l_i \quad (2)$$

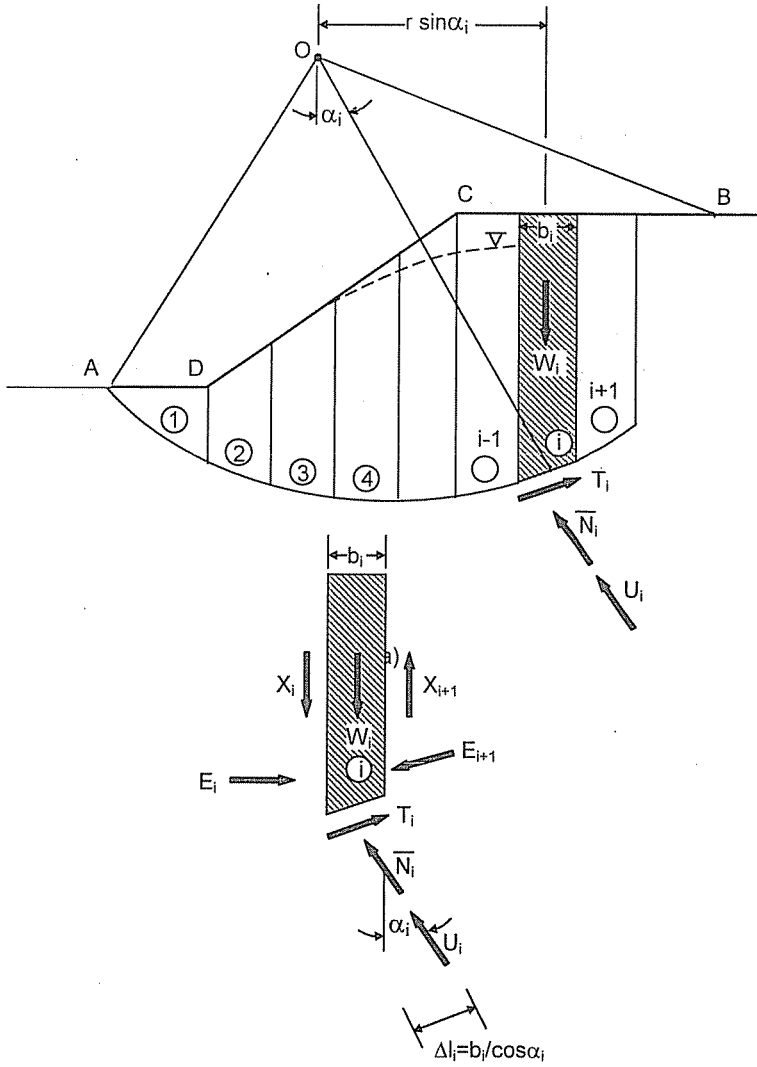
olarak hesaplanır. Burada ϕ_d ve c_d , drenajlı durumda kayma mukavemet parametreleridir. Güvenlik faktörü F ise,

$$F = \frac{\sum \text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\sum \text{Kaymaya zorlayan kuvvetler}} = \frac{r \sum_{i=1}^{i=n} S_i}{r \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \alpha_i} \quad (3)$$

şeklinde dir. Şekil 1a’ dan, Denklem (3) efektif gerilme parametreleri \bar{c} ve $\bar{\phi}$ cinsinden yazılırsa,

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\bar{c} \Delta l_i + (W_i \cos \alpha_i - U_i) \tan \bar{\phi}]}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \alpha_i} \quad (4)$$

ifadesi elde edilir.



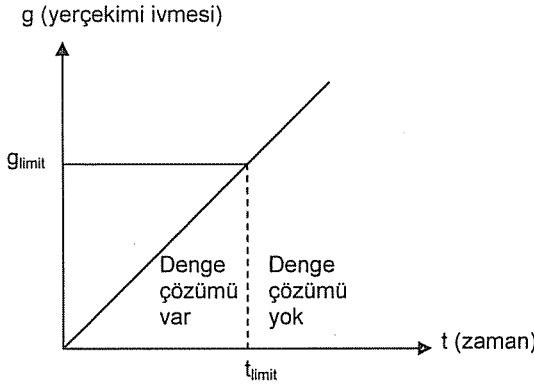
(b)

Şekil 1. Dilim metodu (a) Dilimlere ayrılmış şev (b) i dilimine etkiyen kuvvetler (1)

Klasik şev stabilite analizlerinde, zemin kütlesi içerisindeki gerilmelerin analizinin yaklaşık olması, değişik yükleme koşulları ve geometrilerde hesabı güçleştirmektedir. Bilgisayar kullanımının, tüm alanlarda olduğu gibi geoteknik mühendisliğinde de yaygınlaşması ile şev stabilite analizlerinde sonlu elemanlar yöntemi artan bir şekilde

kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar yaklaşımının diğer geleneksel limit denge yöntemlerine göre avantajı, şevin göçme yüzeyinin yeri ve şekli, dilimlerin şiddeti ve yönleri ile ilgili bir kabule ihtiyaç duyulmamasıdır. Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık şev geometrileri, farklı zemin, sınır ve yükleme koşullarında iki veya üç boyutlu olarak tüm göçme mekanizması tiplerinde uygulanabilmektedir. Şev modellenirken birçok zemin malzeme modeli kullanılarak gerçeğe yakın malzeme bünye davranışı elde edilebilmekte, zeminde oluşan gerilmeler ve deplasmanlar doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Ayrıca, uzun ve kısa süreli stabilite analizlerinde, yeraltı su seviyesi bulunması, şevin geotekstil veya zemin çivisi gibi materyallerle güçlendirilmesi durumlarında da yöntem rahatlıkla kullanılabilir.

Sonlu elemanlar yöntemi ile şev stabilitesi analizlerinde genel olarak “gravite artırma” ve “mukavemet azaltma” olmak üzere iki yöntem bulunmaktadır. İlk yaklaşım gravite artırma yönteminde, yerçekim ivmesi, g şev göçünceye ve denge çözümü ortadan kalkıncaya kadar artırılır (3). Mukavemet azaltma yönteminde ise, kayma mukavemeti parametreleri, c ve ϕ şev göçünceye ve denge çözümü ortadan kalkıncaya kadar azaltılır (4).

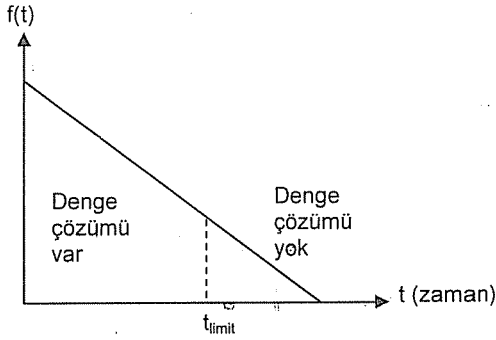


Şekil 2. Gravite artırma yöntemi

$$g(t) = g_{base} f(t)$$

$$F_s = \frac{g_{limit}}{g_{true}} \quad (5)$$

Burada g_{true} gerçek graviteyi göstermektedir.



Şekil 3. Mukavemet azaltma yöntemi

$$Y(t) = Y_{base} f(t)$$

$$F_s = \frac{y_{irne}}{Y(t_{limit})} = \frac{1}{f(t_{limit})} \quad (6)$$

Burada Y_{base} gerçek mukavemet parametrelerini göstermektedir.

Plaxis (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), 1987 yılında Hollanda'nın Delft Teknik Üniversitesinde geliştirilmiş, geoteknik mühendisliği projelerinde karmaşık problemleri sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile çözmeye yarayan, deformasyon analizleri, stabilite analizleri, dinamik analizler, zamana bağlı davranış analizleri yapan bilgisayar programıdır. Bu çalışmada, *Plaxis 7.2* versiyonu kullanılmıştır. Analizlerde, problemler 2 boyutlu olarak aksel simetrik veya düzlem deformasyon geometri koşullarında analiz edilmektedir. Programda, malzemenin gerilme-deformasyon davranışı lineer olmayan çözüm teknikleri ile modellenmektedir. *Plaxis*, çok yönlü ve karmaşık bir yapı arz eden geoteknik uygulamalarının analizi için önemli özellikler içermektedir. *Plaxis* programında şev stabilite analizleri mukavemet azaltma tekniği kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, *Plaxis* sonlu elemanlar programının şev stabilite analizlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Şev stabilitesi analizi ile ilgili üç adet örnek sunulmuş ve literatürdeki sonlu eleman ve limit denge çözümleri ile karşılaştırılmıştır (5, 6).

2. ŞEV STABİLİTE ANALİZİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Bu bölümde, şev stabilite analizine etki eden faktörler tartışılmıştır. Bunlardan birincisi, şev modelinin malzeme özellikleri, ikincisi ise güvenlik faktörü hesap yöntemidir.

2.1. Model Malzeme Özellikleri

Bu çalışmada dikkate alındığı gibi, şev stabilitesinin iki boyutlu düzlem şekil değiştirme problemi olarak dikkate alınması uygundur. Zemin malzeme özellikleri

tanımlanırken *Mohr-Coulomb* modeli kullanılmıştır. *Mohr-Coulomb* modelinde göçme yüzeyi aşağıdaki gibi verilebilir:

$$f = \frac{I_1}{3} \sin \phi + \sqrt{J_2} \left[\cos \Theta - \frac{1}{3} \sin \Theta \sin \phi \right] - c \cos \phi \quad (7)$$

burada ϕ içsel sürtünme açısı, c kohezyon ve

$$I_1 = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = 3\sigma_m \quad (8)$$

$$J_2 = \left(\frac{1}{2} (s_x^2 + s_y^2 + s_z^2) + \tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 \right) \quad (9)$$

$$\Theta = \frac{1}{3} \sin^{-1} \left[\frac{3\sqrt{3}J_3}{2J_2^{3/2}} \right] \quad (10)$$

şeklinde. Burada $J_3 = s_x s_y s_z + 2\tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx} - s_x \tau_{yz}^2 - s_y \tau_{xz}^2 - s_z \tau_{xy}^2$ ve

$s_x = \sigma_x - \sigma_m$, $s_y = \sigma_y - \sigma_m$, $s_z = \sigma_z - \sigma_m$ ile ifade edilmektedir (7).

Mohr-Coulomb malzeme modeli için 6 adet parametre gerekmektedir. Bunlar, içsel sürtünme açısı ϕ , kohezyon c , dilatasyon açısı ψ , Elastisite modülü E , Poisson oranı ν ve birim hacim ağırlığı γ 'dır. Elastisite modülü ve Poisson oranı değerlerinin deformasyonlar üzerinde önemli etkileri olmasına rağmen, güvenlik sayısı üzerindeki etkileri oldukça küçüktür. Bu yüzden çalışmada, bu iki değer tüm örneklerde sabit alınmıştır ($E=10^5$ kN/m² ve $\nu=0.3$).

Dilatasyon açısı ψ , zeminde göçme süresince oluşan hacim değişimini doğrudan etkilemektedir. Eğer $\psi=\phi$ ise, plastik akma kuralı birleşik (associated) olarak bilinmektedir. Eğer $\psi \neq \phi$ ise, plastik akma kuralı birleşik olmayan (non-associated) olarak gözönüne alınmaktadır. Bu çalışmada göçme boyunca hacim değişimi gözönüne alınmamış, bu yüzden dilatasyon açısı $\psi=0$ olarak alınmıştır.

2.2. Güvenlik Faktörü ve Mukavemet Azaltma Yöntemi

Şevler, kayma yüzeyindeki zemin kayma mukavemetinin gerçek kayma gerilmelerine yenilmesi sonucu göçerler. Güvenlik faktörü şevlerin dengede olup olmadığını karşılaştırmak için kullanılan bir değerdir. Yani, güvenlik faktörü 1'den büyük ise şev dengede, küçük ise dengede değildir. Kayma göçmesine bağlı olarak, şev göçmesine karşı güvenlik faktörü basit bir şekilde Denklem 11'deki gibi hesaplanabilir:

$$F_s = \frac{\tau}{\tau_f} \quad (11)$$

Burada τ Mohr-Coulomb kriterinden hesaplanan şevli zeminin kayma mukavemeti,

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (12)$$

τ_f ise kayma yüzeyi boyunca oluşan kayma gerilmeleri olup

$$\tau_f = c_f + \sigma_n \tan \phi_f \quad (13)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır. Buradaki c_f ve ϕ_f faktörlü kayma mukavemet parametreleri olarak adlandırılır ve

$$c_f = \frac{c}{MAF} \quad (14)$$

$$\phi_f = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{MAF} \right) \quad (15)$$

şeklinde hesaplanırlar (7).

Denklemdaki MAF mukavemet azaltma faktörüdür. Bu metod mukavemet azaltma faktörü olarak adlandırılmaktadır. Doğru MAF değerinin elde edilebilmesi için, şevde göçmeye neden olacak güvenlik sayısının bulunması gerekmektedir.

Plaxis programı ile şev stabilize analizi yapılırken *phi/c reduction* olarak adlandırılan yöntem kullanılmakta (mukavemet azaltma metodu) ve kayma mukavemet parametreleri c ve $\tan(\phi)$ göçmeye erişilinceye kadar azaltılmaktadır. Güvenlik sayısı ise,

$$\sum Msf = \frac{c}{c_{az}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{az}} \quad (16)$$

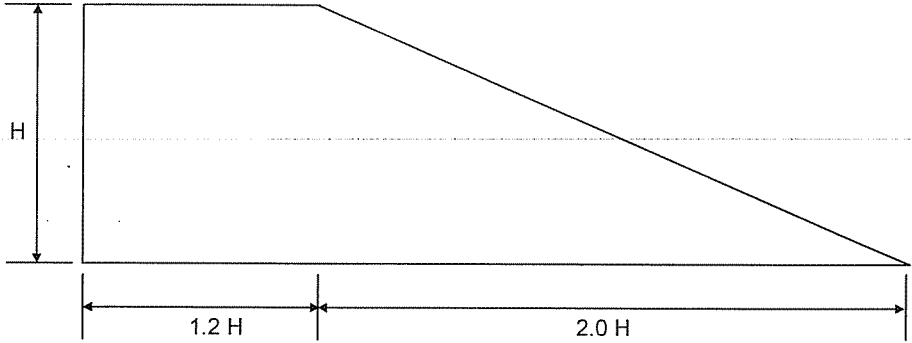
şeklinde hesaplanmaktadır.

3. ŞEV STABİLİTE ANALİZİ ÖRNEKLERİ

Plaxis tarafından önerilen algoritmanın doğruluğunun değerlendirilmesi amacıyla farklı sonlu eleman tipi ve sonlu eleman ağı (*mesh*) dikkate alınarak analizler yapılmıştır.

Örnek 1. Referans şevi

Örnekte yüksüz homojen bir şev ele alınmıştır. Şev geometrisi Şekil 4'de malzeme özellikleri ise, Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 4. Model geometrisi

Tablo 1. Malzeme özellikleri

E (kN/m^2)	ν	γ (kN/m^3)	ϕ (derece)	c (kN/m^2)
100000	0.3	20	20	10

Örnekte değişik eleman tiplerinin sonuçlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. *Plaxis*'de bulunan 6 düğümlü üçgen (*T6*) ve 15 düğümlü üçgen (*T15*) olmak üzere iki adet eleman tipi kullanılmıştır. Sonlu eleman ağı oluşturulurken ise, *Plaxis*'de mevcut tüm ağlar (çok kaba, kaba, orta, iyi, çok iyi) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar ağının very coarse (*vc*) seçeneği ile oluşturulması durumunda 35 eleman, coarse (*co*) durumunda 81 eleman, medium (*m*) durumunda 173 eleman, fine (*f*) durumunda 410 eleman ve very fine (*vf*) durumunda ise, 743 eleman kullanılarak çözüm yapılmıştır.

Farklı eleman tipleri ve değişik ağ durumlarına göre elde edilen güvenlik sayıları Bishop metodu ve Griffith'in (5) sonlu eleman sonuçları ile karşılaştırılarak Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Değişik eleman tipleri kullanılarak elde edilen güvenlik sayıları

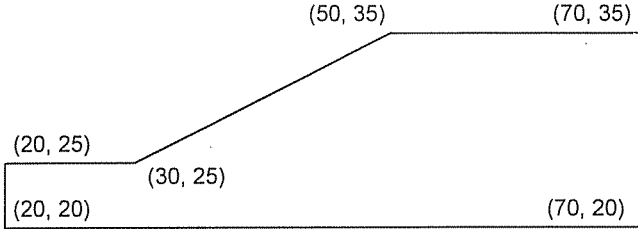
Bishop	Griffith	Plaxis									
		<i>T6</i>					<i>T15</i>				
		<i>vc</i>	<i>co</i>	<i>m</i>	<i>f</i>	<i>vf</i>	<i>vc</i>	<i>co</i>	<i>m</i>	<i>f</i>	<i>vf</i>
1.38	1.40	1.44	1.39	1.39	1.39	1.40	1.38	1.39	1.39	1.39	1.39

Tablo 2 incelendiğinde *Plaxis*'de 6 düğümlü üçgen eleman seçilerek ve çok kaba (*vc*) sonlu eleman ağı kullanılması durumunda elde edilen güvenlik sayısının dışında diğer sonuçların birbiriyle ve Bishop ile Griffith sonuçlarıyla oldukça yakın olduğu görülmektedir. Özellikle 15 düğümlü üçgen eleman sonuçlarının hemen hemen tüm ağ durumlarında aynı sonucu verdiği ve hem Bishop hem de Griffith sonuçlarına eşit yakınlıkta olduğu anlaşılmaktadır. Orta, iyi ve çok iyi ağ kullanılması durumlarında aynı sonuç elde edildiğinden ve orta seçeneğinde çözüm süresinin iyi ve çok iyi seçeneklerine oranla oldukça kısa olmasından dolayı, bundan sonraki örnek

uygulamalarda 15 düğümlü üçgen eleman ($T15$) ve orta (m) sonlu eleman ağı kullanılmasına karar verilmiştir.

Örnek 2. Homojen tek tabakalı şev

Örnekteki problem (6) için şev geometrisi Şekil 5’de malzeme parametreleri ise Tablo 3’de verilmiştir.

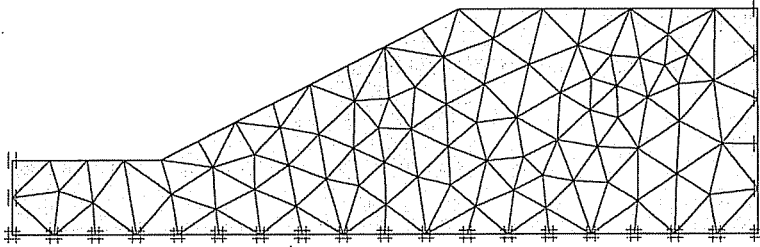


Şekil 5. Model geometrisi

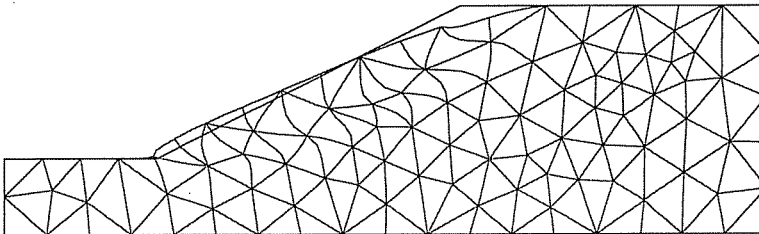
Tablo 3. Malzeme özellikleri

E (kN/m^2)	ν	γ (kN/m^3)	ϕ (derece)	c (kN/m^2)
100000	0.3	20.2	19.6	3.0

Şekil 6’da şev analizinde kullanılan sonlu eleman ağının deformasyondan önceki ve sonraki durumu görülmektedir. Sonlu eleman ağı medium seçeneği kullanılarak oluşturulmuştur.

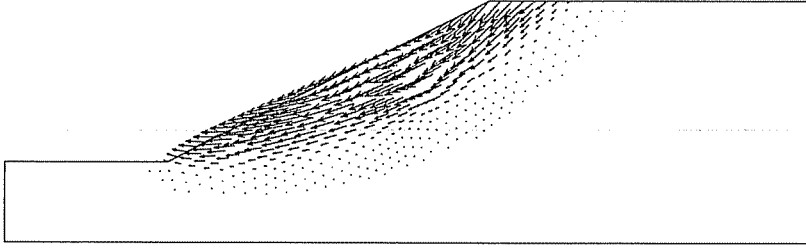


(a) Deformasyondan önceki sonlu elemanlar ağı

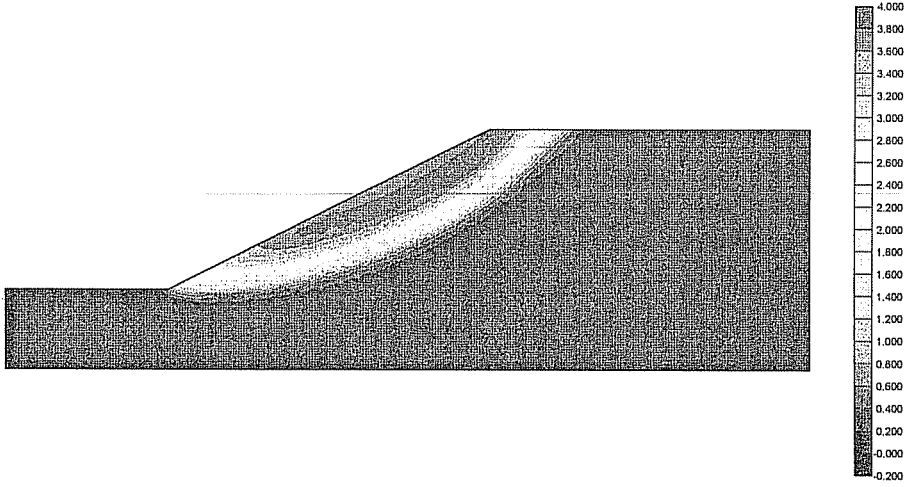


(b) Deformasyondan sonraki sonlu elemanlar ağı

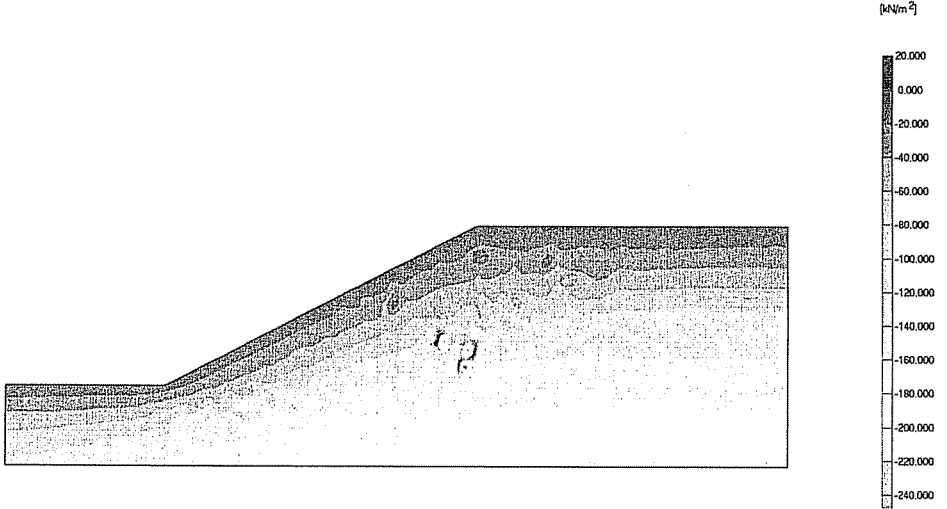
Şekil 6. Örnek 2’de kullanılan sonlu eleman ağı



Şekil 7. Düğüm deplasman vektörleri



Şekil 8. Toplam deplasman konturları



Şekil 9. Toplam gerilme konturları

Şekil 7'de düğüm deplasman vektörleri ve Şekil 8 ve 9'da ise toplam deplasman ve gerilme konturları görülmektedir.

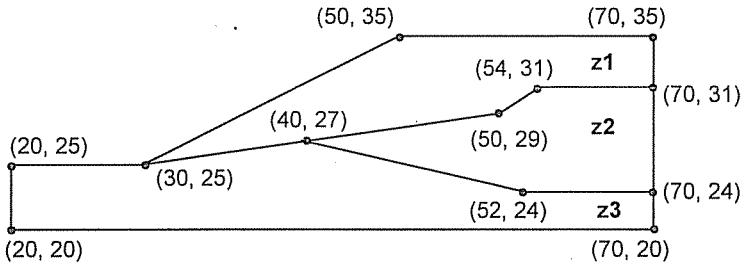
Tablo 4'de Plaxis'den elde edilen şev güvenlik sayısının limit denge metodu yöntemleri ile elde edilen güvenlik sayılarıyla karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 4. Örnek 2 için güvenlik sayısı sonuçları

Janbu	Bishop	Spencer	Plaxis
1.005	0.988	0.987	0.981

Örnek 3. Homojen olmayan, 3 farklı zemin tabakalı şev

Örnekteki şev homojen olmayan 3 tabakalı malzemeden oluşmaktadır. Şev geometrisi Şekil 10'da, malzeme parametreleri ise, Tablo 5'de verilmektedir.

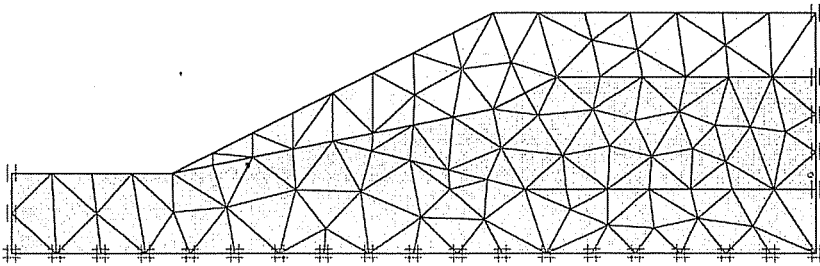


Şekil 10. Model geometrisi

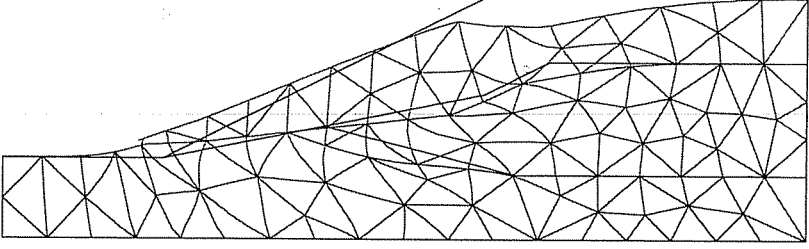
Tablo 5. Malzeme özellikleri

	c (kN/m ²)	ϕ (derece)	γ (kN/m ³)
Zemin 1 (z1)	0.0	38.0	19.5
Zemin 2 (z2)	5.3	23.0	19.5
Zemin 3 (z3)	7.2	20.0	19.5

Şekil 11'de şev analizinde kullanılan sonlu eleman ağının deformasyondan önceki ve sonraki durumu görülmektedir. Sonlu eleman ağı medium seçeneği kullanılarak oluşturulmuştur.



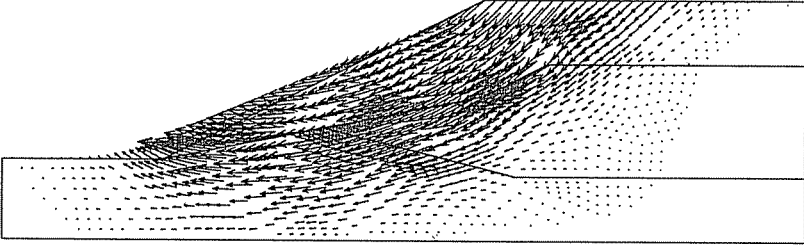
(a) Deformasyondan önceki sonlu eleman ağı



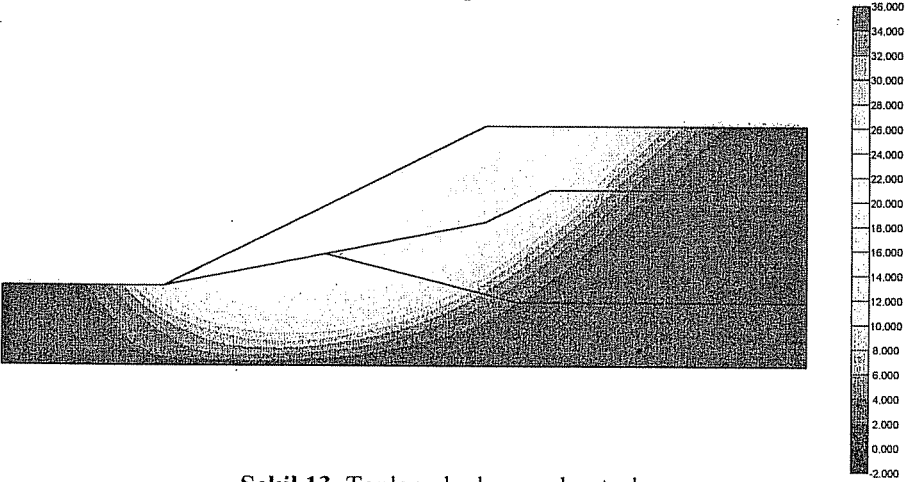
(b) Deformasyondan sonraki sonlu eleman ağı

Şekil 11. Örnek 3'de kullanılan sonlu eleman ağı

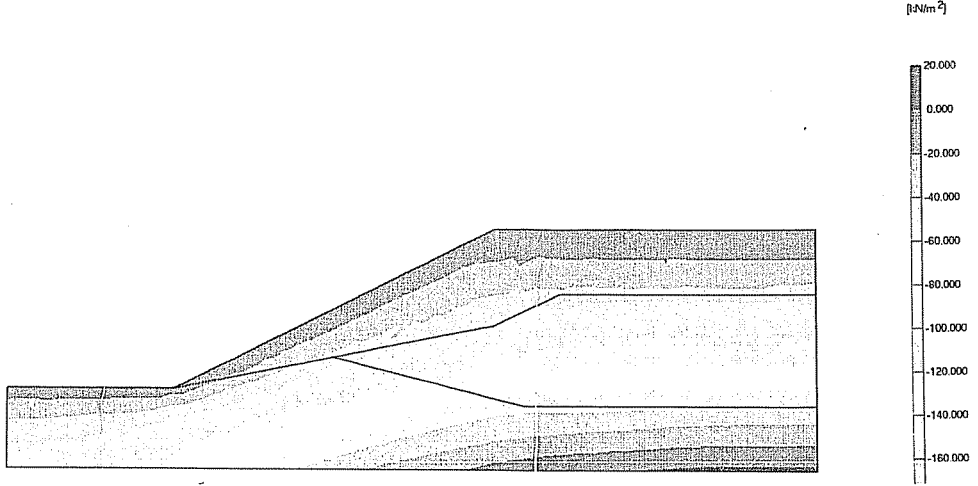
Şekil 12'de düğüm deplasman vektörleri ve Şekil 13 ve 14'de ise toplam deplasman ve gerilme konturları görülmektedir.



Şekil 12. Düğüm deplasman vektörleri



Şekil 13. Toplam deplasman konturları



Şekil 14. Toplam gerilme konturları

Tablo 6'da Plaxis'den elde edilen şev güvenlik sayısının limit denge metodu ile elde edilen güvenlik sayılarıyla karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 6. Örnek 3 için güvenlik sayısı sonuçları

Janbu	Bishop	Spencer	Plaxis
1.39	1.41	1.38	1.37

Her iki örnekte de limit denge metodu ile elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmalardan çok uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Plaxis sonuçlarına en yakın değerler Spencer metoduyla elde edilmiştir. Plaxis sonuçlarının yalnızca güvenlik sayıları ile sınırlı kalmayıp deplasman ve gerilme konturları da verebiliyor olması ile bu yöntemin diğer klasik yöntemlere göre şev stabilitesi probleminin daha rahat anlaşılabilir ve hissedilir olmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

5. SONUÇ

Sonlu elemanlar yaklaşımı, diğer geleneksel limit denge yöntemlerine göre avantajlarından dolayı geoteknik mühendisliğinde şev stabilite problemlerinin analizinde artan bir şekilde kullanılmaktadır. Plaxis programının kullanım kolaylığı şev stabilite problemlerinde sonlu elemanlar yönteminin sağladığı yararları görmeye olanak sağlamaktadır. Çalışmada çözülen şev stabilite problemlerinden görüleceği üzere, Plaxis programı kullanılarak elde edilen sonuçlar, önceki sonlu elemanlar analizi ve limit denge yöntemi sonuçları ile oldukça yakın değerler vermektedir. Bu çalışma sonlu elemanlar yönteminin şev stabilitesi analizlerinde rahatlıkla ve güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. Sonuçta deplasman ve gerilme konturlarının da elde edilebiliyor olması bu problemin daha rahat anlaşılabilmesine katkı sağlayacaktır.

Çalışmada *Plaxis*'de mevcut malzeme modellerinden *Mohr-Coulomb* modeli kullanılmış olup ayrıca kil zemin ve yeraltı suyu bulunması durumları da gözönüne alınarak çok çeşitli analizler gerçekleştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

1. Cernica, J.N., "Geotechnical Engineering: Soil Mechanics", John Wiley and Sons Inc., Canada, 1995.
2. Das, B.M., "Principles of Geotechnical Engineering", PWS Publishing Company, USA, 1994.
3. Chen, W.F. and Mizuno, E., "Nonlinear Analysis in Soil Mechanics: Theory and Implementation", Elsevier, Amsterdam, 1990.
4. Zienkiewicz, O.C. and Taylor, R.L., "The Finite Element Method", Vol. 1, 4th Edition, McGraw-Hill, New York, 1989.
5. Griffiths, D.V. and Lane, P.A., "Slope Stability Analysis by Finite Elements", *Geotechnique*, 49 (3), 387-403, 1999.
6. Rocscience Inc., *Slide User's Guide*, 2000.
7. Rocscience Inc., *Application of Finite Element Method to Slope Stability*, Toronto, 2004.

FARKLI SU-BAĞLAYICI ORANINDA HAZIRLANAN HARÇLARDA NUMUNE BOY DEĞİŞİMİNİN BASINÇ DAYANIMI VE BİRİM KISALMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Cengiz Duran ATIŞ ve Kubilay AKÇAÖZOĞLU
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, farklı su-bağlayıcı oranlarında hazırlanan harç karışımlarda, numune boy değişiminin, basınç dayanımı ve basınç dayanımındaki birim deformasyon üzerindeki etkisi incelenmiştir. S/B oranları 0.25, 0.30, 0.40, 0.50 ve 0.60 olan karışımlar çapları sabit (5 cm) olan, boyları 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 ve 15 cm şeklinde değişen silindirik şeklindeki kalıplara dökülerek, farklı boylarda harç numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, su-bağlayıcı oranının artmasıyla basınç dayanımının düştüğü görülmüştür. Ayrıca numune boyu-çap (l/d) oranı azaldıkça basınç dayanımı ve basınç dayanımındaki birim kısılmanın arttığı gözlenmiştir. Boy-çap oranı azaldıkça, basınç dayanımına karşılık gelen basınç dayanımındaki birim kısılma artmıştır, ancak basınç dayanımındaki birim kısılma basınç dayanımına göre çok daha fazla etkilenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su-bağlayıcı oranı, harç, boyut etkisi, maksimum basınç birim deformasyonu.

INFLUENCE OF SAMPLE LENGTH CHANGE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND STRAIN AT COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTARS MADE WITH VARIOUS WATER-BINDER RATIO

ABSTRACT : In this work, influence of sample length change on the compressive strength and strain at compressive strength was investigated using portland cement mortar made with various water-binder ratio. Cylindrical mortar specimens made with water-binder ratio of 0.25, 0.30, 0.40, 0.50 and 0.60 were prepared with a constant diameter of 5 cm and various length of 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 and 15 cm. As a result of testing measurement using these specimens, it was observed that strength reduced as water-binder ratio increased. In addition, it was observed that as the length-diameter ratio of sample reduced the compressive strength and strain at compressive strength increased. It should be noted that increase in the strain at compressive strength was much more than the increase in compressive strength.

Key Words: Water-binder ratio, mortar, size effects, maximum compressive strain.

1. GİRİŞ

Günümüzde beton konusunda yapılan birçok araştırmada, basınç dayanımı en önemli malzeme özelliği olarak kabul edilmektedir. Betonun diğer birçok özelliğinin basınç dayanımıyla ilişkili olduğu bilinmektedir. Ancak, numune boyut ve şeklinin değişimi de betonun basınç dayanımını etkileyen önemli bir faktördür. Çünkü basınç dayanımı, betonun kırılma mekaniklerinden dolayı numune boyut ve şekline bağlı olarak değişmektedir (1).

Numune şekli ve geometrisi değiştiğinde, numune yüzeyi ile basınç test makinesinin tabakası arasında oluşan sürtünme güçleri de değişmekte; bu da basınç dayanım değerlerinin farklı olmasına yol açmaktadır. Numunenin narinliği azaldıkça, numune yüksekliği boyunca aktif olan sürtünme kuvvetleri yanal genişlemeyi önlemektedir. Böylece basınç dayanımı artmaktadır.

S/B oranının da beton mukavemetine etki eden en önemli faktörlerden biri olduğu önceki araştırmalar sonucu bilinmektedir (2-5).

Bu çalışmada, yüksek dayanımlı harçlarda S/B oranının ve numune boyunun değişiminin basınç dayanımı ve birim kısalma üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde, deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimleri ile harç karışımlarında kullanılan malzeme miktarlarının tespitinde kullanılan yöntemler verilmektedir.

2.1. Kullanılan Malzeme Özellikleri

2.1.1. Çimento

Bu çalışmada, OYAK Adana Çimento Fabrikası tarafından üretilen PÇ 42,5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel özellikleri Tablo 2.1'de, kimyasal kompozisyonu ise Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Çimentonun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler		
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		3,09
Priz süresi	İlk (saat:dakika)	2 ²⁸
	Son (saat:dakika)	4 ⁰⁰
İncelik	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3220
	0.200 mm elekte kalıntı (%)	0.0
	0.090 mm elekte kalıntı (%)	0.1
Basınç Dayanımı (N/mm ²)	2 günlük	29.7
Hacim Sabitliği (mm)		3
Birim Ağırlığı (gr/Lt)		980

Tablo 2.2. Çimentonun kimyasal kompozisyonu

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	KK
20,23	5,78	4,07	0,07	61,95	2,94	2,66	0,11	0,87	0,72

2.1.2. İnce Agregası (Kum)

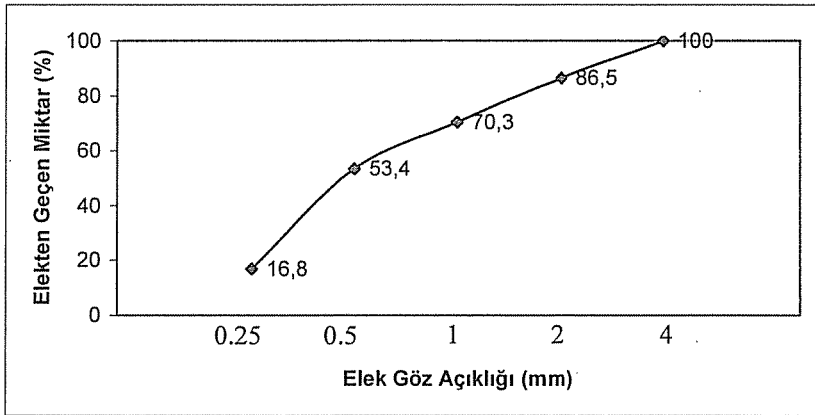
Çalışmada kullanılan ince agregası DSİ VI. Bölge Müdürlüğü Kanalet Üretim Fabrikası tesislerinden alınmıştır. İnce agregası yıkanarak temizlenmiş ve etüvde kurutulmuştur.

İnce agregaların özgül ağırlık ve su emme kapasitesi tayini ilgili standartta (6) belirtildiği gibi, piknometre yöntemine göre rasgele alınan numuneler üzerinde yapılarak kuru yüzey doymuş özgül ağırlığı 2,64 gr/cm³ ve su emme kapasitesi % 1,75 bulunmuştur.

Harç numunelerinin hazırlanmasında kullanılan ince agreganın elek analizi ilgili Türk Standardı (7)'na göre yapılarak, elde edilen sonuçlara göre çizilen grafik Şekil 2.1'de verilmiştir.

2.1.3. Karışım ve Bakım Suyu

Deneylerde kullanılan karışım ve bakım suyu şehir şebekesinden alınan içme suyudur. Beton karışım ve bakım suyunun kalitesi ile ilgili özel bir Türk Standardı yoktur. Kaynaklarda karma suyu genel anlamda içilebilir su olarak ifade edilmektedir (8-9).



Şekil 2.1. Harç numunelerinin elek analizlerinin grafiksel gösterimi

2.1.4. Katkı Maddesi

Karışımlarda işlenebilirliği sağlamak amacıyla ilgili standarda uygun yüksek performanslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır (10). Kullanılan süper akışkanlaştırıcının tipi sentetik-dispersiyon sıvı olup yoğunluğu 1.23 kg/dm³'tür.

2.2. Harç Karışım Oranları

Deneylerde, kum/bağlayıcı oranı 2.75 olacak şekilde hazırlanan harç numuneleri kullanılmıştır. Su-bağlayıcı oranı 0.25, 0.30, 0.40, 0.50 ve 0.60 olan beş ayrı harç numunesi hazırlanmıştır. Harç karışımlarının işlenebilirliklerini düzenlemek amacıyla değişik oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlara yayılma değeri %105-115 oluncaya kadar akışkan ilave edilmiş ve karışımların kıvamları bu değer etrafında eşitlenmeye çalışılmıştır. Hazırlanan karışımlar ve ilave edilen akışkanlaştırıcı miktarları Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

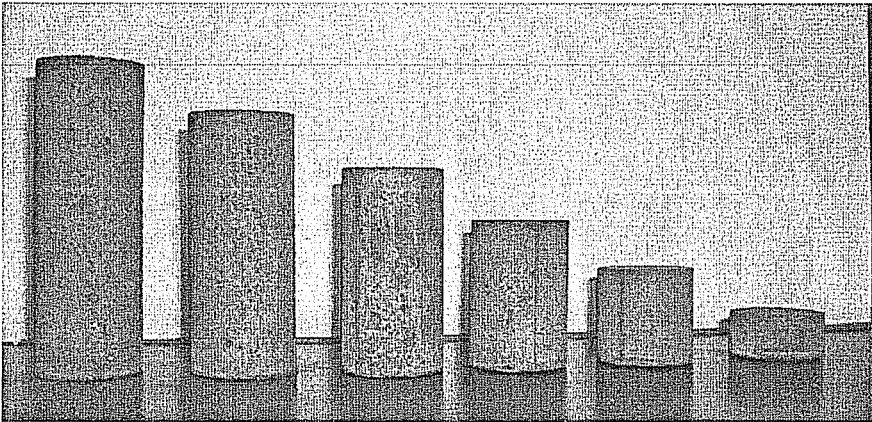
Tablo 2.3. Deneylerde kullanılan harç karışımları

Karışım	Su-Bağlayıcı Oranı	Akışkanlaştırıcı Miktarı (%)
K1	0.25	8
K2	0.30	4
K3	0.40	0.45
K4	0.50	--
K5	0.60	--

Yukarıdaki özelliklere sahip olarak hazırlanan harç numuneler su içerisinde 22 ± 2 °C'de küre tabi tutulmuştur.

2.3. Numune Şekil ve Boyutları

Harç karışımları, çapları sabit olan, boyları değişen 6 farklı silindir kalıba dökülerek numuneler hazırlanmıştır. Kalıplar 5 cm çapında ve 15, 12.5, 10, 7.5, 5 ve 2.5 cm yüksekliğindedir. Resim 2.1'de bu çalışmada kullanılan numune boyutları görülmektedir.



Resim 2.1. Çalışmada Kullanılan Harç Numuneler

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

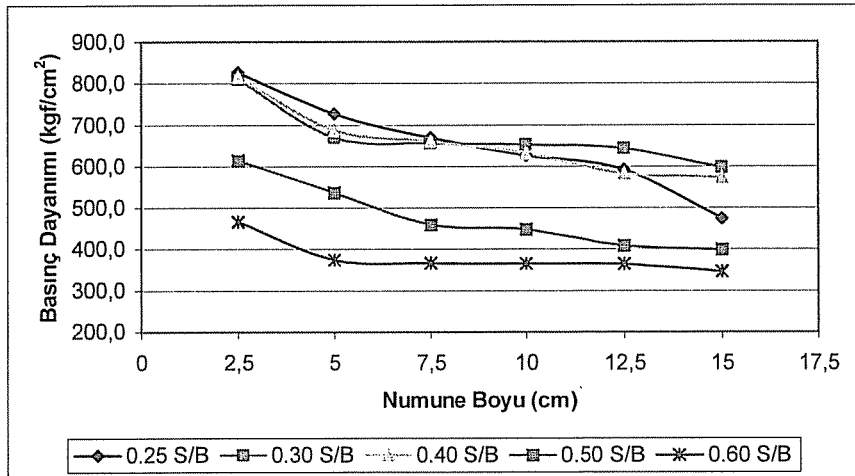
Deneylerde, hazırlanan numunelerin hem basınç dayanımı hem de bu yüke karşılık gelen maksimum birim boy kısalması ölçülmüş olup, sonuçlar sunularak tartışılmıştır.

Bu çalışmada, birim deformasyon değerleri deney düzeneğinden kaynaklanan sebeplerden dolayı birbirlerine göre rölatif olarak incelenmiştir. Tablo ve şekillerdeki basınç dayanımındaki birim kısalma değerleri göreceli olarak düşünülmüştür. Malzeme içinde oluşan birim deformasyonlar numune üzerinden ölçülememiş olup, bu sebeple makinenin kendi bünyesinde oluşan deformasyonlar da bu değerlerin içinde kalmıştır. Makinenin bünyesinde oluşan deformasyonlar hakkında bilgi sahibi olunmadığı için, deformasyonlar makineden kaynaklanan hatalar da dahil olarak elde edilmiştir. Makineden kaynaklanan hatalar bütün numuneler için ihmal edilmiştir.

Tablo 3.1 ve Şekil 3.1 incelendiğinde numune boyu arttıkça basınç dayanımının düştüğü görülmektedir. Tüm farklı S/B oranları için numune boyunun artması dayanımı düşürmektedir. Ayrıca Tablo 3.1'in sütunları incelenirse S/B oranı arttıkça basınç dayanımının düştüğü görülmektedir. Genel olarak tüm numune boyları için bunu söylemek mümkündür. Ancak bazı numune boylarında görülen dalgalanmalar numunelerin başklanma problemlerine bağlanabilmektedir.

Tablo 3.1. Numune boyu değişiminin basınç dayanımına etkisi

S/B Oranı	Numune Boyu (cm)					
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
0.25	826,0	727,5	669,2	625,8	592,3	474,1
0.30	809,0	669,5	656,3	652,9	643,0	596,9
0.40	814,6	688,2	660,1	631,6	583,2	573,5
0.50	614,8	537,2	460,2	447,7	408,3	399,8
0.60	465,8	374,4	366,7	365,5	363,6	345,4



Şekil 3.1. Numune boyu değişiminin basınç dayanımına etkisi

Eğer, numune boyu 15 cm için basınç dayanımı 1,00 kabul edilirse ve S/B oranları gözetilmeksizin tümünün ortalaması alınırsa basınç dayanımları oranı Tablo 3.2'de ki gibi elde edilmektedir. Tablo 3.2'den görüleceği gibi numune boyu azaldıkça basınç dayanımı artmaktadır.

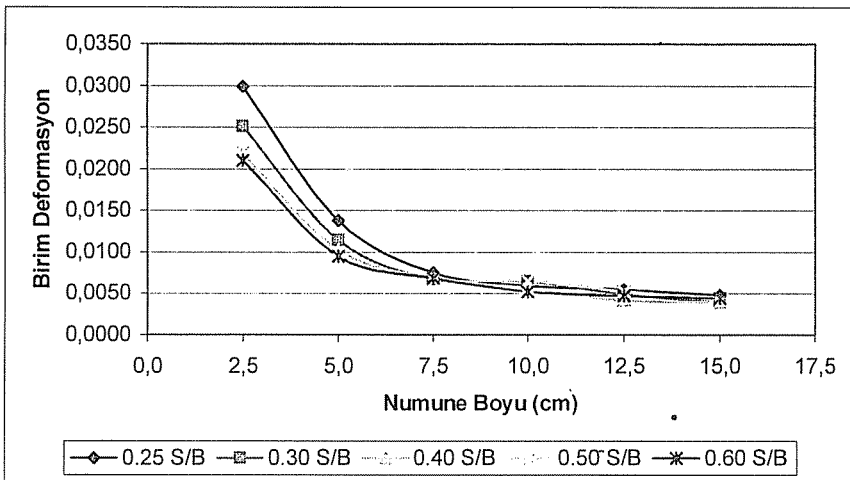
Tablo 3.2. Numune boyu değişiminin basınç dayanımına etkisinin oranı

Numune Boyu	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Basınç Dayanımı Oranı	1,39	1,18	1,10	1,08	1,04	1,00

Tablo 3.3 ve Şekil 3.2'de farklı S/B oranında hazırlanan numunelerin basınç dayanımındaki birim kısalmaları numune boylarına göre verilmiştir. Tablo 3.3 ve Şekil 3.2 incelendiğinde numune boyu azaldıkça basınç dayanımındaki birim kısalmanın arttığı açıkça görülmektedir. Şekiller incelendiğinde özellikle 2.5 ve 5.0 cm numune boylarında basınç dayanımındaki birim kısalma diğerlerine göre oldukça yüksek olmuştur. Numune boyu 7.5 cm ve üzerinde ise birbirine yakın sonuçlar görülmektedir. Yine şekiller incelendiğinde numune boyu 2.5 cm'den 15.0 cm'ye ilerledikçe hiperbolik bir eğri oluşmuştur.

Tablo 3.3. Numune boyu değişiminin birim deformasyona etkisi

S/B Oranı	Numune Boyu (cm)					
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
0.25	0,0299	0,0138	0,0075	0,0060	0,0055	0,0049
0.30	0,0251	0,0114	0,0067	0,0065	0,0049	0,0040
0.40	0,0217	0,0103	0,0069	0,0057	0,0042	0,0040
0.50	0,0220	0,0100	0,0067	0,0065	0,0053	0,0045
0.60	0,0210	0,0095	0,0068	0,0052	0,0047	0,0044



Şekil 3.2. Numune boyu değişiminin birim deformasyona etkisi

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, numune boyunun basınç dayanımındaki birim kısalma üzerinde kesin bir etkisinin olduğu görülmektedir. Numune boyu-çap (l/d) oranının 1 ve daha küçük olduğu durumlarda birim deformasyon diğerlerine göre oldukça yüksektir. l/d oranı 1'in üzerine çıktığında birim deformasyonda ani azalmalar görülmüş ve devamında grafiğin eğimi azalmıştır. Numune boyu 15 cm için deformasyon değerini 1 sayarak basit bir oranlama yapılacak olursa Tablo 3.4'te görülen sonuçlar elde edilecektir.

Tablo 3.4. Numune boyu değişiminin birim deformasyona etkisinin oranı

Numune Boyu	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Birim Deformasyon Oranı	5,49	2,52	1,59	1,38	1,13	1,00

Tablo 3.4 incelenecek olursa numune boyunun 2.5 cm olması ile 15.0 cm olması arasında yaklaşık 5,5 kat birim deformasyon değişimi olmaktadır. Aynı şekilde numune boyunun 5.0, 7.5, 10.0, ve 12.5 cm olması ile bu değişim, sırasıyla 2.52, 1.59, 1.38, ve 1.13 olmaktadır. Tablo 3.2 ile Tablo 3.4 karşılaştırılırsa, numune boyunun 15 cm'den 2.5 cm'ye düşmesi durumunda, basınç dayanımının 1,39 kat artmasına rağmen, basınç dayanımındaki birim kısalmanın 5,49 kat arttığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR

1. S/B oranının düşmesiyle beton dayanımının arttığı görülmüştür.
2. Numune boyu-çap (l/d) oranı azaldıkça basınç dayanımı artmaktadır. Numune boy değişiminin basınç dayanımı üzerinde kesin bir etkisinin olduğu görülmektedir.
3. Numune boyunun basınç dayanımındaki birim kısalma üzerinde kesin bir etkisinin olduğu görülmektedir. Numune boyu-çap (l/d) oranının 1 ve daha küçük olduğu durumlarda basınç dayanımındaki birim kısalma değeri, diğerlerine göre oldukça yüksektir. l/d oranı 1'in üzerine çıktığında basınç dayanımındaki birim kısaltmada ani azalmalar görülmüş ve devamında grafiğin eğimi azalmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Yi,-S.T., Yang,E.-I., Choi,J.-C., "Effect of Specimen Sizes, Specimen Shapes and Placement Directions on Compressive Strength of Concrete", *Nuclear Engineering and Design* 236, pp.115-127., 2006.
2. Mehta,P.K., Langley,W.S., "Monolith Foundation: Built to Last A 1000 Years", *Concrete International*, pp.27-32., 2000.
3. Postacıoğlu,B., "Beton", *Matbaa Teknisyenleri Basımevi, c.1, s.171, İstanbul, 1986.*
4. Neville,A.M., "Properties of Concrete", *Longman Group Limited, UK., 1995.*
5. Gambhir,M.L., "Concrete Technology", *Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi., 1986.*
6. TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.*

7. TS 130, "Agrega Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot", Türk Standartları Enstitüsü, 7s., Ankara, 1978.
8. Erdoğan, T.Y., "Karışım ve Bakım Suları", Türkiye Hazır Beton Birliği, 67s., İstanbul, 1995.
9. Neville, A.M., Brooks, J.J., "Concrete Technology", Longman Scientific and Technical, 438p., USA, 1993.
10. TS EN 934-2, "Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.

SEYHAN HAVZASININ BÖLGESEL TAŞKIN FREKANS ANALİZİ

Neslihan SEÇKİN ve Recep YURTAL

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Seyhan Havzasında bulunan, kayıt uzunlukları 16 ile 55 yıl arasında olan 11 istasyonun yıllık pik serilerine göre homojenlik testi yapılarak Seyhan Havzası homojen alt bölgelere ayrılmıştır. Seyhan Havzası akarsuları yıllık pik serilerine Log-Lojistik, Log Pearson 3, Pearson 3, Wakeby, Log-Boughton, Gumbel ve Log-Normal dağılımları uygulanarak taşkın frekans analizleri yapılmış, bölgesel taşkın frekans eğrileri elde edilmiştir. Daha sonra Kolmogorov-Simirnov ve Cramer Von Misses uygunluk testleri yapılarak, kullanılan taşkın frekans analizi modellerinin hangisinin eldeki örnek için en yakın sonuçları verdiği araştırılmıştır.

REGIONAL FLOOD FREQUENCY ANALYSIS FOR SEYHAN RIVER BASIN

ABSTRACT : Seyhan Basin was divided imaginary sub-areas by applying homogeneity tests for 11 local stations on the Seyhan River Basin. These stations have had peak discharge records for annual periods changing between 16 and 55 years. Log Logistik, Log Pearson 3, Pearson 3, Wakeby, Log Boughton, Gumbel and Log Normal models were applied to those subareas by the means of spreadsheet programs for regional flood frequency analysis. At-Site flood frequency analysis was then made for the local stations on the Seyhan River Basins. Kolmogorov-Simirnov and Cramer Von Mises tests were also used to determine which flood frequency model produced the most accuracy results when applied to observed data.

1. GİRİŞ

Taşkın, bir akarsu yatağındaki debinin çeşitli nedenlerle hızla artarak yatağından çıkması suretiyle civardaki mal ve can kayıplarına, arazilere, yapılara zarar verecek hale gelmesidir. Yıllık maksimum debiler, maksimum yağışlar gibi hidrolojik olayların büyüklükleri ve oluş zamanları rastgele karakterli olaylar olduğundan kesin tahminde bulunmak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle geçmiş tecrübelerle dayanarak belirli olasılıklarla gelecekte meydana gelecek olayların tahminine başvurulur. Bunun için istatistiksel yöntemlere ve frekans dağılımlarının hesabına gidilir. Oluşacak taşkının büyüklüğü ve frekansı su yapılarının boyutlandırılması, yerlerinin seçimi, planlama ve projelendirme amaçları için gereklidir ve ayrıca taşkın yatağının kullanımındaki riskin belirlenmesinde önemli bilgiler sağlar.

Bu çalışmada dağılım parametrelerini tahmin etmek için Wallis tarafından bölgesel taşkın frekans analizinde kullanılması önerilen olasılık ağırlıklı momentler yöntemi (PWM) ve momentler yöntemi (MOM) kullanılarak Seyhan havzasındaki 11 adet akım gözlem istasyonuna bölgesel taşkın frekans analizi uygulanmıştır (1). Olasılık ağırlıklı momentlerin örnek tahmini için ise rastgele değişkenin i 'nci değere eşit veya küçük kalma frekansı Gringorten noktalama pozisyonu formülü ile hesaplanmıştır.

Bir bölgeye ait bölgesel taşkın frekans eğrisinin güvenilir olarak elde edilebilmesi için taşkın frekans karakteristiklerinin homojen olması ve bölgenin diğer bölgelerden farklı olması gerekir. Bu nedenle Seyhan havzası homojen bölgelere ayrılarak bu bölgelere literatürde yaygın olarak kullanılan 8 farklı olasılık dağılım modelleri uygulandıktan sonra Haktanır, tarafından hazırlanmış olan, noktalama pozisyonu formüllerini ve olasılık dağılım modellerini kapsayan ve bu modellerin eldeki örneğe uygunluğunu tespit edebilmek için kolmogorov-simirnov, cramer von misses uygunluk testlerini yapan bir program aracılığı ile testler yapılmış ve bu testlerin sonuçları yorumlanmıştır (2,3).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Homojen Bölgelerin Belirlenmesi

Çalışmada homojen bölgeleri belirlemede istatistiksel bir yöntem olan C_v testi kullanılmıştır (4). Homojen bölge, havza daha alt gruplara ayrıldığında sonuçlarda iyileşmenin görülmediği bölge olarak tanımlanır. Bölge ne kadar homejense kullanılan yöntemler sonucu elde edilen tahminlerin de o kadar güvenilir olduğu bilinmektedir. Taşkın serilerinin özelliklerinin hem bölge içindeki, hem de bölgeler arasındaki değişimi, çeşitli varyans analiz yöntemleriyle belirlenebilir (4). Bir havzadaki homojen bölgeler, bölgedeki istasyonların C_v (varyasyon katsayısı) lerinin varyansı minimum ve havzadaki P sayıda bölge için ortalama C_v lerin varyansı maksimum yapılarak belirlenir (4). Bu amaçla varyans oran testi olan F testi kullanılabilir. F istatistiği bölgeler arasındaki dağılımın bir ölçüsüdür. Payının serbestlik derecesi $(p-1)$, paydasının serbestlik derecesi $\sum M_k - p$ dir. Gözlenmiş değerlere göre hesaplanan F değeri, seçilen aşılma olasılığına ve serbestlik derecesine göre tablodan okunan kritik değerden büyükse bölgeler arasında farklılıklar vardır denir. Farklı olan herbir bölgenin içinde homojenlik testi yapılır. Bu testin yapılabilmesi aşağıda tanımlanan S_k büyüklüğü ile mümkündür. Bu büyüklük C_v lerin tek bir bölge içindeki değişimlerini ifade eder.

$$S_k = \sum_j \left[\frac{(C_{vj} - C_{vk})^2}{u_{jk}} \right] \quad (1)$$

S_k nın dağılımı serbestlik derecesi $(\sum M_k - 1)$ olan Chi^2 dağılımıdır. Bu yöntem bir bölgedeki istasyonların C_{vj} 'leri arasında farklılık olmadığı kabulüne dayanan sıfır hipotezine göre yapılır. Eğer gözlenmiş değerlerden hesaplanan S_k değeri, Chi^2 tablosundan $(\sum M_k - 1)$ serbestlik derecesine göre okunan kritik değerden büyükse sıfır hipotezi red edilir. Bu sonuç ise bölgenin homojen olarak kabul edilemeyeceğini gösterir. Bu anlatılan F ve S_k istatistikleri ile havzadaki birbirinden farklı bölgeler belirlenir ve kendi içlerindeki homojenlikleri araştırılır.

İstasyon sayısının M olduğu bir bölgede j inci istasyondaki kayıtların uzunluğu N_j , yıllık pik debiler Q_{ij} , ve bu değerlerin ortalaması \bar{Q}_j olmak üzere değişim katsayısı aşağıdaki formül yardımıyla bulunur. Daha detaylı bilgiyi Wiltshire makalesinde vermiştir (4).

$$C_{vj} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N_j} \frac{(Q_{ij} - \bar{Q}_j)^2}{(N_j - 1)} \right]^{1/2}}{\bar{Q}_j} \quad (2)$$

2.2. Bölgesel Taşkın Frekans Eğrilerinin Elde Edilmesi

Bölgesel taşkın frekans eğrisi, dönüş aralığı T ile Q/Q_{ort} arasındaki ilişkiyi ifade eder. Bu eğrinin homojen bölgelerdeki tüm istasyonlar için aynı olduğu kabul edilmektedir. Düzenlenmiş istatistikler ve bölgesel parametrelere dayalı yöntemlerin kullanıldığı çalışmada Q/Q_{ort} nın dağılımı Gumbel değişkeni y nin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

Homojen bölgelerdeki istasyonların yıllık maksimum debileri bir araya getirilerek $X_{ij} = Q_{ij}/Q_{j(ort)}$ boyutsuz formda küçükten büyüğe doğru dizilir. X_{ij} düzenlenmiş örneğine karşılık y_{ij} değerleri aşağıda anlatıldığı gibi belirlenir.

Rastgele değişkenin i inci değere eşit veya küçük kalma frekansını hesaplamak için aşağıda verilen Gringorten noktalama pozisyonu formülü Nerc tarafından tavsiye edilmektedir (5).

$$P_{ij} = \frac{(i - 0,44)}{(n_j + 0,12)} \quad (3)$$

$$P_{ij} = \exp(-\exp(-y_{ij})) \quad (4)$$

$$y_{ij} = -\text{Ln}(-\text{Ln}(P_{ij})) \quad (5)$$

Daha sonra X_{ij} ve y_{ij} çiftlerinin karşılıklı olarak grafik kağıdına işaretlenmesi ile X-T bağıntısının bir tahmini elde edilir. Eldeki örnek büyük olduğu zaman daha düzenli eğriler elde edebilmek için y_{ij} değerleri gruplara ayrılarak ortalamaları alınır. Çalışmada kullanılan Wakeby Dağılımı bölgesel taşkın frekans analizi için Houghton tarafından önerilmiştir (6). Log-Lojistik Dağılımını Ahmad ve Sinclair, makalelerinde detaylı

olarak vermişlerdir (7). Gumbel Dağılımına ait parametreler Greenwood ve ark.ve Landwehr ve ark. tarafından sunulmuştur (8,9). Log-Boughton Dağılımı, ilk olarak Water Resources Research dergisinde 1980 yılının nisan ayında yayınlanan bir makale ile sunulmuştur (10). Daha sonra Boughton, 1983 yılında ASCE de yayınlanan makalesinde Santa Cruz nehrinin 65 yıllık serisi üzerinde bu dağılımın uygulamasını vermiştir (11). Log-normal Dağılımı, Pearson Tip 3, Log-Pearson Tip 3 Dağılımları ve çalışmada adı geçen diğer dağılımların detaylarını Rao ve Hamed çalışmalarında sunmuşlardır (12).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Seyhan havzasında 11 adet akım gözlem istasyonuna homojenlik testi uygulanmış ve havzaya ait bazı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Seyhan havzası tek bölge olarak ele alındığında S_k değeri 239.9 olarak bulunmuştur. Serbestlik derecesi $sd=11-1=10$ ve anlamlılık düzeyi $\alpha=0.01$ ve (0.05) için Chi^2 tablosundan sırasıyla 23.21 ve 18.31 olarak okunmuştur. Okunan değerlerle hesaplanan değer karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuç elde edilir.

$$239.9 > 23.21 (18.31)$$

Elde edilen bu sonuca göre bölgelerdeki değişim katsayılarının arasında fark olmadığı kabulünün yapıldığı sıfır hipotezi her iki düzeyde de red edilir. Yani Seyhan Havzası tek bölge olarak incelendiğinde homojen olmadığı görülür.

Seyhan havzasının Tablo 1. den değişim katsayıları incelenmiş ve Şekil 1 de görülen haritadaki istasyonların konumlarına göre havza 3 bölgeye ayrılmıştır. 1., 2. ve 3. bölgelerde sırasıyla 5, 3 ve 3 adet istasyon yer almaktadır. Her bir bölge için homojenlik testi tekrarlanmıştır. Sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Son olarak ise, Seyhan havzasında homojen olarak belirlenen üç bölgenin birbirinden farklılıkları incelenmiştir. F değeri 20.773 olarak hesaplanmıştır. Tablodan okunan değerler hesaplanan F değerinden, küçük olduklarından her iki düzeyde de bölgelerin birbirinden yeterince farklı oldukları görülmüştür.

Tablo 1. Seyhan Havzasına Ait Bilgiler

İstasyon Adı	No	Gözlem Süresi	Yağış Alanı	Kot (m)	Değişim Katsayısı
Himmetli	1801	55	2596.8	665	0.610
Farasa	1802	19	7379.3	858	0.365
Sögütlü	1804	20	4389.2	1345	0.407
Gökdere	1805	51	4242.8	350	0.542
Ergenuşağı	1806	36	8698.4	347	0.569
Arapali	1817	17	1582.4	150	0.497
Üçtepe	1818	24	13846	180	0.501
Kamışli	18-012	19	1065	1109	0.621
Sarimehmetli	1821	16	628.8	75	0.503
Firaktin köp.	1822	21	6334.8	1270	0.368
Çukurkişla	1824	34	1526.4	1200	0.652

Tablo 2. Seyhan Havzasının Bölgelerine Ait İstatistiki Bilgiler

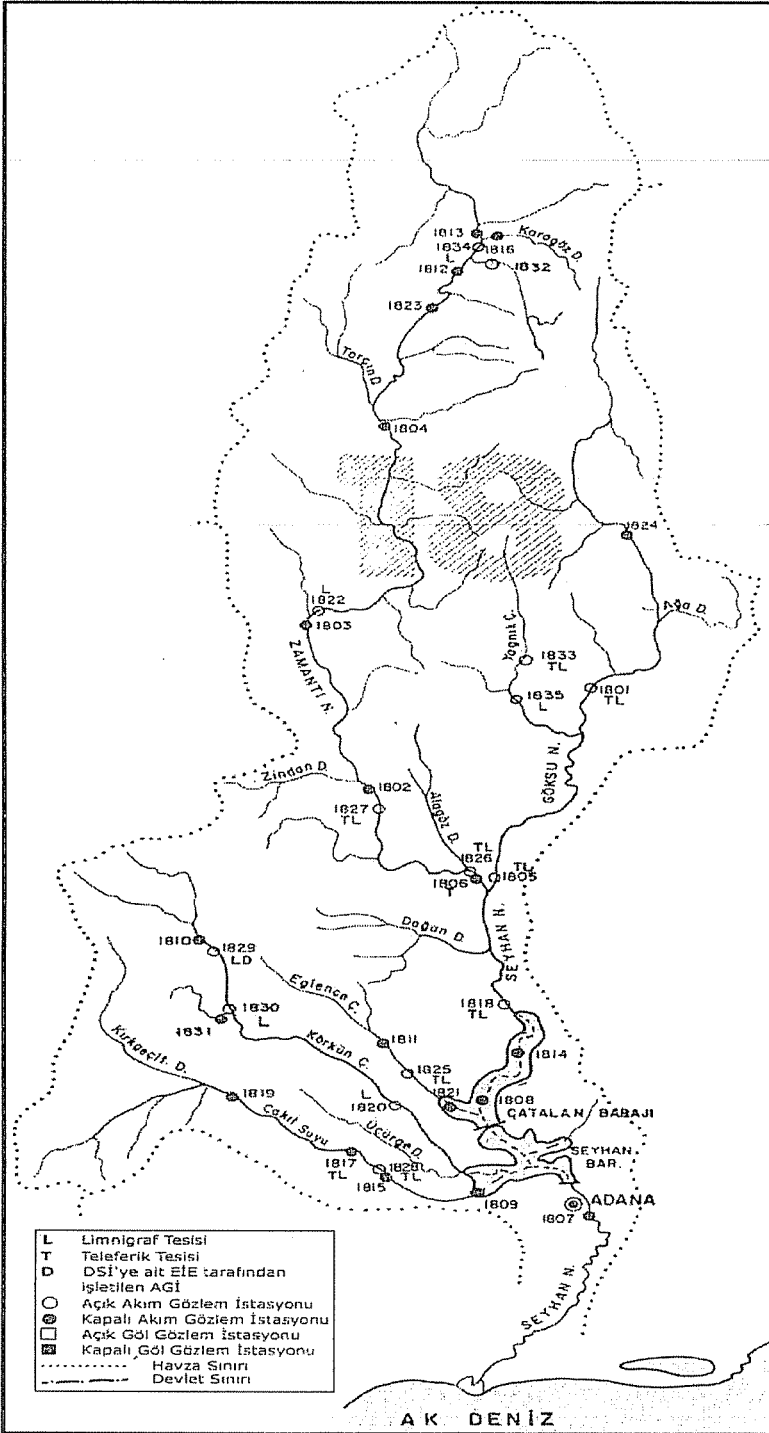
Bölge	İstasyon Adı	İstasyon No	Cvjk	Sk	F
1	Gökdere	1805	0.542	7.331<13.28(9.49)	20.773>8.649(4.459)
	Ergenuşağı	1806	0.569		
	Arapalı	1817	0.497		
	Üçtepe	1818	0.501		
	Sarımehmetli	1821	0.503		
2	Himmetli	1801	0.610	4.595<9.21(5.99)	
	Kamışlı	18-012	0.621		
	Çukurkişla	1824	0.652		
3	Farasa	1802	0.365	3.124<9.21(5.99)	
	Söğütlü	1804	0.407		
	Fıraktın Köp.	1822	0.368		

Tablo 3. Seyhan Havzasına Ait Boyutsuz Bölgesel PWM Momentleri

Bölge	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃
1	1.000	0.371	0.215	0.147
2	1.000	0.345	0.193	0.130
3	1.000	0.401	0.238	0.166

Bu çalışmada Gringorten formülü kullanılarak P_{ij} değerleri hesaplandıktan sonra y_{ij} değerleri tespit edilmiştir. Düzenli bir eğri elde etmek amacıyla y_{ij} değerleri 0.5 genişliğinde aralıklara bölünmüş ve bu aralıklardaki değerlerin ortalamaları alınmıştır. Bu değerler X_k ve y_k ortalamaları Şekil 2, 3, 4'de grafik olarak verilmiştir.

Wakeby, Gumbel, Log Pearson Tip 3, Pearson Tip 3, Log Normal, Log Lojistik ve Log Boughton dağılımları, Seyhan Havzasına uygulanmış parametre tahminleri elde edilmiş, T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 yıllık dönüş aralıklarına karşı gelen Q/Q_{ort} boyutsuz değerleri ve bu boyutsuz değerlere karşılık gelen y değerleri hesaplanmıştır. Bu dağılımlar gözlenmiş değerlerle grafik üzerinde karşılaştırılmış her bölge için ayrı ayrı taşkın frekans eğrileri elde edilmiştir (Şekil 2, 3, 4). Bu dağılımların parametreleri Tablo 4 ve Q/Q_{ort} boyutsuz değerleri Tablo 5'de verilmiştir.



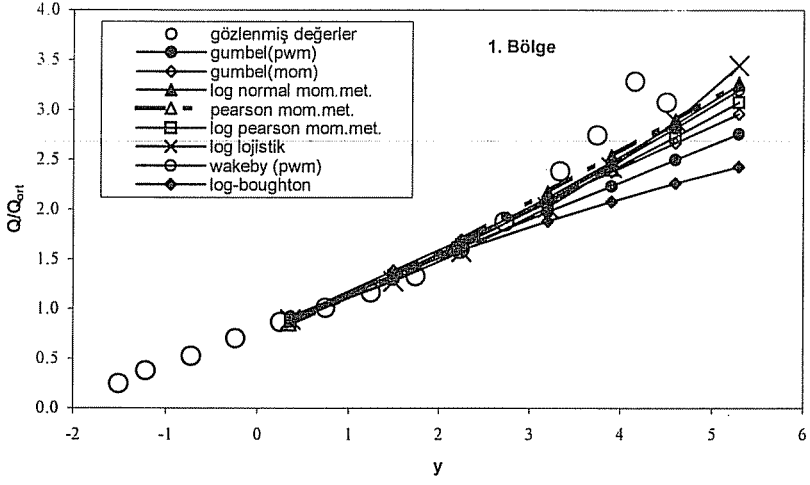
Şekil 1 Seyhan Havzasına ait DSI ve EIE tarafından işletilen AGİ ler

Tablo 4. Seyhan Havzasına Ait Bazı Dağılımların Parametreleri

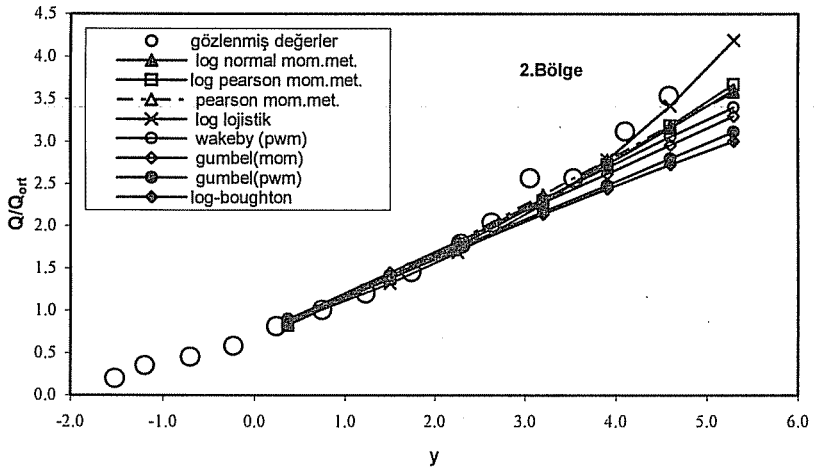
Dağılımlar	Parametre	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge
Log Lojistik (PWM)	a	-0.040	-0.092	-0.782
	b	0.938	0.953	1.746
	c	0.248	0.284	0.111
4 Parametrelili Wakeby	a	0.567	0.381	0.492
	b	21.369	59.697	525.326
	c	9.074	-11.496	-1.382
	d	0.048	-0.058	-0.583
Gumbel (MOM)	m	0.760	0.719	0.829
	n	0.416	0.487	0.296
Gumbel (PWM)	m	0.785	0.742	0.835
	n	0.372	0.447	0.286

Tablo 5. Seyhan havzasına ait T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 yıllık dönüş aralıklarına karşılık gelen Q/Q_{ort} değerleri

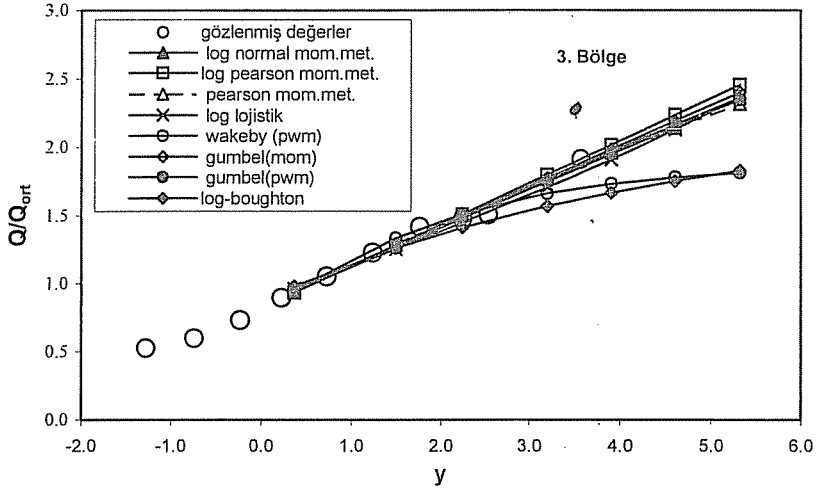
Bölge	T Dönüş Aralığı	y	Log Pearson Tip 3 (MOM)	Pearson Tip3 (MOM)	Log Normal (MOM)	Log Lojistik (PWM)	Wakeby (PWM)	Gumbel (MOM)	Gumbel (PWM)	Log Boughton
1	2	0.367	0.892	0.840	0.878	0.898	0.875	0.912	0.922	0.928
	5	1.500	1.336	1.329	1.335	1.283	1.297	1.383	1.343	1.343
	10	2.250	1.651	1.696	1.670	1.578	1.629	1.695	1.623	1.595
	25	3.199	2.069	2.180	2.120	2.023	2.086	2.089	1.976	1.886
	50	3.902	2.394	2.544	2.479	2.423	2.445	2.382	2.238	2.082
	100	4.600	2.730	2.909	2.856	2.893	2.816	2.672	2.497	2.262
	200	5.296	3.078	3.272	3.250	3.447	3.200	2.961	2.756	2.427
2	2	0.367	0.852	0.825	0.860	0.861	0.830	0.897	0.906	0.877
	5	1.500	1.372	1.404	1.400	1.320	1.397	1.450	1.413	1.381
	10	2.250	1.760	1.824	1.790	1.686	1.807	1.815	1.748	1.72
	25	3.199	2.297	2.369	2.313	2.257	2.324	2.277	2.172	2.141
	50	3.902	2.728	2.776	2.726	2.784	2.698	2.620	2.487	2.442
	100	4.600	3.185	3.181	3.159	3.420	3.056	2.960	2.799	2.729
	200	5.296	3.670	3.584	3.610	4.190	3.401	3.299	3.110	3.003
3	2	0.367	0.935	0.941	0.941	0.964	0.951	0.938	0.940	0.981
	5	1.500	1.280	1.289	1.281	1.255	1.333	1.273	1.264	1.262
	10	2.250	1.510	1.507	1.500	1.447	1.513	1.496	1.478	1.411
	25	3.199	1.800	1.771	1.769	1.704	1.662	1.777	1.749	1.568
	50	3.902	2.017	1.958	1.967	1.909	1.733	1.985	1.950	1.666
	100	4.600	2.235	2.139	2.164	2.128	1.780	2.192	2.149	1.752
	200	5.296	2.455	2.315	2.359	2.363	1.811	2.398	2.348	1.828



Şekil 2. Seyhan Havzasındaki 1. Bölge için elde edilen bölgesel taşkın frekans eğrileri



Şekil 3. Seyhan Havzasındaki 2. Bölge için elde edilen bölgesel taşkın frekans eğrileri



Şekil 4. Seyhan Havzasındaki 3. Bölge için elde edilen bölgesel taşkın frekans eğrileri

Seyhan havzasındaki 1. Bölge için elde edilen bölgesel taşkın frekans eğrisinde (Şekil 2) $0 < y < 3$ arasındaki değerlerde kullanılan dağılım modelleri gözlenmiş seri ile uyum sağlamaktadır. Fakat $y > 3$ değerleri için özellikle Log-Boughton ve Gumbel (PWM) dağılım modellerinin gözlenmiş değerlerden uzaklaştığı görülmektedir.

Şekil 3'de görüldüğü gibi, Seyhan havzası 2. bölge için kullanılan dağılım modelleri $y \approx 3$ değerine kadar eldeki örneğe yaklaşık sonuçlar vermekte, bu noktadan sonra ise dağılımların modellerinin eğrileri gözlenmiş değerlerin altında kalmaktadır.

Seyhan havzasındaki 3. bölgenin bölgesel taşkın frekans eğrisine göre (Şekil 4), kullanılan dağılımlar $y \approx 3$ değerine kadar uyum içindedir. Fakat bu değerden sonra Log-Boughton ve Wakeby dağılımlarının diğer dağılımlardan ayrıldığı görülmektedir.

Yukarıdaki yorumlardan da anlaşılacağı gibi grafiklerden, bölgelere hangi dağılımın daha iyi uyduğuna tam anlamıyla karar verilememektedir. Bundan dolayı grafikler çizildikten sonra, bölgelere hangi dağılımın daha iyi uyduğuna tam anlamıyla karar verebilmek için Fortran77 lisanında yazılmış bir bilgisayar programından faydalanarak uygunluk testleri yapılmıştır (2,3).

Kullanılan programa göre, mevcut örnek serilerin uzunluğu ne olursa olsun homojen bölgelerdeki bütün istasyonlarda Kolmogorov-Simirnov değerleri küçükten büyüğe doğru dizilmiş, buna göre en küçük Kolmogorov-Simirnov değerine sahip olma özelliğine göre 1. en iyi olma ve 2., 3., 4., 5. en iyi olma sayıları tespit edilmiştir. Aynı işlemler Cramer Von Misses testi için de tekrarlanmıştır. Buna göre, kullanılmış olan dağılımların Seyhan havzası için bölge bölge değerlendirilmesi tablolarda verilmiştir.

Seyhan havzası 1. bölgede Kolmogorov-Simirnov uygunluk testine göre Wakeby dağılımı 1 defa, Cramer Von Misses uygunluk testine göre ise yine Wakeby dağılımı 2 defa gözlenmiş değerlerle en iyi uyumu sağlamışlardır (Tablo 6, 7).

Seyhan havzası 2. bölgede Kolmogorov-Simirnov uygunluk testine göre Log-Boughton dağılımı kullanılan dağılımlar arasında bölgedeki 3 istasyonun ikisinde en iyi

uyumu sağlamıştır. Cramer Von Misses uygunluk testine göre ise yine Wakeby dağılımı 2 defa gözlenmiş değerlerle en iyi uyumu sağlamışlardır (Tablo 8, 9).

Seyhan havzası 2. bölgede Kolmogorov-Simirnov uygunluk testine göre P3 (MOM) dağılımı bir defa, Cramer Von Misses uygunluk testine göre ise Wakeby dağılımı bir defa gözlenmiş değerlerle en iyi uyumu sağlamışlardır (Tablo 10, 11).

Tablo 6. Seyhan 1. Bölgedeki 5 Seri İçin Kolmogorov-Simirnov Uygunluk Testi

MODEL:	1. Olma Sayısı	2. ile 5. Arasında Kalma Sayısı	%60 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%80 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%90 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı
Gumbel-MOM	0	0	4	5	5
Gumbel-PWM	0	1	5	5	5
Log-Boughton	0	0	5	5	5
Lg-Logis-PWM	0	1	5	5	5
P3-MOM	0	0	3	5	5
LP3-MOM	0	0	5	5	5
LN3-MOM	0	1	5	5	5
Wakeby-PWM	1	2	5	5	5

Tablo 7. Seyhan 1. Bölgedeki 5 Seri İçin Cramer Von Mises Uygunluk Testi

MODEL:	1. Olma Sayısı	2. ile 5. Arasında Kalma Sayısı	%60 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%80 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%90 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı
Gumbel-MOM	0	0	3	4	5
Gumbel-PWM	0	1	5	5	5
Log-Boughton	0	0	5	5	5
Lg-Logis-PWM	0	2	5	5	5
P3-MOM	0	0	4	5	5
LP3-MOM	0	1	5	5	5
LN3-MOM	0	0	5	5	5
Wakeby-PWM	4	0	5	5	5

Tablo 8. Seyhan 2. Bölgedeki 3 Seri İçin Kolmogorov-Smirnov Uygunluk Testi

MODEL:	1. Olma Sayısı	2. ile 5. Arasında Kalma Sayısı	%60 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%80 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%90 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı
Gumbel-MOM	0	0	2	3	3
Gumbel-PWM	0	0	3	3	3
Log-Boughton	2	1	3	3	3
Lg-Logis-PWM	0	1	3	3	3
P3-MOM	0	0	2	3	3
LP3-MOM	0	0	3	3	3
LN3-MOM	0	0	3	3	3
Wakeby-PWM	0	0	3	3	3

Tablo 9. Seyhan 2. Bölgedeki 3 Seri İçin Cramer Von Mises Uygunluk Testi

MODEL:	1. Olma Sayısı	2. ile 5. Arasında Kalma Sayısı	%60 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%80 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%90 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı
Gumbel-MOM	0	0	2	2	3
Gumbel-PWM	0	0	3	3	3
Log-Boughton	0	0	3	3	3
Lg-Logis-PWM	0	1	3	3	3
P3-MOM	0	1	2	3	3
LP3-MOM	0	0	3	3	3
LN3-MOM	0	0	3	3	3
Wakeby-PWM	2	0	3	3	3

Tablo 10. Seyhan 3. Bölgedeki 3 Seri İçin Kolmogorov-Smirnov Uygunluk Testi

MODEL:	1. Olma Sayısı	2. ile 5. Arasında Kalma Sayısı	%60 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%80 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%90 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı
Gumbel-MOM	0	0	3	3	3
Gumbel-PWM	0	0	3	3	3
Log-Boughton	0	1	3	3	3
Lg-Logis-PWM	0	0	3	3	3
P3-MOM	1	1	3	3	3
LP3-MOM	0	0	3	3	3
LN3-MOM	0	1	3	3	3
Wakeby-PWM	0	1	3	3	3

Tablo 11. Seyhan 3. Bölgedeki 3 Seri İçin Cramer Von Mises Uygunluk Testi

MODEL:	1. Olma Sayısı	2. ile 5. Arasında Kalma Sayısı	%60 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%80 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı	%90 Olasılıktan Küçük Olma Sayısı
Gumbel-MOM	0	1	3	3	3
Gumbel-PWM	0	1	3	3	3
Log-Boughton	0	0	3	3	3
Lg-Logis-PWM	0	1	3	3	3
P3-MOM	0	0	3	3	3
LP3-MOM	0	0	3	3	3
LN3-MOM	0	0	3	3	3
Wakeby-PWM	1	1	3	3	3

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, literatürde yaygın olarak bilinen 8 farklı taşkın frekansı analiz yöntemi ele alınmıştır. Bu dağılımlar Seyhan havzasına uygulanmış ve yapılan uygunluk testleri değerlendirmesine göre aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Seyhan 1. Bölge de Wakeby (PWM) dağılımı en uygun dağılım olarak görülmektedir.
- Seyhan 2. Bölge de bulunan 3 seri için Wakeby (PWM) ve Log Boughton dağılımları en iyi dağılımlar olarak değerlendirilebilir. Bu bölgede iki dağılım birbirine belirgin bir üstünlük sağlayamamıştır.
- Seyhan 3. Bölge deki 3 seri için ise P3 (MOM) ve Wakeby (PWM) uygulanan dağılımlar arasında en iyi sonuç veren dağılım modelleridir.

5. KAYNAKLAR

- Wallis, J.R., "Risk and uncertainties in the evaluation of flood events for the design of hydraulic structures", "Seminer on extreme hydrological events-floods and droughts", Erice, Italy, 1980.
- Haktanır, T., "Taşkın frekans analizi için paket program", DSİ Teknik Bülteni. 53, 48-57, 1982.
- Haktanır, T., "A few distribution compiled together for flood frequency analysis", Doğa, Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 14(1), 146-165, 1990.
- Wiltshire, S.W., "Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis", Journal of Hydrology, 84, 287-302, 1986.
- Nerc, "Flood studies report", Nat. Environ. Res. Council, 1(5), London, 1975.
- Houghton, J.C., "Birth of a parent: the wakeby distribution for modelling flood flows", Water Resources Research, 14(6), 1105-1109, 1978.
- Ahmad, M.I., Sinclair, C.D. & Werritty, A., "Log lojistik flood frequency analysis", Journal of Hydrology, 98, 205-224, 1988.

8. Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. & Wallis, J.R., "Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distribution expressible in Inverse form", *Water Resources Research*, 15(5), 1049-1054, 1979.

9. Landwehr, J.M., Matalas, N.C. & Wallis, J.R., "Probability weighted moments compared with some traditional techniques in estimating gumbel parameters and quantiles", *Water Resources Research*, 15(5), 1055-1064, 1979a.

10. Boughton, W.C., "A frequency distribution for annual flows", *water resources research*, 16(2), 347-354, 1980.

11. Boughton, W.C. & Shirley, E.D., "Fitting procedures for the log boughton distribution", *Journal of Hydraulics Div., ASCE*. 109(4), 579-589, 1983.

12. Rao, A.R., Hamed, K.H., "Flood Frequency Analysis", CRC Press LLC, 2000.



ÇELİK LİF KATKILI NORMAL VE YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONLARIN MEKANİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

İsmail H. ÇAĞATAY

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, normal ve yüksek mukavemetli betonların çelik lif takviyesi ile oluşan mekanik özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde basınç dayanımını belirlemek için hem 15X30 cm lik silindir numuneler, hem de 15X15X15 cm boyutlarındaki küp numuneler kullanılmıştır. Çekme mukavemetini belirlemek için ise 10X10X50 cm boyutlarındaki prizma numuneler hazırlanmıştır. Numuneler hem lifli hem de liffsiz olarak hazırlanmıştır. Küp ve silindir basınç dayanımı oranı da belirlenerek çelik lif katkısının etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik lif, Yüksek mukavemet, Beton

MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL FIBER CONTENT OF NORMAL AND HIGH STRENGTH CONCRETE

ABSTRACT : In this study, mechanical properties of normal and high strength concrete have been examined experimentally. Both the 15 cm cubic specimens and 15X30 cylindrical specimens have been used to determine the compressive strength of the concrete. The prismatic specimens with 10X10X50 cm dimensions have also been used to determine the flexural tensile strength of the concrete. The specimens were prepared both with steel fiber and without fibers contents. The effect of steel fiber on the ratio of cube strength to cylindrical strength of concrete was also examined.

Keywords: Steel fiber, High strength, Concrete

1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen depremlerde hasar gören yapılar incelendiğinde genellikle yıkılma nedenlerinin en önemlilerinden birinin kalitesiz ve düşük dayanımlı beton olduğu görülmüştür. Gerçekten yapılan incelemelerde beton dayanım değeri 100 kg/cm^2 'den daha düşük binalar tesbit edilmiştir. Gelişmiş ülkelerde kullanılan beton sınıfları en az C25 (BS25) hatta C30 iken ülkemizde birinci ve ikinci deprem bölgelerinde C20 sınıfı beton kullanılması zorunluluğu getirilmiştir. Ancak hala bu değerlere ulaşım oranı çoğu zaman çok düşüktür. Çünkü, iyi beton üretimi için gerekli olan standart yönetmeliklere uyulmamakta, beton karışım hesabı yapılmamakta, beton karışım hesabı yapılmış olsa bile hesaplanan karışım oranlarına uygun miktarda malzeme kullanılmamakta, gerekli bakım yapılmamakta, uygun malzeme kullanılmamaktadır.

Beton, uygun oranlarda ince agregası (doğal veya kırma kum), iri agregası (doğal veya kırma çakıl), çimento, su ve varsa bazı özel katkı maddelerinden oluşan harmanın bir ile beş dakika arası bir zaman süresi içinde karıştırılması ile oluşan ve taze iken akıcı plastik bir halde olan, sertleştikten sonra *karakteristik silindir basınç dayanımı* genellikle $140 \text{ ila } 600 \text{ kgf/cm}^2$ olan sahip sağlam bir yapı malzemesidir.

Karakteristik dayanım, istatistiksel verilere dayanılarak belirlenen ve bu değerden daha düşük değerler elde edilmesi belirli bir olasılıkla (% 5 veya % 10) mümkün olan değerlerdir. Betonun basınç dayanımı, çapı 15 cm ve yüksekliği 30 cm olan, suda $20^\circ \text{ C} \pm 2^\circ \text{ C}$ sıcaklıkta saklanmış 28 günlük standart silindir numunelerden elde edilir.

1. ve 2. derece deprem bölgelerinde BS20 (C20) sınıfı beton kullanımı zorunludur. Yani betonun basınç dayanımı 200 kgf/cm^2 olmalıdır. BS50'a kadar olan betonlar "normal dayanımlı beton", BS50 ve daha yüksek betonlar "yüksek dayanımlı betonlar" olarak tanımlanır.

İnşaat mühendisliği alanında gelinen teknolojik durum, yüksek dayanımlı betonu bir gereklilik haline getirmiştir. Yüksek dayanımlı beton, genel tanım olarak 28 günlük basınç dayanımı 50 MPa ve üzerinde olan betondur. Yüksek dayanımlı betonların genel uygulama alanları gökdelenler, barajlar ve uzun açıklıktaki köprülerdir. Ancak bunların yanısıra daha yüksek katlı binaların yapılabilmesi, aynı yükün daha küçük kesitlerle taşınabilmesi ve son yıllarda özellikle ülkemizin gündemine oturan deprem hareketlerine karşı daha güçlü yapıların yapılabilmesi için dayanıklı betonların elde edilmesi bir zorunluluktur.

Yüksek dayanımlı beton, aynı zamanda yüksek kalitede üretim yapmak demektir. Yüksek dayanımlı betonun üretiminde, çimentodan süperakışkanlaştırıcıya, iri agregadan kuma ve suya kadar, kullanılacak silis dumanı gibi katkı maddelerine kadar, elde edilecek karışımın bütün bileşenleri ve bu bileşenlerin cinsi ve miktarı büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, normal ve yüksek mukavemetli betonların çelik lif takviyesi ile oluşan mekanik özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde basınç dayanımını belirlemek için hem $15 \times 30 \text{ cm}$ lik silindir hem de $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ boyutlarındaki küp numuneler kullanılmıştır. Çekme mukavemetini belirlemek için ise $10 \times 10 \times 50 \text{ cm}$ boyutlarındaki prizma numuneler hazırlanmıştır. Numuneler hem lifli hem de liffsiz olarak hazırlanmıştır. Küp ve silindir basınç dayanımı oranı da belirlenerek çelik lif katkısının etkisi araştırılmıştır.

Öncelikle normal ve yüksek dayanımlı beton için uygun malzeme temin edilmiştir. İnce ve iri agrega bölgemizden temin edilerek TS-706 ve TS-802 ye göre uygun karışım oranları belirlenmiştir. Uygun karışım oranları belirlendikten sonra uygun oranda çelik lif takviyesi yapılmıştır. Normal ve yüksek dayanımlı betonlar için küp, silindir ve prizma numuneler hazırlanmış ve 28. günde İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında mevcut olan 300 ton kapasiteli üniversal test aleti ile test edilmiştir. Numunelerin basınç ve çekme mukavemet değerleri ve gerilme şekil değiştirme eğrileri belirlenmiştir. Böylece normal ve yüksek mukavemetli çelik lif katkılı ve katkısız betonlar test edilerek sonuçları yorumlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1960'lı yıllardan bu yana lif katkıları kullanılarak yapılan çalışmalarda, betonda oluşan çatlakların ilerleme hızının azaldığı görülmüştür. Günümüzde betonda yaygın olarak kullanılan lifler; çelik karbon, polipropilen ve alkali dirençli camdır. Lifli beton uygulamalarında çelik lifler genellikle daire kesitli ve bazen dikdörtgen kesitli olabilmektedir. Bu liflerin boyları 30-60 mm, çapları 0.5-1.0 mm arasında olmakta ve elemanların kalınlığına göre değişmektedir (1-6).

Çelik lif betonun basınç dayanımını artırmamakta, ancak sünekliğini artırmaktadır. Bu ise yapının deprem sırasındaki davranışını olumlu yönde artırmaktadır. Özellikle deprem kuşağında yer alan ülkemizde sünek davranış sergileyen beton üretimi gerekli olmaktadır. Çelik lifler çatlak genişliklerini azaltmaktadır. Betonarme kirişin taşıma kapasitesini artırmaktadır. Ülkemizde güçlendirme amaçlı olarak da kullanılan lifler; hafif, yüksek mukavemetli, liflerin dizilim yönleri değiştirilerek mukavemeti ayarlanabilen, beton ve çeliğin giremeyeceği yerlere girebilen, ince, uygulaması hızlı ve pratik, korozyona dayanıklı ve uzun ömürlü malzemelerdir (7-8).

Yüksek mukavemetli beton sadece çimento ile elde edilebildiği gibi, çimento ile birlikte mineral katkıların katılmasıyla da elde edilebilmektedir. Bu mineral katkıları: uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, doğal puzolan, fiber, kimyasal katkı ve daha başka malzemelerdir. Bu malzemelerden silis dumanı endüstriyel atıktır. Betona katılan bu malzemeler ile beton için gerekli olan çimento ihtiyacı azaltmakta, çevre kirliliği azaltmakta ve daha az enerji harcanmaktadır. Günümüzde bu malzemeler artık endüstri atığı olarak değil, parayla alınıp satılmaya başlayan kıymetli bir beton katkı maddesi haline gelmiştir (9-10).

Silis dumanı, elektrometalurji sanayiinde şilisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretiminde bir yan ürün olarak elde edilmekte ve çok küçük küresel taneli olup yaklaşık %90 oranında amorf silis içermesinden dolayı puzolanik değeri yüksek bir malzemedir. Mikrosilis, ferrosilikon üretimi sırasında açık elektrik ark fırınında kuvarsın 2000 °C de indirgenmesi ile ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde silis dumanı Etibank elektrometalurji sanayi işletmesinin Antalya'daki tesislerinde elde edilmektedir. Antalya'da elde edilen silis dumanlarının doğal puzolan veya uçucu kül ile karşılaştırıldığında, yüksek S_iO₂ içeriği, sabite yakın kimyasal bileşimi, camsı faz ve oldukça yüksek inceliği nedeniyle beton üretimine uygun bir katkı maddesi olduğu ortaya çıkmaktadır.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada, TS EN 197-1 (2002) ile uyumlu PÇ 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Agregalar Adana bölgesi doğal agregalardır. Uzunluk/çap oranı (Narinlik Oranı) 65 olan, uçları pilye şeklinde bükülmüş kancalı çelik lifler kullanılmıştır.

3.2. Metod

İnce agregalar için özgül ağırlık deney sonuçlarına göre numunenin kuru hacim özgül ağırlığı=2.48, KYD hacim özgül ağırlığı=2.57 ve KYD halde su emme kapasitesi=3.61 olarak bulunmuştur. İri agregalar için özgül ağırlık deney sonuçlarına göre numunenin kuru hacim özgül ağırlığı= 2.66, KYD hacim özgül ağırlığı=2.68 ve KYD halde su emme kapasitesi=0.94 olarak bulunmuştur.

Yapılan deneylerde elek analizleri sonuçları Tablo 1-3' te verilmektedir.

Tablo 1. İri Agregada (İri Çakıl) Elek Analiz Deney Sonuçları

Elek göz açıklığı (mm)	Elek üstünde kalan malz.	Elek üstü kalan malzeme kümülatif (%)	Elekten geçen malz. (%)
31.5	0.00	0.00	100.00
16	941.33	18.84	81.16
8	3909.80	97.12	2.88
4	139.73	99.91	0.09
2	4.30	100.00	0.00

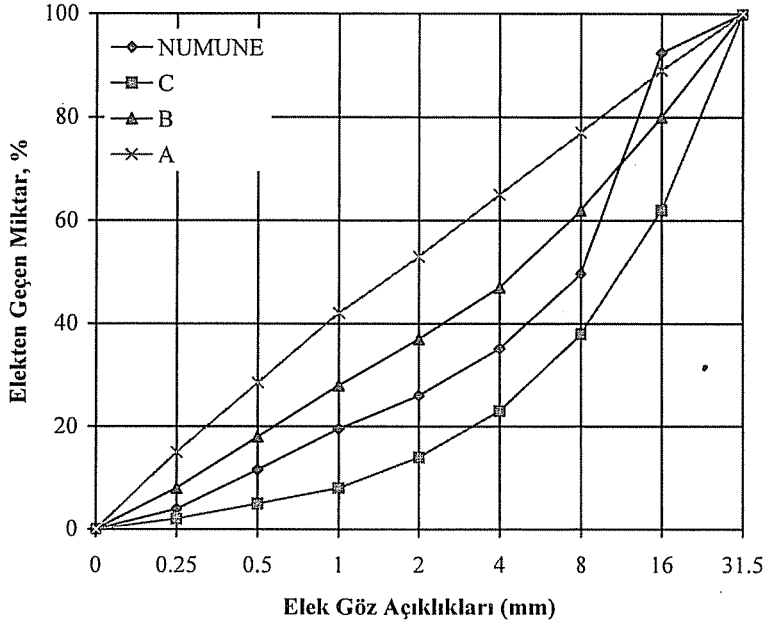
Tablo 2. İri Agregada (Orta Çakıl) Elek Analiz Deney Sonuçları

Elek göz açıklığı (mm)	Elek üstünde kalan malz.	Elek üstü kalan malzeme kümülatif (%)	Elekten geçen malz. (%)
16	0.00	0.00	100.00
8	1908.60	38.19	61.81
4	2147.72	81.16	18.84
2	756.37	96.29	3.71
1	141.87	99.13	0.87
0.5	22.79	99.58	0.42
0.25	11.37	99.81	0.19

Tablo 3. İnce Agrega (Kum) Elek Analiz Deney Sonuçları

Elek göz açıklığı (mm)	Elek üstünde kalan malz.	Elek üstü kalan malzeme kümülatif (%)	Elekten geçen malz. (%)
8	0	0.00	100.00
4	38.46	1.94	98.06
2	300.59	17.06	82.94
1	372.26	35.79	64.21
0.5	519.73	61.95	38.05
0.25	502.15	87.22	12.78

Yapılan hesaplara göre uygun gradasyon değerleri Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Karışık Agregalar İçin Granülometri Eğrisi

3.3. Betonun Karışım Hesabının Yapılması

1 m³ betonda kullanılacak karışım miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Tablo 4 ve 5’ te normal mukavemetli lif katkısız ve normal mukavemetli lif katkılı beton için, Tablo 6 ve 7’ de yüksek mukavemetli lif katkısız ve yüksek mukavemetli lif katkılı beton için karışım değerleri verilmektedir.

Tablo 4. Normal Mukavemetli Beton İçin Karışım Miktarı

Su	156 lt
Çimento	332 kg
Kum	608 kg
Orta çakıl	608 kg
İri çakıl	810 kg

Tablo 5. Normal Mukavemetli+Çelik Lifli Beton İçin Karışım Miktarı

Su	156 lt
Çimento	332 kg
Kum	608 kg
Orta çakıl	608 kg
İri çakıl	810 kg
Çelik lif	20 kg
Akışkanlaştırıcı	1.1205 kg

Tablo 6. Yüksek Mukavemetli Beton İçin Karışım Miktarı

Su	145 lt
Çimento	500 kg
Kum	550 kg
Orta çakıl	550 kg
İri çakıl	750 kg
Silis Dumanı	33.3 kg
Akışkanlaştırıcı	4 kg

Tablo 7. Yüksek Mukavemetli+Çelik lifli Beton İçin Karışım Miktarı

Su	145 lt
Çimento	500 kg
Kum	550 kg
Orta çakıl	550 kg
İri çakıl	750 kg
Silis Dumanı	33.3 kg
Çelik lif	20 kg
Akışkanlaştırıcı	4 kg

3.4. Numunelerin Hazırlanması

Bu çalışma için yukarıda karışım oranları TS-802 standardına göre hazırlanan lifli ve lisiz normal ve yüksek mukavemetli betonlar hazırlanmıştır. Basınç dayanımı için standart silindirik numuneler ile 15 cm boyutlarında küp numuneler ve eğilmede çekme dayanımı için 10X10X50 cm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Şekil 2' de standart kalıplar görülmektedir. Tüm numuneler sarsma tablası kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 2. Standart Numuneler

3.5. Numunelerin Test Edilmesi

28 gün suda saklanan numuneler 200 tonluk üniversal basınç makinası ile kırılmıştır.

4. SONUÇLAR

Küp numunelerin ortalama basınç dayanım değerleri Tablo 8'de, prizma numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanım değerleri Tablo 9'da, standart silindirik numunelerin ortalama basınç dayanım değerleri Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 8. Küp Numunelerin Ortalama Basınç Dayanım Değerleri

Numuneler	Ort. Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
Normal Mukavemetli	562.76
Normal Mukavemetli+Lifli	542.78
Yüksek Mukavemetli	812.18
Yüksek Mukavemetli+Lifli	817.78

Tablo 9. Prizma Numunelerin Ortalama Eğilmede Çekme Dayanım Değerleri

Numuneler	Ort. Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
Normal Mukavemetli	81.25
Normal Mukavemetli+Lifli	60.13
Yüksek Mukavemetli	84.50
Yüksek Mukavemetli+Lifli	136.18

Tablo 10. Standart Silindir Numunelerin Ortalama Basınç Dayanım Değerleri

Numuneler	Ort. Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
Normal Mukavemetli	430.02
Normal Mukavemetli+Lifli	462.96
Yüksek Mukavemetli	568.01
Yüksek Mukavemetli+Lifli	601.25

Beton numunelere 1 m³ te ağırlıkça %0.25 oranında (20 kg) çelik lif katılmıştır. Normal mukavemetli lifsiz betonların ortalama küp basınç dayanımı 552.76 kgf/cm², silindir basınç dayanımı 446.49 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Silindir dayanımı/küp dayanım oranı 0.76 olarak bulunmuştur.

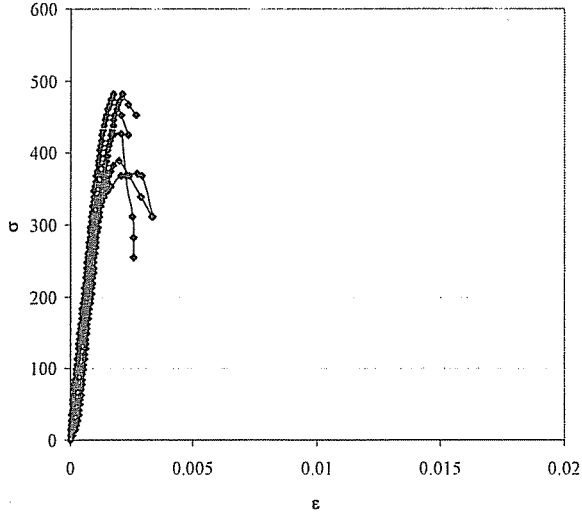
Yüksek mukavemetli lifsiz betonların ortalama küp basınç dayanımı 814.97 kgf/cm², silindir basınç dayanımı 584.62 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Silindir dayanımı/küp dayanım oranı 0.70 olarak bulunmuştur.

Lifli normal mukavemetli betonlarda küp numunelerin beton basınç dayanımı artmazken, silindir numunelerde basınç dayanımı % 7.6 kadar artış sağlamıştır. Lifli yüksek mukavemetli betonlarda küp numunelerin beton basınç dayanımı çok artmazken, silindir numunelerde basınç dayanımı % 5.8 kadar artış sağlamıştır.

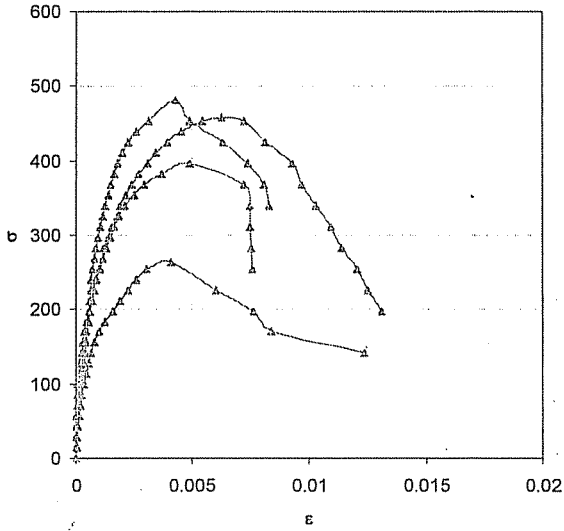
Normal dayanımlı betonlarda eğilme dayanımında lif katkısının etkisi bulunmamıştır. Yüksek dayanımlı betonlarda ise lif katkısı betonun eğilme dayanımını % 61.1 oranında artırmıştır.

Bazı numunelerin gerilme-şekil değiştirme eğrileri Şekil 3-6' da verilmektedir.

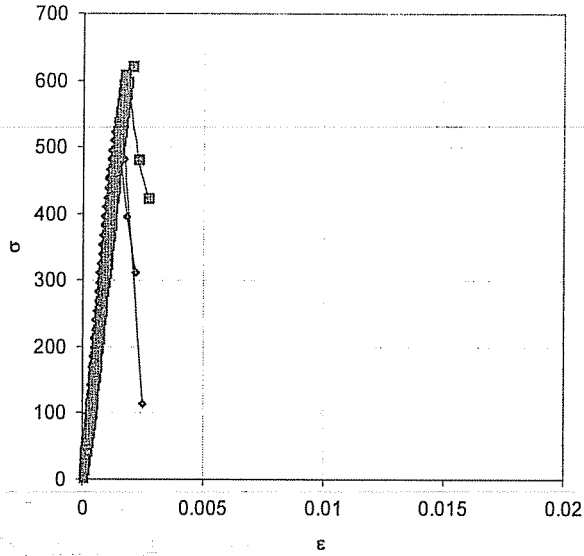
ÇELİK LİF KATKILI NORMAL VE YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONLARIN
MEKANİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ



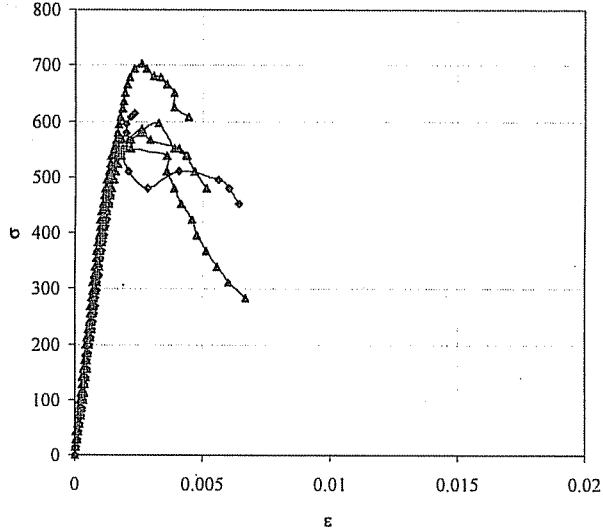
Şekil 3. Lif katkısız normal dayanımlı betonların gerilme-şekil değiştirme eğrileri



Şekil 4. Lif katkılı normal dayanımlı betonların gerilme-şekil değiştirme eğrileri



Şekil 5. Lif katkısız yüksek dayanımlı betonların gerilme-şekil değiştirme eğrileri



Şekil 6. Lif katkılı yüksek dayanımlı betonların gerilme-şekil değiştirme eğrileri

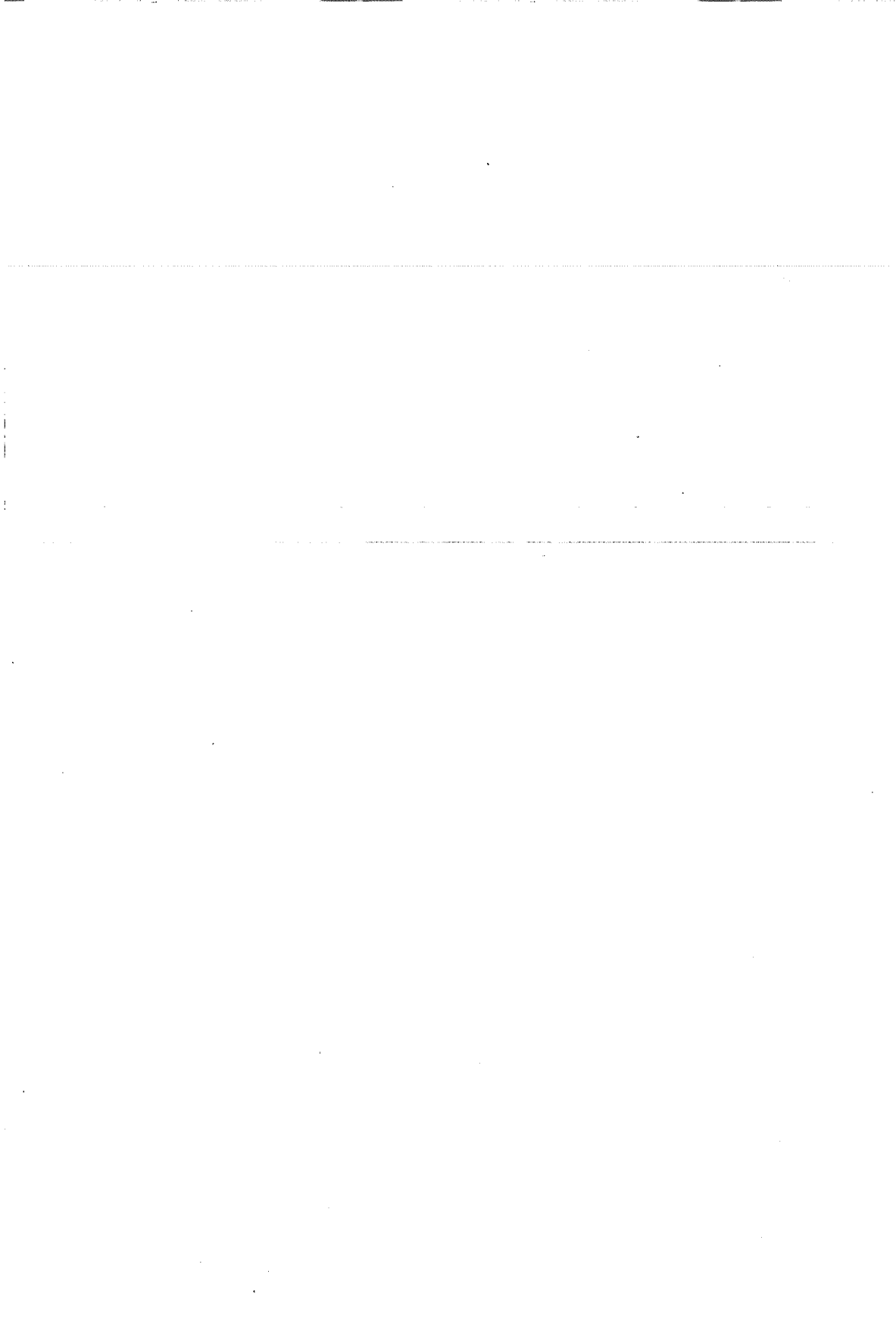
Şekillerin incelenmesinden de görüleceği gibi, lif katkısı özellikle betonun şekil değiştirme değerlerini önemli oranda artırmıştır. Bu ise sünekliği artırmaktadır. Özellikle deprem gibi sünekliğin önemli olduğu yapılarda çelik lif kullanımı betonun sünekliğine fayda sağlayacaktır.

5. TEŞEKKÜR

Yazar MMF2003BAP10 nolu Çelik Lif Katkılı Düşük ve Yüksek Mukavemetli Betonların Mekanik Davranışlarının İncelenmesi isimli projenin desteklenmesi nedeniyle Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

1. Gençoğlu, M., Eren, İ., "İki yönlü Tekrarlı Yükleme Altındaki Betonarme Kenar Kolon-Kiriş Birleşiminde Kullanılan Çelik Tel Takviyeli Betonun Etkili Bölgesinin Araştırılması", Çelik Tel Donatılı Beton Sempozyumu, Sabancı Center, İstanbul, 1999.
2. Groth, P., Ghasemlou, F., "Toughness Characteristics of Steel Fibre Reinforced Concrete with Energetically Modified Cement", Luea University of Tecnlogy, Division of Structural Engineering, Internal Report 96, pp. 23, 1996.
3. Peaston, C., Eliot, K. and Paine, K., "Steel Fiber Reinforcement for Extruded Prestressed Hollow Core Slabs", ACI Special Publication, May, Vol.182, 1999.
4. Svecova, D. and Razaqpur, A.G., "Flexural Behavior of Concrete Beams Reinforced with Carbon Fiber-Reinforced Polymer (CFRP) Prestressed Prisms", ACI Structural Journal, September, Vol. 97, Issue: 5, 2000.
5. Swamy, R.N., Mannat, P.S., "A Theory for the Flexural Strength of Fiber Reinforced Concrete", Cement & Concrete Research, Vol. 4, No. 2, pp. 313-325, 1974.
6. Şener, S., Çağatay, B., Begimgil, M., Ogün, F., "Çelik Lifli Çentikli Kirişlerde Boyut Etkisi, Çelik Tel Donatılı Beton Sempozyumu, Sabancı Center, İstanbul, 1999.
7. TS 10513, "Çelik Teller-Beton Takviyesinde Kullanılan", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
8. TS 10515, "Beton-Çelik Tel Takviyeli-Eğilme Mukavemeti Deney Metodu", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
9. Jianyong, L., Pei, T., "Effect of Slag and Silica Fume on Mechanical Properties of High Strength Concrete" Cement and Concrete Research, Vol.27, No.6, pp.833-837, 1997.
10. Shannag, M.J., "High Strength Concrete Containing Natural Puzolan and Silica Fume" Cement and Concrete Composites, Vol.22, pp.399-406, 2000.



ÇELİK LİF KATKILI YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONARME KİRİŞLERİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

İsmail H. ÇAĞATAY

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, yüksek mukavemetli betonarme kirişlerin çelik lif takviyesi ile oluşan mekanik özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Optimum tasarımı yapılan lifli ve lifsiz I kesitli betonarme kirişlerin eğilme deneyi yapılmış ve kesitte meydana gelen gerilme değerleri, yük-deplasman ve yük-birim deformasyon ilişkileri elde edilmiştir. Kirişlerin, çatlaklar oluşuncaya kadar lineer bir şekilde davrandığı, daha sonra ise kalıcı deformasyonlar sonucu nonlineer bir davranış sergilediği görülmüştür. Anahtar Kelimeler: Çelik lif, Betonarme kiriş, Yüksek mukavemet*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HIGH STRENGTH REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH STEEL FIBERS

ABSTRACT : *In this study, mechanical properties of high strength reinforced concrete beams with and without steel fibers have been examined experimentally. Optimum designed of the reinforced concrete beams of I shaped cross-section tested under flexure. The effect of steel fibers on mechanical properties of the reinforced concrete beams has been investigated and the stress-strain, the load-displacement and the load-unit displacement relationships were examined. The stresses developed at various loading conditions were found to be in good agreement with the theoretical results.*

Keywords: *Steel fiber, Reinforced concrete beam, High strength*

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: MMF2003BAP9

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliği alanında gelinen teknolojik durum, yüksek dayanımlı betonu bir gereklilik haline getirmiştir. Yüksek dayanımlı beton, genel tanım olarak 28 günlük basınç dayanımı 50 MPa ve üzerinde olan betondur ve bu betonun üretilmesi özellik isteyen bir iştir. Özellikle 140 MPa'a yakın basınç dayanımına sahip olan betonlar için çok özel uygulama alanları bulunmaktadır. Yüksek dayanımlı betonların genel uygulama alanları gökdelenler, barajlar ve uzun açıklıktaki köprülerdir. Ancak bunların yanısıra daha yüksek katlı binaların yapılabilmesi, aynı yükün daha küçük kesitlerle taşınabilmesi ve son yıllarda özellikle ülkemizin gündemine oturan deprem hareketlerine karşı daha güçlü yapıların yapılabilmesi için yüksek dayanımlı betonların elde edilmesi gerekmektedir.

Yüksek dayanımlı beton, aynı zamanda yüksek kalitede üretim yapmak demektir. Yüksek dayanımlı betonun üretiminde, çimentodan süperakışkanlaştırıcıya, iri agregadan kuma ve suya kadar, kullanılacak silis dumanı gibi katkı maddelerine kadar, elde edilecek karışımın bütün bileşenleri ve bu bileşenlerin cinsi ve miktarı büyük önem taşımaktadır.

Çelik lif betonun basınç dayanımını çok fazla artırmamakta, ancak sünekliliğini artırmaktadır. Bu ise yapının deprem sırasındaki davranışını olumlu yönde artırmaktadır. Özellikle deprem kuşağında yer alan ülkemizde sünek davranış sergileyen beton üretimi gerekli olmaktadır. Çelik lifler çatlak genişliklerini azaltmaktadır. Betonarme kirişin taşıma kapasitesini artırmaktadır.

Silis dumanı, elektrometalurji sanayiinde silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretiminde bir yan ürün olarak elde edilmekte ve çok küçük küresel taneli olup yaklaşık %90 oranında amorf silis içermesinden dolayı puzolanik değeri yüksek bir malzemedir. Mikrosilis, ferrosilikon üretimi sırasında açık elektrik ark fırınında kuvarsın 2000 °C de indirgenmesi ile ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde silis dumanı Etibank elektrometalurji sanayi işletmesinin Antalya'daki tesislerinde elde edilmektedir. Antalya'da elde edilen silis dumanlarının doğal puzolan veya uçucu kül ile karşılaştırıldığında, yüksek SiO₂ içeriği, sabite yakın kimyasal bileşimi, camsı faz ve oldukça yüksek inceliği nedeniyle beton üretimine uygun bir katkı maddesi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde, yapı mühendisliğinde gelişen teknolojiye paralel olarak daha dayanımlı yapılara ve yüksek mukavemetli malzeme kullanımına doğru etkin çalışmalar yapılmaktadır. Bunun sonucunda kesit boyutlarında azaltmalar yapılarak yapıların daha ekonomik olması sağlanmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Betonarme taşıyıcı bir elemanda, betonun çekme uzama kapasitesinin azlığı sebebi ile donatı gerilmesinin 650 kg/cm²'yi geçtiği durumlarda betonda çatlaklar oluşmaktadır.

Çatlak oluşumunun engellenmesinin bir diğer yolu ise beton içerisinde lif katkıların kullanılmasıdır. 1960'lı yıllardan bu yana lif katkıları kullanılarak yapılan çalışmalarda [1-7], betonda oluşan çatlakların ilerleme hızının azaldığı görülmüştür. Günümüzde betonda yaygın olarak kullanılan lifler; çelik karbon, polipropilen ve alkali dirençli camdır. Ülkemizde güçlendirme amaçlı olarak da kullanılan lifler; hafif, yüksek

mukavemetli, liflerin dizilim yönleri değiştirilerek mukavemeti ayarlanabilen, beton ve çeliğin giremeyeceği yerlere girebilen, ince, uygulaması hızlı ve pratik, korozyona dayanıklı ve uzun ömürlü malzemelerdir (8-9).

Betonu, takviye amacı ile kullanılan, değişik şekil ve büyüklükte olan lifler cam, çelik, polipropilen ve organik polimerlerden üretilmektedir. ACI 544'e göre lifin tanımı, lifin boyunun eşdeğer lif çapına bölünmesi ile elde edilen boy/çap oranı olarak kabul edilmektedir. Lifli beton uygulamalarında çelik lifler genellikle daire kesitli ve bazen dikdörtgen kesitli olabilmektedir. Bu liflerin boyları 30-60 mm, çapları 0.5-1.0 mm arasında olmakta ve elemanların kalınlığına göre değişmektedir.

Yüksek mukavemetli beton sadece çimento ile elde edilebildiği gibi, çimento ile birlikte mineral katkıların katılmasıyla da elde edilebilmektedir. Bu mineral katkılar: uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, doğal puzolan, fiber, kimyasal katkı ve daha başka malzemelerdir. Bu malzemelerden silis dumanı endüstriyel atıklardır. Betona katılan bu malzemeler ile beton için gerekli olan çimento ihtiyacı azalmakta, çevre kirliliği azalmakta ve daha az enerji harcanmaktadır. Günümüzde bu malzemeler artık endüstri atığı olarak değil, parayla alınıp satılmaya başlayan kıymetli bir beton katkı maddesi haline gelmiştir (10-12).

Öncelikle yüksek dayanımlı beton için uygun malzeme temin edilmiştir. İnce ve iri agregada bölgemizden temin edilerek TS-802 ye göre uygun karışım oranları belirlenmiştir. Uygun karışım oranları belirlendikten sonra uygun oranda çelik lif takviyesi yapılmıştır. I kesitli ve 2.80 m uzunluğunda normal ve yüksek dayanımlı betonarme kirişler üretilmiş ve İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında mevcut olan 20 ton kapasiteli universal eğilme test aleti ile test edilmiştir. Kirişlerin yük-deplasman ve kiriş ortasında gerilme-şekil değiştirme eğrileri belirlenmiştir. Böylece çelik lif katkılı ve katkısız yüksek mukavemetli betonarme kirişler test edilerek sonuçları yorumlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

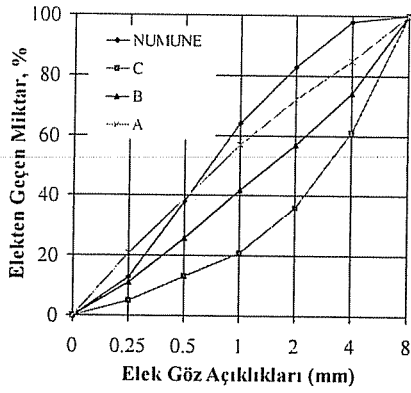
3.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada, TS EN 197-1 (2002) ile uyumlu PÇ 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Agregalar Adana bölgesi doğal agregalardır. Uzunluk/çap oranı (Narinlik Oranı) 65 olan, uçları pilye şeklinde bükülmüş kancalı çelik lifler kullanılmıştır.

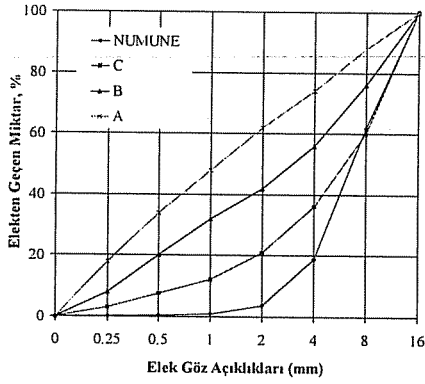
3.2. Metod

İnce agregalar için özgül ağırlık deney sonuçlarına göre numunenin kuru hacim özgül ağırlığı=2.48, KYD hacim özgül ağırlığı=2.57 ve KYD halde su emme kapasitesi=3.61 olarak bulunmuştur. İri agregalar için özgül ağırlık deney sonuçlarına göre numunenin kuru hacim özgül ağırlığı= 2.66, KYD hacim özgül ağırlığı=2.68 ve KYD halde su emme kapasitesi=0.94 olarak bulunmuştur.

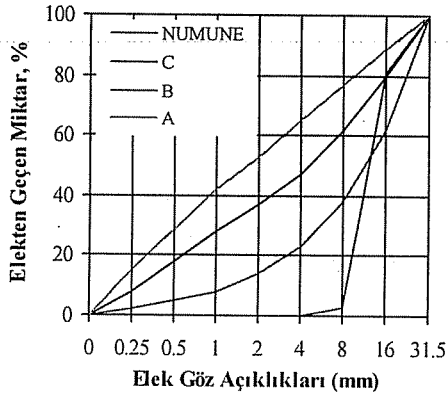
Yapılan deneylerde elek analizleri sonuçları Şekil 1-4'te verilmektedir. Karışım oranları Tablo 1' de verilmektedir.



Şekil 1. Doğal Kum Gradasyon Eğrisi

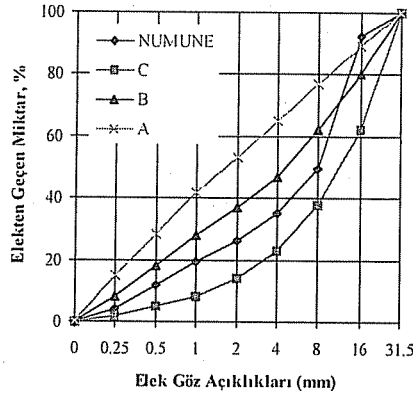


Şekil 2. Doğal Orta Çakıl Gradasyon Eğrisi



Şekil 3. Doğal İri Çakıl Gradasyon Eğrisi

ÇELİK LİF KATKILI YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONARME KİRİŞLERİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ



Şekil 4. Uygun gradasyon değerleri

Tablo 1. Karışım oranları

	Yüksek Mukavemetli	Yüksek Mukavemetli+Çelik Lifli Beton
Su	145 lt	145 lt
Çimento	500 kg	500 kg
Kum	550 kg	550 kg
Orta çakıl	550 kg	550 kg
İri çakıl	750 kg	750 kg
Silis Dumanı	33.3 kg	33.3 kg
Akışkanlaştırıcı	4 kg	4 kg
Çelik lif	-	20 kg

3.3. Kirişlerin Hazırlanması

Bu çalışma için yukarıda karışım oranları TS-802 standardına göre hazırlanan lifli ve lisiz yüksek mukavemetli betonarme kirişler hazırlanmıştır. Betonarme kirişlerin basınç dayanımı için standart silindirik numuneler ile 15 cm boyutlarında küp numuneler ve eğilmede çekme dayanımı için 10X10X50 cm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

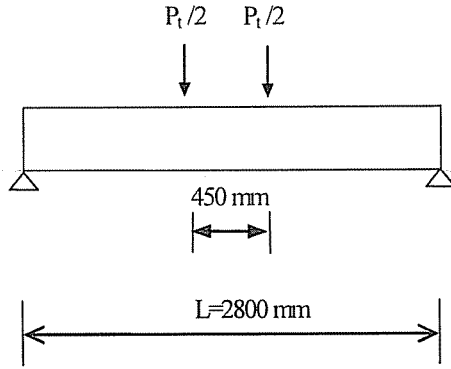
3.4. Kiriş ve Numunelerin Test Edilmesi

Kirişler 20 ton kapasiteli üniversal eğilme makinası ile test edilmiştir. 28 gün suda saklanan numuneler 200 tonluk üniversal basınç makinası ile kırılmıştır.

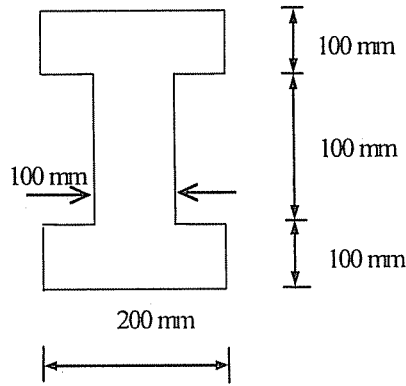
I kesitli betonarme kirişlerin kesiti Şekil 5' te görülmektedir. Kirişlerin boyutları hazırlanan bilgisayar programı ile belirlenmiştir. Kirişlere 3 adet 16 mm çapında nervürlü donatı konulmuştur. Etriyeler standartlara uygun olarak hazırlanmıştır.

Kirişlere uygulanan yük değerleri Load cell ile belirlenmiş ve düşey deplasmanların ölçümü için ise LVDT kullanılmıştır.

Kesitte meydana gelen gerilmelerin ve birim deformasyonların hesaplanması için kirişlere beş adet demec disk'i yapıştırılmıştır. Disklerdeki değerler demec uzama ölçer aleti (Demec Gauge) ile ölçülmüştür. Kirişlere yükten dolayı kirişin alt ve üst taraflarına lineer düşey deplasman ölçüm aleti (LVDT) ve 1/1000 mm hassasiyetinde mekanik deplasman ölçüm aleti (dial gauge) yerleştirilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5. Deney kirişi (a) yükleme durumu (b) kiriş kesiti

4. SONUÇLAR

Küp numunelerin ortalama basınç dayanım değerleri Tablo 2' de, prizma numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanım değerleri Tablo 3' te, standart silindir numunelerin ortalama basınç dayanım değerleri Tablo 4' de verilmektedir.

Tablo 2. Küp Numunelerin Ortalama Basınç Dayanım Değerleri

Numuneler	Ort. Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
Yüksek Mukavemetli	812.18
Yüksek Mukavemetli+Lifli	817.78

Tablo 3. Prizma Numunelerin Ortalama Eğilmede Çekme Dayanım Değerleri

Numuneler	Ort. Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
Yüksek Mukavemetli	84.50
Yüksek Mukavemetli+Lifli	136.18

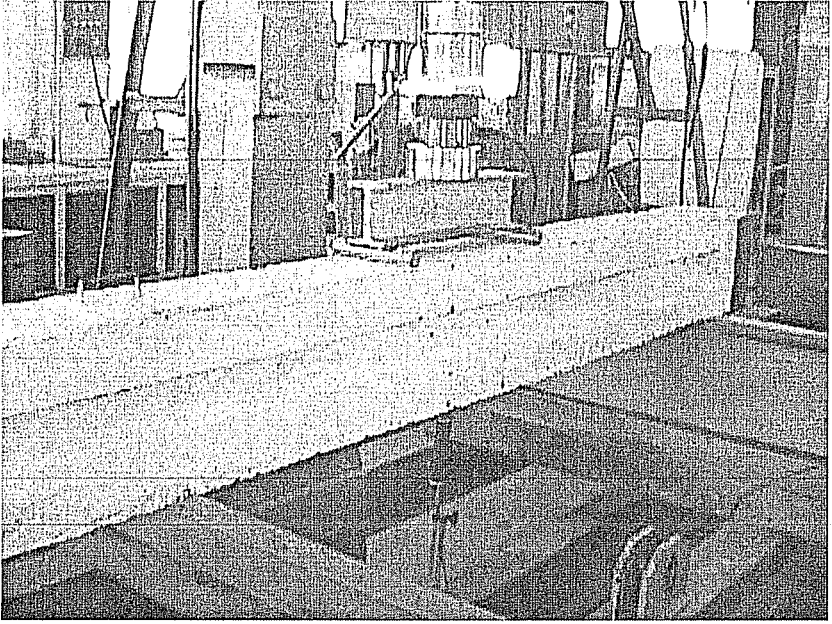
Tablo 4. Standart Silindir Numunelerin Ortalama Basınç Dayanım Değerleri

Numuneler	Ort. Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
Yüksek Mukavemetli	568.01
Yüksek Mukavemetli+Lifli	601.25

Beton numunelere 1 m³ te ağırlıkça %0.25 oranında (20 kg) çelik lif katılmıştır. Yüksek mukavemetli lifsiz betonların ortalama küp basınç dayanımı 812.18 kgf/cm², lifli betonların ortalama küp basınç dayanımı 817.78 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Küp basınç dayanımı lifli betonlarda çok az miktarda artmıştır. Lifsiz betonların ortalama silindir basınç dayanımı 568.01 kgf/cm², lifli betonların ortalama silindir basınç dayanımı 601.25 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Silindir basınç dayanımı lifli beton numunelerde yaklaşık olarak % 5 kadar artmıştır. Silindir dayanımı/küp dayanım oranı 0.70 olarak bulunmuştur.

Kirişler tasarlandığı gibi eğilmeye karşı boyutlandırılmış ve taşıma gücü konumuna eğilmede ulaşılmıştır. Teorik ve deneysel sonuçlar uyum içerisinde olmuştur.

Şekil 6'da bir kiriş yüklenmeden önce görülmektedir. Yükleme sonrası bir kiriş Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 6. Yükleme Öncesi Bir Kiriş

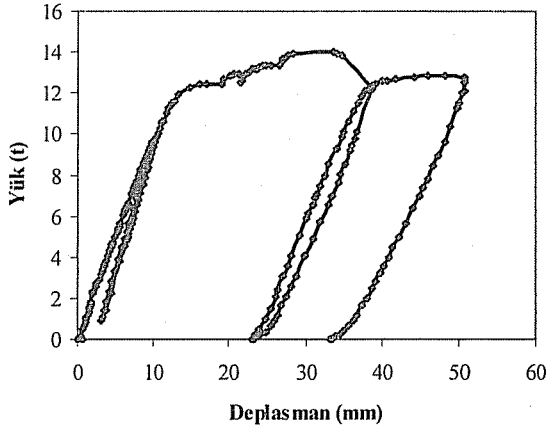


Şekil 7. Yükleme Sonrası Bir Kiriş

Yük uygulandıktan sonra çatlaklar oluşmaya başlamakta, yük arttıkça çatlaklar da artmaktadır. Kırılma konumu kirişin üst lifinin ezilmesi ile oluşmaktadır.

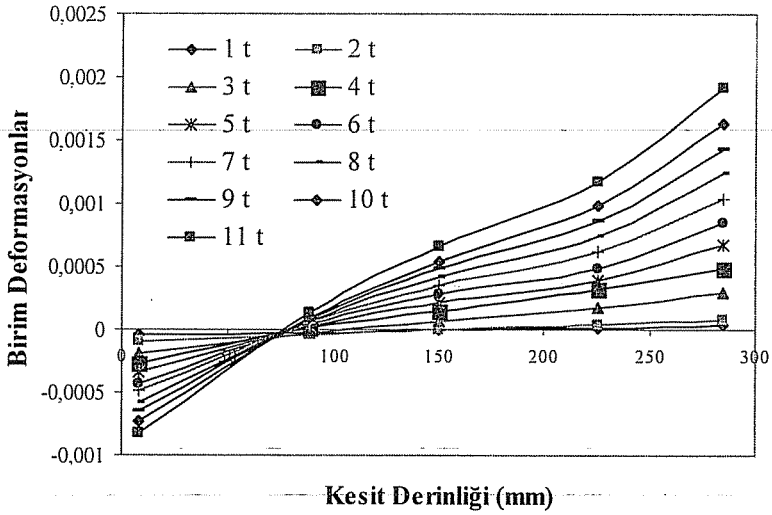
4.1. Yüksek Dayanımlı Lifsiz Kiriş

Şekil 8'de yüksek dayanımlı lifsiz betonarme kirişin yük-deplasman grafiği görülmektedir. Yükün 12 tona kadar etkideğinde deplasmanların lineer olarak değiştiği görülmektedir. Kirişe sadece yükleme yapılmamış, yük 9.68 t değerinden sonra azaltılmış ve tekrar artırılmış, 14 tona kadar yükleme yapılmış ve tekrar yük sıfırlanıncaya kadar azaltılmış sonra yükleme tekrarlanmıştır.



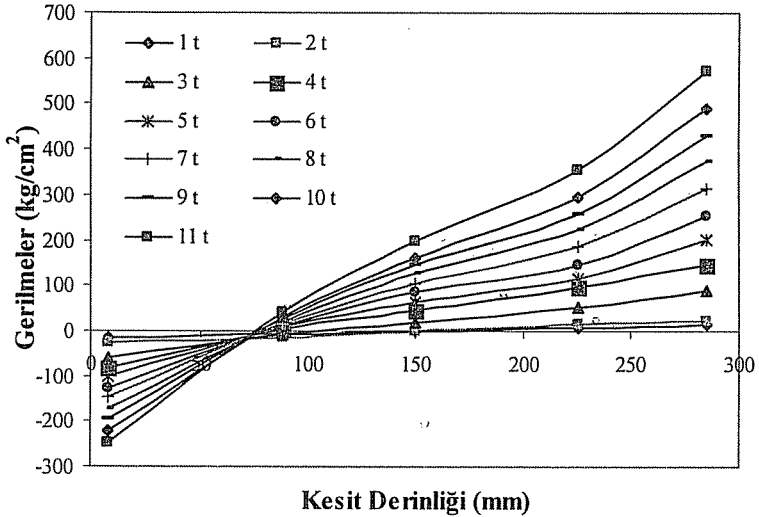
Şekil 8. Yüksek Dayanımlı Lifsiz Betonarme Kiriş Yük-Deplasman Grafiği

Şekil 9'da kesit derinliği boyunca oluşan yük-birim deformasyon grafiği görülmektedir. Yükün düşük olduğu değerlerde deformasyonlarda küçük olmakta, yük arttıkça deformasyonlar da artmaktadır. Birim deformasyonlar küçük yük değerleri için lineere yakın bir formdadır. Yük arttıkça tarafsız eksen yukarı doğru hareket etmekte ve davranış lineer formdan uzaklaşmaktadır.



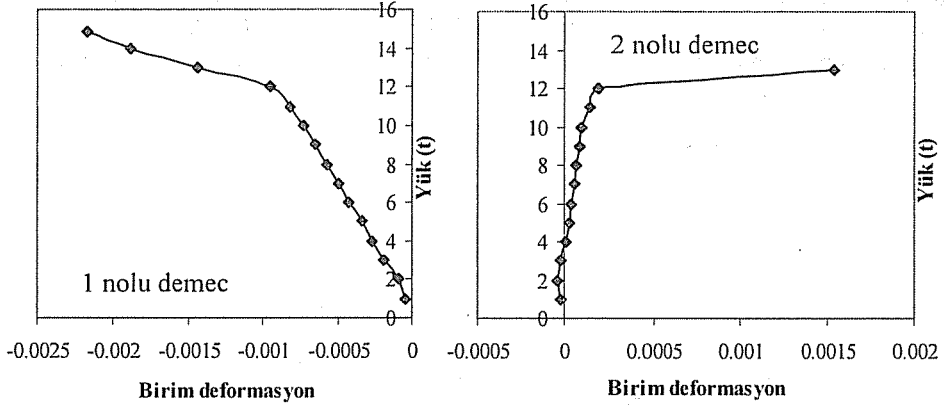
Şekil 9. Yük-Birim Deformasyon Eğrileri

Şekil 10’da kesit derinliği boyunca oluşan yük-gerilme grafiği görülmektedir. Yükün düşük olduğu değerlerde gerilmeler küçük olmakta, yük arttıkça gerilmeler de artmaktadır. Gerilmeler küçük yük değerleri için lineere yakın bir formdadır. Yük arttıkça tarafsız eksen yukarı doğru hareket etmekte ve davranış lineer formdan uzaklaşmaktadır.



Şekil 10. Yük-Gerilme Eğrileri

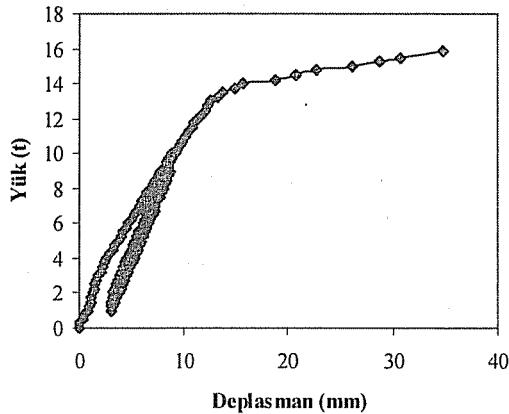
Şekil 11'de 1 ve 2 nolu demecelerin yük-birim deformasyon eğrisi görülmektedir. Birim deformasyonlar 12 t'a kadar lineer kalmakta, bu yükten sonra çatlakların meydana gelmesi nedeniyle lineer formdan uzaklaşmaktadır.



Şekil 11. Yük-birim deformasyon eğrileri

4.2. Yüksek Dayanımlı Lifli Kiriş

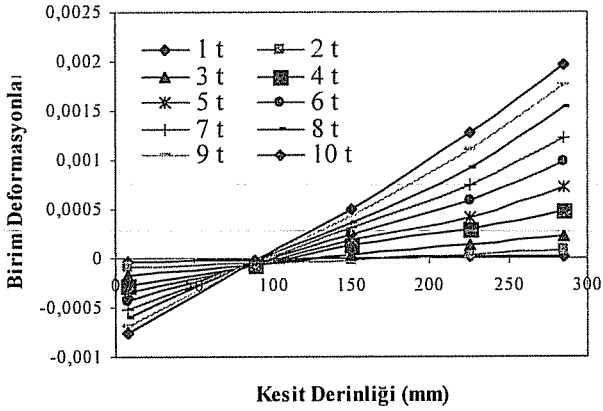
Şekil 4.12'da yüksek dayanımlı lifli betonarme kirişin yük-deplasman grafiği görülmektedir. Yükleme yaklaşık 13 tona kadar etkiğinde deplasmanların lineer olarak değiştiği görülmektedir. Kirişe sadece yükleme yapılmamış, yük 10 t değerinden sonra azaltılmış ve tekrar artırılmış, 9 tona kadar yükleme yapılmış ve tekrar yük azaltılmış sonra yükleme tekrarlanmıştır.



Şekil 12. Yüksek Dayanımlı Lifli Betonarme Kiriş Yük-Deplasman Grafiği

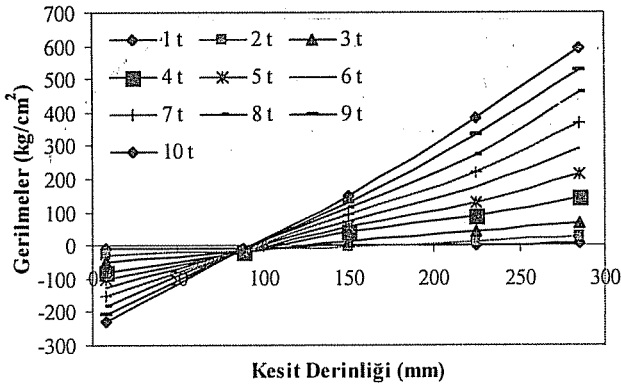
Lifli yüksek dayanımlı kirişin yük taşıma kapasitesi lifsiz betona göre daha fazla bulunmuştur. Lifsiz kirişlerde lineer bölge yaklaşık 12 tona kadar iken lifli kirişlerde yaklaşık 14 tondur.

Şekil 13'te kesit derinliği boyunca oluşan yük-birim deformasyon grafiği görülmektedir. Yükün düşük olduğu değerlerde deformasyonlarda küçük olmakta, yük arttıkça deformasyonlar da artmaktadır. Birim deformasyonlar küçük yük değerleri için lineere yakın bir formdadır. Yük arttıkça tarafsız eksen yukarı doğru hareket etmekte ve davranış lineer formdan uzaklaşmaktadır.



Şekil 13. Yük-Birim Deformasyon Eğrileri

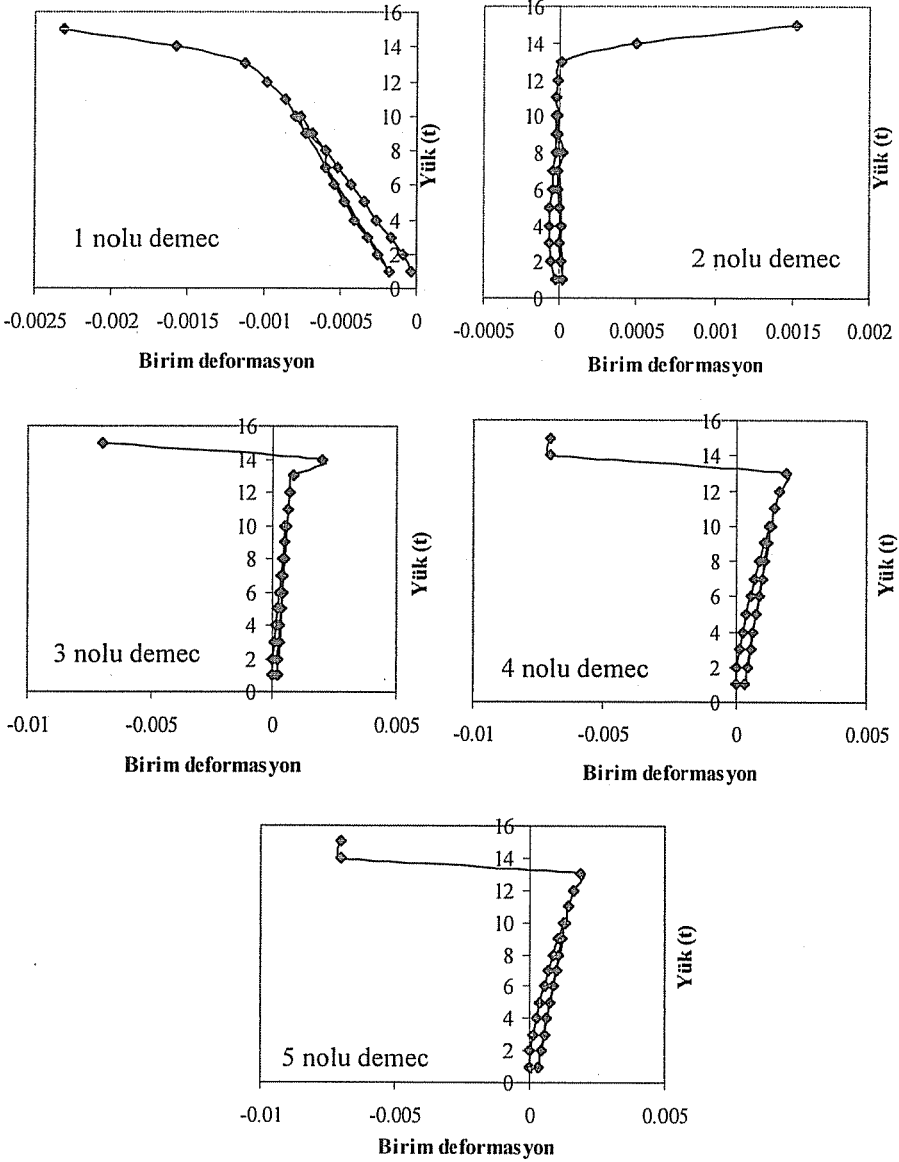
Şekil 14'te kesit derinliği boyunca oluşan yük-gerilme grafiği görülmektedir. Yükün düşük olduğu değerlerde gerilmeler küçük olmakta, yük arttıkça gerilmeler de artmaktadır. Gerilmeler küçük yük değerleri için lineere yakın bir formdadır. Yük arttıkça tarafsız eksen yukarı doğru hareket etmekte ve davranış lineer formdan uzaklaşmaktadır.



Şekil 14. Yük-Gerilme Eğrileri

ÇELİK LİF KATKILI YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONARME KİRİŞLERİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Şekil 15' te 1-5 nolu demecelerin yük-birim deformasyon eğrileri görülmektedir. Birim deformasyonlar 12 t' a kadar lineer kalmakta, bu yükten sonra çatlakların meydana gelmesi nedeniyle lineer formdan uzaklaşmaktadır.



Şekil 15. Yük-birim deformasyon eğrisi

Çelik lif katkısı ile betonarme kirişlerin taşıma kapasiteleri artmakta, daha fazla sünek bir davranış sergilemektedir. Bu ise özellikle deprem gibi yük etkilerinde betonarme kirişin davranışını olumlu olarak etkilemektedir.

5. TEŞEKKÜR

Yazar MMF2003BAP9 nolu **Çelik Lif Katkılı Yüksek Mukavemetli Betonarme Kirişlerin Deneysel Hesabı** isimli projenin desteklenmesi nedeniyle Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

1. Svecova, D. and Razaqpur, A.G., "Flexural Behavior of Concrete Beams Reinforced with Carbon Fiber-Reinforced Polymer (CFRP) Prestressed Prisms", *ACI Structural Journal*, September, Vol.97, Issue:5, 2000.
2. Peaston, C., Eliot, K. and Paine, K., "Steel Fiber Reinforcement for Extruded Prestressed Hollow Core Slabs", *ACI Special Publication*, May, Vol:182, 1999.
3. Gençoğlu, M., Eren, İ., "İki yönlü Tekrarlı Yüklemeler Altındaki Betonarme Kenar Kolon-Kiriş Birleşiminde Kullanılan Çelik Tel Takviyeli Betonun Etkili Bölgesinin Araştırılması", *Çelik Tel Donatılı Beton Sempozyumu*, Sabancı Center, İstanbul, 1999.
4. Groth, P., Ghasemlou, F., "Thougness Characteristics of Steel Fibre Reinforced Concrete with Energetically Modified Cement", *Luea University of Tecnology, Division of Structural Engineering, Internal Report 96*, pp.23, 1996.
5. Arslan, A., "Mixed Mode Fracture Performance of Fiber Reinforced Concerete Under İmpact Loading", *Materials and Structures*, pp.473-478, 1995.
6. Swamy, R.N., Mannat, P.S., "A Theory for the Flexural Strength of Fiber Reinforced Concrete", *Cement & Concrete Research*, Vol.4, No.2, pp.313-325, 1974.
7. Şener, S., Çağatay, B., Begimgil, M., Oğün, F., "Çelik Lifli Çentikli Kirişlerde Boyut Etkisi", *Çelik Tel Donatılı Beton Sempozyumu*, Sabancı Center, İstanbul, 1999.
8. TS 10513, "Çelik Teller-Beton Takviyesinde Kullanılan", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1992.
9. TS 10515, "Beton-Çelik Tel Takviyeli-Eğilme Mukavemeti Deney Metodu", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1992.
10. Jianyong, L. and Pei, T., "Effect of Slag and Silica Fume on Mechanical Properties of High Strength Concrete" *Cement and Concrete Research*, Vol.27, No.6, pp.833-837, 1997.
11. Begimgil, M. ve Doğan, A., "Silis Dumanının Beton Performansına Katkısı" *THBB, Hazır Beton*, Sayı.26, sf.40-43, 1998.
12. Shannag, M.J., "High Strength Concrete Containing Natural Puzolan and Silica Fume" *Cement and Concrete Composites*, Vol.22, pp.399-406, 2000.

İKİ BOYUTLU ELASTOSTATİK PROBLEMLERİN SINIR ELEMAN METODU İLE FORMÜLASYONU

İbrahim Ö. DENEME ve Hüseyin R. YERLİ
Ç. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, iki boyutlu elastostatik problemler için süreksiz kuadratik sınır eleman formülasyonu gerçekleştirilmiştir. P sabit ve Q hareketli noktalarının aynı eleman üzerinde olması halinde ortaya çıkan, $1/r$ tekilliği kaldırılarak, $\ln(1/r)$ tekilliği ise uygun Logaritmik ve Standart Gauss yöntemlerinin kullanılmasıyla giderilmiştir. Ele alınan formülasyon kullanılarak, düğüm noktalarının farklı konumları için çözüm yapabilen, Fortran77 dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Hazırlanan program ile çözülen iki adet elastostatik problemin sonuçları, literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

FORMULATION OF TWO DIMENSIONAL ELASTOSTATIC PROBLEMS WITH BOUNDARY ELEMENT METHOD

ABSTRACT : In this study, a discontinuous quadratic boundary element formulation for the solution of two dimensional elastostatic problems is presented. $1/r$ and $\ln(1/r)$ singularities that exist when source point P and varied point Q are within same element either removed or manipulated by using Logarithmic and Standard Gauss quadrature. A computer program, which allows the to determine the location of boundary element nodes within an element, is developed for solving the formulation by using Fortran77 codes. The results of two elastostatic problems obtained using the program are compared with those in the literature.

1. GİRİŞ

Mekanik problemlerinin geometrisinin ve malzeme özelliklerinin karmaşık bir yapıya sahip olması nedeniyle çoğu zaman problemlerin analitik çözümünü yapmak mümkün olamamaktadır. Bu tip problemlerle karşılaşıldığında yaklaşık bir çözüm elde etmek amacıyla çeşitli sayısal yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerden biri olan sınır eleman yöntemi, son yirmi yılda yaygınlaşmış bir sayısal yöntemdir ve mühendislik problemlerinin analizinde klasik hesaplamalı yöntemlere alternatif hale gelmiştir. Sınır eleman yöntemi, herhangi bir sınır değer problemini, çözüm bölgesinin sınırında tanımlanan integral denklemler yardımıyla çözen sayısal bir yöntemdir (1-5). İntegral ifadelerin içinde yer alan temel çözümler, analitik olarak hesaplandığından yarı analitik bir yöntemdir. Sınır eleman yönteminin yarı analitik bir yöntem olmasından dolayı, diğer sayısal yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre, daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Sınır eleman yönteminin yaygın kullanımına sebep olarak, bu yöntemin kullanılması ile problemin boyutlarının indirgenmesi, sonuçlardaki yüksek kesinlik ve sonsuzda yayılma şartlarının dolaylı olarak hesaba katılması gösterilmektedir (6). Ayrıca, sınır eleman yönteminde sadece sınırın elemanlara bölünmesinden dolayı, sonlu eleman yöntemine göre veri türetme işlemi daha kolay gerçekleşmektedir (7).

Sürekli sınır eleman yönteminde en yaygın olarak "sabit" sınır elemanı kullanılmaktadır. Bu tip sınır elemanda, sınır büyüklüklerinin eleman boyunca sabit olduğu kabul edilmektedir. Sınır büyüklüklerinin eleman boyunca değişken kabul edilmesi halinde, "yüksek dereceli" sınır elemanlarının kullanılması gerekmektedir. Bu tip sınır elemanlarının kullanılması halinde eleman üzerinde seçilen nokta sayısına bağlı olarak, sınır büyüklükleri için lineer, kuadratik vb. değişim kabulü mümkün olabilmektedir (8). Kuadratik elemanlardaki görülen uyum genelde bu eleman tipinin seçilme nedeni olarak görülmektedir. Fakat bu tip elemanların eğrisel bir geometriye sahip olması sebebiyle sabit nokta ve hareketli noktanın aynı elemanda olması halinde elemanların integrasyonunda ilave zorluklar oluşmaktadır.

Bu çalışmada, iki boyutlu elastostatik problemler için sürekli kuadratik sınır eleman formülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu eleman modeli kullanılarak elde edilen yaklaşık çözümün hassasiyeti artırılmaya çalışılmıştır. P sabit ve Q hareketli noktalarının aynı eleman üzerinde olması halinde ortaya çıkan, $1/r$ tekilliği kaldırılarak, $\ln(1/r)$ tekilliği ise uygun Logaritmik ve Standart Gauss yöntemlerinin kullanılmasıyla giderilmiştir. Bu formülasyonda ilave yaklaşımlar ve karmaşık integrasyon düzenlemeleri gerekli değildir. Eleman formülasyonunda düğüm noktaları eleman üzerinde orta noktaya göre simetrik olarak seçilmektedir. Ele alınan formülasyon kullanılarak, düğüm noktalarının farklı konumları için çözüm yapabilen, Fortran77 dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bulunan sonuçlar literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. FORMÜLASYON

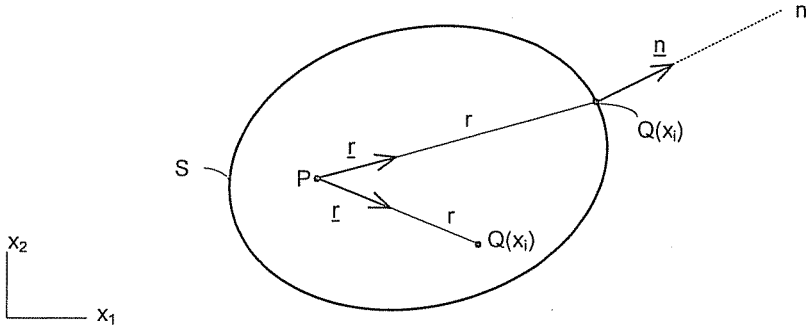
2.1. Elastostatik Problemler için Sınır Eleman Formülasyonu

Elastostatik problemler için sınır eleman formülasyonunun temel bağıntıları literatürde geniş bir şekilde verilmektedir (1, 3, 9).

Şekil 1'de görülen, iki boyutlu bir cismin elastostatik analizi için sınır eleman denklemi, hacim kuvvetleri ihmal edilerek, matris formunda,

$$\underline{c} \underline{u}(P) = \int_S \underline{G}(P, Q) \underline{t}(Q) dS - \int_S \underline{H}(P, Q) \underline{u}(Q) dS \quad (1)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Burada S, cismin sınır yüzeyini göstermektedir. İntegrallerde görülen \underline{G} ve \underline{H} (2×2) boyutunda matrisler olup sırasıyla, elastostatik problemler için elde edilmiş olan birinci ve ikinci temel çözümleri temsil etmektedir. \underline{u} ve \underline{t} sırasıyla, (2×1) boyutunda, deplasman ve gerilme vektörlerini göstermektedir. P ve Q ise sırasıyla, integral işlemlerinde kullanılan sabit noktayı ve integrasyon noktasını temsil etmektedir:



Şekil 1. İki boyutlu elastik cisim

(1) denklemi yardımıyla, sınırda ya da cismin iç bölgesinde yer alan noktalarındaki deplasman değerleri bulunabilmektedir. \underline{c} matrisi P noktasının bulunduğu konuma göre değişik değerler almaktadır. P noktası cismin iç bölgesinde herhangi bir nokta ise \underline{c} matrisi birim matrise (\underline{I}) eşittir. P noktası cismin dışında ise \underline{c} matrisinin bütün elemanları sıfırdır. Eğer P noktası, sınır yüzeyi üzerinde, köşe noktaları dışında bir nokta ise,

$$\underline{c} = \frac{1}{2} \underline{I} \quad (2)$$

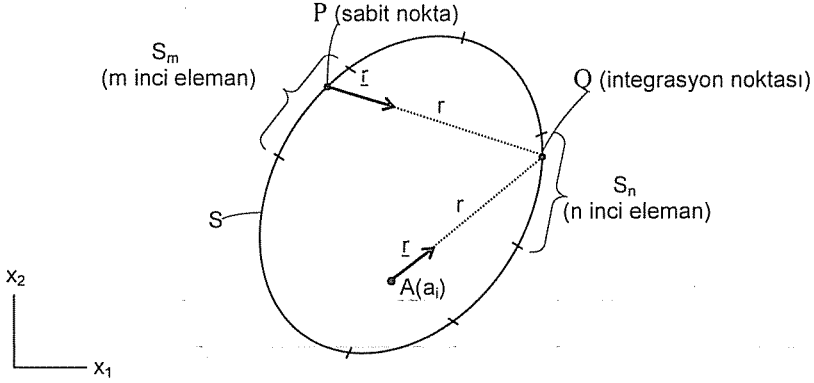
şeklinindedir. P noktasının S üzerinde bir köşe noktası olması halinde ise, \underline{c} matrisi, A noktasındaki köşe açılarına bağlı olarak verilmektedir (1).

P noktasının sınır yüzeyinde seçilmesi halinde (1) denklemi, sadece sınır büyüklüklerini içeren bir denklem haline dönüşmektedir. Bu durumda denkleme "İndirgenmiş Sınır Eleman Denklemi" adı verilmektedir. (1) denkleminde yer alan integraller, cismin sınır yüzeyi (S) elemanlara bölünerek (Şekil 2) sayısal olarak hesaplanmaktadır.

Elastostatik problemler için temel çözümler (\underline{G} ve \underline{H}), literatürde, referans sisteminin sonsuz ortam olarak seçilmesi durumunda analitik olarak elde edilmektedir (9). İzotropik malzemeler için temel çözümler aşağıdaki gibidir.

$$G_{ik}^{mn} = \frac{1}{8\pi\mu(1-\nu)} \left[(3-4\nu) \ln\left(\frac{1}{r}\right) \delta_{ik} + \frac{\partial r}{\partial x_i} \frac{\partial r}{\partial x_k} \right] \quad (3)$$

$$H_{rk}^{mn} = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)r} \left[\frac{\partial r}{\partial n} \left\{ (1-2\nu)\delta_{rk} + 2\frac{\partial r}{\partial x_k} \frac{\partial r}{\partial x_r} \right\} - (1-2\nu) \left(\frac{\partial r}{\partial x_r} n_k - \frac{\partial r}{\partial x_k} n_r \right) \right] \quad (4)$$



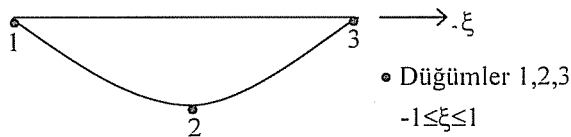
Şekil 2. Sınır yüzeyinin elemanlara bölünmesi

Yukarıdaki denklemlerde görülen, G_{rk}^{mn} ve H_{rk}^{mn} , sırasıyla, ℓ yönündeki birim yüklemeye bağlı olarak k yönünde oluşan deplasman ve gerilme vektörü bileşenlerini göstermektedir. Burada, m , sabit noktanın bulunduğu elemanın numarasını, n ise integrasyon noktasının bulunduğu elemanın numarasını göstermektedir. μ , kayma modülünü, ν , Poisson oranını ve δ ise Kronecker delta'yı göstermektedir.

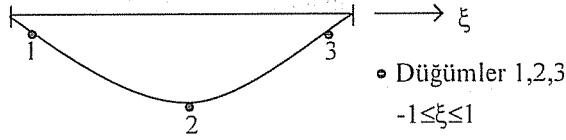
2.2. Süreksiz Kuadratik Sınır Eleman Formülasyonu

Sınır eleman formülasyonunda, seçilen düğüm noktalarının konumuna göre sınır elemanları "sürekli" ya da "süreksiz" sınır eleman olarak adlandırılmaktadır. Düğüm noktalarının, elemanın uç noktalarında seçilmesi halinde "sürekli sınır elemanı" söz konusu olmaktadır (Şekil 3). Uç noktalarında seçilen düğüm noktaları, komşu elemanlar için ortak düğüm noktaları olduğundan, bu noktalarda, sınır büyüklükleri için süreklilik şartlarının sağlanması gerekmektedir. Düğüm noktalarının elemanın iç bölgesinde seçilmesi halinde ise elemana "süreksiz sınır elemanı" denilmekte ve elemanlar arası süreklilik koşullarına ihtiyaç kalmamaktadır (Şekil 4).

Bu çalışmada, süreksiz sınır elemanı ve şekil fonksiyonları kullanılarak, "süreksiz kuadratik sınır eleman formülasyonu" elde edilmiştir. Bu amaçla, Şekil 2'de görüldüğü gibi, cisim sınırı (S), N adet sınır elemanına bölünmektedir.



Şekil 3. İki boyutlu sürekli kuadratik eleman



Şekil 4. İki boyutlu süreksiz kuadratik eleman

Sınır eleman formülasyonunda, eleman üzerinde yer alan bir Q noktasının koordinatları,

$$x_i = \sum_{k=1}^3 \phi_k(\xi) x_i^k \quad (5)$$

denklemi ile, sınır elemanı üzerindeki sınır büyüklükleri ise,

$$u_i = \sum_{k=1}^3 \phi_k(\xi) u_i^k \quad (6)$$

$$t_i = \sum_{k=1}^3 \phi_k(\xi) t_i^k$$

ifadeleri ile verilmektedir. Bu ifadelerde, x_i , Q integrasyon noktasının koordinatlarını; x_i^k , elemana ait k. düğüm noktasının koordinatlarını; (u_i^k, t_i^k) , k düğüm noktasındaki sınır büyüklüklerinin değerlerini; ϕ_k , şekil fonksiyonlarını; (ξ) ise Q noktasının boyutsuz koordinatını temsil etmektedir.

(5) ve (6) ifadelerinde verilen şekil fonksiyonları süreksiz kuadratik eleman için boyutsuz koordinatlarda,

$$\phi_1(\xi) = \frac{1}{2} \frac{\xi}{\alpha} \left(\frac{\xi}{\alpha} - 1 \right) ; \quad \phi_2(\xi) = 1 - \left(\frac{\xi}{\alpha} \right)^2 ; \quad \phi_3(\xi) = \frac{1}{2} \frac{\xi}{\alpha} \left(\frac{\xi}{\alpha} + 1 \right) \quad (7)$$

şeklinde belirlenmiştir ($-1 \leq \xi \leq 1$ ve $0 < \alpha < 1$).

Süreksiz eleman için 1 ve 3 no'lu düğümlerin konumları simetrik olarak değişmektedir. Bu simetriklik α parametresi kullanılarak belirlenmektedir. Burada α parametresi düğüm noktaları arası mesafenin eleman boyuna oranını temsil etmektedir. $\alpha=0.5$ olduğunda düğüm noktasının eleman orta noktası ile eleman son noktasının ortasında olması anlamını taşımaktadır. $\alpha=1.0$ ise eleman sürekli elemandır. Belirlenen şekil fonksiyonları düğüm noktalarının değişken durumları için geçerlidir. Parametrik değişken olan ξ koordinatı α yardımıyla değişken konumlardaki düğüm noktalarına bölünür. Eğer $\alpha=1.0$ ise şekil fonksiyonları standart kuadratik şekil fonksiyonuna indirgenir.

Şekil 2'de görülmekte olan S_m 'inci elemanın P_m^k sabit noktası için (1) denklemi,

$$c_m^k \underline{u}(P_m^k) = \int_S \underline{G}(P_m^k, Q) \underline{t}(Q) dS - \int_S \underline{H}(P_m^k, Q) \underline{u}(Q) dS \quad (8)$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada, P_m^k köşe noktası ise c_m^k 'nin değeri köşe açısına bağlı olarak değişmektedir. Aksi halde $c_m^k = 1/2$ dir.

Sınır yüzeyinin Şekil 2’de görüldüğü gibi, N adet elemana bölünmesi halinde (8) denklemi,

$$c_m^k \underline{u}(P_m^k) = \sum_{n=1}^N \int_{S_n} \underline{G}(P_m^k, Q) \underline{t}(Q) dS - \sum_{n=1}^N \int_{S_n} \underline{H}(P_m^k, Q) \underline{u}(Q) dS \quad (9)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Eleman üzerindeki sınır büyüklüklerinin şekil fonksiyonlarına bağlı olarak değişim gösterdiği kabulüne göre, (6) eşitliklerinde verilen sınır büyüklükleri ile ilgili ifadeler, (8) denklemine yerine yazılır ve $dS=J(\xi) d\xi$ eşitliği kullanılarak, integrasyon parametresi (dS), $(-1, +1)$ aralığında değişen $d\xi$ 'ye dönüştürülürse,

$$c_m^k \underline{u}(P_m^k) = \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^3 \left[\int_{-1}^1 J(\xi) \underline{G}(P_m^k, Q) \underline{\phi}_s d\xi \right] \underline{t}(Q_n^s) - \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^3 \left[\int_{-1}^1 J(\xi) \underline{H}(P_m^k, Q) \underline{\phi}_s d\xi \right] \underline{u}(Q_n^s) \quad (10)$$

denklemi elde edilir. Burada şekil fonksiyonları matrisi,

$$\underline{\phi}_s = \begin{bmatrix} \phi_s & 0 \\ 0 & \phi_s \end{bmatrix} \quad (s=1, 2, 3) \quad (11)$$

şeklinde tarif edilmektedir. (10) eşitliğinde verilen $J(\xi)$, Jacobian matrisinin determinantını göstermektedir. P integrasyon noktasının koordinatları (5) eşitliği kullanılarak ξ 'ye bağlı olarak ifade edilmektedir.

$$\underline{G}_{ks}^{mn} = \int_{-1}^1 J(\xi) \underline{G}(P_m^k, Q) \underline{\phi}_s d\xi \quad (12)$$

$$\underline{H}_{ks}^{mn} = \int_{-1}^1 J(\xi) \underline{H}(P_m^k, Q) \underline{\phi}_s d\xi$$

tanımlamaları kullanılırsa, (10) denklemi,

$$c_m^k \underline{u}(P_m^k) = \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^3 \underline{G}_{ks}^{mn} \underline{t}(Q_n^s) - \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^3 \underline{H}_{ks}^{mn} \underline{u}(Q_n^s) \quad (13)$$

şeklinde elde edilmektedir. (13) denklemi, P_m^k ($k=1, 2, 3$) sabit noktaları için yazılarak birleştirilirse,

$$\underline{c}^m \underline{u}^m = \sum_{n=1}^N \underline{G}^{mn} \underline{t}^n - \sum_{n=1}^N \underline{H}^{mn} \underline{u}^n \quad (14)$$

ifadesi elde edilmektedir. (14) denklemine geçen matris ve vektörler,

$$\underline{G}^{mn} = \begin{bmatrix} \underline{G}_{11}^{mn} & \underline{G}_{12}^{mn} & \underline{G}_{13}^{mn} \\ \underline{G}_{21}^{mn} & \underline{G}_{22}^{mn} & \underline{G}_{23}^{mn} \\ \underline{G}_{31}^{mn} & \underline{G}_{32}^{mn} & \underline{G}_{33}^{mn} \end{bmatrix} ; \underline{H}^{mn} = \begin{bmatrix} \underline{H}_{11}^{mn} & \underline{H}_{12}^{mn} & \underline{H}_{13}^{mn} \\ \underline{H}_{21}^{mn} & \underline{H}_{22}^{mn} & \underline{H}_{23}^{mn} \\ \underline{H}_{31}^{mn} & \underline{H}_{32}^{mn} & \underline{H}_{33}^{mn} \end{bmatrix} \quad (15a)$$

$$\underline{u}^n = \begin{bmatrix} \underline{u}(Q_n^1) \\ \underline{u}(Q_n^2) \\ \underline{u}(Q_n^3) \end{bmatrix} ; \quad \underline{t}^n = \begin{bmatrix} \underline{t}(Q_n^1) \\ \underline{t}(Q_n^2) \\ \underline{t}(Q_n^3) \end{bmatrix} ; \quad \underline{c}^m = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}\underline{I} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \frac{1}{2}\underline{I} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & \frac{1}{2}\underline{I} \end{bmatrix} \quad (15b)$$

şeklinde. (15) denklemlerinde görülen \underline{G}^{mn} ve \underline{H}^{mn} matrisleri (6×6) boyutunda olup, (12) eşitliklerinde verilen integrallerin Gauss sayısal integrasyon yöntemi ile çözümlenip, (15) ifadesindeki matrislere yerleştirilmesiyle elde edilmektedir (10).

(14) denklemi N adet sınır elemanı için yazılırsa, elde edilen denklemler bir araya toplanarak, matris formunda,

$$\underline{\tilde{H}}\underline{\tilde{u}} = \underline{\tilde{G}}\underline{\tilde{t}} \quad (16)$$

eşitliği bulunur. Burada,

$$\underline{\tilde{G}} = (\underline{G}^{mn}) ; \quad \underline{\tilde{H}} = \left(\underline{H}^{mn} + \frac{1}{2}\underline{I}\delta_{mn} \right) \quad (17)$$

$$\underline{\tilde{u}} = (\underline{u}^n) ; \quad \underline{\tilde{t}} = (\underline{t}^n) \quad (m, n=1,2,\dots,N),$$

olarak verilmiştir.

(16) sistem denklemi 6N adet denklem içermektedir. Cisim sınırının N adet süreksiz kuadratik sınır elemanına bölünmesinden dolayı, toplam 12N adet sınır büyüklüğü (u, t) olduğu için, 6N adet sınır büyüklüğünün sınır şartı olarak verilmesi gerekmektedir. Sınır şartları olarak, her bir düğüm noktası üzerinde x_i (i=1,2) doğrultusunda t_i veya u_i bileşenlerinden birinin bilinmesi gerekmektedir.

(16) eşitliği, sınır eleman yöntemine ait sistem denklemini temsil etmektedir. Böylece, bilinen sınır şartları, (16) sistem denkleminde yerine konularak, bilinmeyenler denklemin sol tarafında toplanırsa bu denklem,

$$\underline{A}\underline{X} = \underline{B}\underline{Y} \quad (18)$$

formunda elde edilmektedir. Burada, \underline{X} ve \underline{Y} sırasıyla, bilinmeyen ve bilinen sınır büyüklüklerini temsil etmektedir. \underline{A} ve \underline{B} matrisleri ise; tüm bilinmeyenler denklemin sol tarafında toplanacak şekilde, $\underline{\tilde{H}}$ ve $\underline{\tilde{G}}$ matrislerinin ilgili kolonlarının yer değiştirilmesiyle elde edilmektedir. (18) denklemi çözülerek, cisim sınırı üzerindeki bilinmeyen sınır büyüklükleri hesaplanmaktadır.

2.3. Tekillik

Tekillik hali, P kaynak noktası ile Q hareketli noktasının aynı elemanda (m=n) olması durumunda ortaya çıktığı için, eleman formundaki düğüm noktaları yerel koordinatların (ξ) fonksiyonu olarak eşitlik (19)'da verilmektedir.

$$x = L_x(1 - \xi^2) \quad y = \frac{L_y}{2}(1 + \xi) \quad (19)$$

Yerel birim teğet “t” ve birim normal “n” ifadeleri aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$t(\xi) = \frac{dx(\xi)}{ds} = \frac{dx}{d\xi} \frac{1}{J(\xi)}$$

$$n = t \times k$$

(20)

Burada $J(\xi)$ Jacobian olup, $(dx^2+dy^2)^{1/2}$ ifadesi ile tanımlanmaktadır. Ayrıca Jacobian $J(\xi)$ ve birim normal “n” eşitlik (21) ve (22) yardımıyla da hesaplanabilmektedir.

$$J(\xi) = (4\xi^2 L_x^2 + L_y^2/4)^{1/2} \quad (21)$$

$$n(\xi) = (L_y/2i + 2\xi L_x j)/J(\xi) \quad (22)$$

(16) sistem denkleminde bulunan \tilde{G} ve \tilde{H} sistem matrislerinin köşegen elemanlarını oluşturan \underline{G}_{ks}^{mm} ve \underline{H}_{ks}^{mm} matrisleri,

$$G^{PQ} = \int G_{\ell k}(r^P(\xi)) \phi_Q(\xi) J(\xi) d\xi \quad (23)$$

$$H^{PQ} = \int H_{\ell k}(r^P(\xi)) \phi_Q(\xi) J(\xi) d\xi \quad (24)$$

ifadelerinden bulunacak olan alt matrislerin birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Burada iki boyutlu hal için $\ell = 1, 2$ ve $k = 1, 2$ değerlerini alacaktır. $G_{\ell k}$ ve $H_{\ell k}$ ise birinci ve ikinci temel çözümleri, P ve Q ise sırasıyla sabit ve hareketli düğüm noktası numaralarını temsil etmektedir. Şekil fonksiyonu numarası olan Q hareketli nokta numarası ile eşit olacaktır. Bu eşitlikler, Cauchy kuralına göre yazılmaktadır ve dolayısıyla, P ve Q noktalarının çakışmadığı kabul edilmektedir (9).

(23) ve (24) ifadelerinde yer alan $G_{\ell k}$ ve $H_{\ell k}$ ise birinci ve ikinci temel çözümleri eşitlik (25) ve (26)'da verilmektedir.

$$G_{\ell k} = \frac{1}{8\pi\mu(1-\nu)} \left[(3-4\nu) \ln\left(\frac{1}{r^P}\right) \delta_{\ell k} + \frac{r_\ell}{r^P} \frac{r_k}{r^P} \right] \quad (25)$$

$$H_{\ell k} = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)r^P} \left[\frac{\partial r}{\partial n} \left\{ (1-2\nu)\delta_{\ell k} + 2\frac{r_\ell}{r^P} \frac{r_k}{r^P} \right\} + (1-2\nu) \left(\frac{r_k}{r^P} n_\ell - \frac{r_\ell}{r^P} n_k \right) \right] \quad (26)$$

Burada $\delta_{\ell k}$ Kronecker delta, ν Poisson oranı ve μ ise kayma modülünü, n_k ve n_ℓ ise birim normaleri temsil etmektedir.

Tekillik durumunda r^P ifadesi sıfıra yaklaşacağından, \underline{G} ve \underline{H} ifadelerinin hesaplanabilmesi için özel teknikler gerekmektedir. İlk olarak, (23) denklemindeki integrall ifade, $\ln(1/r)$ ve $(1/r)$ tekilliklerini içeren iki ayrı integrale bölünmektedir.

P ve Q noktalarının aynı eleman üzerinde olması durumunda Şekil 5'de gösterildiği gibi r^P ifadesi $r^P = r_b - r_a$ ifadesinden hesaplanır. Eşitlik (19) kullanılarak,

$$r_b = L_x (1-\xi^2)i + L_y/2 (1+\xi)j \quad (27)$$

$$r_a = L_x (1-\alpha^2)i + L_y/2 (1-\alpha)j \quad (28)$$

$$r^P = L_x (\alpha^2 - \xi^2)i + L_y/2 (\alpha + \xi)j \quad (29)$$

ifadesi bulunur. (32) eşitliğinde yer alan $\ln\left(\frac{1}{r^p(\xi)}\right)$ ifadesini içeren terim (31) deki

forma dönüştürülerek Logaritmik Gauss yardımıyla hesaplama yapılabilir. $\ln\left(\frac{1}{r^p(\xi)}\right)$

ifadesini (31)'deki forma dönüştürme işlemi, eşitlik (30) daki $r^p(\xi)$ ifadeleri kullanılarak ve uygun değişken dönüşümleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bulunan ifadeler; G^{PQ} için, P sabit nokta olmak üzere düğümlerin ($0 \leq \alpha \leq 1$) herhangi bir konumu için kapalı formda yazılırsa;

$$G^{1Q} = (1 + \alpha) \int \ln(1/\rho) \phi_Q(\rho(\xi)) J(\rho(\xi)) d\rho \quad (33a)$$

$$+ (1 - \alpha) \int \ln(1/t) \phi_Q(t(\xi)) J(t(\xi)) dt \quad (33b)$$

$$+ \int [-\ln(1 + \alpha) - 1/2 \ln\{((\alpha - \xi)^2 L_x^2 + L_y^2 / 4)\}] \phi_Q(\xi) J(\xi) d\xi \quad (33c)$$

$$+ 1/2(1 - \alpha) \ln\{(1 + \alpha)/(1 - \alpha)\} \int \phi_Q(z(\xi)) J(z(\xi)) dz \quad (33d)$$

Burada;

$$\rho = \frac{(\alpha - \xi)}{(-1 - \alpha)}$$

$$t = \frac{(\alpha - \xi)}{(\alpha - 1)}$$

$$z = 2 \frac{(\alpha - \xi)}{(\alpha - 1)} - 1$$

$$G^{2Q} = \int \ln(1/\xi) [\phi_Q(\xi) + \phi_Q(-\xi)] J(\xi) d\xi \quad (34a)$$

$$- 1/2 \int \ln(\xi^2 L_x^2 + L_y^2 / 4) \phi_Q(\xi) J(\xi) d\xi \quad (34b)$$

$$G^{3Q} = (1 + \alpha) \int \ln(1/\rho) \phi_Q(\rho(\xi)) J(\rho(\xi)) d\rho \quad (35a)$$

$$+ (1 - \alpha) \int \ln(1/t) \phi_Q(t(\xi)) J(t(\xi)) dt \quad (35b)$$

$$+ \int [-\ln(1 + \alpha) - 1/2 \ln\{((\alpha + \xi)^2 L_x^2 + L_y^2 / 4)\}] \phi_Q(\xi) J(\xi) d\xi \quad (35c)$$

$$+ 1/2(1 - \alpha) \ln\{(1 + \alpha)/(1 - \alpha)\} \int \phi_Q(z(\xi)) J(z(\xi)) dz \quad (35d)$$

Burada;

$$\rho = \frac{(\alpha + \xi)}{(1 + \alpha)}$$

$$t = \frac{(\alpha + \xi)}{(1 - \alpha)}$$

$$z = 2 \frac{(\alpha + \xi)}{(1 - \alpha)} - 1$$

Eşitlik (7) ve (21)'de verilen şekil fonksiyonları ve Jacobian terimleri p , t veya z ye bağlı integrasyon parametreleri olarak değerlendirilmelidir.

(33a), (33b), (34a), (35a) ve (35b) integralleri tekil integraller olup Logaritmik Gauss yöntemi ile hesaplanabilir. (33c), (33d), (34b), (35c) ve (35d) integralleri ise tekillik bulunmadığından dolayı standart gauss yöntemi ile hesaplanabilir Eşitlik (30)'daki ifadeler eşitlik (32)'de yer alan r_i/r^p ve r_k/r^p ifadelerinde yazılırsa ilave bir işleme gerek kalmadan bu terimlerdeki tekillik sorunu çözülmüş olur. Böylece G^{PQ} ifadesi α nın herhangi bir değeri için hesaplanabilir. Süreksiz elemanlar için gösterilen formülasyon basitçe kodlanmıştır. Tekil integraller içeren formülasyon Standart Gauss ve Logaritmik Gauss yöntemlerinin kullanılmasıyla çözülmektedir.

(26) ifadesinde verilen, ikinci temel çözümleri içeren H_{PQ}^{mm} matrisinin elemanları, sabit nokta ve hareketli nokta aynı düğüm noktası olması ($P=Q$) durumunda rijit cisim hareketi yöntemi yardımıyla,

$$H_{PP}^{mm} = - \sum_{n=1}^N \sum_{Q=1}^3 H_{PQ}^{mn} \quad (m \neq n \text{ ve } P \neq Q \text{ için}) \quad (36)$$

eşitliği kullanılarak çözülmektedir (1).

3. SAYISAL UYGULAMALAR

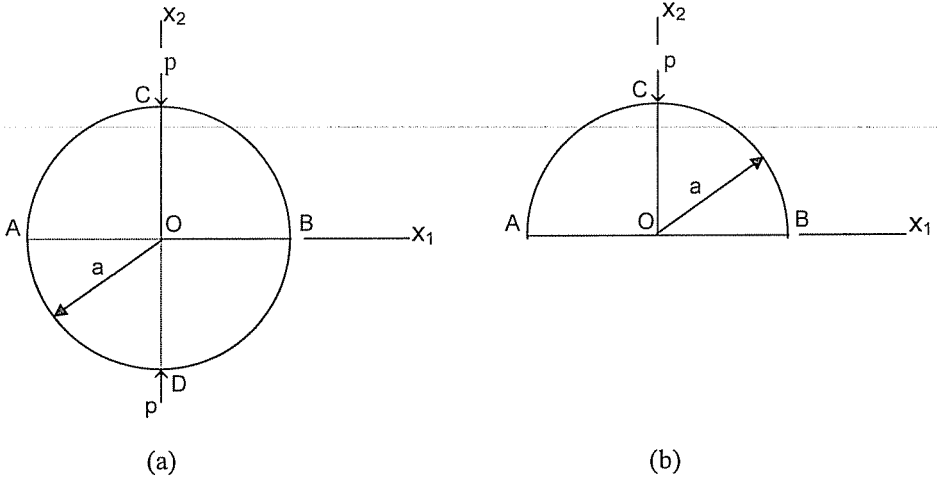
Bu çalışmada, süreksiz kuadratik eleman için geliştirilen formülasyonu kullanarak, Fortran77 dilinde düğüm noktalarının farklı konumları için çözüm yapabilecek şekilde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Problemlerin analizinde, süreksizliğin sağlanması için boyutsuz düğüm noktası koordinatları ($\xi_1=-0.75$, $\xi_2=0$ ve $\xi_3=0.75$), $\alpha=0.75$ değerleri ve sayısal integrasyon işlemine ise 10 noktalı Standart Gauss ve Logaritmik Gauss yöntemleri kullanılmaktadır. Hazırlanan bilgisayar programı kullanılarak aşağıda anlatılan 2 adet problem ele alınmıştır.

3.1. Dairesel Disk Problemi

Bu bölümde sayısal uygulama olarak, Şekil 6a'da görülen a yarıçaplı, p eksenel basınç kuvvetine maruz bir dairesel disk problemi incelenmektedir. İzotrop ve elastik malzemeden yapılmış olan disk, orijini diskin merkezinde olan x_1-x_2 koordinat sistemi ile kıyaslanmıştır.

P kuvvetinin uygulandığı C ve D noktaları hariç diskin sınırında gerilme yoktur. Simetri şartlarından dolayı Şekil 6b'de görüldüğü üzere problem yarıya indirgenmiş ve dolayısıyla AB yatay sınırı boyunca düşey deplasman ve yatay gerilme vektörü bileşeni sıfır olarak alınmıştır.

Analiz sonucunda dairesel diske ait Şekil 6b'de görülen A ve B noktaları arasında kalan yatay sınır boyunca oluşan, yatay deplasman ve düşey gerilme değerleri incelenmektedir.



Şekil 6. p aksenal basınç kuvvetine maruz dairesel disk

Analizde kullanılan boyutsuz değişken ve parametreler (37) ifadelerinde verilmektedir.

$$\bar{x}_i = \frac{x_i}{d} \quad ; \quad \bar{u}_i = \frac{u_i}{d} \quad ; \quad \bar{t}_i = \frac{t_i}{\mu} \quad (i=1,2) \quad (37)$$

$$\bar{p} = \frac{p}{\mu d} \quad ; \quad \bar{\mu} = \frac{\mu}{\mu} = 1 \quad ; \quad \bar{d} = \frac{d}{d} = 1$$

Burada $d=2a$ olmak üzere dairesel diskin çapını göstermektedir. Yapılan analizde, Poisson oranı (ν), 0.25 ve boyutsuz yük değeri (\bar{p}) 1 birim olarak seçilmiştir.

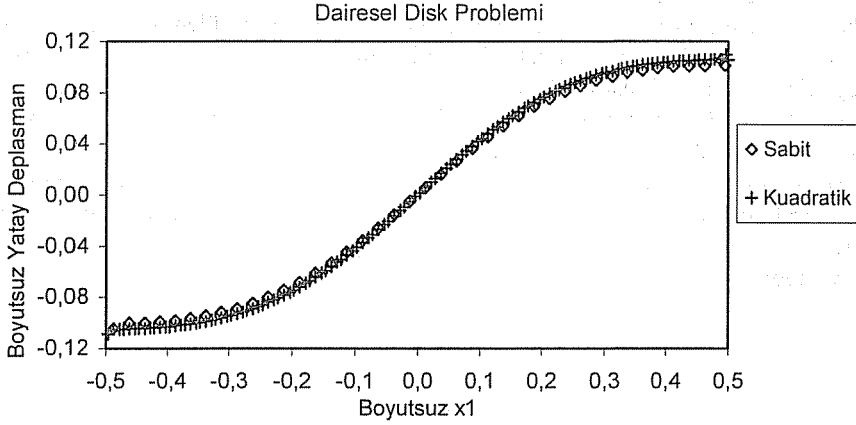
Şekil 6b'de görülen problem sınırı (yarım daire), AB yatay sınırı 40 adet, BCA yay sınırı ise 15 adet olmak üzere toplam 55 adet sınır elemanına bölünmektedir.

C noktasına uygulanan düşey p yükü, boyutsuz uzunluğu 0.104 olan 48 no'lu eleman üzerine düzgün yayılı olarak etki ettirilmiş ve 48 no'lu eleman üzerindeki üç düğüm noktasında düşey yöndeki boyutsuz gerilme vektörü bileşeni,

$$\bar{t}_2 = -\frac{1}{0.104} = -9.62 \quad (38)$$

olarak elde edilmiştir.

Dairesel disk problemi hazırlanan bilgisayar programı ile çözümlenerek, AB yatay sınırı boyunca yatay deplasman değerleri ve düşey gerilme değerleri elde edilmiştir. Elde edilen yatay deplasman değerleri, Mengi ve diğ. (9) tarafından sabit eleman formülasyonu kullanılarak elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar Şekil 7'de verilmektedir. Şekil 7 incelendiğinde, süreksiz kuadratik sınır elemanların kullanılması ile elde edilen sonuçların oldukça uyumlu oldukları ve aynı zamanda sabit eleman modeli kullanılarak elde edilen sonuçlarla uyumlu oldukları görülmektedir.

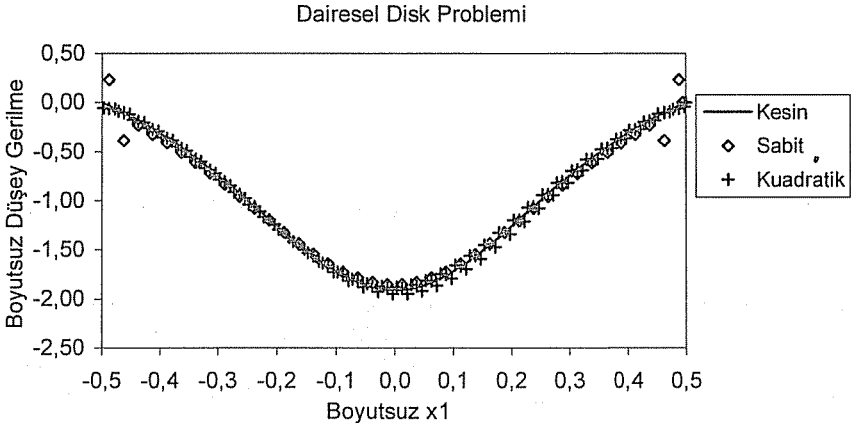


Şekil 7. AB boyunca yatay deplasman dağılımı

Elde edilen düşey gerilme değerleri, Mengi ve diğ. (9) tarafından sabit eleman formülasyonu kullanılarak elde edilen değerler ile Timoshenko ve Goodier (11) tarafından verilmiş olan,

$$\tau_{22} = \frac{2p}{\pi d} \left[1 - \frac{4d^4}{(d^2 + 4x_1^2)^2} \right] \quad (39)$$

eşitliği kullanılarak elde edilen kesin sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar Şekil 8’de verilmektedir. Şekil 8 incelendiğinde, süreksiz kuadratik sınır elemanları kullanılması ile elde edilen sonuçların kendi içlerinde uyumlu oldukları ve sabit eleman formülasyonu ile elde edilen değerlere kıyasla özellikle bölgenin uç kesimlerinde kesin sonuçla daha uyumlu oldukları görülmektedir.

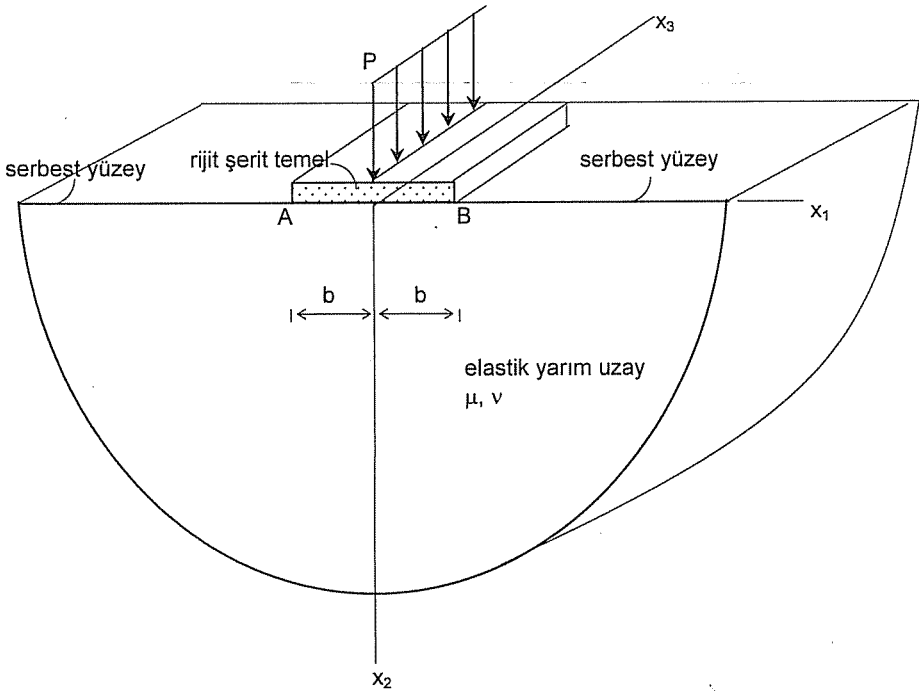


Şekil 8. AB boyunca düşey gerilme dağılımı

3.2. Rijit Şerit Temel Problemi

Bu bölümde ise sayısal uygulama olarak, Şekil 9'da kesiti görülen, izotrop ve elastik yarım uzay üzerinde, $2b$ genişliğindeki rijit şerit temel göz önüne alınmaktadır. Düzlem şekil değiştirme problemi olarak ele alınan örneğin analizinde, rijit şerit temel x_3 eksenı boyunca P düşey düzgün çizgisel yük etkisi altındadır. Zemin üzerinde serbest yüzey olarak tanımlanan bölgede gerilme olmadığı kabul edilmektedir.

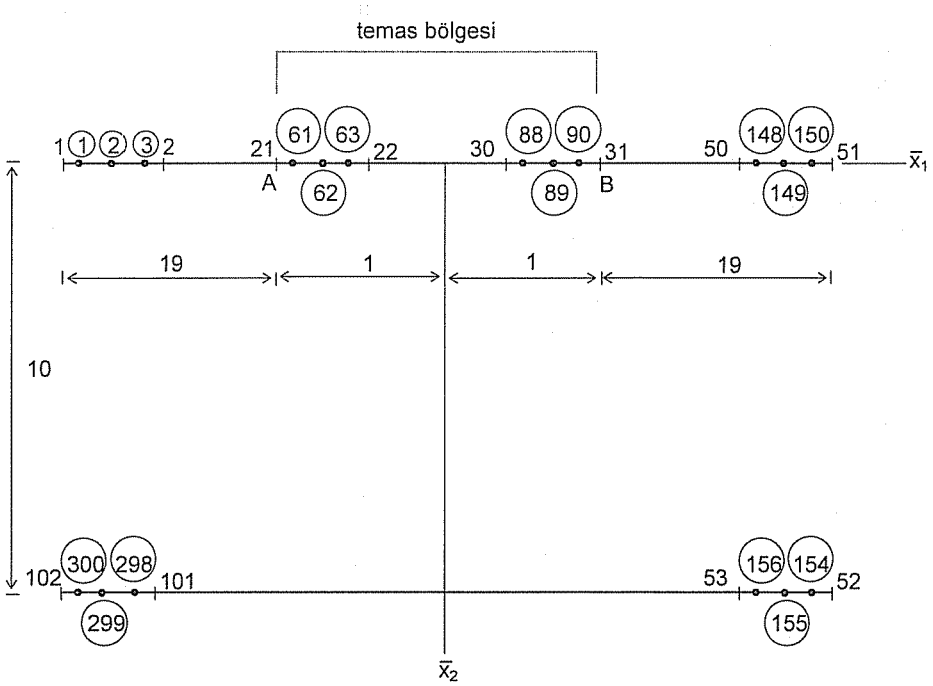
Rijit şerit temel probleminin çözümüyle, Şekil 9'da görülen ve temel altındaki temas bölgesi olarak tanımlanan AB yatay sınırı boyunca meydana gelen düşey gerilme değerleri ve zeminin üst yüzeyinde meydana gelen düşey deplasman değerleri incelenmektedir.



Şekil 9. Elastik yarım uzay olarak kabul edilen zemin üzerinde rijit şerit temel

Temele yakın bölgelerde sonlu düşey deplasman değerleri elde etmek için belirli bir derinlikte düşey deplasmanların tutulması gerekmektedir (12).

Bu amaçla problem sınırı, Şekil 10'da görüldüğü gibi zemin üst yüzeyinde bulunan yatay sınır 50 adet, düşey deplasmanın tutulduğu 10 birim derinlikteki yapay sınır ise 50 adet olacak şekilde toplam 100 adet sınır elemanına bölünmektedir.



Şekil 10. Problemin çözümünde kullanılan sınır eleman ağı

Analizde kullanılan boyutsuz değişken ve parametreler (40) ifadelerinde verilmektedir.

$$\bar{x}_i = \frac{x_i}{b} ; \quad \bar{u}_i = \frac{u_i}{b} ; \quad \bar{t}_i = \frac{t_i}{\mu} \quad (i = 1,2) \quad (40a)$$

$$\bar{p} = \frac{p}{\mu b} ; \quad \bar{\mu} = \frac{\mu}{\mu} = 1 ; \quad \bar{\tau}_{22} = \frac{\tau_{22} b}{p} ; \quad \bar{b} = \frac{b}{b} = 1 \quad (40b)$$

Hesaplamalarda Poisson oranı (ν) için, 0.25 değeri alınmaktadır. Ayrıca sınır şartları olarak, temelin dışında kalan zemin üst yüzeyinde bulunan kısımlarda gerilme bileşenleri sıfır olarak alınarak, temas bölgesinde rijit temele x_2 (düşey) yönünde birim deplasman uygulanmaktadır. Zemin üst yüzeyinde bulunan kısımlarda yatay deplasman, on birim derinlikteki yapay sınırdan ise yatay ve düşey deplasman tutulmaktadır.

Hazırlanan bilgisayar programı yardımıyla rijit şerit temel problemi analiz edilerek, temas bölgesinde oluşan düşey gerilme bileşenleri ve zemin üst yüzeyinde oluşan düşey deplasmanlar elde edilmiştir. Temel altındaki gerilmelerin normalize edilebilmesi için,

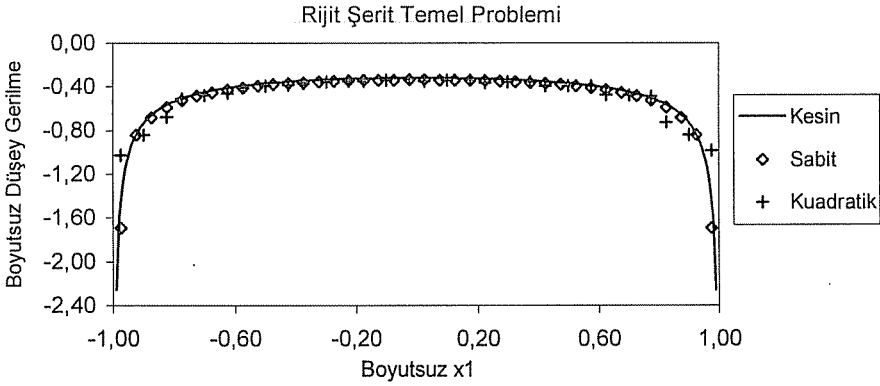
$$\bar{\tau}_{22} = -\frac{\bar{t}_2}{\bar{p}} \quad (41)$$

ifadesi kullanılmalıdır. Burada, \bar{p} düşey gerilme bileşenlerinin oluşturduğu bileşke kuvveti göstermektedir. Temel altı düşey gerilme değerleri analitik olarak, Saada (12) tarafından verilen,

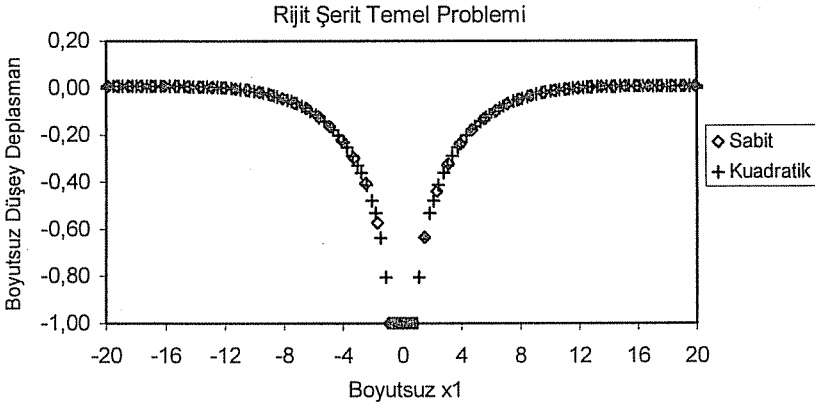
$$\tau_{22} = \frac{P}{\pi \sqrt{b^2 - x_1^2}} \quad (42)$$

ifadesi ile bulunmaktadır.

Temel altındaki temas bölgesi boyunca, süreksiz kuadratik sınır elemanı formülasyonu ile bulunan düşey gerilme değerleri, Mengi ve diğ. (9)'nin sabit eleman formülasyonu kullanarak elde ettiği sonuçlarla ve Saada (12) tarafından (42) ifadesi ile verilen analitik sonuçlar Şekil 11'de karşılaştırılmaktadır. Şekil 11 incelendiğinde, süreksiz kuadratik sınır eleman formülasyonu ile bulunan sonuçların, sabit eleman formülasyonu ile elde edilen değerlerle ve analitik sonuçlarla uyumlu oldukları görülmektedir.



Şekil 11. AB boyunca boyutsuz düşey gerilme dağılımı



Şekil 12. Üst sınır boyunca boyutsuz düşey deplasman dağılımı

Rijit şerit temelin düşey yönde birim deplasmana maruz kalması ile elastik yarım uzay üzerindeki sınır boyunca oluşan düşey deplasman değerleri ile Mengi ve diğ. (9) tarafından elde edilen değerlerin, Şekil 12'deki karşılaştırılması sonucunda bulunan sonuçların uyumlu oldukları görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, iki boyutlu elastostatik problemlerinin çözümü için süreksiz kuadratik sınır eleman metodu kullanılarak formülasyon yapılmıştır.

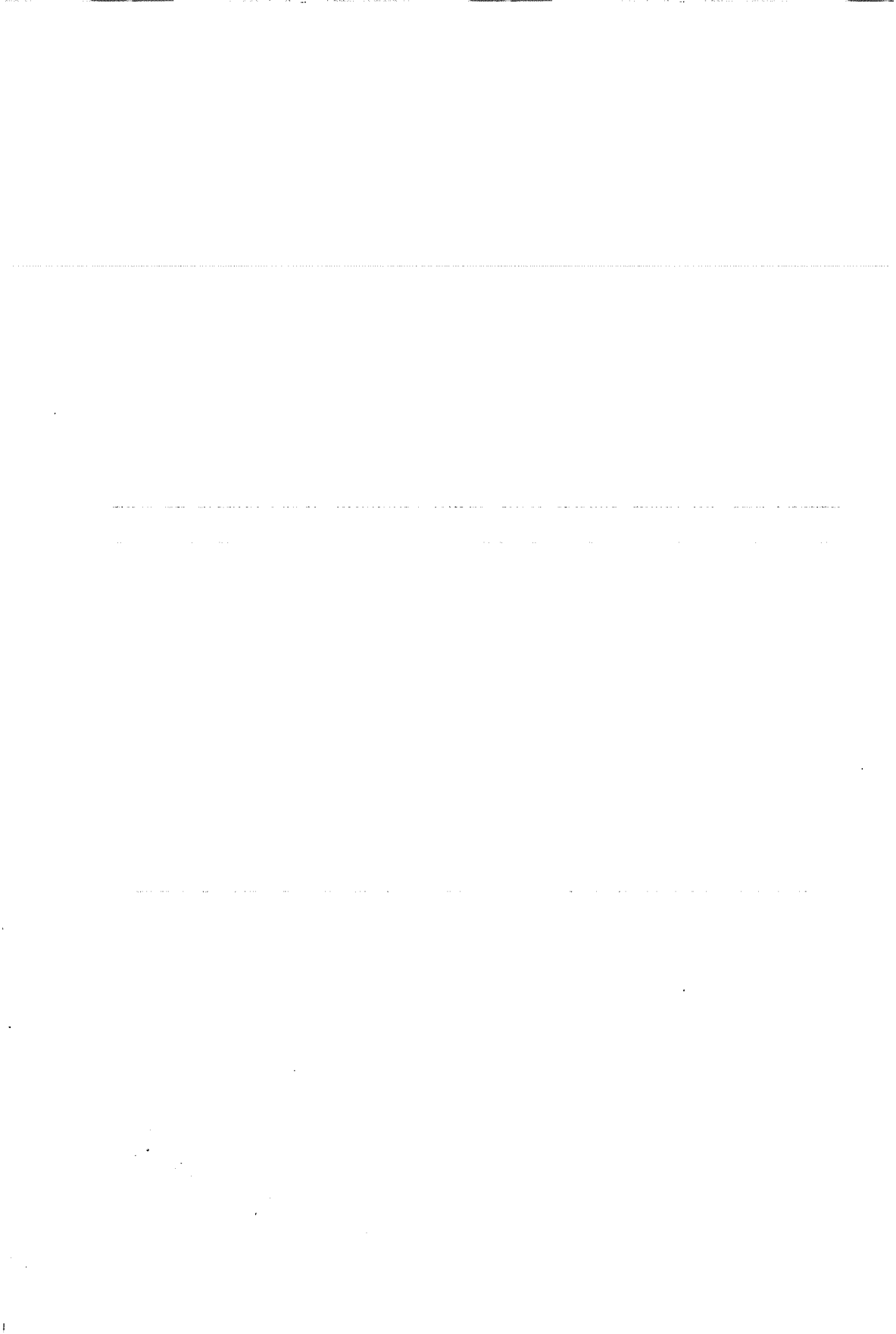
Yapılan formülasyonda, integral işlemlerinde kullanılan sabit nokta ve integrasyon noktasının aynı sınır elemanı üzerinde bulunmasından kaynaklanan tekillik durumları incelenmiştir.

Yapılan formülasyona dayalı, iki boyutlu statik analiz için, Fortran77 programlama dili kullanılarak genel amaçlı bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Sayısal uygulamalar kısmında, birinci örnekte p eksenel basınç kuvvetine maruz bir dairesel disk göz önüne alınarak statik analizi yapılmıştır. İkinci örnekte ise statik haldeki rijit şerit temel örneği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve bu çalışmada yapılan formülasyonun ve hazırlanan programın güvenle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Brebbia,C.A., Dominguez,J., "Boundary Elements An Introductory Course", Computational Mechanics Publications, Southampton, 1989.
2. Becker,A.A., "The Boundary Element Method in Engineering", McGraw-Hill Book Company, London, 1992.
3. Banerjee,P.K., "The Boundary Element Methods in Engineering", McGraw-Hill Book Company, London, 1994.
4. Aliabadi,M.H. "The Boundary Element Method Applications in Solids and Structures", John Wiley & Sons Limited, West Sussex, 2002.
5. Beskos,D.E., "Boundary Element Methods in Mechanics", Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1987.
6. Brebbia,C.A., Telles,J.C.F. ve Wrobel,L.C., "Boundary Element Techniques", Springer, New York, 1984.
7. Wrobel,L.C., "The Boundary Element Method Applications in Thermo-Fluids and Acoustics", John Wiley & Sons Limited, West Sussex, 451 s. 2002.
8. Severcan,M.H., "Dinamik Yapı-Zemin Etkileşim Problemleri İçin Sınır Eleman Formülasyonu", Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
9. Mengi,Y., Tanrikulu, A.H. and Tanrikulu, A.K., "Boundary Element Method for Elastic Media, An Introduction", ODTÜ Basım İşliğı, Ankara, 1994.
10. Press,W.H., Flannery,B.P., Teukolsky,S.A., and Vetterling,V.T., "Numerical Recipes", Cambridge University Press, New York, 1986.
11. Timoshenko,S.P., Goodier,J.N., "Theory of Elasticity", McGraw-Hill Book Company, NewYork, 1970.
12. Saada,A.S., "Elasticity Theory and Applications", Pergamon Press Inc., New York, 1974.



TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE A2 DÜZENSİZLİK DURUMUNUN İNCELENMESİ

Mustafa Y. ÖZDEMİR, İbrahim Ö. DENEME ve Hüseyin R. YERLİ
Ç. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Yapı düzensizlikleri planda düzensizlik ve düşey doğrultuda düzensizlik olarak iki ana gruba ayrılmıştır. Planda düzensizlikler; burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizliği (A2), planda çıkıntuların bulunması (A3), taşıyıcı eleman eksenlerinin deprem yönüne paralel olmasından doğan düzensizlik (A4), düşey doğrultudaki düzensizlikler ise, zayıf kat düzensizliği (B1), yumuşak kat düzensizliği (B2) ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının düzensizliği (B3) durumlarıdır.

Bu çalışmada Türk Deprem Yönetmeliği (TDY98) irdelenmekte A2-Döşeme Süreksizliği durumu ve bu durumun düzeltilmesi için perde yerleşiminin etkisi incelenmektedir. Türk Deprem Yönetmeliğinde önerilen eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Tüm örneklerin analizi için SAP2000 paket programı kullanılmıştır.

INVESTIGATION OF A2 IRREGULARITY CONDITION ACCORDING TO TURKISH EARTHQUAKE CODE

ABSTRACT : Structural irregularities are assembled in two main groups. Irregularities in the plan include, torsional irregularity (A1), the irregularity related to floor in which there are big holes or abrupt reductions in the stiffness (A2), the irregularity related to large projections in the plan (A3) and the irregularity caused by structural element axes being nonparallel with the earthquake directions (A4), vertical irregularities are weak storey (B1), soft storey (B2), and the irregularities caused by the discontinuity of vertical structural elements (B3).

In this study the Turkish Earthquake Code has been studied, and the effect of A2 irregularity case examined. For correction of this irregularity, placement of shear walls was investigated. The equivalent earthquake load method, offered by Turkish Earthquake Code (TDY98), is used to solve the structural systems by SAP2000 computer software.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu tarafından inşa edilen bütün yapılar, en büyük sınavlarını doğa karşısında vermektedirler. Özellikle ülkemizde meydana gelen depremler sonucunda oluşan hasarlar ve görülen can kayıpları bu sınavlardaki başarımızı ortaya koymaktadır. Yapıların tasarlanması aşamasından inşasının tamamlanıp kullanımına açılmasına kadar olan süreçte yetki ve sorumluluk kullanan kişilerin ortak bir bilinçle hareket etmesi başta depremler olmak üzere yaşanan bütün doğal afetler karşısındaki sınavlarımızda başarılı olmamızı sağlayacaktır.

Türk Deprem Yönetmeliği (TDY98), eski yönetmeliğe göre olumlu değişiklikler içermektedir. Bunların içinde analize yönelik olanlardan bazıları, planda ve düşeydeki düzensizlik durumlarının göz önüne alınması, yapıda oluşabilecek görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertbe etkilerine bir sınırlama getirilmesi olarak sıralanmaktadır. Bunların yanında eski deprem yönetmeliğinde tek analiz yöntemi olarak verilen “Eşdeğer Deprem Yüğü” yöntemine ilave olarak “Mod Birleştirme (Spektrum analizi)” ile “Zaman Tanım Alanında Hesap” yöntemlerine de yer verilmekte ve bu yöntemlerden birinin kullanılarak üç boyutlu analiz yapılması zorunluluğu getirilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” içerisinde önerilen analiz yöntemleri kullanılarak yapıların deprem analizi yapılmıştır. Türk deprem yönetmeliğine göre yapıların analizinin üç boyutlu yapılması zorunluluğundan dolayı, yapı sistemlerini el ile çözmek neredeyse imkansız veya oldukça zaman alıcı hale gelmiştir. Yapıların üç boyutlu analizinin yapılması için bu çalışmada SAP2000 programından yararlanılmıştır.

2. TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ (TDY98)

Türk deprem yönetmeliğinde (TDY98), bina ve bina türü yapıların depreme dayanıklı projelendirilmesi ve yapım esasları için minimum koşullar tanımlanmaktadır. TDY98, 1975 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliğine göre günümüz modern yapı teknolojisine uygun önemli yenilik ve uygulamalar getirmektedir. Bunlar;

- 1- Rijit diyafram kabulü,
 - 2- Üç boyutlu analiz yapılmasının zorunlu tutulması,
 - 3- Eşdeğer deprem yüğü yöntemine ilave olarak mod süperpozisyon yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri ile analiz,
 - 4- Görelî kat ötelenmesi ve ikinci mertbe etkilerine bir sınırlama getirilmesi,
 - 5- Planda ve düşeyde düzensizlik durumları,
- şeklinde sıralanabilir.

2.1. Yapı Düzensizlikleri

Yönetmelikte düzensizlikler planda (A) ve düşey doğrultuda (B) olmak üzere iki ayrı grupta incelenmektedir. A1 ve B2 türü düzensizlikler, deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde etkili olan düzensizliklerdir.

Düzensizlik gruplarından planda düzensizlikler A grubu olarak tanımlanmakta ve kendi içinde dört kısma ayrılmaktadır.

1. Burulma düzensizliği (A1)
2. Döşeme süreksizliği (A2)
3. Planda çıkıntıların bulunması (A3)

4. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu (A4)

Düşey doğrultuda düzensizlikler ise, B grubu olarak adlandırılmaktadırlar. B grubu düzensizlikler üç kısımda incelenmektedir:

1. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1)
2. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2)
3. Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği (B3)

3. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilmesi için Çizelge 1'deki koşulların sağlanması gerekir.

Çizelge 1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1 - 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3 - 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Çizelge 1'deki kriterleri sağlayan yapıların eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizi aşağıdaki hesap adımları takip edilerek yapılmaktadır.

Adım 1: Döşemeler rijit diyafram olarak kabul edilmiş ise mastır noktası kütle merkezinde seçilir.

Adım 2: Katlara etkiyen fiktif yükler hesaplanır (F_{fi}):

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (1)$$

Adım 3: Bulunan fiktif yükler (F_{fi}), seçilen deprem doğrultusunda, yapının kat kütle merkezlerine etkilerek üç boyutlu statik analiz yapılır ve kuvvet doğrultusunda deplasmanlar (d_{fi}) bulunur.

Adım 4: Binanın birinci doğal titreşim periyodu (T_1) hesaplanır. Yönetmelikte, T_1 'in hesabı için iki yöntem önerilmektedir.

- a) Ampirik yöntem
- b) Rayleigh yöntemi

Adım 5: Toplam eşdeğer deprem yükü hesaplanır.

$$V_i = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.1 A_0 I W \quad (2)$$

Adım 6: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanacaktır.

$$F_i = (V_i - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (3)$$

Burada ΔF_N yapının en üst katına ek olarak uygulanacak yatay yük olup, T_1 'e bağlı olarak şu şekilde bulunur.

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (4)$$

Böylece adım 5'te hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına yatay kuvvetlerin toplamı olarak,

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (5)$$

denklemleri ile ifade edilebilir. Temel üstünde ölçülen toplam bina yüksekliğinin $H_N \leq 25m$ olması durumunda $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

Adım 7: Eşdeğer deprem yükleri (F_i), yapıya her iki deprem doğrultusunda $\pm\%5$ eksantrisite ile uygulanarak üç boyutlu statik analiz yapılır ve kat deplasmanları ile iç kuvvetler bulunur.

Adım 8: A1 burulma düzensizliği ve B2 yumuşak kat kontrolleri yapılır. Yapılan kontrollerde, 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde rijitlik düzensizliği $\eta_{ki} > 1.5$ ise dinamik analiz yapılması zorunludur. Burulma düzensizliği, $\eta_{bi} > 2$ ise dinamik analiz yapılması zorunludur. $1.2 < \eta_{bi} \leq 2$ ise eksantrisite değerleri her iki doğrultu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmeli ve analiz 7. adımdan itibaren tekrarlanmalıdır.

Adım 9: Göreli kat ötelemeleri ve ikinci merteye etkilerinin kontrolü yapılmalıdır.

4. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu çalışmada ele alınan bütün örnekler için geçerli olan bilgiler aşağıda verilmiştir.

Yapı Elemanları Boyutları:

Tüm Kolonlar	: 450 mm × 450 mm
Tüm Kirişler	: 250 mm × 500 mm
Kat Yüksekliği	: 3.5 m
Döşeme	: 20 cm
Perde Kalınlığı	: 20 cm

Bina Bilgileri :

Kat sayısı: 5

Bodrum kat sayısı: —

Bina önem katsayısı: $I=1$

Taşıyıcı sistem türü: Yerde dökme betonarme çerçevesel sistem.

Poission Oranı : 0.15

Elastisite Modülü : 2850000 ton/m²

Deprem Bilgileri :

Deprem bölgesi: 1'inci bölge

Etkin Yer İvmesi Katsayısı: $A_0=0.4$

Yerel Zemin Sınıfı: Z3

Spektrum Karakteristik Periyotları: $T_A=0.15sn$. $T_B=0.60sn$

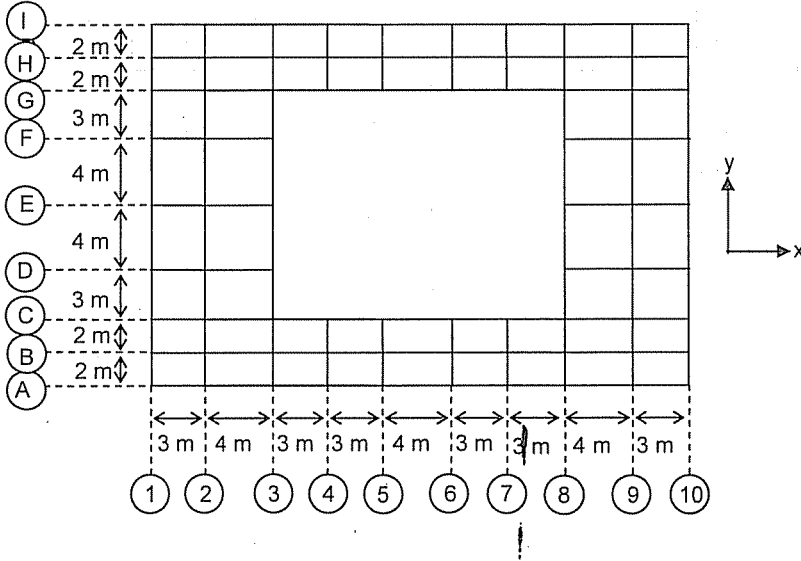
Hareketli yük katılım katsayısı: $n = 0.3$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $R = 8$

Bu kısımda yapılardaki A2 döşeme süreksizliği düzensizliği incelenmiştir. Buradaki örneklerin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizleri yapılmış olup sonuçlar Çizelge

2’de görülmektedir. Ele alınan örnekler rijit diyafram modeli ile çözümlenerek, incelenmiştir. Tüm örneklerin analizleri aynı kalıp planı üzerinde yapılmıştır.

Şekil 1’de görülen yapı ortasında boşluk bulunan bir yapıdır. Bu yapıda brüt kat alanı $A=30 \times 22=660m^2$ ve kattaki boşluk alanı $A_b=16 \times 14=224m^2$ dir. $A_b/A=0.34$ olan boşluk oranı, yönetmelikte verilen sınır değeri $A_b/A=0.33$ ’den büyük olduğundan A2 türü döşeme süreksizliği durumu mevcuttur.

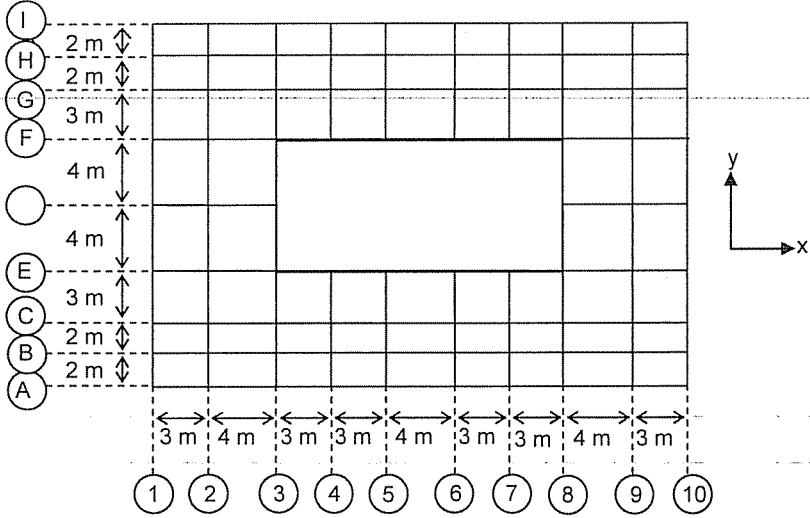


Şekil 1. Örnek 1'e ait kalıp planı

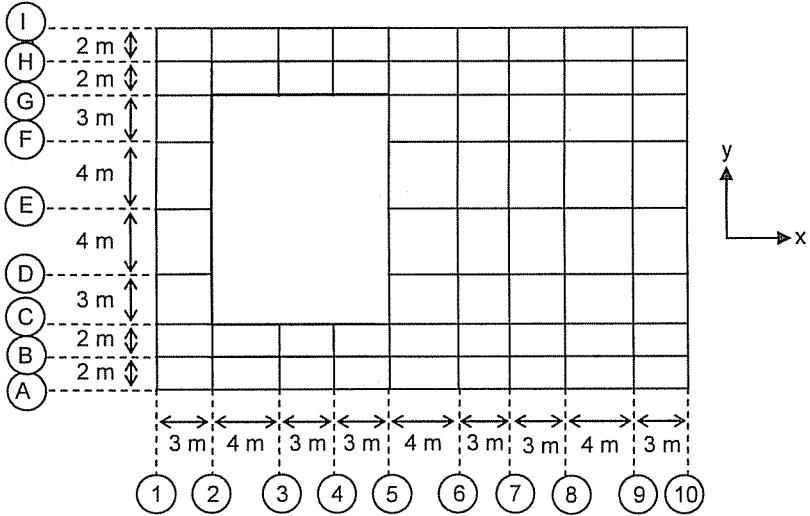
Rijit diyafram modeli ile yapılan çözümde, bütün katlarda $\eta_{bi} < 1.2$ sınır değeri, görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri bakımından yönetmeliğin verdiği sınır aşılmamaktadır. Bu yapıya ait sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur.

Şekil 2’de görülen kalıp planında $A_b/A=0.19$ olan boşluk oranı ile yapılan analizler sonucunda, $\eta_{bi} < 1.2$ sınır değeri, görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri bakımından yönetmeliğin verdiği sınır aşılmamaktadır. Bu yapıya ait sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur.

Şekil 3’te görülen yapıda boşluk oranı $A_b/A=0.21$ ile sınır değerinin altındadır. Bu yapıda boşluk yapının kenarında ve yapıya simetrik olarak yerleştirilmemiştir. Yapılan analiz sonucunda, Rijit diyafram modeli ile yapılan çözümde bütün katlarda $\eta_{bi} < 1.2$ sınır değeri aşılmıştır. Görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri bakımından yönetmeliğin verdiği sınır aşılmamaktadır. Bu yapıya ait sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Örnek 2'ye ait kalıp planı



Şekil 3. Örnek 3'e ait kalıp planı

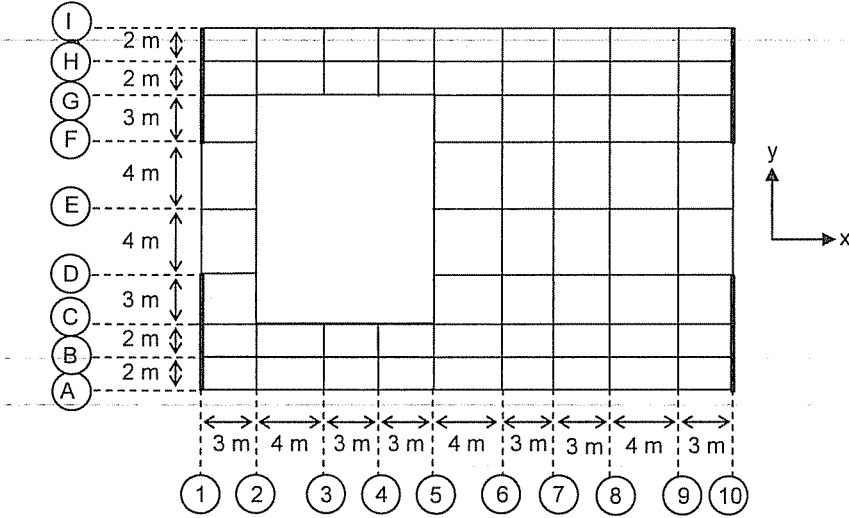
Çizelge 2. Analizleri yapılan kalıp planlarına ait sayısal sonuçlar

Durum No	Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	η_{bi}	$(\Delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	
Örnek 1	X Yönü	5	0.02654	0.02355	1.0571	0.000951	0.005109
		4	0.02321	0.02058	1.0593	0.001506	0.009011
		3	0.01794	0.01590	1.0586	0.001934	0.013063
		2	0.01117	0.00988	1.0608	0.002020	0.015591
		1	0.00410	0.00362	1.0622	0.001171	0.010559
	Y Yönü	5	0.02404	0.01848	1.1252	0.00086	0.004066
		4	0.02103	0.01614	1.1302	0.00135	0.007104
		3	0.01630	0.01250	1.1306	0.00173	0.010261
		2	0.01024	0.00784	1.1330	0.00183	0.012365
		1	0.00385	0.00295	1.1324	0.00110	0.008716
Örnek 2	X Yönü	5	0.02665	0.02327	1.0677	0.00095	0.004226
		4	0.02334	0.02038	1.0669	0.00150	0.007506
		3	0.01808	0.01578	1.0667	0.00194	0.010929
		2	0.01129	0.00984	1.0675	0.00203	0.013096
		1	0.00418	0.00363	1.0704	0.00119	0.008979
	Y Yönü	5	0.02533	0.01906	1.1376	0.00090	0.003763
		4	0.02219	0.01668	1.1412	0.00142	0.006631
		3	0.01722	0.01294	1.1410	0.00183	0.009615
		2	0.01083	0.00813	1.1421	0.00193	0.011621
		1	0.00408	0.00306	1.1428	0.00117	0.008208
Örnek 3	X Yönü	5	0.02433	0.02081	1.0775	0.000874	0.004488
		4	0.02127	0.01819	1.0757	0.001380	0.007923
		3	0.01644	0.01404	1.0772	0.001774	0.011472
		2	0.01023	0.00872	1.0791	0.001851	0.013685
		1	0.00375	0.00319	1.0807	0.001071	0.009247
	Y Yönü	5	0.02482	0.01554	1.2176	0.000871	0.003715
		4	0.02177	0.01358	1.2257	0.001389	0.006567
		3	0.01691	0.01051	1.2314	0.001794	0.009526
		2	0.01063	0.00659	1.2335	0.001894	0.011497
		1	0.00400	0.00247	1.2365	0.001143	0.008091

Örnek 3'te A2 Döşemede Süreksizlik Düzensizliği bulunmamasına rağmen rijit diyafram yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre, A1 Burulma Düzensizliğinin oluştuğu görülmüştür. A1 Burulma Düzensizliğinin giderilebilmesi için bu örnekte kullanılan model üzerine farklı bölgelere perdeler yerleştirilmiştir. Önceki örneklerdeki gibi her iki deprem yönü doğrultusunda +%5 eksantrisite ile yüklemeler yapılmıştır.

Şekil 4'de görülen örnekte yapının sol üst ve sağ üst köşelerine birer adet (simetrik) ve sol alt ve sağ alt köşelerine birer adet olmak üzere toplam 4 adet (y eksenini yönünde) perde ilavesi ile yapılan analizler sonucunda bütün katlarda A1 Burulma düzensizliği,

görelî kat ötelemeleri ve ikinci derece etkileri bakımından yönetmeliğe uygun sonuç verdiği görülmektedir. Analize ait sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur.



Şekil 4. Örnek 4'e ait kalıp planı

Çizelge 3. Analizleri yapılan kalıp planlarına ait sayısal sonuçlar

Durum No	Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	η_{bi}	$(\Delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	
Örnek 4	X Yönü	5	0.02290	0.02239	1.02377	0.000800	0.00435
		4	0.02010	0.01972	1.01354	0.001283	0.00787
		3	0.01561	0.01535	1.01127	0.001666	0.01155
		2	0.00978	0.00965	1.00657	0.001751	0.01397
		1	0.00365	0.00360	1.00690	0.001043	0.00972
	Y Yönü	5	0.00522	0.00354	1.18894	0.000369	0.00173
		4	0.00393	0.00266	1.19635	0.000374	0.00194
		3	0.00262	0.00178	1.19059	0.000346	0.00204
		2	0.00141	0.00096	1.19092	0.000270	0.00182
		1	0.00047	0.00032	1.19170	0.000133	0.00105

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, A2-Döşeme Süreksizliği bulunan binalar ele alınmıştır. Analiz yapılan örneklerde boşlukların oranı ve yerleri değiştirilmiştir. Hesaplarda analiz yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi seçilmiştir. İncelenen örneklerin modellenmesi için rijit diyafram modeli kullanılmıştır. Yüklemeler her iki deprem doğrultusunda sadece +%5 eksantirisite ile yapılmıştır. Kat planında farklı bölgelere

perdeler yerleştirilerek modelin deprem analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda görülmektedir.

Yapıda, yönetmeliğin belirttiği A2 düzensizliğinin bulunmadığı ve döşeme boşluğunun ortada olmadığı (yani bir kenara daha yakın olduğu) durumlarda yapının A1 burulma düzensizliği bakımından emniyetsiz olduğu gözlenmiştir.

Yapıda, boşluğun kenarda kaldığı ve A2 düzensizliğinin olmadığı durumlarda, perdeleri simetrik yerleştirilmiş binaların, perdesiz binalara kıyasla daha güvenilir sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

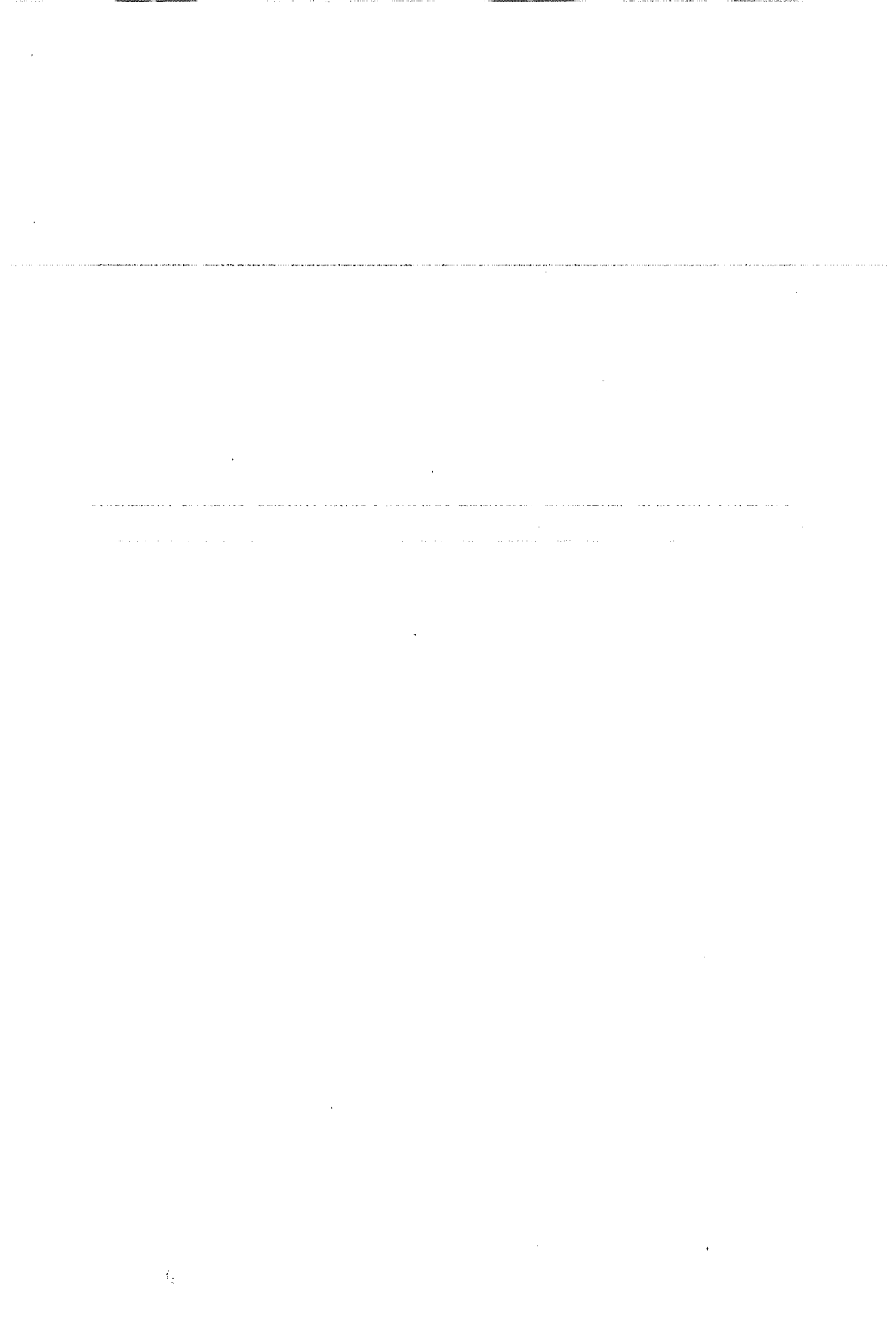
Deprem doğrultusunda simetrik olarak perde yerleştirilerek analizi yapılan örnekten elde edilen sonuçların, perdesiz örnekten elde edilen sonuçlara göre daha güvenli olduğu gözlenmiştir.

A2 Döşeme Süreksizliğinin olduğu durumlarda, eğer var ise simetri eksenine doğrultusunda yapılan deprem analizi sonucunda, yapının A1-burulma düzensizliği, görelî kat ötelenmelerinin kontrolü ve ikinci mertebe etkileri bakımından emniyetli kaldığı gözlenmiştir.

Yukarıda sıralanan nedenlerle, boşluğun kenarda kaldığı (ortada, simetrik olmadığı) ve A2 düzensizliğinin olmadığı durumlarda, yapıya simetrik, deprem yönüne paralel ve kütle merkezinden mümkün olduğunca uzağa perdeler yerleştirilerek yapıdaki düzensizliklerin giderilmesi önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Kıral,E., Yerli,H.R., Temel,B. ve Özdemir,E., "Yeni Deprem Yönetmeliğinin Analiz Bakımından Uygulamaları", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, 2000.
2. Özdemir,M.,Y., "Yapıların Deprem Hesabında A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2005.
3. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Eğitim Merkezi, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 1998.
4. Dündar,C., Kıral,E., Tanrıku, A.K. ve Tokgöz,S., Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Analiz ve Tasarımı", Çakmak Ofset (TMMOB) Adana, 1998.



SAVAK ARKASINDA BOŞLUK OLUŞUMUNUN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Selahattin KOCAMAN, Hatice ÖZMEN ÇAĞATAY ve Hasan GÜZEL
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, açık kanallarda akımı kontrol altına almak amacıyla sıkça kullanılan geniş başlıklı savak arkasında boşluk oluşumunun iki boyutlu sayısal analizi sunulmuştur. Bütün dış parametrelerin aynı, başlangıç şartlarının farklı alınması durumunda, savak arkasında boşluk bulunan serbest nap ve boşluk bulunmayan yapışık nap olmak üzere iki farklı nap şekli elde edilebilmektedir. Savak arkasında aynı koşullar altında boşluk oluşup oluşmamasının su yüzü profillerini, basınç dağılımlarını ve akımın sergilediği davranışı etkilediği sayısal olarak gösterilmiştir. Sayısal çözüm için, üç boyutlu süreklilik ve hareket denklemlerini eş zamanlı olarak sonlu hacim yöntemi ile çözebilen FLOW-3D yazılımı kullanılmıştır.*

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE CAVITY FORMATION BEHIND A WEIR

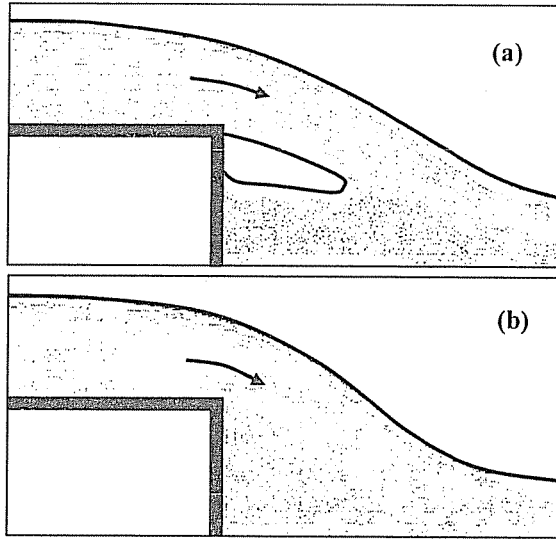
ABSTRACT : *This paper presents two dimensional numerical analysis of the cavity formation behind broad crested weir which is frequently used to control the flow in open channels. By taking the same values of external parameters and different initial conditions, two different shapes of the nappes called free nappe and depressed nappe could be obtained. It has been numerically indicated that the presence or absence of the cavity behind the weir affects the water surface profiles, pressure distributions, and flow pattern. FLOW-3D software which can simultaneously solve the three dimensional continuity and momentum equations by using finite volume method has been used in numerical solution.*

1. GİRİŞ

Geniş başlıklı savaklar, akım yönüne dik olarak genellikle kanal enini kapatacak şekilde betonarme olarak inşa edilen kabartma yapılarıdır. Açık kanallarda, dikdörtgen kesitli geniş başlıklı savaklar akımı kontrol altına almak amacıyla sıkça, debiyi belirlemek amacıyla ise daha seyrek olarak kullanılmaktadır. Literatürde geniş başlıklı savaklarla ilgili birçok araştırma yapılmış olmasına rağmen bu konunun az çalışılmış bir çok yönü bulunmaktadır (1,2). Bunlardan biri de belirli koşullar altında savak arkasında hava boşluğu oluşumudur (3).

Savak üzerinden geçen akım, savak arkasında Şekil 1a'da görüldüğü gibi hava boşluğu (kavitasyon) oluşturabilir. Su napının şekli genellikle membadaki H su yüküne ve mansap su seviyesine bağlı olarak değişir. Eğer savak yükü H yeteri kadar büyükse savağı aşan su napı mansap tarafında bir hayli ileri sıçrayabilir. Bu durumda savağın arkasında hava sıkışacak ve atmosfere kapalı bir hava boşluğu oluşturacaktır. Bu tip nap serbest nap (free nappe) olarak adlandırılır. Savak yükü H daha küçük bir değer aldığı anda ise su napının altına hava girmemekte ve napın alt kısmı savağın mansap çeperine yapışmaktadır. Bu durumda, Şekil 1b'de görülen yapışık nap (depressed nappe) durumu söz konusu olacaktır (4). Boşluğun varlığı yada yokluğu akımın diğer karakteristikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin debi katsayısı; hava boşluğu yokluğunda bu katsayı en yüksek değere sahiptir. Yapılan deneylerde diğer koşullar aynı olmak kaydıyla, hava boşluğu olduğu durumda elde edilen debi katsayısı değerinin, hava boşluğu olmadığı durumdaki debi katsayısı değeri ile karşılaştırıldığında %10 daha az olduğu gözlenmiştir (3).

Savak yükü, kuyruk suyu gibi dış parametreler aynı kalmak koşuluyla serbest ve yapışık nap olmak üzere iki farklı durum söz konusu olabilir. Bukreev yaptığı deneysel çalışmada, aynı koşullar altındaki bir akım için belirli bir q debisi değerine yeterince yavaş bir şekilde geçilirse yapışık nap, aynı q debisine hızlı bir geçiş olması durumunda ise serbest nap oluştuğunu gözlemlemiştir (5). Başka bir ifade ile aynı problem parametreleri için sıfırdan başlayarak belirli bir sabit debi değerine ulaşırken, debi değişim hızlarının farklı seçilmesiyle iki farklı nap durumu elde edilebilir. Hidrolikte bu durumu tanımlamak için uygun bir terim bulunmamaktadır. Savak arkasındaki bölgede serbest su yüzeyi seviyesi, hız, basınç, debi katsayısı ve diğer nicelikler serbest veya yapışık nap durumlarında farklı değerler alabilir. Başka bir ifade ile aynı dış akım parametrelerine sahip olsalar bile başlangıç koşullarının farklı olması, savak arkasına hava enjekte edilmesi veya boşluktan hava emilmesiyle farklı şekle sahip naplar elde edilebilir. Bunun sonucunda su seviyesi, basınç gibi bu akım bölgesine ait özellikler de farklı olabilir. Debi değerine hızlı bir geçiş olması sonucunda elde edilen serbest nap durumunda önce kararsız bir boşluk oluşacaktır. Bir süre sonra boşluk hacmi, içerisinde hava kabarcıklarının gelişmesinden dolayı kararlı bir hale gelene kadar azalacaktır. Nihayetinde hapsolan hava miktarı sabit bir hacime ulaşacaktır. Eğer hapsolan hava miktarı çok uzun bir süre için değişmezse bu hava boşluğu kararlı olarak tanımlanmaktadır (3, 5).



Şekil 1. (a) Serbest nap (b) Yapışık nap

Savak arkasındaki boşluk oluşumu sıvı, gaz ve katı sınırlar arasındaki yüzeysel gerilmeyi ve kohezyon kuvvetlerini hesaba katan çeşitli matematiksel modellerin test edilmesi için iyi bir örnek teşkil etmektedir.

Literatüre bakıldığında savak arkasında boşluk oluşumu konusunda herhangi bir sayısal çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Bukreev, geliştirilecek matematiksel modelde, savak arkasındaki akımın boşluklu ve boşluksuz olarak simülasyonunun yapılabilmesi için çözümü yapılmak istenen durumun etkin hale getirilip diğer durumun bu çözüm esnasında hesaba katılmadığı fiziksel bir yaklaşımın kullanılmasını önermiştir (3).

Bu çalışmada, Bukreev'in önerisine bir alternatif olarak yapılacak sayısal modelde, bütün dış parametreler aynı alınarak başlangıç ve sınır koşullarının farklı seçilmesiyle savak arkasında boşluklu ve boşluksuz akım durumunun oluşturulabileceği gösterilmiştir. İki akım durumu için farklı su yüzü profillerinin meydana gelmesi sayısal olarak incelenmiştir. Ayrıca her iki akım durumu için savak arkasında oluşan basınç dağılımları da karşılaştırılmıştır. Sayısal modelleme için sonlu hacim yöntemine dayanan FLOW-3D yazılımı kullanılmıştır (6).

2. SAYISAL YÖNTEM

Sayısal çalışmada kullanılan FLOW-3D yazılımı süreklilik, momentum ve enerji temel kanunlarına dayandığından dolayı hemen her tip akışkan problemine uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, özellikle serbest yüzeyli akımların modellenmesinde oldukça başarılıdır. Üç boyutlu süreklilik ve hareket (RANS: Reynolds Averaged Navier Stokes) denklemleri sonlu hacimler yöntemi kullanılarak çözülmektedir. Hesaplamalar dikdörtgen hücrelerden oluşan bir çözüm ağı üzerinde yapılmaktadır. Daha sonra problem geometrisi, bu ağ üzerinde bazı hücrelerin engellerle kapatılmasıyla elde edilmektedir. Su ve hava arakesitine sahip serbest yüzeylerin

belirlenmesi için akışkan hacmi (VOF: volume of fluid) tekniği kullanılmaktadır (7). Bu yöntemde hesaplama alanı üzerinde bir akışkan hacmi (VOF) tanımlanır. Şayet bir hücre tamamen akışkan ile dolu ise 1 değeri, tamamen boş ise sıfır değeri ve kısmen dolu ise hücrede kapladığı yüzde değerini alır. Serbest yüzey, bir eğime sahip ise bir hücredeki yüzeyin yerini ve eğimini belirlemek için kendisini çevreleyen hücreleri dikkate alan bir algoritma kullanılmaktadır. Bu yazılım k-e, Prandtl karışma boyu, türbülans enerjisi, RNG (Renormalized Group) ve LES (Large-Eddy Simulation) gibi farklı türbülans yaklaşımlarını da içerisinde barındırır.

Yazılımda üç boyutlu (3B) süreklilik ve hareket denklemleri eş zamanlı olarak çözülmektedir. Sıkışmayan akım için kullanılan süreklilik ve hareket denklemleri sırasıyla aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (u_i A_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left(u_j A_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + G_i + f_i \quad (2)$$

burada u_i i doğrultusundaki akım hızını, P basıncı, A_i i doğrultusunda her bir hücredeki akışkanın sahip olduğu alanı, V_F her bir hücredeki akışkanın sahip olduğu hacmi, G_i kütlelesel kuvvetleri, f_i herhangi bir türbülans modeli için Reynolds gerilmelerini ifade etmektedir.

3. UYGULAMA

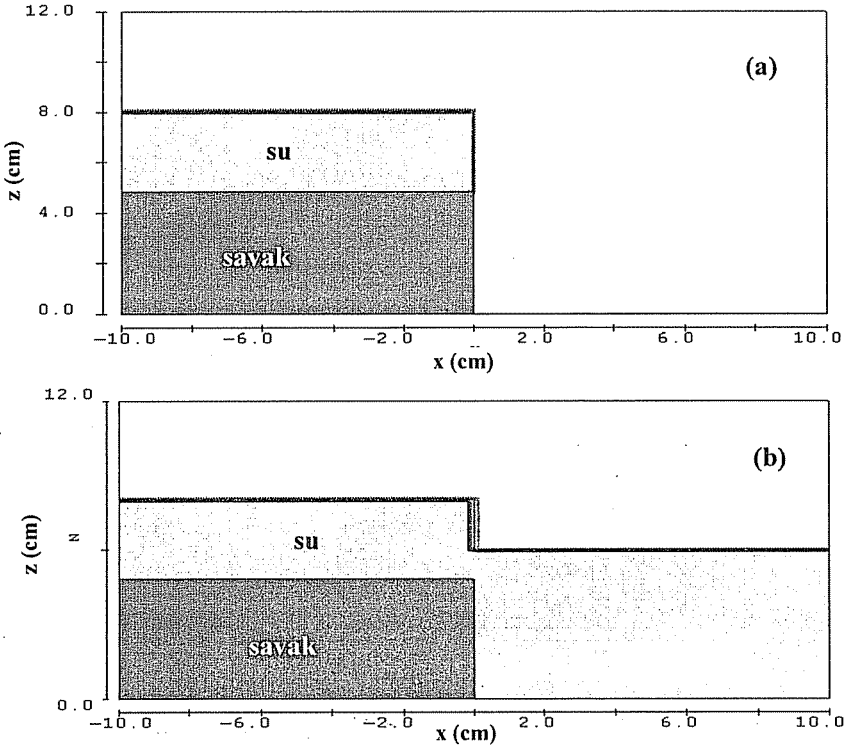
Yapılan çalışmada Bukreev'in yaptığı deneydeki veriler dikkate alınarak 55 cm uzunluğunda, 12 cm yüksekliğinde bir hesaplama alanı modellenmiştir (3). Savak geniş başlıklı ve dikdörtgen kesitli olup uzunluğu 30 cm ve yüksekliği 4.85 cm dir. Savak arkasındaki memba su yüksekliği 8 cm, yüzeysel gerilme 73 dyne/cm, yoğunluk 1 g/cm³ alınmış ve yerçekimi ivmesi 981 cm/sn² olarak negatif z yönünde uygulanmıştır. Problem türbülanslı bir yapıya sahip olduğundan türbülans modeli olarak k-e seçilmiştir.

Memba ve mansap sınır şartı olarak sırasıyla giriş hızı ve çıkan akım (outflow) seçilmiştir. Taban sınır şartı duvar olarak belirlenmiş ve yerçekiminden dolayı herhangi bir etkisi olmadığı için üst sınır şartı simetri olarak alınmıştır. Bu şekilde de serbest yüzeyde atmosfer basıncı etkili olabilmektedir.

Savak arkasında boşluk oluşup oluşmaması, başlangıç şartı olarak çözüm alanı üzerinde farklı akışkan hacmi (VOF) tanımlanmasıyla elde edilebilir (Şekil 2). Yapılan çalışmada savak arkasında boşluk oluşması için Şekil 2a'da görülen ve savak üstü ile savak membasında akışkan hacmi bulunan başlangıç koşullarında çözüm başlatılmıştır. Eğer savak arkasında yapışık nap oluşması isteniyorsa Şekil 2b'de görülen ve Şekil 2a'dakine ilave olarak savak mansabında da akışkan hacmine sahip başlangıç koşullarında hesaplamalara gidilir. Bu iki çözümde başlangıçtaki akışkan hacmi dışındaki diğer tüm problem parametreleri tamamen aynıdır.

Savak arkasında boşluk oluşup oluşmamasını sağlayabilecek ikinci bir yöntem de, giriş hızının memba sınır şartı olarak alınması ve Şekil 2a'daki durumda akımın başlangıçtaki hızının yüksek veya düşük seçilmesiyle elde edilebilir.

Farklı akım rejimlerinin elde edilebilmesi için başlangıç koşullarının yanısıra ağ boyutunun da dikkatle belirlenmesi gereklidir. Çalışmada, x doğrultusunda (yatay) 550 ve z doğrultusunda (düşey) 120 hücreden oluşan bir çözüm ağı seçilmiştir. Ağ aralıklarının seçimi için yapılan ön hesaplamalarda, ağ aralıkları kaba seçildiği takdirde Şekil 2a'daki başlangıç şartı durumu için çözüm sırasında, serbest yüzey sınırlarında oluşan salınımlar nedeniyle alt ve üst boşluk sınırlarının birbiri ile temas ettiği ve boşluğun ortadan kalkabildiği görülmüştür. Bu nedenle minimum ağ boyutu 1 mm olarak alınmıştır. İlave olarak, çözümün daha sağlıklı ve hesaplama süresinin daha hızlı olabilmesi için hücrelerin görünüş oranı (yatay boyut/düşey boyut) 1, yani kare olacak şekilde seçilmiştir. Savağın topuk kısmı koordinat merkezi olarak belirlenmiştir.

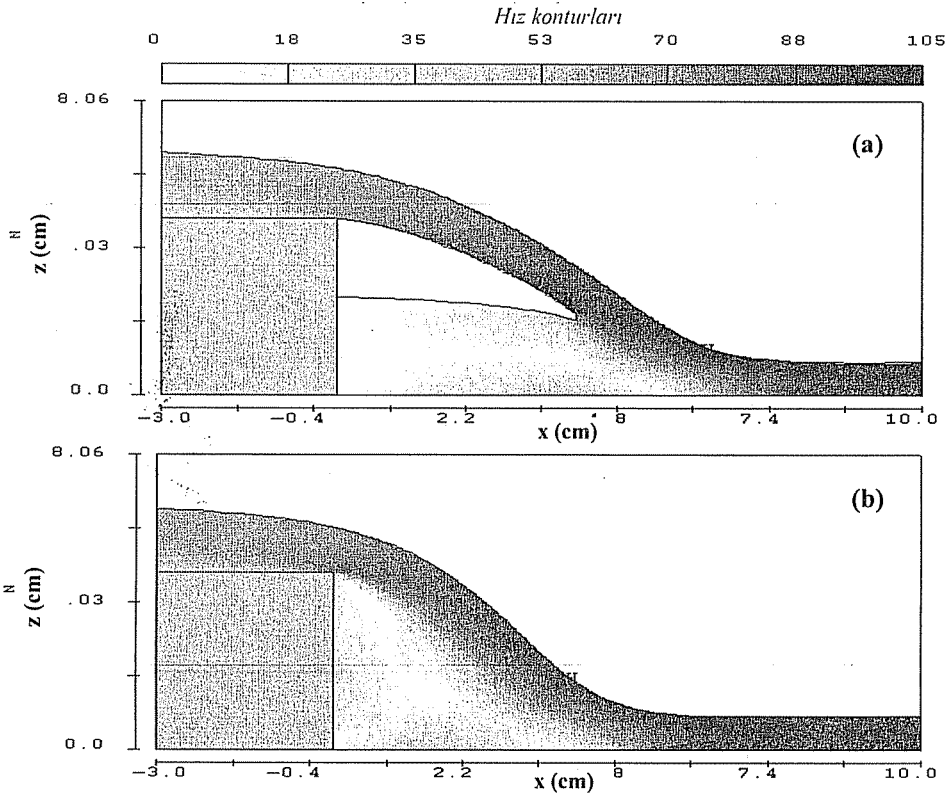


Şekil 2. Başlangıç şartları (a) Serbest nap oluşumu için (b) Yapışık nap oluşumu için

Şekil 3'de görüldüğü gibi dış parametreler aynı olmasına rağmen serbest nap ve yapışık nap olmak üzere iki farklı akım durumu söz konusu olabilmektedir. Şekil 3a ve Şekil 3b karşılaştırıldığında, boşluğun varlığı yada yokluğunun serbest su yüzü profilleri üzerinde belirgin bir değişime neden olduğu görülmektedir. Boşluğun oluşumu yüzeye çarpan napın kanal tabanına göre eğiminin azalmasına neden olmaktadır. Sayısal

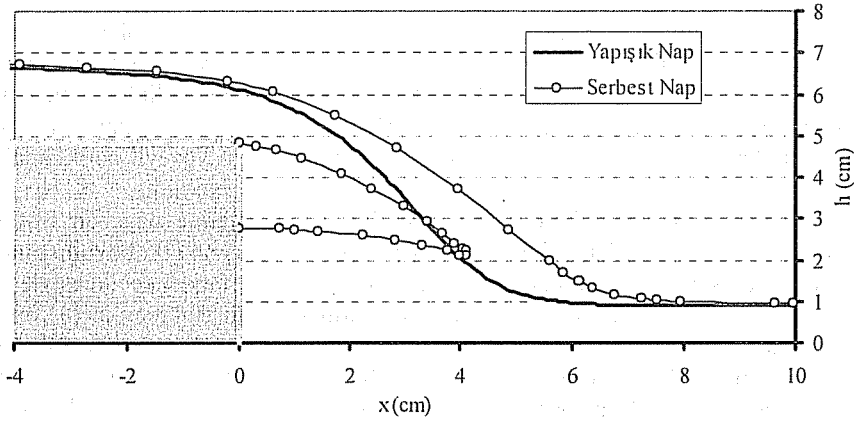
modelde, savak arkasında oluşan boşluğun tamamen kararlı hale gelmediği, boşluk altındaki nap yüzeyinde çok küçükte olsa salınımların meydana geldiği gözlenmiştir. Yapışık nap olması halinde ise kararlı bir durum söz konusudur ve sayısal hesaplamalar sırasında kararlı hale daha kısa sürede ulaşmaktadır.

Bunun dışında akımın sergilediği davranış da farklılık göstermektedir. Şekil 3a ve Şekil 3b'de görüldüğü gibi savak arkasında farklı büyüklüklerde ve içerisinde farklı çevrıntilere sahip durağan bölgeler oluşmaktadır. Bu da her bir nap durumu için savağın taşıma performansını etkileyebilecek momentum ve enerji kayıplarının farklı değerler almasına neden olabilmektedir.



Şekil 3. Aynı dış parametreler için oluşan farklı akım durumları
(a) Serbest nap (b) Yapışık nap

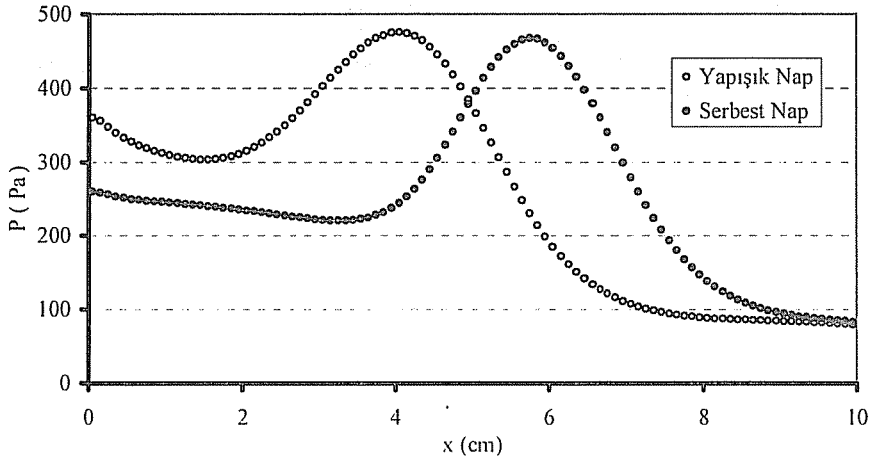
Şekil 4'de serbest ve yapışık napa ait su yüzü profilleri bir arada görülmektedir. Buradan da yine nap eğiminin yapışık napa göre daha dik olduğu belirgin bir biçimde gözlenmektedir. Ayrıca boşluk altında meydana gelen su seviyesi kuyruk suyu seviyesinin üzerindedir.



Şekil 4. Farklı akım durumları için savak arkasında oluşan su yüzü profilleri

Savak arkasındaki basınç dağılımları incelendiğinde serbest nap durumunda basıncın maksimum değerinin yapışık napa göre biraz daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 5). Bunun nedeni boşluğun olmaması durumunda, yüzeye çarpan napın kanal tabanına göre eğiminin boşluk olmaması durumuna göre daha büyük olmasından dolayıdır.

Basınç dağılımları her iki durumda benzerlik göstermekte fakat kanal boyunca bir miktar ötelenildiği dolayısıyla maksimum basınç değerinin serbest nap durumunda daha ileride olduğu Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Farklı akım durumları için savak arkasında oluşan basınç dağılım eğrileri

4. SONUÇLAR

Son yıllarda, bilgisayar alanındaki hızlı gelişmelerle birlikte hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımları endüstriyel ve bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu yazılımlar ekonomik ve hızlı çözümler sunabildiklerinden deneysel çalışmalarda karşılaşılabilecek çeşitli zorlukları ve zaman kaybını ortadan kaldırmaktadır. Bununla birlikte HAD yazılımlarının serbest yüzeyle açık kanal akım problemlerini doğru bir şekilde çözebilirliğinin belirlenmesi gereklidir.

Bu çalışmada, en genel hareket ve süreklilik denklemlerine dayanan FLOW-3D yazılımı yardımıyla geniş başlıklı savak arkasında boşluk oluşumu iki boyutlu olarak ele alınmıştır. Sayısal modellemede, başlangıç koşullarının farklı seçilmesiyle savak arkasında boşluklu ve boşluksuz durumun oluşturulabileceği Bukreev'in (3) önerisine bir alternatif olarak gösterilmiştir. Çalışmada, savak arkasında boşluk oluşup oluşmamasının su yüzü profillerini, basınç dağılımlarını ve akımın sergilediği davranışı etkilediği sayısal olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, incelenen problemle benzerlik gösteren basamaklı dolusavaklar ve hidrolik düşülerin sayısal modellenmesi sırasında boşluk oluşup oluşmaması dikkate alınmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Ackers, P., White, W.R., Perkins, J.A. ve Harrison, A.J.M., "Weirs and Flumes for Flow Measurements", John Wiley and Sons Ltd., New York, 1978.
2. Sarker, M.A. ve Rhodes, D.G., "Calculation of Free-Surface Profile over a Rectangular Broad-Crested Weir", *Flow Measurement and Instrumentation*, 15(4): 215-219, 2004.
3. Bukreev, V.I. ve Gusev, A.V., "Cavities behind a Spillway with a Wide Sill", *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 43(2): 280-285, 2002.
4. Taner, N., "Hidrolik", Cilt II, İTÜ Matbaası, İstanbul, 1961.
5. Bukreev, V.I. ve Gusev, A.V., "Cavities and Flow Nonuniqueness behind a Sill in an Open Channel", *Doklady Physics*, 47(1): 89-91, 2002.
6. Flow Science Inc, "Flow-3D User's Manuals", Santa Fe, N.M., 2000.
7. Hirt, C.W., ve Nichols, B.D., "Volume of Fluid (VOF) Method for the Dynamics of Free Boundaries", *Journal of Computational Physics*, 39:201-225, 1981.

EĞRİ YÜZEYLİ KIYI DUVARLARINDA DALGA BASINÇLARININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Mustafa MAMAK ve Hasan GÜZEL

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Kıyı bölgesindeki kıyı duvarları veya benzer yapılar, kırılan dalgaların doğrudan çarpmalarına maruz kaldıklarında çok büyük ve kısa süreli dalga basınçlarına maruz kalırlar. Bu basınçlar ve özellikle maksimum basıncın olduğu yer, yapının stabilitesi ve emniyeti açısından büyük öneme sahiptir. Yapının dalga etkilerine dayanacak yeterli sağlamlıkta tasarlanabilmesi için bu basınçların ve duvar üzerindeki dağılımlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, impuls-momentum gibi yarı-deneysel veya deneysel yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, deniz dalgalarının farklı eğrilik yarıçapına sahip eğrisel kıyı duvarları üzerinde tam kırılması sonucu değişik dalga şartları altında oluşacak çarpma basınçlarını elde etmek üzere laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Eğrilik yarıçapının dalga çarpması ve basınçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF WAVE PRESSURES ON CURVED SEAWALLS

ABSTRACT : Vertical seawalls and similar structures on the coastal regions are subjected to wave pressures high in magnitude and short in duration when impacted directly by breaking waves. These pressures and especially maximum pressure region, are significant in terms of stability and safety of the structure. It is necessary to measure these pressures and their distributions on the wall to be able to design structures strong enough to withstand wave effects. For this purpose, semi-empirical, namely impulse-momentum, and empirical methods are used.

In this study, laboratory experiments were conducted, for varying wave conditions, to determine impact pressures caused by sea waves perfectly breaking on curved seawalls having different radius of curvature. The effect of radius of curvature on wave impact and pressures were investigated.

* Bu çalışma, Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje no: MMF-2005-D6

1. GİRİŞ

İlk limanlar inşa edildiğinden bu yana, yapıları ve karaları denizin dalga hareketlerinden korumak ihtiyacı süregelmiştir. Bu amaçla, dalgakıranlar, kıyı duvarları, perdeler, ve kaplamalar gibi kıyı çizgisine paralel olarak inşa edilen yapılar, kıyı ve denizi birbirinden ayırır ve bir koruma sağlar. Genel olarak kıyı duvarları diğerlerine göre daha ağır yapılardır.

Kıyıların dalga etkilerinden korunması gibi bir problem sözkonusu olduğunda, bir yapının inşa edilmesi genellikle ilk akla gelen çözümdür. Çabuk çözüm üretilme zorunluluğu olduğunda koruma yapısı olarak kıyı duvarları tercih edilen en yaygın kıyı savunma şeklidir. Kıyı bölgesindeki düşey kıyı duvarları veya benzer yapılar, kırılan dalgaların doğrudan çarpmaları sonucu çok büyük dalga basınçlarına maruz kalırlar. Bu dalgalar tarafından oluşturulan çarpma basınçlarının kıyı yapıları üzerine etki eden çok büyük kuvvetlere sebep olmasıyla, çarpma basınçlarının etkisini inceleyebilmek için bunların genel özelliklerinin bilinmesi çok önemlidir.

Dalga kırılması olayının kıyı yapılarının projelendirilmesinde ve kıyı yakınlarında oluşan değişimlerin belirlenmesinde büyük önemi vardır. Bir dalga direkt olarak bir düşey yüzlü kıyı yapısı üzerinde kırıldığında, kırılmayan dalgalar tarafından uygulanan basınçlarla kıyaslandığında oldukça yüksek şiddette ve kısa süreli çarpma (şok) basınçları oluşur (1). Durgun su seviyesinin üstünde oluşan bu tür kısa süreli çarpma basınçlarının masif yapıların kayma ve devrilmesinde fazla etkili olmadıkları düşünülmüş (2), bazı araştırmacılar ise bunun aksini savunmuşlardır (3,4). Diğer taraftan, bazı çalışmalar (5,6), ani basınçların düşey duvar tipi yapılara ağır yerel zararlar verdiği ve kırılan dalgaların arka arkaya çarpması sebebiyle bu zararın büyüyeceği ve yapının aniden çökebileceği muhtemel tehlikesine işaret etmişlerdir.

Dolayısıyla, bu yapıların oluşan bu tür zorlamalara karşı dayanacak yeterli sağlamlıkta inşa edilebilmesi için tasarım yüklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Maksimum basıncın oluştuğu yer yapıların tasarımı ve bütünlüğü açısından büyük öneme sahiptir, çünkü herhangi bir yapısal elemanın üzerine etki eden kuvvetlerin, impulsun ve dönme momentlerinin elde edilmesinde yardımcı olmaktadır. Oluşan kuvvetin üst üste aynı şiddette oluşması, beton yapının yeterli yoğunluk ve sağlamlıkta olmaması halinde zarar verebilir.

Bu çalışmada, deniz dalgalarının farklı eğrilik yarıçapına sahip eğrisel kıyı duvarları üzerinde tam kırılması sonucu değişik dalga şartları altında oluşacak çarpma basınçlarını elde etmek için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Eğrilik yarıçapının dalga çarpması ve basınçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

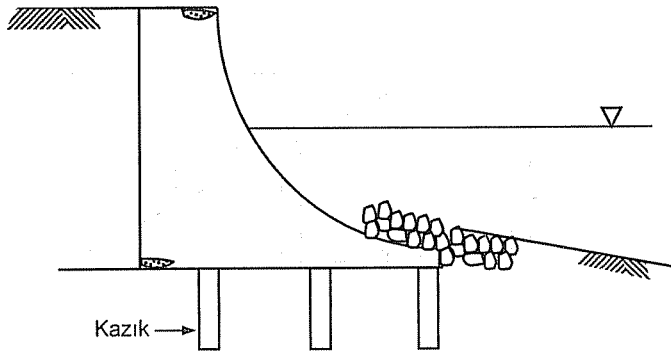
2. KIYI DUVARLARI

Kıyı savunma çalışmaları başlangıçta, basit toprak yapılardan bugün gördüğümüz beton yapılara kadar, kıyı duvarlarının geliştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. İlk koruma yapıları denizin karaya taşmasını önlemek amacıyla yerleştirilmişlerdir, bu yüzden erozyonu önleyen yapılardan ziyade taşkın koruma yapıları olarak düşünülebilirler. Fakat, kıyılarda artan yapılaşma sebebiyle karanın aşınmasını ve binaların altının oyulmasını durduracak büyük yapılara ihtiyaç duyulmuştur. En genel tanımıyla kıyı duvarı, mevcut bir kıyı çizgisinde oluşan değişimlerin (kıyı erozyonu v.b) önlenmesi veya yeni bir kıyı çizgisi oluşturulması ve kıyı arkasındaki alanın kullanılması amacıyla

bu bölgenin deniz etkilerine karşı korunması için inşa edilen bir masif kıyı yapısıdır. En önemli amaç kıyıyı ve kıyı gerisini fırtınalı deniz durumunda dalga etkilerine karşı koruma altına almaktır. Dolayısıyla yüksek değerdeki arazilerin olduğu kıyıların korunmasında önemli role sahiptir. Kıyı duvarları, fırtınalı deniz durumunda kıyıyı korumak amacıyla mevcut kumsallar ve doldurulmuş alanların su çizgileri boyunca inşa edilirler. Sürekli olarak dalga çarpması sonucu oluşan kuvvetlere maruz kaldıkları için kıyı duvarlarının ana gövdesi fırtına dalgalarının çarpmasına dayanacak yeterli sağlamlıkta tasarlanmalı ve tepesi de deniz suyunun duvar üzerinden aşarak kıyıya geçmesini önleyecek yeterli yükseklikte olmalıdır. Bu duvarların tasarımı herhangi bir kıyının maruz kaldığı dalga enerjisinin miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Hızlı erozyona uğrayan kıyı çizgisinin üzerine inşa edilen, iyi tasarlanmış bir kıyı duvarı, gerçekten kıyı üzerindeki araziye koruyacaktır (7).

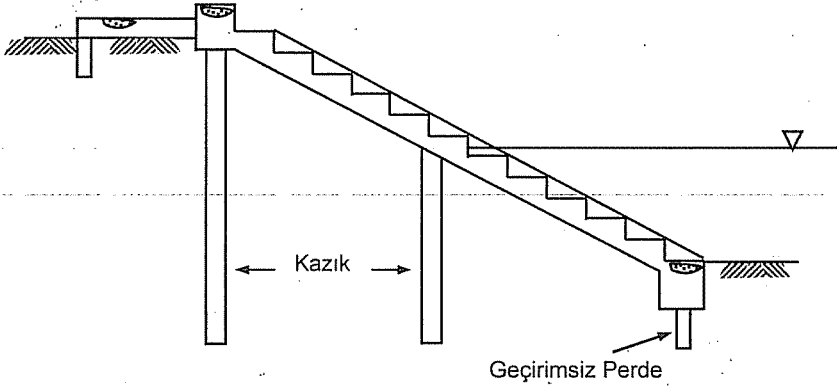
Duvarların inşa edilmesinde en çok kullanılan malzeme türü beton ve dökme taştır. Kıyı duvarları dönmeye karşı koymak ve kaymaya karşı yeterli sürtünmeyi sağlamak amacıyla ağırlık veya kazık destekli yapılar olarak inşa edilirler. Beton kıyı duvarlar genellikle kazıklı olarak ve oyulmayı önlemek için topuk kısmında palplanş olacak şekilde inşa edilirler. Buna ilaveten topuk kısmına kaya yerleştirilebilir. Denize bakan yüzeyi basamaklı, düşey, eğrisel veya bunların kombinasyonu olabilir.

Eğri yüzeyle bir kıyı duvarı, büyük dalgaların çarpmasına ve tırmanmasına karşı koyarken, akımı koruduğu alandan uzaklaştıran bir kıyı duvarıdır (Şekil 1). Ağır dalga etkilerine karşı koyacak şekilde inşa edilirler. Akım duvara çarptığında, eğrisel duvarın yüzeyi boyunca yukarı doğru tırmanmaya zorlanır ve duvarın tepesinden düşey jet oluşturacak şekilde sıçrayarak tekrar zararsızca deniz yüzeyine düşer, veya duvarın tepe kısmı eğrisel yapılarak bu jetin yapıdan uzağa düşmesi sağlanabilir. Bunların tabanında malzeme yıkanmasını ve oyulmayı önlemek amacıyla bir palplanş veya geçirimsiz perde bulunur. Ayrıca topuk kısmında erozyonu önlemek için bir anroşman yapılır. Duvarın dayanması ve yöneltmesi gereken çok büyük dalga kuvvetleri yeterli sağlamlıkta temele sahip olan masif yapılar gerektirmektedir. Duvardan dalganın yansımaları da sağlam topuk koruması gerektirmektedir.

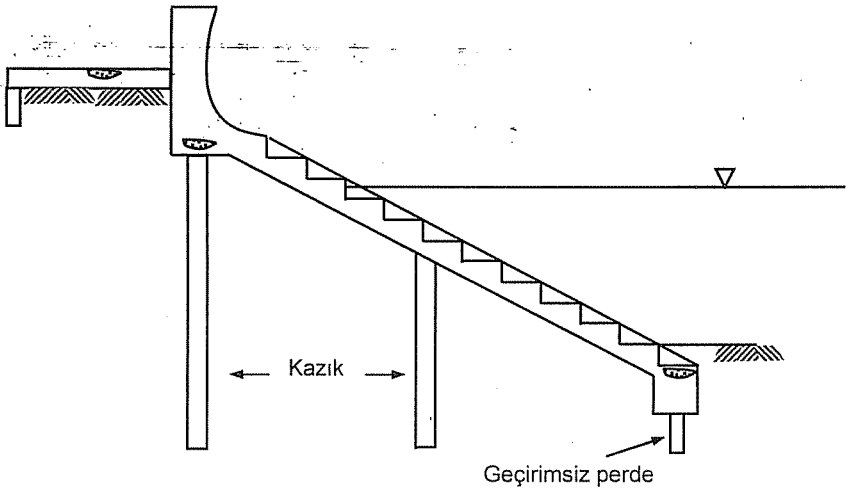


Şekil 1. Eğri Yüzeyle Kıyı Duvarı

Basamaklı duvarlar, basamaklı yüzeyin ilerleyen dalga cephesinin üzerindeki engelleyici etkisini kullanarak dalga tırmanmasını ve devrilme etkisini azaltacak şekilde inşa edilirler (Şekil 2). Orta şiddetteki dalga etkilerine göre boyutlandırılırlar. Bunların tabanında kazıklar veya geçirimsiz perdeler bulunur. Taban basıncını azaltmak amacıyla duvarın altındaki suyu drene edecek önlemler alınır. Eğri yüzeyli duvarlara göre kısmen daha az masif olmalarına rağmen, yapısal stabilite için gerekli aynı genel tasarım kriterleri bu duvarlar içinde geçerlidir. Beton kıyı duvarları eğrisel ve basamaklı duvarların kombinasyonu şeklinde de inşa edilebilir. Böylece iki duvarın sağladığı avantajlar bir yapıda birleştirilmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Basamaklı Kıyı Duvarı



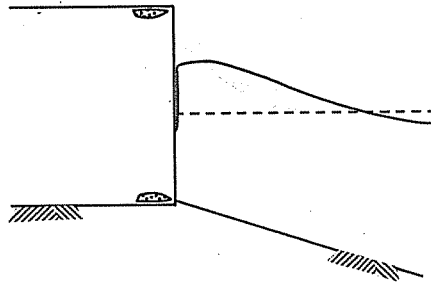
Şekil 3. Eğri Yüzeyli ve Basamaklı Kıyı Duvarı Kombinasyonu

3. DALGA KIRILMASI

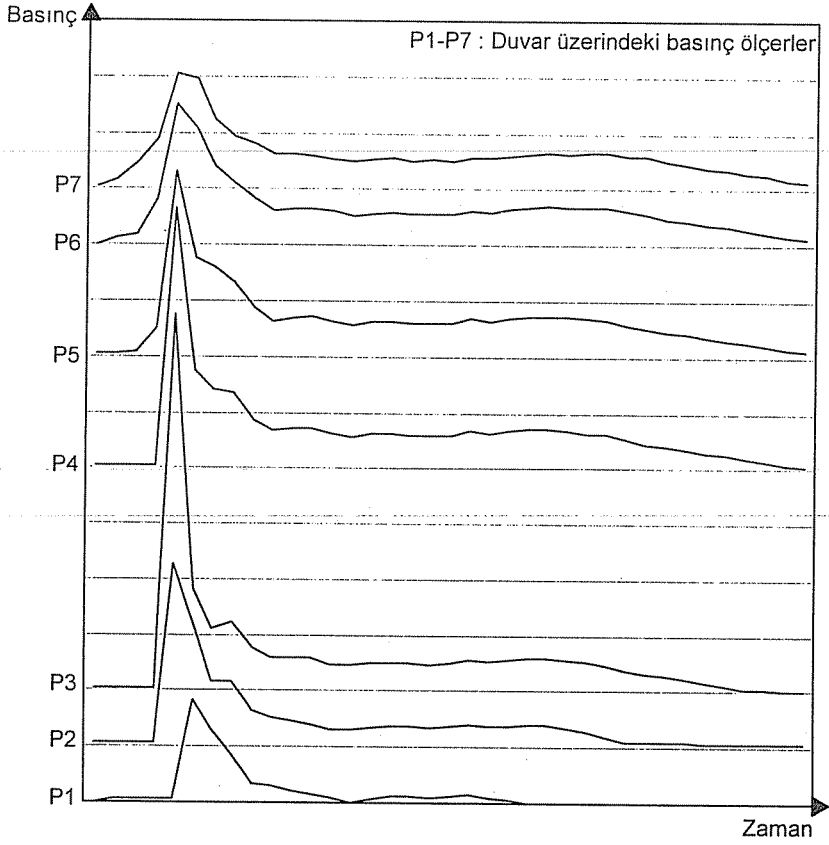
Dalga kırılması olayının kıyı yapılarının projelendirilmesinde ve kıyı yakınlarında oluşan değişimlerin belirlenmesinde büyük önemi vardır. Dalgaların kıyı yakınlarında ilerlemesi sırasında yükseklikleri ve boyları değişerek deformasyona uğrar. Açık denizden gelen dalgalar sığ suya geldiklerinde derinliğin azalmasından dolayı taban etkisini hissetmeye başlarlar. Bunun sonucu olarak, dalga periyodunun aynı kalmasına rağmen dalga boyları kısalır, dalga yayılma hızı azalmaya ve dalga cepheleri sıklaşmaya başlar, taban etkisinden dolayı tabana yakın su partiküllerinin hareketleri yüzeydekine nazaran gecikir, dalga yüksekliği artmaya başlar, dalga tepesindeki su partiküllerinin hızları dalga yayılma hızına eşit olur ve dalga maksimum yüksekliğe ulaştığında stabilitesi bozularak kırılma olayı meydana gelir (1).

Kıyıda bir yapı olması durumunda kıyıdaki su derinliği değişeceğinden dalgalar yapı olmaması durumundaki kırılma şekillerinden farklı bir davranış sergileyeceklerdir. Yansıyan ve gelen dalgaların birbiri ile etkileşimi, kırılmış olan dalganın bıraktığı çalkantıların etkisi, duvarın şekli gibi sebeplerden dolayı farklı kırılma türleri gözlemlenmektedir. Kırılma noktasının kıyı yapısına olan mesafesine göre düşey bir düzlem duvar üzerindeki dalga kırılmasını üç şekilde tanımlamak mümkündür: erken kırılma, geç kırılma ve tam kırılma (8). Bunlar arasında, kıyı yapıları üzerinde en şiddetli etkiyi oluşturan tam kırılmadır.

Tam kırılma : Kırılan dalganın ön yüzü tam düşey haldeyken düşey bir duvara çarparsa, en şiddetli çarpma basınçları meydana gelir. İki paralel yüzeyin (rijit duvar ve su) birbirlerine çarpması sebebiyle tüm ara yüzey üzerinde eş zamanlı çarpma basınçları oluşur. Bu tür çarpma sırasında dalganın momentumu çok kısa sürede ortadan kalkar. Dalga ön yüzünün düşey hale gelirken izlediği profil şekli ve çarpmanın zamanının çok kısa süreli olması dolayısıyla çarpma basınçlarına havanın etkisi olmaz (Şekil 4). Tam düşey durumda duvara çarpması sonucu maksimum çarpma basınçları oluşur. Tam yapı üzerine çarparak kırılan dik dalgalar, yapıların sınırlı bir bölgesi üzerinde çok şiddetli ve kısa süreli çarpma basınçları meydana getirir. Yüksek basınç muhtemelen saniyenin yüzde biri (1/100 saniye) kadar süren, fakat bulunduğu ufak alanda 500 kN/m² veya daha fazla bir büyüklüğe ulaşan çok yüksek fakat kısa süreli basınç piklerinden oluşur. Bu yüksek basınç piklerini, yansıyan dalga tepesinin sebep olduğu daha uzun süren fakat daha küçük hidrodinamik basınçlar takip etmektedir (9). Tam kırılma sonucu oluşan çarpma basıncının zamana göre değişimini gösteren tipik bir basınç kayıt örneği Şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 4. Tam Kırılma

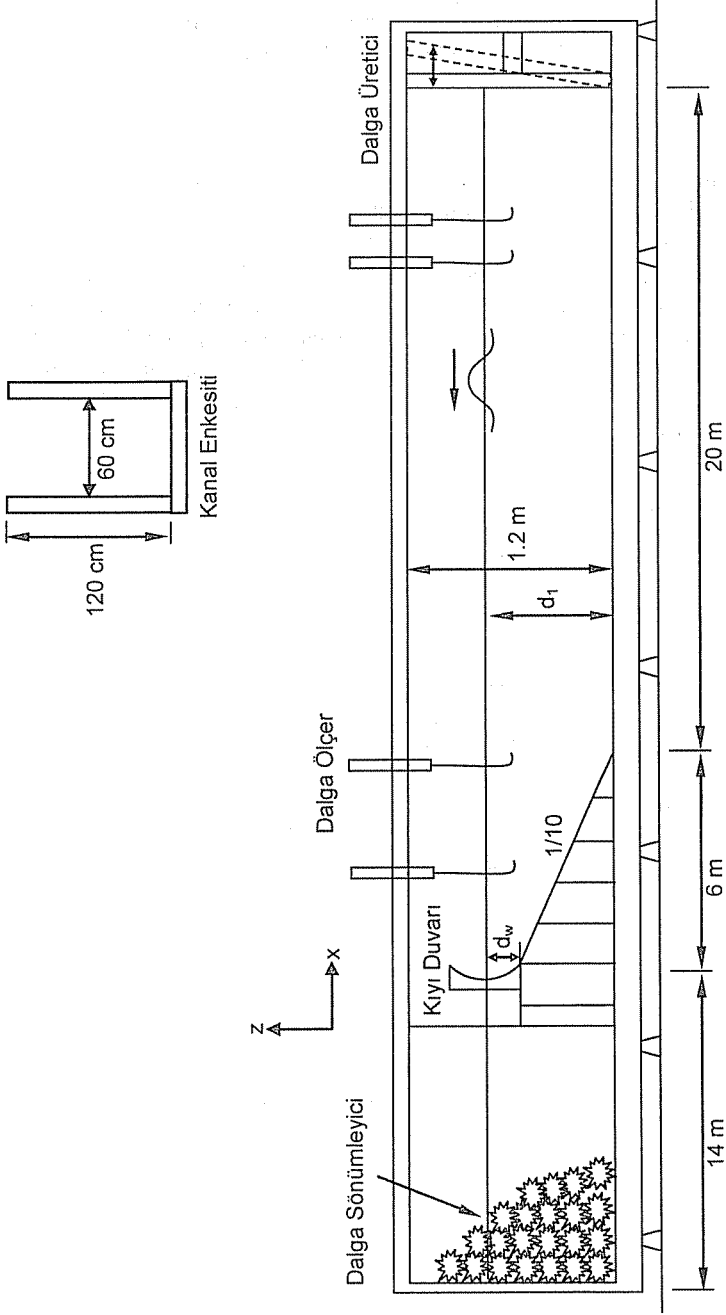


Şekil 5. Tam Kırılma Basınç Kayıt Örneği

4. DENEY DÜZENENİ ve YÖNTEMİ

Çarpma basıncı deneyleri Ankara'da bulunan Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Liman, Havayolları İnşaat Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Liman Hidrolik Şube Müdürlüğü Laboratuvarında yapılmıştır. Sistem dalga kanalı ve tüm kontrol ekipmanını içinde bulunduran kontrol odasından oluşmaktadır. Bu çalışmayı gerçekleştirmek için yapılan tüm dalga ve basınç ölçüm ve kalibrasyonlarında kullanılan ekipmanın tümü (Dalga üretici, dalga ölçer, sensörler v.b), kontrol odasında bulunan bilgisayara yüklü ve bu amaç için hazırlanmış yazılım aracılığı ile kontrol edilmiştir.

Dalga kanalının uzunluğu 40 m, genişliği 0.6 m ve yüksekliği 1.2 m dir (Şekil 6). Kanalın 10 metrelik kısmının yan duvarları camdan oluşmaktadır. Kanalın bir ucunda dalga sönmüleyici diğer ucunda da dalga üretici bulunmaktadır. Dalgalar kanalın sonunda bulunan tabana mafsallı bir palet tipi dalga üretici ile üretilmiştir. Farklı kırılan dalga yükseklikleri ve tam kırılmayı elde edebilmek için periyot 1-2 s arasında ve yapı



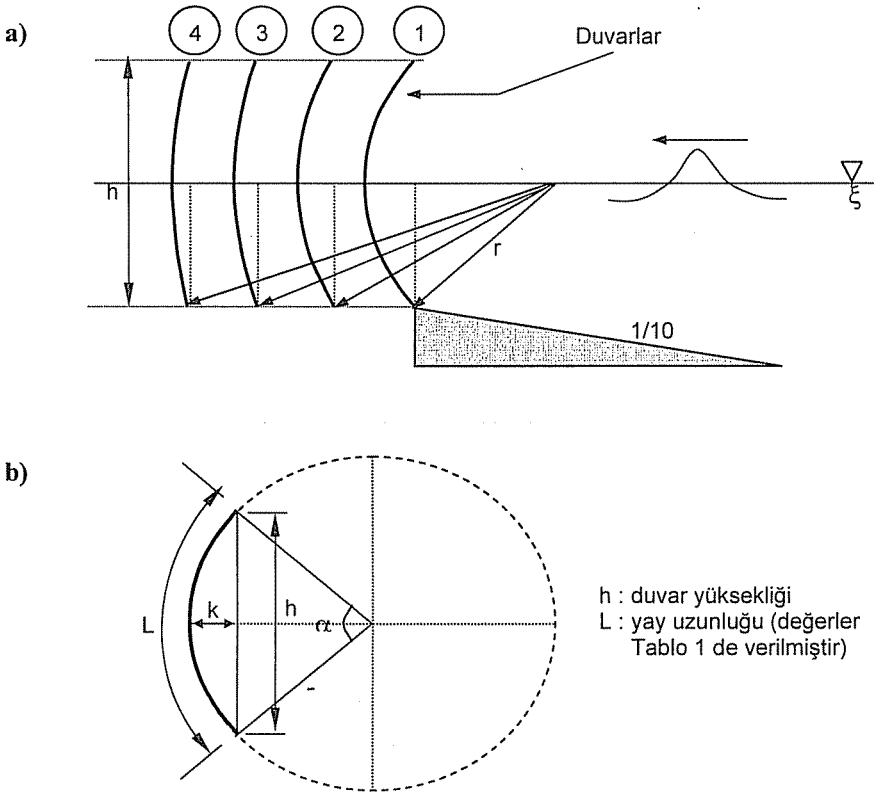
Not: d_1 : su derinliği
Çizim ölçeksizdir

Şekil 6. Dalga Kanalının Şematik Görünüşü

önündeki su derinliği kademeli olarak 15-25 cm arasında değiştirilmiştir. İhtiyaç duyulan yükseklikte dalga üretmek istendiğinde programa kanal içindeki su derinliği, periyot ve dalga yüksekliğinin yarısı girilerek hesaplatılarak bir dosyaya kaydedilmektedir. Daha sonra ölçümler yapılacağında bu dosya çağrılıp çalıştırılmak sureti ile dalga üretilmektedir.

4.1. Model Duvarlar

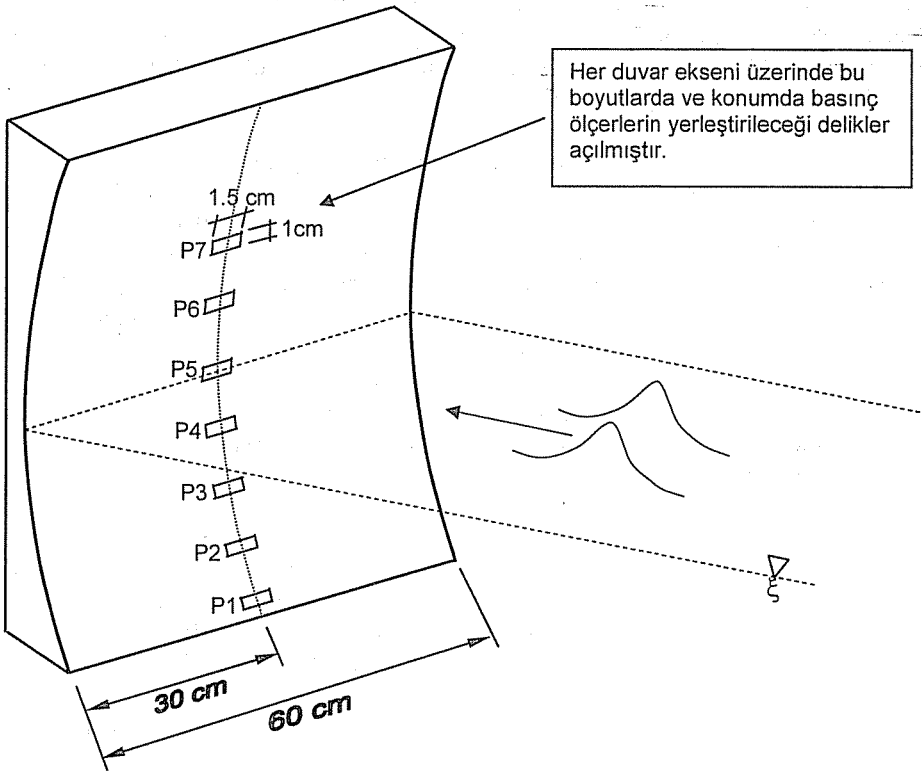
Bu çalışmada, 2 mm lik sac levhalardan oluşan $r = 30, 40, 60$ ve 80 cm farklı eğrilik yarıçaplarına sahip dairelerin L yay uzunluğundaki parçaları (Şekil 7a ve 7b) ve düşeydeki yüksekliği $h=40$ cm olan 4 adet eğri yüzeyli duvar inşa edilmiştir. Bu duvarların L uzunlukları, k ve α değerleri Tablo 1 de verilmiştir. Bu duvarlar, $1/10$ taban eğimine sahip kıyının bitimine yerleştirilmiştir. Model duvarlar deney sırasında tabana vidalama yoluyla monte edilmekte ve kolayca çıkarılıp takılabilmektedir. Duvarların üzerine 7 adet, 1cm (yükseklik) x 1.5cm (genişlik) boyutlarına sahip, basınç ölçerler (sensör) yerleştirilebilmesi için tüm duvarların düşey eksenine üzerine bu boyutlarda delikler açılmıştır (Şekil 8).



Şekil 7. a) Duvarlar b) Hesaplanan Yay Uzunluğu

Tablo 1. Eğrisel Duvar Geometrik Boyutları

	Duvar No			
	1	2	3	4
	r (cm)			
α (°)	83.62	60	38.94	28.96
L (duvar uzunluğu,cm)	43.78	41.89	40.78	40.44
k (cm)	7.64	5.36	3.43	2.54



Şekil 8. Duvar ve Sensör Deliklerinin Boyutları

5. BULGULAR

5.1. Eğrisel Duvar Üzerinde Eşzamanlı Basınç Dağılımları

Laboratuvarında 4 farklı eğrilige ($r=30, 40, 60$ ve 80 cm) sahip duvarlar üzerinde $T=2$ s periyotunda ve yapı önündeki su derinliğinin $d_w=17$ cm olması durumu için deneyler yapılmıştır. Yapı üzerindeki 7 adet basınç ölçerlerin (P1-P7) her birinin üzerinde oluşan boyutsuz eşzamanlı maksimum çarpma basınçları Şekil 9-12 de verilmiştir. Grafikler, eğrilğin en fazla olduğu ($r=30$ cm) duvardan başlayarak eğrilğin daha az olduğu duvara ($r=80$ cm) doğru değişecek şekilde sırasıyla sunulmuştur. Grafiklerde her bir duvar için 3 farklı dalga yüksekliği ($H=21, 22$ ve 23 cm) kullanılarak elde edilen deneysel boyutsuz eşzamanlı basınç dağılımları gösterilmiştir. Bu basınç dağılımları incelendiğinde, basınçların bir zarf oluşturduğu görülmektedir. Çeşitli araştırmacılar (3,10-12) yapmış oldukları çalışmalarda duvar üzerinde oluşan maksimum basıncın aynı dalga şartları altında dahi geniş bir dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmış, $r=30$ cm ve $d_w=17$ cm ($H=21$ cm) için maksimum değerleri $7.17-19.74$ kPa aralığında elde edilmiştir.

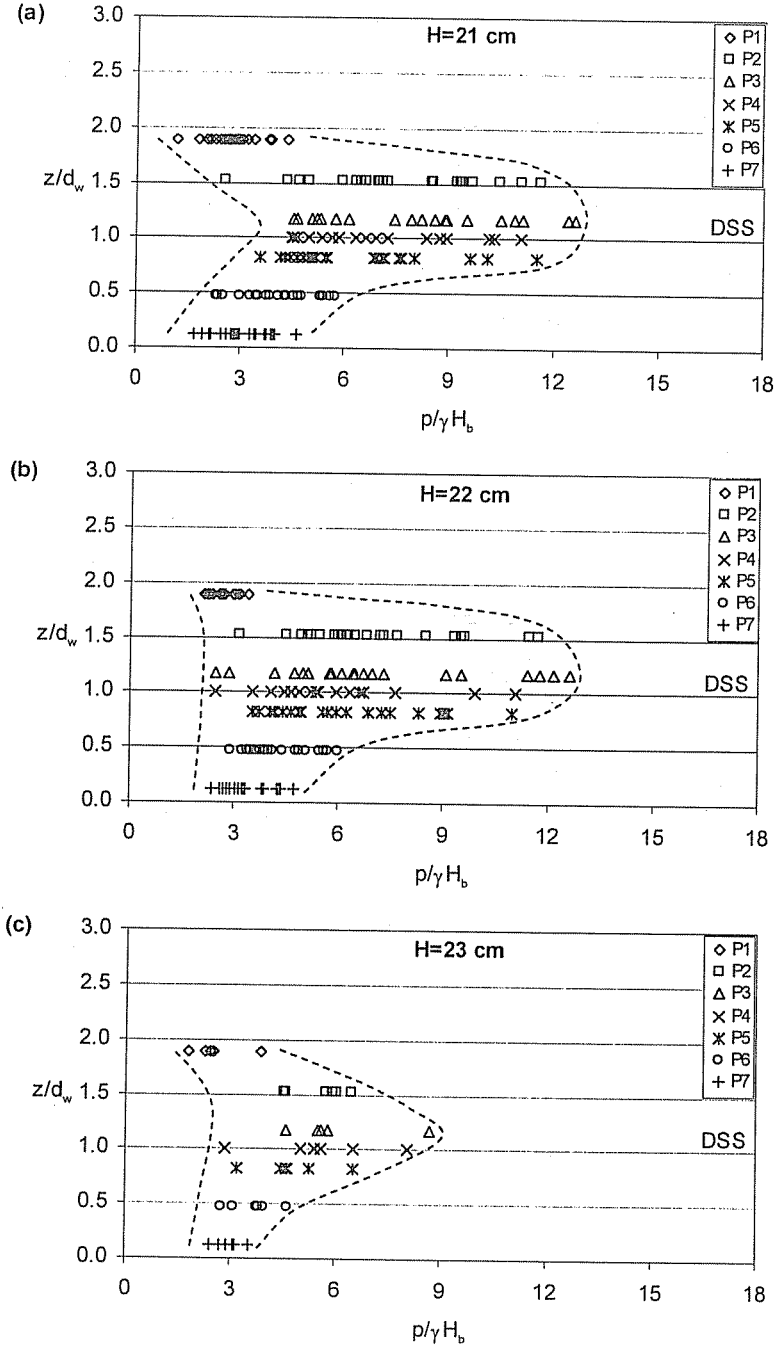
Basınçlar incelendiğinde, maksimum basınçların durgun su seviyesinin (DSS) üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, diğer araştırmacıların maksimum basıncın DSS civarında olduğu sonucuna göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın sebebi, bu çalışmadan farklı olarak diğer araştırmacıların ölçümlerinin düşey düzlem ve eğimli düzlem duvarlar üzerinde yapılan deneylerden elde edilmiş olmasından kaynaklanabilir.

Grafiklerde, tüm duvarlar ve kullanılan 3 farklı dalga yükseklikleri için, maksimum çarpma basınçları gözönüne alındığında, en uygun olmayan yükleme durumunun $H=21$ cm de olduğu görülmektedir. Tüm duvarlarda, dalga yükseklikleri bu bahsedilen değerlerden yukarı doğru 1 cm artırılarak elde edilen grafikler Şekil 9-12 nin (b) ve (c) kısımlarında bu değerlere bağlı olarak verilmiştir. Bunların herbiri incelendiğinde, diğer parametreler aynı kalmak koşuluyla, üretilen dalga yükseklikleri arttıkça maksimum basınçta ve tam kırılmayı veren dalga sayısında azalma gözlenmektedir. Dalga yüksekliğinin artması, dalga yapıya ulaştığında dalga tepesinin dönmeye başlaması yani tam kırılmada tarif edilen iki yüzeyin paralel olması durumunun oluşmaması demektir. Bu da dalganın farklı özelliklerde duvara çarpması anlamına gelmektedir. Böyle olmasına rağmen, bu H değerlerinde de tam kırılma özelliği (yani eşzamanlı basınç pikleri) gösteren çarpmalar oluşmaktadır.

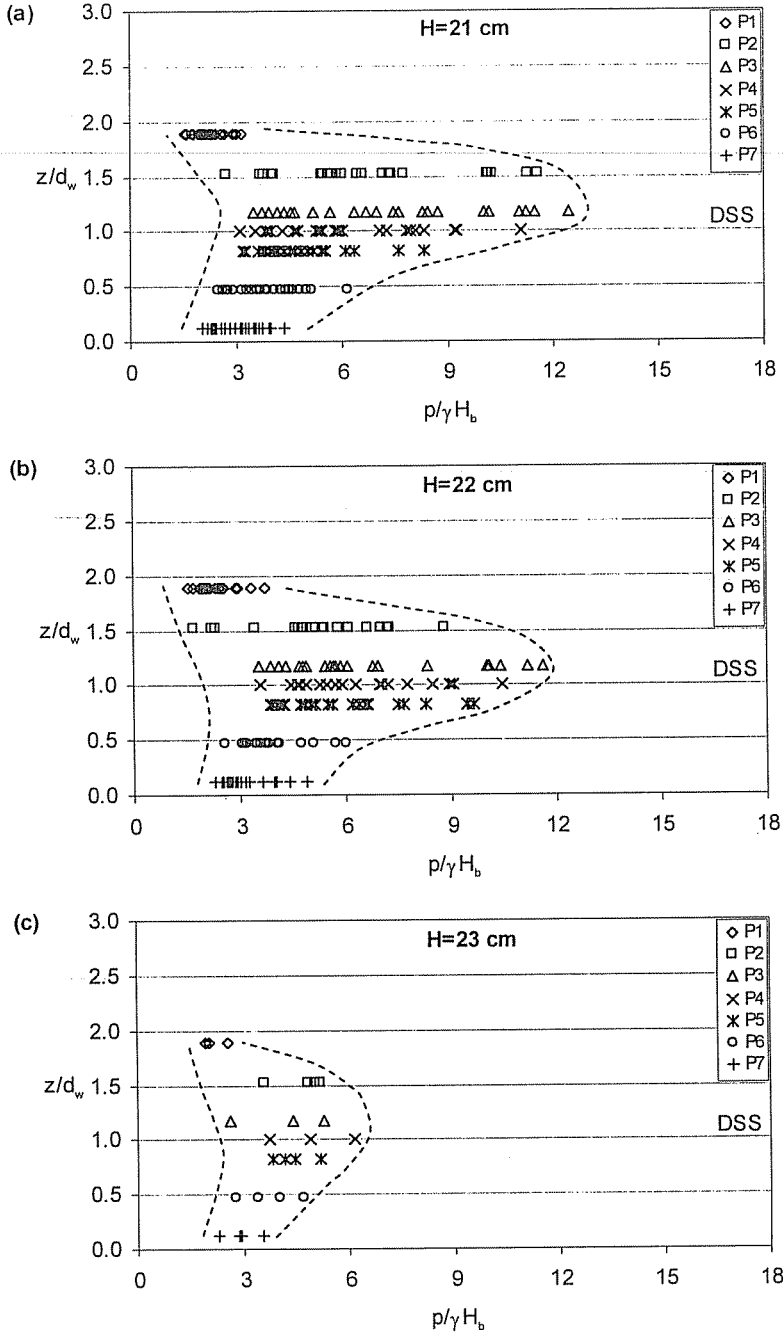
5.2. Eğrilik-Basınç İlişkisi

Şekil 13 de yapı önündeki su derinliğinin ve dalga yüksekliğinin (Örneğin, $d_w=17$ cm ve $H=21$ cm) sabit fakat duvar eğrilığının değişken olduğu durum için ($T=2$ s) elde edilen boyutsuz eşzamanlı deneysel çarpma basınçları gösterilmiştir. Bu grafiklerden ve dalga yüksekliğinin $H=22$ ve 23 cm olduğu durumlardan elde edilen maksimum değerler Tablo 2 de toplu olarak verilmiştir. Bu grafikler ve Tablo 2 incelendiğinde, duvar eğrilği azaldıkça yani düzlem duvara yaklaşıldıkça genelde maksimum basınçlarda azalma olduğu görülmektedir. Bu, özellikle en uygun olmayan yükleme durumunu oluşturan $H=21$ cm koşulundaki çarpmalarda daha net olarak gözlenmektedir. Bu durumda boyutsuz maksimum çarpma basınçlarının ($p/\gamma H_b$) $r=30$ cm den 80 cm eğrilik yarıçapına doğru yani düzlem duvara yaklaşıldıkça, $p/\gamma H_b=12.58-12.31$ aralığında değiştiği bulunmuştur.

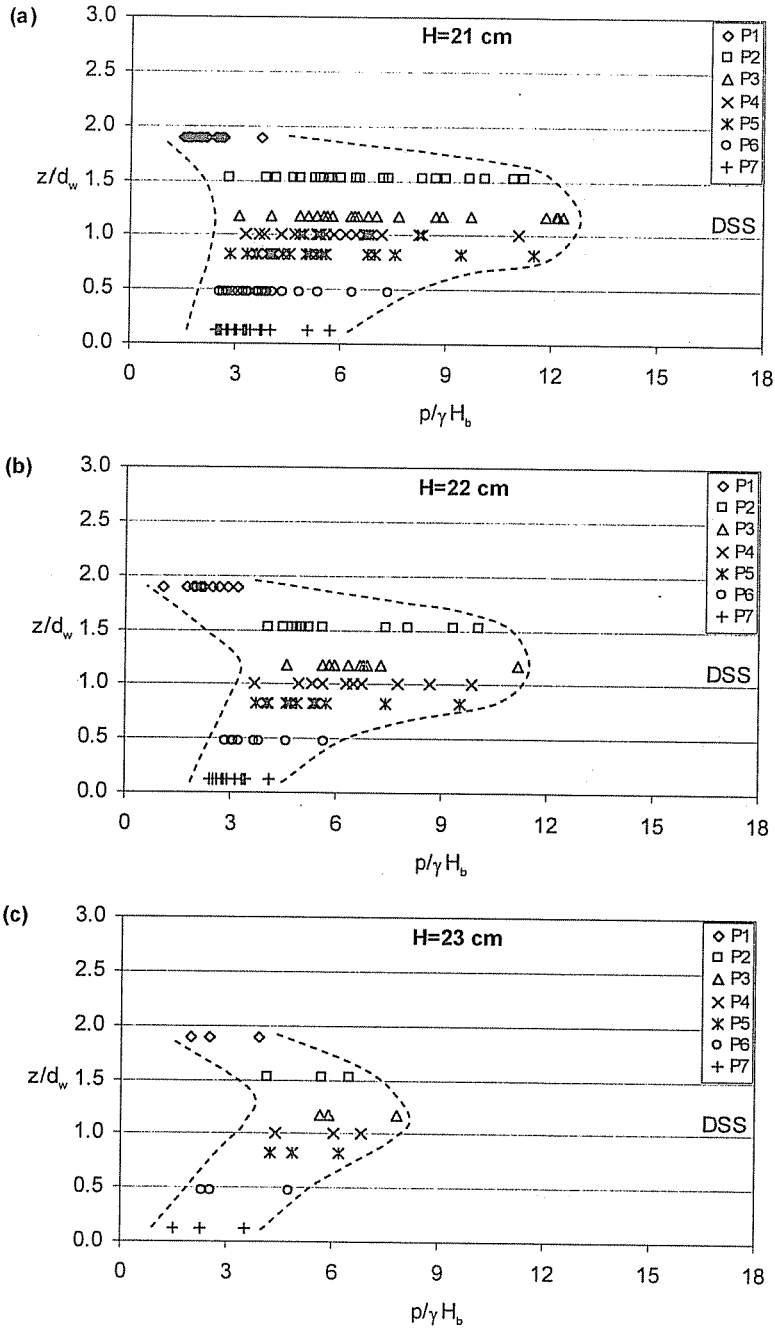
EĞRİ YÜZEYLİ KIYI DUVARLARINDA DALGA BASINÇLARININ
DENEYSEL İNCELENMESİ



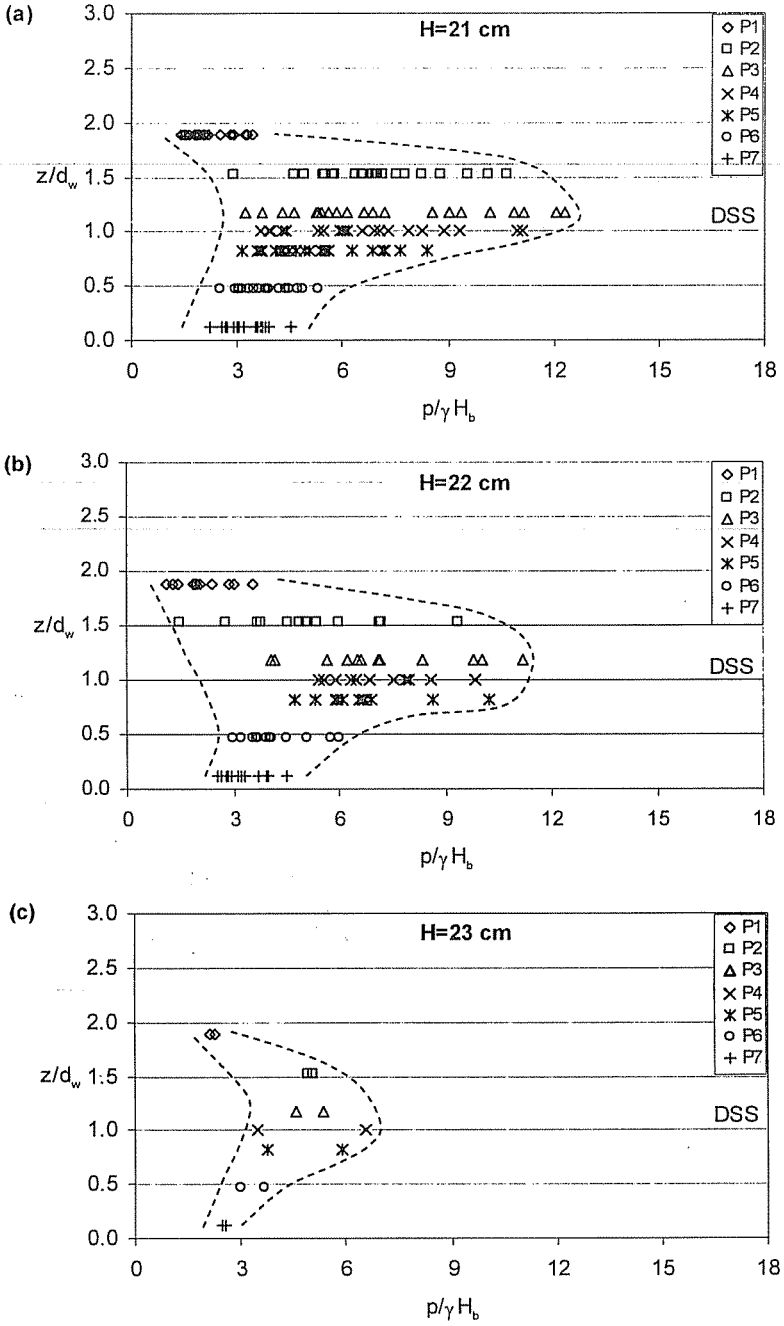
Şekil 9. Duvar üzerinde deneysel boyutsuz eşzamanlı basınç dağılımlarının dalga yüksekliğine göre değişimi ($r=30$ cm, $d_w=17$ cm, $T=2$ s)



Şekil 10. Duvar üzerinde deneysel boyutsuz eşzamanlı basınç dağılımlarının dalga yüksekliğine göre değişimi ($r=40$ cm, $d_w=17$ cm, $T=2$ s)

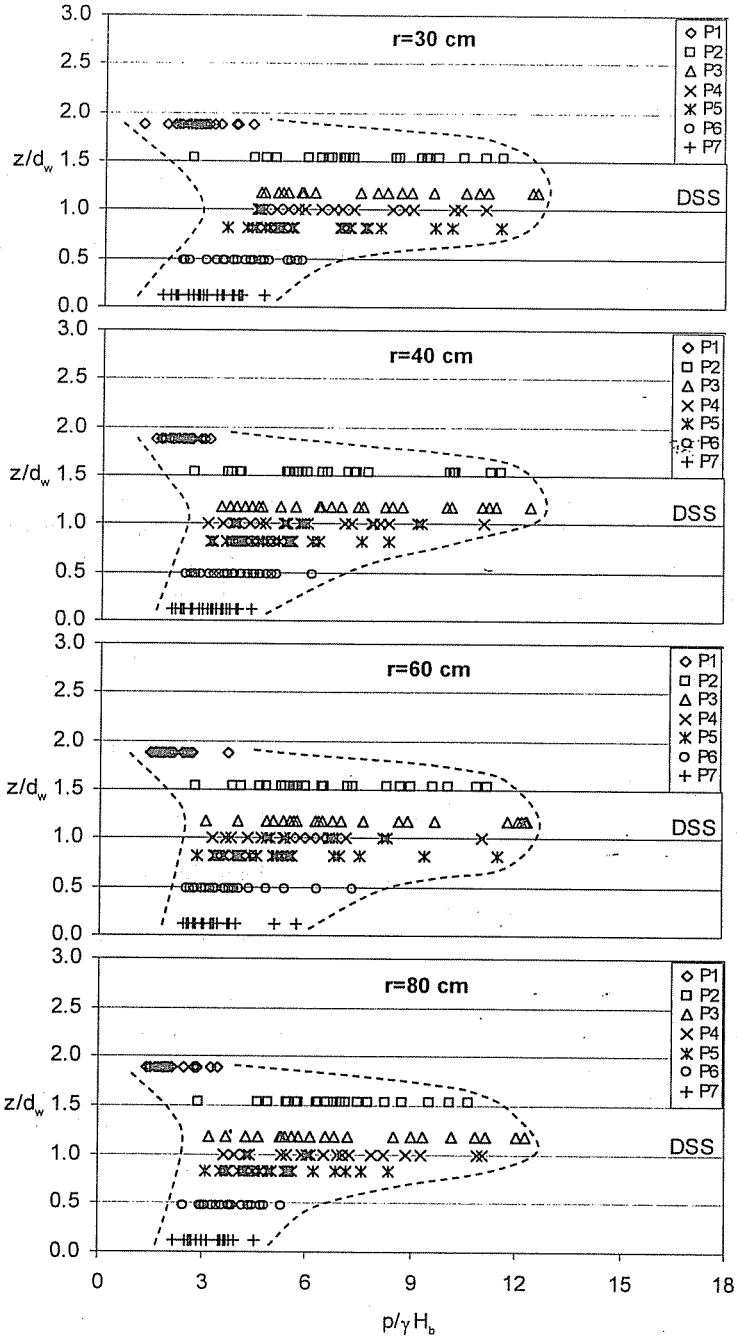


Şekil 11. Duvar üzerinde deneysel boyutsuz eşzamanlı basınç dağılımlarının dalga yüksekliğine göre değişimi ($r=60$ cm, $d_w=17$ cm, $T=2$ s)



Şekil 12. Duvar üzerinde deneysel boyutsuz eşzamanlı basınç dağılımlarının dalga yüksekliğine göre değişimi ($r=80$ cm, $d_w=17$ cm, $T=2$ s)

EĞRİ YÜZEYLİ KIYI DUVARLARINDA DALGA BASINÇLARININ
DENEYSEL İNCELENMESİ



Şekil 13. Duvar üzerinde deneysel boyutsuz eşzamanlı basınç dağılımlarının duvar eğriliğine göre değişimi ($d_w=17$ cm, $H=21$ cm, $T=2s$)

Tablo 2. Farklı duvar eğrilikleri ve dalga yükseklikleri için deneylerden elde edilen boyutsuz maksimum basınç değerleri ($d_w=17$ cm, $T=2s$)

d_w (cm)	H (cm)	r=30 cm		40		60		80	
		H_b (cm)	$p/\gamma H_b$	H_b (cm)	$p/\gamma H_b$	H_b (cm)	$p/\gamma H_b$	H_b (cm)	$p/\gamma H_b$
17	21	16	12.58	16	12.42	16	12.35	16	12.31
	22	16	12.58	17	11.60	18	11.18	18	11.18
	23	18	8.72	18	6.12	18	7.85	17	6.58

6. SONUÇLAR

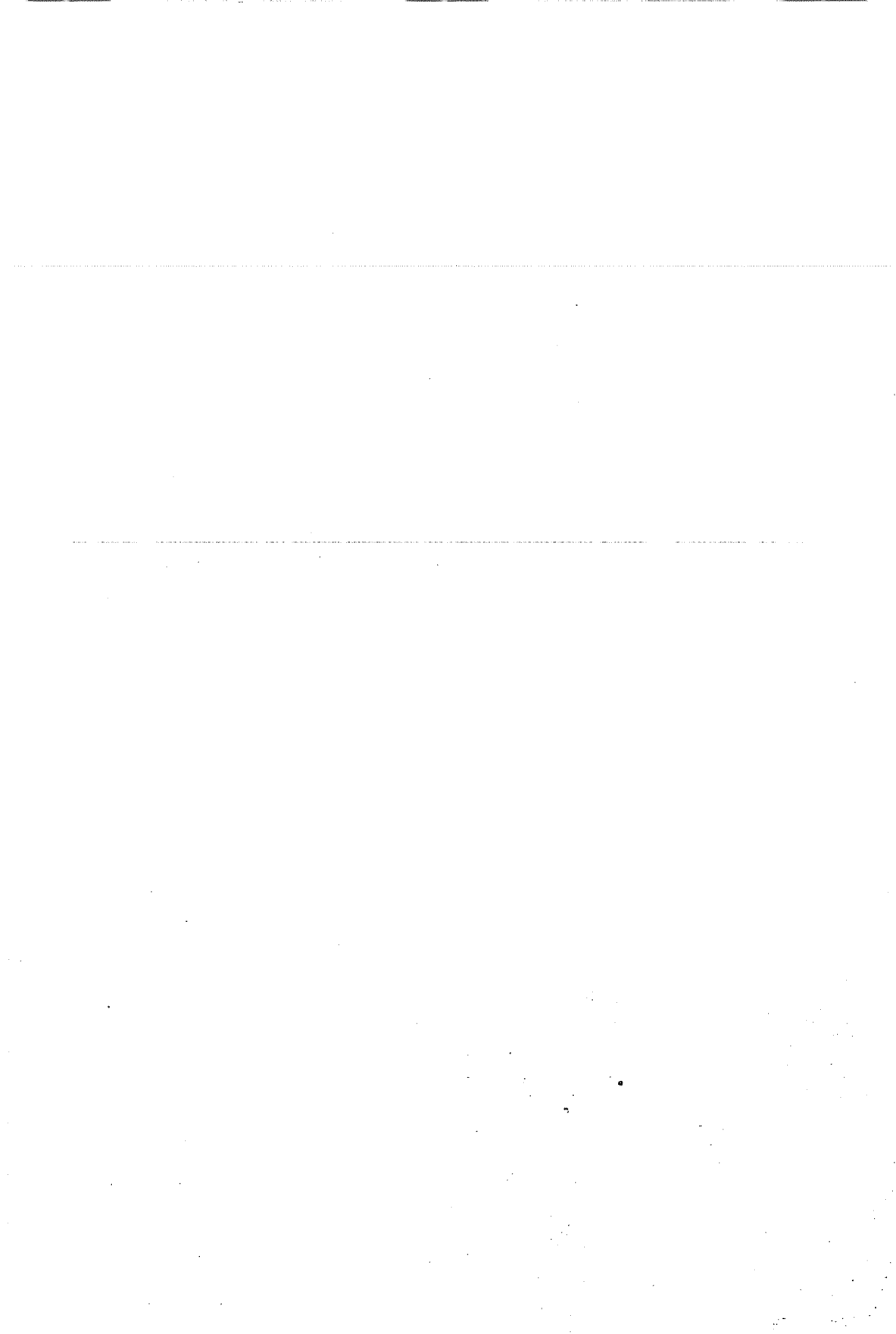
Bu çalışmada, laboratuvarında inşa edilen farklı eğrilige sahip kıyı duvarı modelleri üzerinde tam yapı üzerinde kırılan dalgaların oluşturduğu çarpma basınçlarını ölçmek amacıyla deneyler yapılmıştır. Bu basınçların yapı üzerindeki yersel dağılımı ve maksimum değerleri incelenmiştir. Eğri yüzeyli kıyı yapılarına etkileyen dalga yüklerini belirlemek üzere yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Yapı üzerinde oluşan eşzamanlı çarpma basıncı dağılımlarının değerleri aynı dalga koşulları için dahi bir zarf aralığı oluşturmaktadır. Bu, çarpma anındaki dalga şekli ve dalgayla duvar arasında hapsolan hava miktarı sebebiyledir.
2. Çarpma basınçlarının büyüklüğü, dalga yüksekliği ve kırılma anındaki dalga yüksekliği gibi dalga karakteristiklerine oldukça bağlıdır.
3. Deneysel olarak elde edilen çarpma basıncının eğrisel duvar üzerindeki yeri durgun su seviyesinin (DSS) üzerinde oluşmaktadır.
4. Tam kırılmanın dolayısıyla en uygun olmayan yükleme durumunun olduğu durum gözönüne alındığında ($H=21$ cm), duvar eğriligi azaldıkça yani düzlem duvara yaklaşıldıkça maksimum basınçlarda azalma olduğu görülmüştür. $H=23$ durumu için dalganın tam yapı üzerinde kırılmamasından dolayı basınç değerleri düşük kalmakta ve eğrilikle birlikte düzenli bir dağılım göstermemektedir.
5. Bu çalışmada, en uygun olmayan yükleme durumu $d_w=17$ cm ve $H=21$ cm koşullarında oluşan çarpmalarda gözlenmiştir. Bu bahsedilen koşul için, boyutsuz maksimum çarpma basınçlarının ($p/\gamma H_b$), $r=30$ cm den 80 cm eğrilik yarıçapına doğru yani düzlem duvara yaklaşıldıkça, $p/\gamma H_b=12.58-12.31$ aralığında değiştiği bulunmuştur.

7. KAYNAKLAR

1. Yüksel, Y., Çevik, E. ve Çelikoğlu, Y., "Kıyı ve Liman Mühendisliği", İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yayını, 401s., 1998.
2. Carr, J.H., "Breaking wave forces on plane barriers", Calif. Inst. Of Tech., Hydro. Lab., Contract No-12561, Report No. E-11.3, November, 1954.
3. Richert, G., "Experimental investigation of shock pressures against breakwaters", Proc. 11th. Conf. Coastal Engrg., ASCE, 954-973, 1968.

4. Kırkgöz, M.S., "An experimental investigation of a vertical wall response to breaking wave impact", *Ocean Engng.*, Vol. 17, No. 4, 379-391, 1990.
5. Mogridge, G.R. ve Jamieson, W.W., "Wave impact pressures on composite breakwaters", In: *Proc. Of the 17th Conf. on Coastal Engrg.*, pp. 1829-1848, Sydney, Australia, 1980.
6. Hattori, M. ve Arami, A., "Impact breaking wave pressures on vertical walls", *ASCE, Proc. 23rd Int. Conf. on Coastal Engrg.* pp. 1473-1486, 1992.
7. French, P.W., "Coastal Defences: processes, problems and solutions", Florence, KY, USA: Routledge, 366p., 2001.
8. Kırkgöz, M.S., "Breaking waves: their action on slopes and impact on vertical walls", *Ph.D. Thesis, University of Liverpool, Liverpool, U.K.*, 1978.
9. Müller, G., Hull, P., Allsop, W., Bruce, T., Cooker, M. ve Franco, L., "Wave effects on blockwork structures: model tests", *J. of Hydraulic Res.*, Vol.40, No:2. pp. 117-124, 2002.
10. Bagnold, R.A., "Interim report on wave pressure research", *J. Inst. Civ. Engrs.*, 12, 202-226, 1939.
11. Nagai, S., "Shock pressures exerted by breaking waves on breakwaters", *Jour. of Wtrwy and Harb. Div.*, No. WW2, 1-38, 1960.
12. Kırkgöz, M.S., "Shock pressures of breaking waves on vertical walls", *J. WatWay, Port, Coastal Ocean Div. ASCE* 108: 81-95, 1982.



DETERMINİSTİK YAKLAŞIM İLE YAPI DEPREM GÜVENİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

M. Hakan SEVERCAN ve Soner KÖSE

N. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

İbrahim Ö. DENEME

Ç. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, yapıların deprem güvenirlilikleri, deterministik yaklaşım kullanılarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, onarımı ve güçlendirilmesi gereken elemanlar belirlenmiştir. Güçlendirme yöntemleri olarak, mantolama, çelik levha yapıştırma ve fiber karbon malzeme ile güçlendirme yöntemleri seçilmiştir. Uygulanan güçlendirme yöntemleri maliyet, yapıya getirdiği ek ağırlık ve ek deprem kuvveti bakımından karşılaştırılmıştır.*

DETERMINATION OF STRUCTURAL EARTHQUAKE RELIABILITY BY DETERMINISTIC APPROACH AND COMPARISON OF STRENGTHENING METHODS

ABSTRACT : *In this study, earthquake safety and reliability of buildings is determined with the use of deterministic approach. As a result of the analysis, the elements requiring repair and strengthening had been identified. Over coating, attaching steel panels and fiber carbon materials were chosen as a strengthening method. The strengthening methods are compared between each other in terms of cost, additional weight and additional earthquake forces brought onto the building.*

1. GİRİŞ

Günümüzde meydana gelen depremlerin artması ile birlikte mal ve can kaybının yüksek düzeyde olması, mevcut yapıların depreme karşı dayanıklılığının gelişen teknolojiden de faydalanılarak araştırılmasını gerektirmektedir.

Ülkemizin bir deprem kuşağında olması ve bu depremler nedeniyle yapılarda hasarlar, yıkılmalar olmakta ve sonucunda büyük felaketlerle karşı karşıya kalınmaktadır. Depremden sonra ayakta kalan sağlam yapıların oluşabilecek artçı depremler ve daha sonra olabilecek depremlere karşı dayanımının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu durumda hasarlı yapıların kurtarılıp kurtarılamayacağına karar verilmesi gerekmektedir. Kurtarılabilecekse yapının nasıl kurtarılacağına karar verilmesi problemi ile karşılaşılmakta ve bunun kısa sürede sonuçlandırılması gerekmektedir. Yapının kurtarılması aşamasında mimari açıdan da yapının görünüşünde mümkün olduğu kadar az değişiklik yapılmalıdır.

Son yıllarda yapılarda oluşan hasarların tespit edilmesi ve onarım ve güçlendirme tekniklerinin geliştirilmesi bakımından birçok çalışmalar yapılmıştır. 1996 yılında O.D.T.Ü. tarafından 1 Ekim 1995 Dinar Depremi orta hasarlı yığma yapıların onarımı ve güçlendirme projesi hakkında genel bir rapor hazırlanmış ve bu raporda Dinar depreminde hasar görmüş olan yığma yapıların güçlendirilmesi için yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir (1). 1998 yılında Mert tarafından yapılan çalışmada depremden hasar gören yapıların onarımı ve güçlendirilmesi ile ilgili teknikler irdelenerek mevcut hasarlı yapılara uygulanmıştır (2). 1998 yılında Ergin tarafından betonarme yapıların onarımı ve güçlendirilmesi ile ilgili teknikler irdelenmiş ve çok katlı bir yapıya uygulanmıştır (3). 1999 yılında Özer, Pala, Orakdöğen, Girgin tarafından deprem bölgelerindeki mevcut betonarme yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve rehabilitasyonu üzerine yazılan deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenilirliğinin belirlenmesi adlı teknik raporda; değişik hesap yöntemleri kullanılarak yapıların göçme güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla bir yük artımı yöntemi geliştirilmiştir (4). 2003 yılında Kömür ve Elmas tarafından betonarme düzlem çerçeve sistemlerin farklı yanal yük biçimleri için elastik olmayan statik itme analizi isimli çalışmalarında farklı yükseklikteki yapılara değişik yüklemeler ile itme analizi yaparak deprem güvenilirliklerini belirlemeye çalışmışlardır (5). 2003 yılında Sucuoğlu, ve Günay tarafından orta yükseklikte betonarme binalar için “ Basitleştirilmiş Deprem Dayanımı Değerlendirme Yöntemleri” isimli çalışmalarında yapıların deprem güvenilirliklerinin belirlenmesi için birden fazla yöntem incelenmiştir (6). 2003 yılında Aydınoğlu tarafından yapıların deprem performansının değerlendirilmesi için artımsal spektrum analizi(ARSA) yöntemi adlı çalışmasında modal kapasite diyagramları adı verilen modal histeresis eğrilerinin iskelet eğri olarak tanımlanan diyagramların yaklaşık olarak elde edilmesine dayanarak yapıların performans seviyelerini tespit etmeye çalışmıştır (7). 2004 yılında Özcebe tarafından yapılan TÜBİTAK İÇTAG YMAÜ İ574 numaralı araştırma çalışmasında deprem güvenliğinin saptanması için yöntemler geliştirilmesi adlı sonuç raporunda yapıların deprem güvenilirliğinin belirlenmesi ile can ve mal kayıplarının engellenmesi amacı ile yeni yöntemler geliştirilmiştir (8). 2004 yılında İrtem, Türker ve Hasgül tarafından Türk deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış betonarme yapıların performansının belirlenmesi adlı çalışmalarında depreme karşı dayanıklı bina ilkesinden yola çıkarak yapıların deprem

güvenirliklerini ölçmüşlerdir (9). 2005 yılında Yanmaz ve Luş tarafından hazırlanan yapı güçlendirme yöntemlerinin fayda maliyet analizi isimli çalışmalarında güçlendirmede kullanılan malzemeler göre fayda maliyet analizi yapmışlardır (10).

Bu çalışma sırasında kullandığımız yöntemle; ilk olarak dinamik etkiler sonucu hasar gören yapılarda yapılacak incelemeler sonucunda ilgili Türk Standartlarında belirtilen malzeme boyut ve donatı oranı şartlarına uygun olarak üretilen betonarme elemanların dinamik yük altındaki davranışları tespit edilecektir. Bu elemanların dayanımı tespit edildikten sonra bu tip elemanlar yardımıyla hasar gören binanın hasarlı yerlerine uygulanarak davranışları incelenecektir. Böylece hasarlı bir yapının güçlendirilmesi sağlanacaktır. Güçlendirme sırasında kullanılan malzemelerin yapıya getirdiği ek ağırlık, ek deprem kuvveti ve maliyetleri açısından karşılaştırılacaktır. Sonuç olarak da ağırlık, deprem kuvveti ve maliyet açısından en uygun olan malzeme belirlenmeye çalışılacaktır.

2. MEVCUT YAPILARIN DEPREM GÜVENİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Yapıların deprem güvenirliliğini belirlemek için önceki yıllarda birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan deterministik yaklaşım TÜBİTAK tarafından bazı üniversitelere 2003 ve daha sonraki yıllarda yaptırılan araştırma raporlarından faydalanılarak hazırlanmıştır.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe ek olarak 2006 yılı içinde yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Esaslar yönetmeliğinin yedinci bölümünde yer alan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümünde bulunan bazı güvenlik seviyeleri aşağıda açıklanmaktadır (7).

2.1. Hemen Kullanım Durumu

Binanın düşey taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Ancak herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla yüzde 10'unun belirgin hasar bölgesinde olması durumunda da bina hemen kullanım durumunda kabul edilir. Bu durumda yapının güçlendirilmesine gerek yoktur.

2.2. Can Güvenliği Durumu

Binanın tüm elemanları minimum veya belirgin hasar bölgelerindedir. Ancak herhangi bir katta, uygulanan deprem doğrultusundaki kirişlerin en fazla yüzde 20'si ileri hasar bölgesinde ise ve ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı yüzde 20'nin altında ise bina can güvenliği durumunda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden akma sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının yüzde 30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla yüzde 40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

2.3. Göçmenin Önlenmesi Durumu

Binanın tüm elemanları ileri hasar veya daha alt hasar bölgelerindedir. Ancak bir katta uygulanan deprem doğrultusunda göçme bölgesindeki kirişlerin sayısı toplam sayının yüzde 20'sinden az ise ve/veya göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetlerinin toplamı o katta bulunan kolonların toplam kesme kuvvetine oranı yüzde 20'nin altında ise ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmuyorsa bina göçmenin önlenmesi durumunda kabul edilebilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının yüzde 30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla yüzde 40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

Çizelge 1. Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılıda % 50	50 yılıda % 10	50 yılıda % 2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	-	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	-	CG	GÖ
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçmenin Önlenmesi

3. DETERMİNİSTİK YAKLAŞIM

Ön değerlendirme kademesi için önerilen yöntem Prof. Dr. Haluk Sucuoğlu yönetimindeki bir çalışma grubu tarafından geliştirilmiştir. Yöntem bina içinde yapılacak olan bir incelemeyle binanın zemin kat taşıyıcı sistem planı ile zemin katta bulunan kolon, perde, kiriş ve döşeme boyutlarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu

yöntemle, yalnızca zemin kat taşıyıcı sistem bilgilerini kullanarak binanın taban kesme kuvveti kapasitesi yaklaşık olarak hesaplamaktadır. Binanın periyodunun kat sayısı ile ilişkili olarak yaklaşık hesabı ile de deprem etkisi altında yer değiştirme ve elastik dayanımı hesaplanır. Elde edilen sonuçlar ile gerek deplasman, gerekse kuvvet esaslı performans değerlendirmesi yapmak mümkündür. Yöntemle ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir (8).

3.1. Yerçekimi Kuvvetlerinden Kaynaklanan Eksenel Kuvvetlerin Hesaplanması

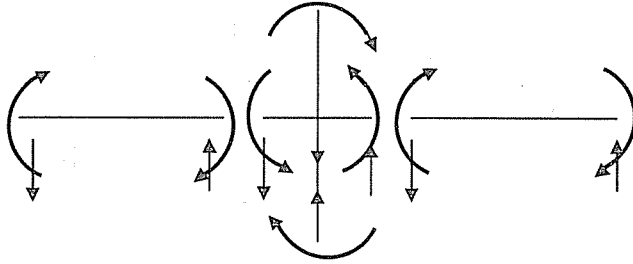
Alan payları ve alanda birim ağırlık (plak döşeme 10 kN/m^2 , asma döşeme 12 kN/m^2) göz önüne alınarak düşey yüklerden dolayı kolonlarda oluşan eksenel kuvvetler hesaplanır.

3.2. Kiriş Uçlarında Moment Kapasitelerinin Hesaplanması

Pozitif momentler hesaplanırken T kesit kullanılmalıdır. Donatı olarak TS-500'de öngörülen minimum donatı oranı kullanılabilir (çekme bölgesinde 0.008).

3.3. Kirişlerin Eğilme Kapasitesine Ulaştığı Durumdaki Kesme Kuvvetleri Kullanılarak Hesaplanan Kolon Eksenel Kuvvetleri

Kirişlerde çift eğrilik altında her iki uca plastik mafsal oluşması durumundaki kesme kuvvetleri hesaplanır. Kiriş uçlarındaki kesme kuvvetleri hesaplanırken yatay kuvvetin yönü göz önüne alınmalıdır. Kolon eksenel kuvvetleri hesaplanırken kiriş uçlarındaki kesme kuvvetlerinin yönleri göz önüne alınmalıdır.



Şekil 1. Yanal kuvvet sağa doğru iken momentlerin ve kesme kuvvetlerinin yönleri

3.4. Kolon Eksenel Kuvvetleri

Düşey kuvvetlerden oluşan (N_g) ve bir yöndeki yatay deprem kuvvetleri altında oluşan (N_{dep}) eksenel kuvvetler toplanarak kolon eksenel kuvvetleri hesaplanır.

3.5. Kolonların Moment Kapasitelerinin Hesaplanması

TS-500'de öngörülen minimum donatı oranı kullanılabilir.

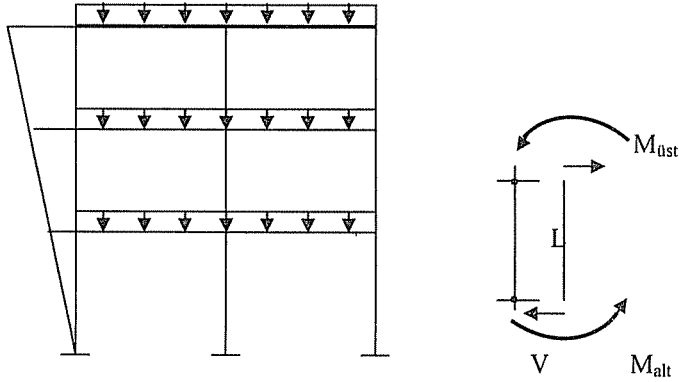
3.6. Kiriş-Kolon Kapasite Oranlarının (KKKO) Hesaplanması

$$KKKO = \frac{\sum \text{Kiriş - Moment - Kapasitesi}}{\sum \text{Kolon - Moment - Kapasitesi}} \quad (1)$$

Eğer bir birleşimdeki KKKO değeri birden küçükse, kirişlerin kolonlardan önce aktığı varsayılır, dolayısıyla kiriş uçlarında moment kapasitelerine ulaşılır. Eğer birleşimdeki KKKO değeri birden büyükse, bu durumda kolonlar kirişlerden önce akacaktır, dolayısıyla kiriş uçlarında moment kapasitelerine ulaşamaz. Bu durumda kiriş uçlarındaki momentler, birleşimdeki kolonların moment kapasiteleri toplamının kiriş uçlarına kirişlerin eğilme rijitlikleri (I/L) oranında dağıtılarak hesaplanır. Zemin katın tüm kiriş kolon birleşimlerinde veya birleşimlerin tümüne yakınında KKKO değeri birden büyükse binanın göçme mekanizması kolon göçme mekanizmasına (zemin kat göçme mekanizması) yakındır. Bu durum söz konusu değilse binanın göçme mekanizması kiriş göçme mekanizması ya da karışık göçme mekanizmasıdır.

3.7. Kolon Göçme Mekanizması Gösteren Yapılarda Taban Kesme Kuvveti Kapasitesi Hesabı

Taban kesme kuvveti kapasitesi, zemin kat kolonlarının çift eğrilik altında her iki ucunda plastik mafsallık oluşması durumundaki kesme kuvveti kapasiteleri toplanarak hesaplanır. Bir zemin kat kolonunun kesme kuvveti kapasitesi, kolon alt ve üst uç moment kapasitelerinin kolon boyuna bölünmesine eşittir.



Şekil 2. Taban kesme kuvveti kapasitesinin zemin kat kolonlarının moment kapasiteleri kullanılarak hesaplanması

$$V_i = \sum_i \left(\frac{M_{küst} + M_{kalt}}{L} \right)_i \quad (2)$$

Burada;

- V_i : Taban kesme kuvveti kapasitesi
- $M_{küst}$: i kolonunun üst ucundaki moment kapasitesi
- M_{kalt} : i kolonunun alt ucundaki moment kapasitesi
- L : i kolonunun uzunluğu

3.8. Değerlendirme Yöntemi

Hedef yer değiştirme veya kuvvet esaslı değerlendirme yöntemi Şekil 2'de görülmektedir. Hedef yer değiştirme hesabında bina periyodunun dolgu duvarların az

veya süreksiz olduğu binalarda (yumuşak katlı) n kat sayısı olmak üzere; 0.15n, dolgu duvarların sürekli olduğu kat planı değişmeyen binalarda ise 0.12n alınması önerilmektedir. Bu periyotla ve bölge spektrumu kullanarak hesaplanan hedef yer değiştirmeye dayanarak performans değerlendirmesi yapılabilir. Değerlendirme kriteri Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Hedef yer değiştirme sınır değerleri

Göçme Mekanizması	Hedef Yer Değiştirme (δ/H)	Sınır Değerler		
		Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi
Zemin Kat ve Karışık Mekanizma Durumu	0.008	√	-	-
	0.02	-	√	-
	0.03	-	-	√

Bunun dışında geliştirilen birçok yöntem bulunmaktadır ve bu yöntemlerin birçoğu günlük hayatta bir inşaat mühendisini uygulamasının zor olduğu görülmektedir. Bu durum göz önüne alındığında seçilen yöntemin kolay, günlük hayata uygulanmasında zor olmadığı çok rahat bir şekilde görülmektedir.

4. ONİKİ KATLI BETONARME YAPININ DEPREM GÜVENİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Konut, işyerleri, otel v.b. gibi betonarme yapılarda deprem kuvvetinin aşılma olasılığı 50 yılda %10 olduğu dikkate alınarak, güvenilirlik yöntemlerinden deterministik yaklaşım kullanılarak on iki katlı betonarme yapının deprem güvenirliliği belirlenmeye çalışılmıştır (11).

4.1. Yapı Özellikleri

Yapı bodrum+12 kattan oluşmakta ve kalıp planı Şekil 3’de verilmektedir. Yapı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre üçüncü sınıf (Z3) zeminde bulunmaktadır. Yapı ile ilgili gerekli bilgiler aşağıda verilmektedir.

Malzeme C20 / S420

f_{ck} : 200 kg/cm²

f_{cd} : 133.3 kg/cm²

f_{yk} : 4200 kg/cm²

f_{yd} : 3652 kg/cm²

Kolonlar : (150x30) cm, (25x100) cm, (25x120) cm, (25x130) cm, (25x125) cm, (25x150) cm

Boyuna donatı : ϕ 16

Etriye : ϕ 8/15/8/10

Perdeler : (25x170) cm ; (25x200) cm

Kirişler : (60x32) cm ; (25x60) cm

Döşemeler : Asmolen döşeme + 7 cm’lik Beton

Asmolenler arası (15x32) cm nervür kirişleri

G : 595 kg / m² (Toplam zati ağırlık)

*DETERMİNİSTİK YAKLAŞIM İLE YAPI DEPREM GÜVENİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE
GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*

Yapının yapılan analizler sonucunda elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri(d_i) ve görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranları olan hedef yer değiştirme değerleri(δ/h) ve bu değerlerin yönetmelikte yer alan sınır değerleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 3. Kolonlar için K.K.K.O değerleri

KAT NO	KOLON NO	KOLON BOYUTU	KAPASİTE ORANI
1.KAT	C1	150X30	1.139
1.KAT	C2	150X30	1.390
2.KAT	C2	150X30	1.012
1.KAT	C6	150X30	1.030
Z.KAT	C8	150X30	1.545
1.KAT	C8	150X30	1.548
2.KAT	C8	150X30	1.646
3.KAT	C8	150X30	1.617
4.KAT	C8	150X30	1.482
5.KAT	C8	150X30	1.381
6.KAT	C8	150X30	1.267
7.KAT	C8	150X30	1.121
1.KAT	C16	150X30	1.035
1.KAT	C18	150X30	1.291
1.KAT	C20	150X30	1.117
1.KAT	C21	150X30	1.186
1.KAT	C22	150X30	1.592
2.KAT	C22	150X30	1.256
3.KAT	C22	150X30	1.142
1.KAT	C23	150X30	1.494
2.KAT	C23	150X30	1.172
3.KAT	C23	150X30	1.095
Z.KAT	C24	150X30	1.035
1.KAT	C24	150X30	1.367
2.KAT	C24	150X30	1.040
Z.KAT	C25	150X30	1.012
1.KAT	C25	150X30	1.248
Z.KAT	C29	150X30	1.473
1.KAT	C29	150X30	1.835
2.KAT	C29	150X30	1.397
3.KAT	C29	150X30	1.218
4.KAT	C29	150X30	1.018

Hedef yer değiştirme değerleri $\delta/h = 0,008$ den büyük ya da eşit olan taşıyıcı elemanlar hemen kullanım seviyesini geçmiş ve can güvenliği seviyesine yaklaşmıştır. $\delta/h = 0,008$ den büyük ya da eşit olan taşıyıcı olan elemanların olduğu katlarda deprem

anında hasarın meydana gelebileceğinden bahsedilebilir. Fakat hiçbir katta yapı, can güvenliği sınırını aşmamıştır. Yapımız yeterli güvenliğe sahip olmasına rağmen $K.K.K.O > 1$ olduğundan dolayı bazı elemanlarının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4. Elemanların yer değiştirme esaslı değerlendirme kriteri

Kat	d_i		Kat Yük.	Sınır Değerler		
	x (m)	y (m)		h (m)	H.K.	C.G.
12	0.329400	0.062900	3	0.008	0.020	0.030
11	0.314500	0.060100	3	0.008	0.020	0.030
10	0.297100	0.057000	3	0.008	0.020	0.030
9	0.277200	0.053300	3	0.008	0.020	0.030
8	0.254500	0.049100	3	0.008	0.020	0.030
7	0.229300	0.044400	3	0.008	0.020	0.030
6	0.201700	0.039300	3	0.008	0.020	0.030
5	0.172100	0.033600	3	0.008	0.020	0.030
4	0.140800	0.027600	3	0.008	0.020	0.030
3	0.108400	0.021200	3	0.008	0.020	0.030
2	0.075900	0.014700	3	0.008	0.020	0.030
1	0.044900	0.008400	3	0.008	0.020	0.030
Z.K.	0.018100	0.003100	3	0.008	0.020	0.030

Kat	δ_x/h			δ_y/h		
	H.K.	C.G.	G.Ö.	H.K.	C.G.	G.Ö.
12	0.004967	0.004967	0.004967	0.000933	0.000933	0.000933
11	0.005800	0.005800	0.005800	0.001033	0.001033	0.001033
10	0.006633	0.006633	0.006633	0.001233	0.001233	0.001233
9	0.007567	0.007567	0.007567	0.001400	0.001400	0.001400
8	0.008400	0.008400	0.008400	0.001567	0.001567	0.001567
7	0.009200	0.009200	0.009200	0.001700	0.001700	0.001700
6	0.009867	0.009867	0.009867	0.001900	0.001900	0.001900
5	0.010433	0.010433	0.010433	0.002000	0.002000	0.002000
4	0.010800	0.010800	0.010800	0.002133	0.002133	0.002133
3	0.010833	0.010833	0.010833	0.002167	0.002167	0.002167
2	0.010333	0.010333	0.010333	0.002100	0.002100	0.002100
1	0.008933	0.008933	0.008933	0.001767	0.001767	0.001767
Z.K.	0.006033	0.006033	0.006033	0.001033	0.001033	0.001033

Burada,

H.K.: Hemen kullanım sınır değeri

C.G.: Can güvenliği sınır değeri

G.Ö.: Göçmenin önlenmesi

4.3. Analiz Sonuçları

Yukarıdaki analiz bilgilerinden ve yapılan karşılaştırmalardan faydalanılarak oniki katlı betonarme yapımızın güvenilirliğinin belirlenmesi için yapılan analizler sonucu $K.K.K.O > 1$ olan elemanların belirlenmesi ile deterministik yaklaşım yöntemini kullanarak belirlemiş olduğumuz güvenilirlik testi sonucu; yapımızda ilk sekiz katta hedef yer değiştirme değeri (δ/h) değerinin hemen kullanılabilirlik performans sınır seviyesi olan 0.008 den büyük olduğu fakat yapımızın hiçbir katta can güvenliği performans sınır değerlerini aşmadığı gözlenmiştir. Buna rağmen yapımızın zemin katta, 1., 2., ve 3. katta devam eden ve $K.K.K.O > 1$ elemanlarının 3. kat seviyesine kadar güçlendirilmesini gerektirmektedir.

4.4. Güçlendirme Yöntemlerinin Maliyet Hesabı ve Yapıya Etki Eden İlave Ağırlık Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan analizler sonucunda, güçlendirilmesi gereken taşıyıcı elemanlar ile ilgili hesaplamalar sonrasında elemanların güçlendirilmesi için gerekli malzeme miktarları hesaplanarak aşağıda verilmiştir. Mantolama işleminde kolon ve kirişler için manto kalınlığı 15 cm olarak alınmıştır. Güçlendirme uygulamaları Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7' de görülmektedir.

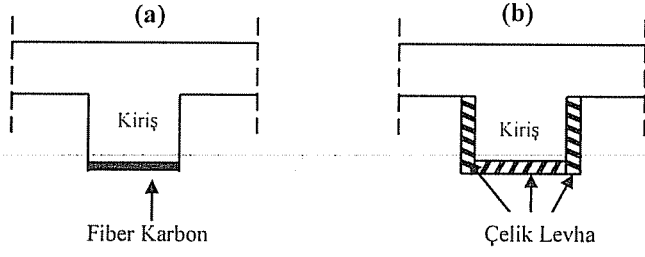
Beton malzeme kullanılarak yapılacak olan mantolama işlemi için gerekli olan malzeme miktarları:

1-Kolonların mantolanmasında kullanılan beton miktarı	: 49.01 m ³
2-Kolonların mantolanmasında kalıp miktarı	: 347 m ²
3-Kolonların mantolanmasında kullanılan ince demir($\phi 8-12$)	: 1.66 ton
4-Kolonların mantolanmasında kullanılan kalın demir($\phi 14-50$)	: 6.41 ton

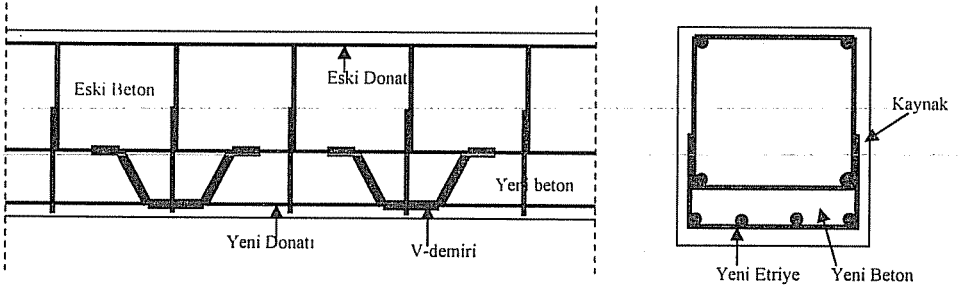
Çelik malzeme kullanılarak yapılacak olan mantolama işlemi için gerekli olan malzeme miktarları:

1-Profil demirlerin kullanılması (Birleşim yeri levhaları dahil)	: 18.32 ton
2-Profil ile kolon arası bağlayıcı malzeme kullanımı (sıkadur 30)	: 145 kg

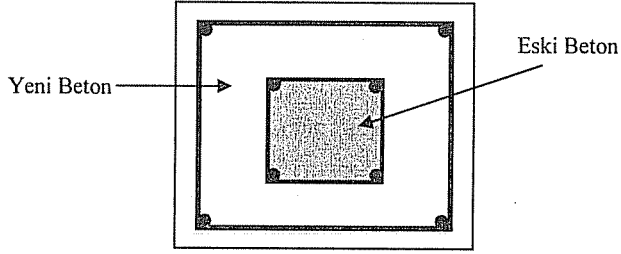
Yukarıda verilen malzemeler kolonların güçlendirilmesinde kullanılan malzemeler olup, 2006 yılı birim fiyatları baz alınarak maliyetleri Şekil 8'de verilmektedir. Benzer şekilde kirişlerde de beton, çelik ve bunlara ek olarak karbon fiber malzemeler kullanılması durumunda, 2006 yılı birim fiyatları baz alınarak bu malzemelerin maliyetleri hakkında bilgiler Şekil 8'de verilmektedir.



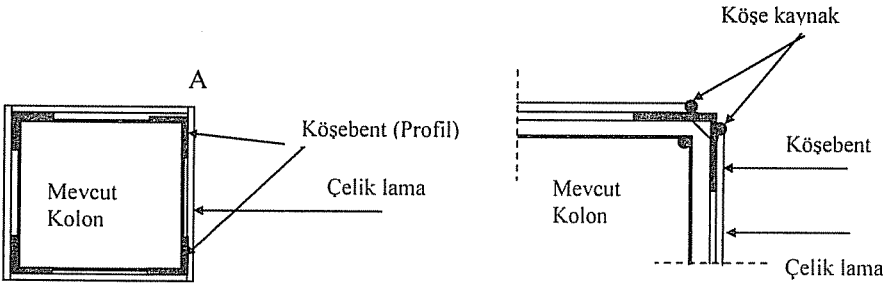
Şekil 4a. Kirişlerin fiber karbon ile güçlendirilmesi
Şekil 4b. Kirişlerin çelik levhalar ile güçlendirilmesi



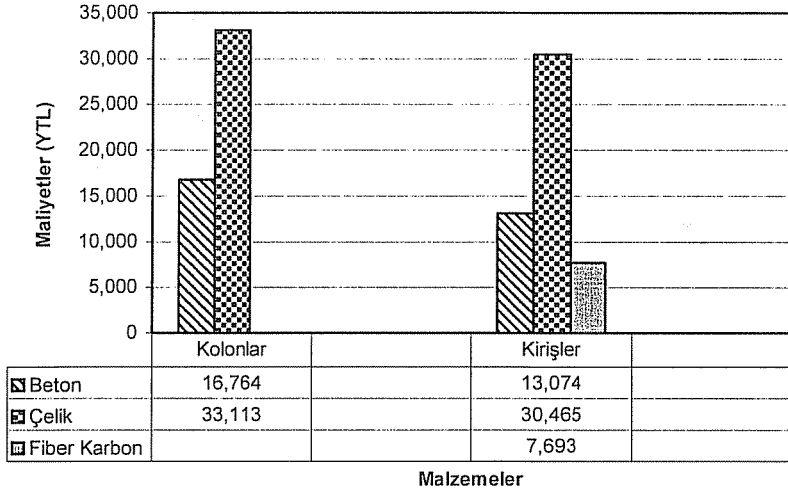
Şekil 5. Kirişlerin mantolanması



Şekil 6. Kolonların mantolanması



Şekil 7. Kolonların çelik levhalar ile güçlendirilmesi

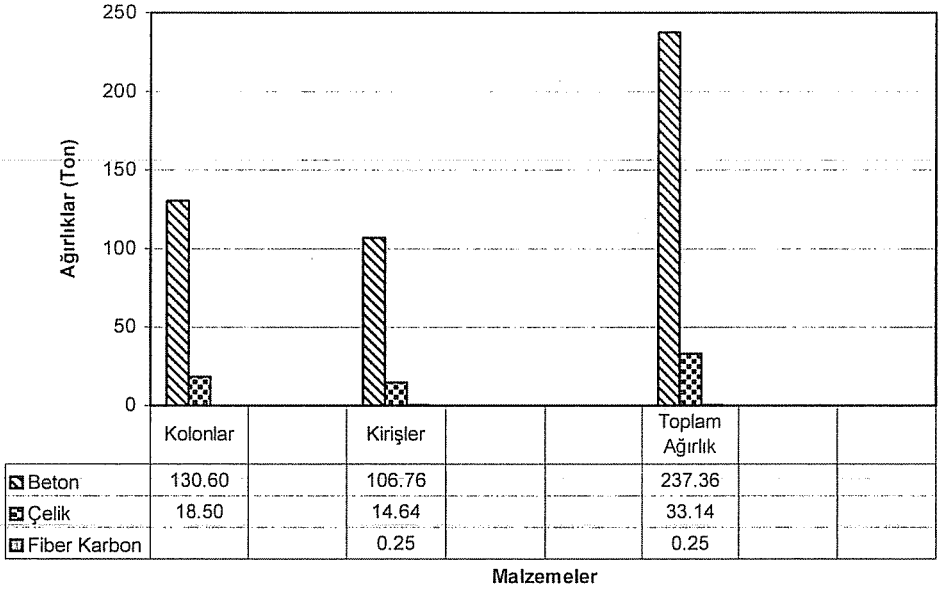


Şekil 8. Güçlendirme malzemelerinin maliyet bakımından karşılaştırmaları

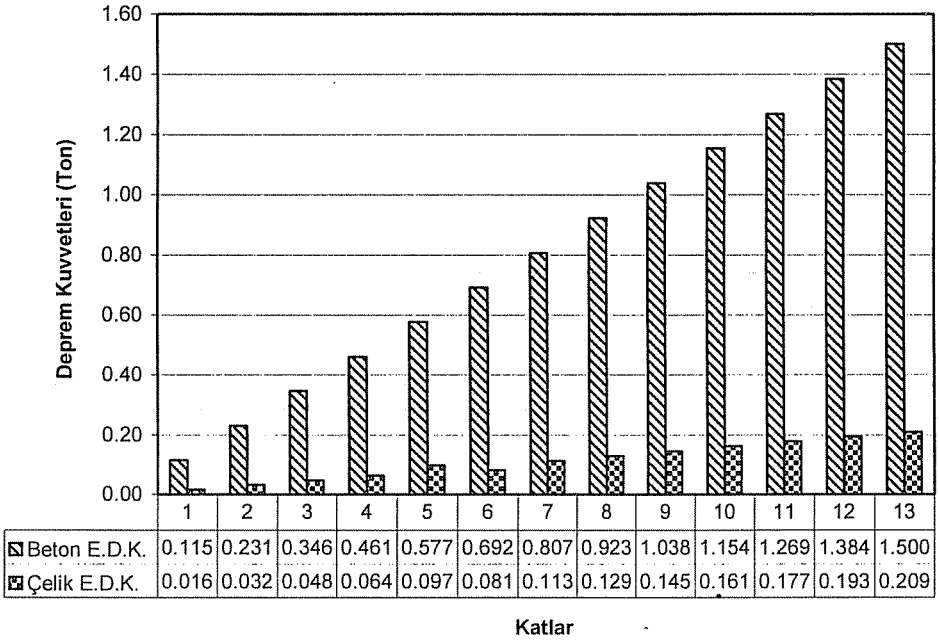
Şekil 8’de verilen güçlendirmede kullanılan malzemelerin maliyetleri arasındaki karşılaştırmalara baktığımızda kolonların mantolanmasında betonun, kirişlerde ise fiber karbon malzemelerin maliyet olarak daha ekonomik olduğu görülmektedir. Kolonların mantolanmasında çelik kullanımının betona göre %97 daha pahalı olduğu, kirişlerde ise çelik kullanımının betona göre %133 daha pahalı olduğu ve ayrıca kirişlerde fiber karbon malzeme kullanımının betona göre %41 daha az maliyete sahip olduğu görülmektedir.

Bu güçlendirme malzemelerinin kullanılması sonucunda; yapımıza her farklı malzeme için ek bir ağırlık ve bu ağırlığa bağlı olarak ek bir deprem kuvveti etkiyecektir. Malzemeler arasında ek ağırlığa bağlı olarak yapılan karşılaştırmalar Şekil 9’da verilmektedir.

Şekil 9’da görüldüğü gibi, yapımıza güçlendirmeden dolayı en fazla ağırlığı sırasıyla beton, çelik ve fiber karbon malzeme etki ettirmektedir. Bu malzemelerden betonun çelikten 204.22 ton daha fazla, çeliğin ise fiber karbon malzemedan 32.89 ton daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda malzeme ağırlığı dikkate alındığında yapımıza ek ağırlığı en az getiren malzeme olan çeliğin kolonların güçlendirilmesinde, fiber karbon malzemenin ise kirişlerin güçlendirilmesinde kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 9. Güçlendirme malzemelerinin ağırlık bakımından karşılaştırmaları



Şekil 10. Güçlendirme malzemelerinin ek deprem kuvveti bakımından karşılaştırmaları

Şekil 10 incelendiğinde, betonun yapımıza getirdiği ek ağırlıktan dolayı meydana gelen ek deprem kuvveti çelik ve fiber karbon malzemeye göre çok daha büyük olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, betonarme yapıların onarım ve güçlendirmesinde kullanılan malzemeler ve uygulama biçimleri maliyet, ağırlık ve yapıya getirdiği ek deprem kuvveti bakımından irdelenmiştir. Örnek uygulama olarak ise çok katlı yapının deprem güvenilirliği belirlenmiş ve gerekli güçlendirme teknikleri uygulanarak, yapıya etkileri ve maliyeti bakımından gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan bu çalışma sonucunda yapıların onarımı ve güçlendirilmesi konusunda ulaşılan sonuçlar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır.

Amacımız yapılarda hasarlara yıkılmaları neden olan sebepleri en aza indirmek, mümkünse ortadan kaldırmaktır. Bunu başarmanın yolu yönetmeliklere uygun proje hazırlamaktan geçer. Unutulmamalıdır ki güçlendirme ve onarımın maliyeti yönetmeliklere uyanın maliyetinden fazla olabilmektedir.

Onarım ve güçlendirme yapmadan önce maliyet analizi yaparak, yapıyı yeniden yapmanın mı, yoksa onarım veya güçlendirme yapmanın mı ekonomik olduğu araştırılmalıdır.

Onarım ve güçlendirme yapılırken gerekli hassasiyet gösterilmeli aksi halde yapılan hataların ekonomik açıdan zararları görülebileceği gibi aynı zamanda yapıya getirilecek yeni yüklerle yapı eski halinden daha kötü bir hale gelebilir.

Yapılan maliyet analizi sonucunda yapımızda yapılan güçlendirmede beton maliyetinin ekonomik olduğu, çelik maliyetinin ise beton maliyetinin yaklaşık iki katı maliyete sahip olduğu görülmektedir. Buna karşılık yapımıza ek ağırlık olarak beton ile güçlendirmede, çelik ile güçlendirmenin yedi katı fazla bir ağırlık etkidiği görülmektedir.

Yapımıza ek ağırlık bindirmek deprem kuvvetini büyütmesine rağmen yapı elemanlarımızda ek bir rijitlik kazandırmaktadır. Ancak güçlendirmede mümkün olduğu kadar yapıya ek ağırlık ilave etmekten kaçınılmalıdır.

Örnek uygulamadan da görüleceği üzere maliyet açısından ekonomik olan güçlendirme malzemesi ağırlık yönünden uygun olmayabilir. Bu durumda ekonomik ve yapımıza etkiyecek olan ek ağırlık ile deprem kuvveti açısından uygun güçlendirme tekniği kullanılmalıdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte inşaat sektöründe her yıl yeni güçlendirme ürünleri çıkmaktadır. Bu ürünlerin sağlamlığı ve ağırlığının az olması nedeniyle güçlendirilmesi veya onarılması gereken yapılarda bu ürünlerin kullanımı cazip hale gelmektedir. Bu durumda maliyeti az yapı rijitliğine etkisi çok olan güçlendirme durumları seçilmelidir.

Onarım ve güçlendirme sadece hasarlı yapılara değil depremden zarar görmemiş yapılara da uygulanabildiği için yapılarımızın deprem güvenilirlikleri tespit edilmeli ve gerekirse sağlam yapılara da güçlendirme çalışması yapılmalıdır.

Sonuç olarak gerekli önlemler alındığı zaman yapımızın mimarisinde çok fazla oynama yapmadan zarar görmüş veya yıkılma tehlikesi olan yapıların onarımı ve güçlendirilmesi gelişen teknoloji ile daha kolay ve daha ucuza mal etmek mümkün olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. "1 Ekim 1995 Dinar Depremi Orta Hasarlı Yığıma Yapıların Onarımı ve Güçlendirme Projesi", Genel Rapor, ODTÜ, 1996.
2. Mert,N., "Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi", Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
3. Ergin,C., "Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi ve Çok Katlı Bir Yapıya Uygulanması", İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
4. Özer,E., Pala,S., Orakdoğan,E., Girgin,K., "Deprem Bölgelerindeki Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi ve Rehabilitasyonu", Türkiye Deprem Vakfı Teknik Rapor TDV / TR 028-45, 1999.
5. Kömür,A.M., Elmas,M., "Betonarme Düzlem Çerçeve Sistemlerin Farklı Yanal Yük Biçimleri İçin Elastik Olmayan Statik (İtme) Analizi", Bildiri No: AT-021 İstanbul, 2003.
6. Sucuoğlu,H., Günay,S.M., "Orta Yükseklikteki Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Deprem Dayanımı Değerlendirme Yöntemleri", V. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2003.
7. Aydınoğlu,M.N., "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık İskan Bakanlığı Ankara, 1998.
8. Özcebe,G., "Deprem Güvenirliğinin Saptanması İçin Yöntemler Geliştirilmesi", TÜBİTAK İÇTAG YMAÜ İ574 a, Ankara, 2004
9. İrtem,E., Türker,K., Hasgül,U., "Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi", VI. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi İstanbul, 2004.
10. Yanmaz,Ö., Luş,H., "Yapı Güçlendirme Yöntemlerinin Fayda Maliyet Analizi", İMO Teknik Dergi s. 233, 2005.
11. Köse,S. "Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Tekniklerinin İrdelenmesi", Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

**PROBABİLİSTİK YÖNTEM KULLANILARAK YAPI DEPREM
GÜVENİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRME
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

M. Hakan SEVERCAN ve Soner KÖSE
N. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Niğde / Türkiye

İbrahim Ö. DENEME
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, yapıların deprem güvenilirlikleri, probabilistik yaklaşım kullanılarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, onarımı ve güçlendirilmesi gereken elemanlar belirlenmiştir. Güçlendirme yöntemleri olarak, mantolama, çelik levha yapıştırma ve fiber karbon malzeme ile güçlendirme yöntemleri seçilmiştir. Uygulanan güçlendirme yöntemleri maliyet, yapıya getirdiği ek ağırlık ve ek deprem kuvveti bakımından karşılaştırılmıştır.*

**DETERMINATION OF STRUCTURAL EARTHQUAKE RELIABILITY
USING PROBABILISTIC APPROACH AND COMPARISON OF
STRENGTHENING METHODS**

ABSTRACT : *In this study, earthquake safety and reliability of buildings is determined with the use of probabilistic approach. As a result of the analysis, the elements requiring repair and strengthening had been identified. Over coating, attaching steel panels and fiber carbon materials were chosen as a strengthening method. The strengthening methods are compared between each other in terms of cost, additional weight and additional earthquake forces brought onto the building.*

1. GİRİŞ

Ülkemizin bir deprem kuşağında olması ve bu depremler nedeniyle büyük felaketlerle karşı karşıya kalınması sonucunda yapılarda hasarlar, yıkılmalar oluşmaktadır. Depremden sonra ayakta kalan sağlam yapıların oluşabilecek artçı depremler ve daha sonra olabilecek depremlere karşı dayanımının da belirlenmesi gerekmektedir.

Taşıyıcı sistemlerde çeşitli yüklemelerden dolayı (ağırlık, ilave ağırlık, hareketli yük, deprem ve rüzgar etkileri, ısı değişimleri, büzülme (rötre), sünme (krip), mesnet çökmeleri, çarpma, v.b.) bazı kusurlar veya kalite ve özellik kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Bu kusurların ihmal edilebilecek sınırlar içinde olmaması durumunda, mevcut yapı hasarlı bir yapıya dönüşebilmektedir.

Yapılar inşaa edilirken, toplum ve fertlerin güvenliklerinin ve sağlıklarının tehlikeye sokulmaması ile duruma göre yapıların içerisinde bulunan eşyaların da riske girmemesi esas alınır. Çeşitli ülkelerde bunlarla ilgili yönetmelikler ve standartlar yürürlüğe konulmuştur. Ancak bilindiği gibi, yeni inşa edilecek olan yapıların yeterli bir deprem güvenilirliğine sahip olacak şekilde tasarımının ve yapımının sağlanması, olası yeni depremlerde meydana gelebilecek can ve mal kaybının önlenmesi veya azaltılması için yeterli olmamaktadır. Bunun yanında, deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenilirliklerinin belirlenmesi ve yeterli güvenilirlikte olmayan yapıların rehabilitasyonu da önemli bir yer tutmaktadır.

Bütün bunlara rağmen uygulamada yapıların hasara uğradıklarına çok kez rastlanılmaktadır. Esasen depreme dayanıklı yapı tasarımında hiç hasar olmaması şart koşulmamakta ve belirli bir oranda hasara izin verilmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında aşağıda belirtilen ilkeler kabul edilmelidir (1).

Yapılar;

- Küçük depremlere hasar görmeden mukavemet etmelidir.
- Orta depremlerde taşıyıcı sistemler hasar görmemelidir. Fakat taşıyıcı olmayan kısımlar hasar görebilir.
- Yapının ekonomik ömrü içinde bölgede bir veya iki defa olabilecek büyük bir depremde taşıyıcı sistemde ve taşıyıcı olmayan sistemde hasar olması kabul edilebilir. Fakat sistem yıkılmamalıdır.

Yapılar hasarlı duruma geldiğinde veya hasarlı duruma gelmeden önce yapılar üzerinde bazı çalışma yapmak ve göz ardı edilemeyecek sakıncalı durumları gidermek gerekmektedir. Yapıların deprem güvenilirliklerinin incelenmesi ve inceleme sonuçlarına göre; yapı kullanımını kısıtlamayan ve maliyet açısından da en ekonomik tekniklerin kullanılarak onarım veya güçlendirme yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, mevcut yapının deprem güvenilirliği ölçülerek güçlendirilmesi gereken taşıyıcı elemanlara farklı malzemelerin kullanılması ile güçlendirme işlemleri yapılmıştır. Ayrıca yapılan güçlendirme çalışmalarında kullanılan malzemeler maliyet ve yapıya etki ettirdiği ek ağırlık ve ek deprem kuvveti bakımından karşılaştırılmıştır.

2. MEVCUT YAPILARIN DEPREM GÜVENİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Yapıların deprem güvenilirliğini belirlemek için önceki yıllarda birçok çalışmalar yapılmıştır. Burada kullanılan yöntem, TÜBİTAK tarafından bazı üniversitelere 2003 ve daha sonraki yıllarda yaptırılan araştırma raporlarından faydalanılarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, TÜBİTAK tarafından hazırlanan raporlarda belirtilen yöntemler arasında seçilen Probabilistik yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem en fazla 7 katlı yapılara uygulanabilmektedir. Bu yöntemin günlük hayatta bir inşaat mühendisi tarafından kolay uygulanabilir olması da, bu yöntemin kullanılma nedenlerinden biridir.

2.1. Probabilistik Yaklaşım

Probabilistik yaklaşım, yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda yapılarda hasara yol açabilecek en belirgin özellikler kullanılarak bir ön değerlendirme yöntemi olarak geliştirilmiştir. Bu yöntem 1-7 katlı betonarme binalar için geçerli olup, gerekli olan parametrelerin her bina için belirlenmesini gerektirmektedir. Binanın beklenen performansı söz konusu parametreler ışığında hesaplanan bir hasar indeksi yardımıyla tespit edilmektedir. Hasar indeksi hesaplanmasında kullanılacak olan ilişki iki ayrı performans seviyesi düşünülerek elde edilmiş olduğundan, her performans seviyesi karşılık gelen hasar indeksi baz alınarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemde, “Can Güvenliği” ve “Hemen Kullanılabilirlik” performans düzeyleri göz önüne alınmaktadır. Can güvenliği performans seviyesi, ağır hasara uğrayacak veya çökecek olan yapıları tespit etmeyi amaçlamakta, hemen kullanılabilirlik performans düzeyi ise hasarsız, hafif ve orta hasar görebilecek binaları belirlemek için uygulanmaktadır (2).

2.1.1. Parametrelerin Tanımlanması

Bu yöntemde aşağıda listelenen altı parametrenin belirlenmesi gereklidir.

- I Kat Sayısı (n)
- II Minimum Normalize Edilmiş Yatay Rijitlik İndeksi (mnlstfi)
- III Minimum Normalize Edilmiş Yatay Dayanım İndeksi (mnlisi)
- IV Normalize Edilmiş Çerçeve Süreklilik Puanı (nrs)
- V Yumuşak Kat İndeksi (ssi)
- VI Çıkma Oranı (or)

a) Minimum Normalize Edilmiş Yatay Rijitlik İndeksi

$$mnlstfi = \min (I_{nx}; I_{ny})$$

$$I_{nx} = \frac{\sum (I_{col})_x + \sum (I_{sw})_x}{\sum Af} * 1000 \quad (1a)$$

$$I_{ny} = \frac{\sum (I_{col})_y + \sum (I_{sw})_y}{\sum Af} * 1000 \quad (1b)$$

Burada,

$\Sigma(I_{colx}$ ve I_{coly}) : Tüm kolonların x ve y eksenine göre atalet momentleri toplamı.

$\Sigma(I_{swx}$ ve I_{swy}) : Tüm perde duvarların x ve y eksenine göre atalet momentleri toplamı.

ΣA_r : Toplam Kat Alanı.

b) Minimum Normalize Edilmiş Yatay Dayanım İndeksi

$$mnlisi = \min (A_{nx}; A_{ny})$$

$$A_{nx} = \frac{\sum (A_{col})x + \sum (A_{sw})x + 0.1 * \sum (A_{mw})x}{\sum Af} * 1000 \quad (2a)$$

$$A_{ny} = \frac{\sum (A_{col})y + \sum (A_{sw})y + 0.1 * \sum (A_{mw})y}{\sum Af} * 1000 \quad (2b)$$

$$(A_{col})x = k_x * A_{col}$$

$$(A_{sw})x = k_x * A_{sw}$$

$$(A_{col})y = k_y * A_{col}$$

$$(A_{sw})y = k_y * A_{sw}$$

A_{col} : Kolon en kesit alanı

A_{mw} : Duvar en kesit alanı

k_x, k_y : Katsayı

A_{sw} : Perde duvar en kesit alanı

Çizelge 1. k_x ve k_y katsayıları

Kolon Tipi	x=y	x>y		x<y	
	$k_x=k_y$	k_x	k_y	k_x	k_y
Kare	0.50	2/3	1/3	1/3	2/3
Perde Duvar		1	0	0	1
Duvar		1	0	0	1

c) Normalize Edilmiş Çerçeve Süreklilik Puanı

$$nrr = \frac{A_{tr} * (nf_x - 1) * (nf_y - 1)}{A_{gf}} \quad (3)$$

Burada,

nrs: Normalize edilmiş çerçeve süreklilik puanı

nf_x ve nf_y : Değerlendirmeye esas katta (Zemin Kat), x ve y doğrultusundaki sürekli çerçeve sayısı.

A_{tr} : Tipik bir etkili kolon alanı (nf_x ve nf_y değerlerinin 3 den büyük ya da eşit olması halinde 25 m^2 , diğer durumlarda 12.5 m^2 alınmalıdır.)

A_{gf} : Bina'nın zemin kat alanı

Bulunan nrr değeri

$0 < nrr \leq 0.5$ ise nrs = 1

$0.5 < nrr \leq 1$ ise nrs = 2

$nrr > 1$ ise nrs = 3 alınır.

d) Yumuşak Kat İndisi

$$ssi = \frac{H_1}{H_2} \quad (4)$$

Burada,

ssi: Yumuşak kat indisi

H_1 : Zemin kat yüksekliği

H_2 : Bir üst kat yüksekliği

e) Çıkma Oranı

$$or = \frac{A_{\text{çıkma}}}{A_{\text{gr}}} = \text{Çıkma alanlarının toplamı/Zemin kat alanı} \quad (5)$$

f) Değerlendirme Yöntemi

$$HI_{LS} = 0.620 * n - 0.246 * mnlstf - 0.182 * mnlsi - 0.699 * nrs + 3.269 * ssi + 2.728 * or - 4.905 \quad (6a)$$

$$HI_{IO} = 0.808 * n - 0.344 * mnlstf - 0.107 * mnlsi - 0.687 * nrs + 0.508 * ssi + 3.884 * or - 2.868 \quad (6b)$$

Burada,

HI_{LS}: Can güvenliği

HI_{IO}: Hemen kullanılabilirlik performans seviyelerine karşı gelmektedir.

$$CV_{LS} = CM * (-0.090 * n^3 + 1.498 * n^2 - 7.518 * n + 11.855) \quad (7a)$$

$$CV_{IO} = CM * (-0.085 * n^3 + 1.416 * n^2 - 6.951 * n + 9.979) \quad (7b)$$

$$\left. \begin{array}{l} HI_{LS} > CV_{LS} = 1.00 \\ HI_{IO} > CV_{IO} = 1.00 \end{array} \right\} \text{Güvensiz/Yetersiz}$$

$$\left. \begin{array}{l} HI < CV = 0.00 \\ HI_{IO} < CV_{IO} = 0.00 \end{array} \right\} \text{Güvenli/Yeterli}$$

Diğer durumlarda ise → Ara Bölgedeki Yapı

Yapının bulunduğu zemin türü ve fay hattına olan mesafesi JICA raporunda verilen zemin haritası ve GPS kayıtları yardımıyla belirlenebilir. Belirlenen zemin türü ve mesafe girdileri ile Çizelge 2 ve denklem (7a) ve (7b) kullanılarak iki ayrı karşılaştırma sınır değeri belirlenir.

Çizelge 2. Zemin türü ve faya olan mesafeye bağlı CM değerleri

JICA Zemin Türü	Kayma Dalga Hızı (m/s)	Mesafe (km)				
		0-4	5-8	9-15	16-25	>26
B	>760	0.788	0.824	0.928	1.128	1.538
C	360-760	0.864	1.000	1.240	1.642	2.414
D	180-360	0.970	1.180	1.530	2.099	3.177
E	<180	1.082	1.360	1.810	2.534	3.900

Bulunan HI değerleri CV değerleri ile karşılaştırılarak bina performansı hakkında bilgi sahibi olunabilir.

3. SAYISAL UYGULAMA

3.1. Yapı Özellikleri

Yapı bodrum+5 kattan oluşmakta ve kalıp planı Şekil 1'de görülmektedir. Yapı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre üçüncü sınıf (Z3) zeminde bulunmaktadır. Yapı ile ilgili genel bilgiler aşağıda verilmektedir(3).

Kolonlar : (70x25) cm

Kullanılan Boyuna Donatı : $\phi 16$

Etriyeler : $\phi 8/15/8/10$ ve $\phi 8/17/7/10$

Malzeme : C20 ve S420

Perdeler : (30x150) cm

Kirişler : (60x32) cm ve (50x32) cm

Döşemeler : Asmolen döşeme + 7 cm'lik beton

Asmolenler arası (15x32) cm nervür kirişleri

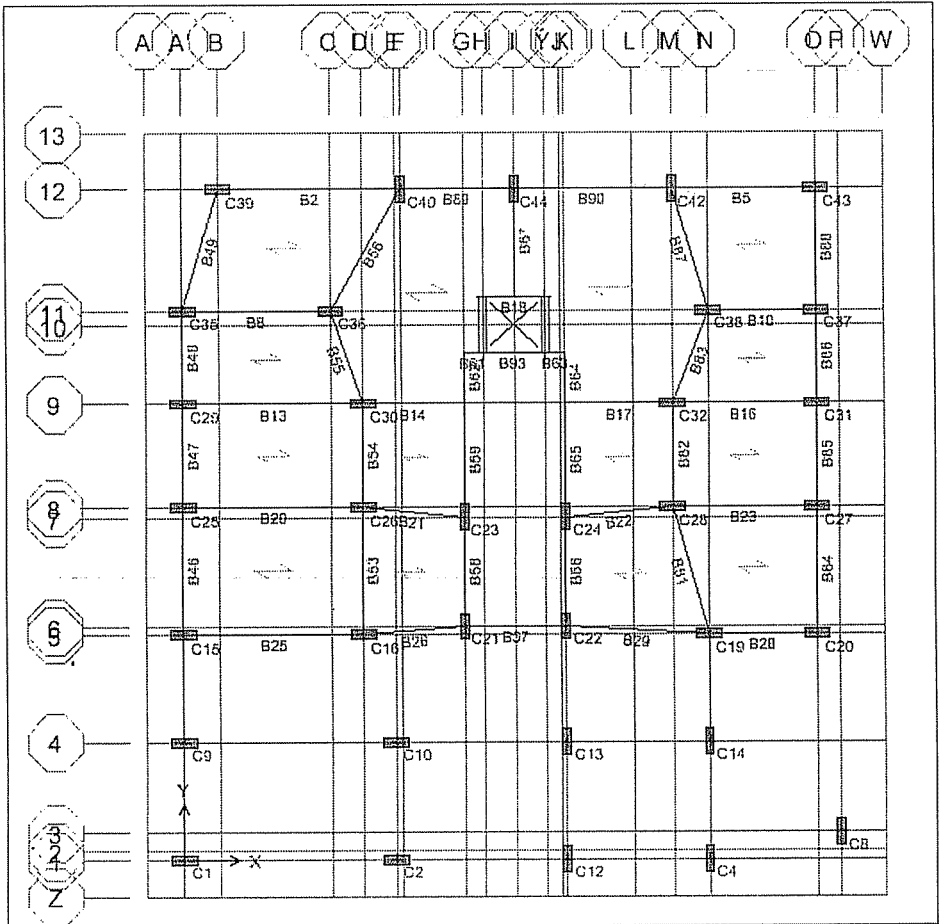
G : 595 kg/m^2 (Toplam zati ağırlık)

Q : 200 kg/m^2 (Hareketli yük TS498'den alınmıştır.)

Deprem bölgesi : 2. derece deprem bölgesi

Bina önem katsayısı : 1

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) : 6



Şekil 1. Mevcut yapıya ait kalıp planı

3.2. Deprem Analizi

Verilen yapı genel bilgilerinden faydalanılarak, beş katlı betonarme bina için; Etabs 8.5 versiyonu kullanılarak yapıya ait istenen kriterler elde edilmiş ve bu kriterler doğrultusunda kiriş-kolon kapasite oranları 1 den büyük olan elemanlar tespit edilmiştir. Bu elemanların %70'inde K.K.K.O.>1 olması nedeni ile yapı güvenirliliğinin belirlenmesi ihtiyacı doğmuş ve güvenirliliğinin belirlenmesinde Probabilistik yaklaşım yöntemi kullanılmıştır. Çizelge 3'de K.K.K.O.'ları 1'den büyük olan elemanlar ve bu elemanların hangi katta olduğu görülmektedir.

3.3. Probabilistik Yaklaşımının Mevcut Yapıya Uygulanması

a) Normalize Edilmiş Yatay Rijitlik İndeksi

Denklem (1) kullanılarak, $I_{nx} = 0.12 \text{ m}^2$, $I_{ny} = 0.09 \text{ m}^2$ olduğundan dolayı $mnlstfi = 0.09 \text{ m}^2$ bulunur.

b) Normalize Edilmiş Yatay Dayanım İndeksi

k_x ve k_y değerleri Çizelge 1'den alınır ve (2) eşitliklerinde yerine yazılırsa, $A_{nx} = 2.14$ ve $A_{ny} = 2.79$ bulunur. Bu değerler yardımıyla $mnlsci = 2.14$ olarak belirlenir.

c) Normalize Edilmiş Çerçeve Süreklilik Puanı

(3) nolu denklemde yer alan büyüklükler $nf_x = 8$, $nf_y = 5$, $A_{tr} = 25 \text{ m}^2$ ve $A_{gf} = 175 \text{ m}^2$ olarak belirlenerek, $nrr = 4.01$ olarak hesaplanır. $nrr > 1$ ise $nrs = 3$ alınmalıdır şartından dolayı $nrs = 3$ alınmıştır.

d) Yumuşak Kat İndisi

Kat yüksekliklerinin eşit olmasından dolayı Zemin kat yüksekliğinin bir üst kat yüksekliğine oranı $ssi = 1$ olarak belirlenir.

e) Çıkma Oranı

Eşitlik (5) kullanılarak çıkma alanlarının toplamının zemin kat alanına oranı $or = 0.22$ bulunur.

f) Değerlendirme Yöntemi

Eşitlik (6) kullanılarak, can güvenliği değeri $HI_{LS} = 1.66$ ve hemen kullanılabilirlik performans seviyesi $HI_{IO} = 0.20$ olarak belirlenir. Yapının fay hattına olan mesafesi c türü zemin için Çizelge 2'den $CM = 2.414 \text{ km}$ bulunur. Bulunan CM değeri Eşitlik (7)'de yerine yazılırsa $CV_{LS} = 1.12$ ve $CV_{IO} = 0.00$ değerleri hesaplanır. Bulunan bu değerler aşağıdaki gibi değerlendirilirse,

$HI > CV \Rightarrow PG_{LS} = 1.00$ ve $HI_{IO} > CV_{IO} \Rightarrow PG_{IO} = 1.00$ olduğundan dolayı yapı Güvensiz/Yetersiz olarak belirlenir.

3.4. Analiz Sonuçları

Yapımızın probabilistik yaklaşım ile güvenirliliğini belirledikten sonra, bilgisayar programı yardımı ile yapımızın analizi yapıldığında zemin kat kolonların %70' lik kısmının en azından birinci kat seviyesine kadar güçlendirilmesi gerektiği görülmektedir. Probabilistik yaklaşım ile yapı güvenirliliğinin belirlenmesi sonucu

yapımızın hemen kullanılabilirlik performans seviyesini aştığını ve can güvenliği seviyesinde kaldığını yapı güvenilirlik testi sonucuna bakıldığı zaman görülmektedir.

Çizelge 3. Kolonlar için K.K.K.O. değerleri

KAT NO	KOLON NO	KAPASİTE ORANI	KAT NO	KOLON NO	KAPASİTE ORANI
1.KAT	C2	1.112	1.KAT	C26	1.580
1.KAT	C4	1.078	2.KAT	C26	1.130
1.KAT	C9	1.029	Z.KAT	C27	1.607
1.KAT	C10	1.261	1.KAT	C27	1.320
2.KAT	C10	1.115	Z.KAT	C28	1.816
1.KAT	C12	1.132	1.KAT	C28	1.610
2.KAT	C12	1.074	2.KAT	C28	1.143
1.KAT	C13	1.286	Z.KAT	C29	1.330
2.KAT	C13	1.322	1.KAT	C29	1.212
3.KAT	C13	1.085	Z.KAT	C30	1.540
1.KAT	C14	1.011	1.KAT	C30	1.416
Z.KAT	C15	1.430	2.KAT	C30	1.161
1.KAT	C15	1.168	Z.KAT	C31	1.536
Z.KAT	C16	1.919	1.KAT	C31	1.290
1.KAT	C16	1.593	Z.KAT	C32	1.737
2.KAT	C16	1.127	1.KAT	C32	1.527
Z.KAT	C19	2.143	2.KAT	C32	1.118
1.KAT	C19	1.795	Z.KAT	C35	1.508
2.KAT	C19	1.226	1.KAT	C35	1.287
Z.KAT	C20	2.034	2.KAT	C35	1.008
1.KAT	C20	1.585	Z.KAT	C36	1.315
2.KAT	C20	1.126	1.KAT	C36	1.220
Z.KAT	C21	2.187	Z.KAT	C37	1.801
1.KAT	C21	2.664	1.KAT	C37	1.471
2.KAT	C21	1.584	2.KAT	C37	1.102
Z.AT	C22	1.856	Z.KAT	C38	1.711
1.KAT	C22	2.529	1.KAT	C38	1.423
2.KAT	C22	1.768	2.KAT	C38	1.087
Z.KAT	C23	1.833	Z.KAT	C39	1.192
1.KAT	C23	2.174	Z.KAT	C40	1.282
2.KAT	C23	1.508	1.KAT	C40	1.404
Z.KAT	C24	1.789	2.KAT	C40	1.017
1.KAT	C24	2.116	Z.KAT	C42	1.388
2.KAT	C24	1.475	Z.KAT	C43	1.217
Z.KAT	C25	1.404	Z.KAT	C44	1.160
1.KAT	C25	1.229	1.KAT	C44	1.410
Z.KAT	C26	1.835			

Bu durumda $K.K.K.O.>1$ olan elemanların güçlendirilmesi gerekmektedir. Güçlendirme malzemesi olarak kolonda beton ve çelik, kirişte ise beton, çelik ve fiber karbon malzeme kullanılmıştır.

3.5. Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yapılan analizler sonucunda, güçlendirilmesi gereken taşıyıcı elemanlar ile ilgili hesaplamalar sonrasında elemanların güçlendirilmesi için gerekli malzeme miktarları hesaplanarak aşağıda verilmiştir. Güçlendirme uygulamaları Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de görülmektedir. Mantolama işleminde kolon ve kirişler için manto kalınlığı 15 cm olarak alınmıştır.

Beton malzeme kullanılarak yapılacak olan mantolama işlemi için gerekli olan malzeme miktarları:

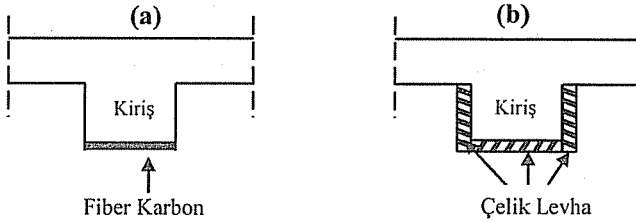
- 1-Kolonların mantolanmasında kullanılan beton miktarı : 25.21 m³
- 2-Kolonların mantolanmasında kalıp miktarı : 275 m²
- 3-Kolonların mantolanmasında kullanılan ince donatı : 1.5 ton
- 4-Kolonların mantolanmasında kullanılan kalın donatı : 6.5 ton

Çelik malzeme kullanılarak yapılacak olan mantolama işlemi için gerekli olan malzeme miktarları:

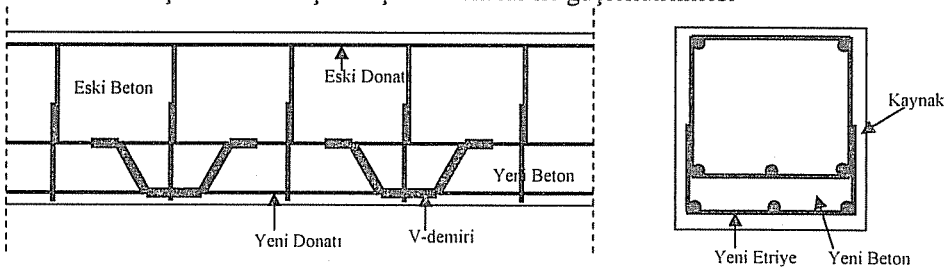
- 1-Profil demirlerin kullanılması (Birleşim yeri levhaları dahil) : 16.4 ton
- 2-Profil ile kolon arası bağlayıcı malzeme kullanımı (sikadur 30) : 135 kg

Yukarıda verilen malzemeler kolonların güçlendirilmesinde kullanılan malzemeler olup, 2006 yılı birim fiyatları baz alınarak maliyetleri Şekil 6'da verilmektedir.

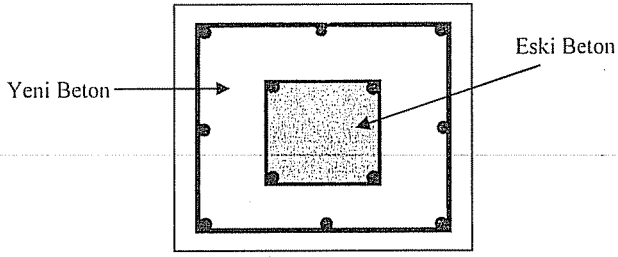
Kirişlerde de beton, çelik ve bunlara ek olarak fiber karbon malzemeler kullanılması durumunda, 2006 yılı birim fiyatları baz alınarak bu malzemelerin maliyetleri hakkında bilgiler Şekil 6'da verilmektedir.



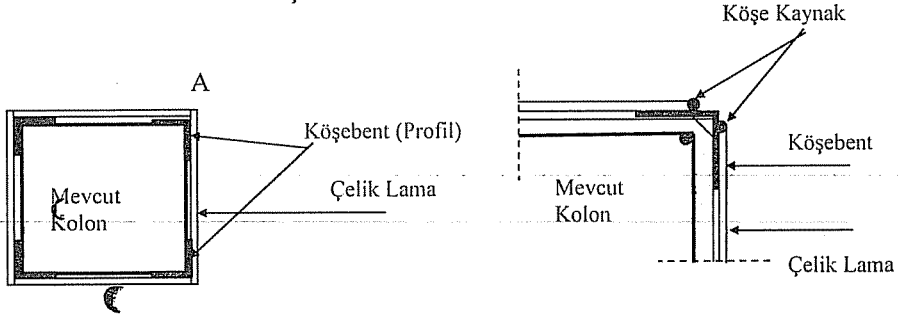
Şekil 2a. Kirişlerin fiber karbon ile güçlendirilmesi
Şekil 2b. Kirişlerin çelik levhalar ile güçlendirilmesi



Şekil 3. Kirişlerin mantolanması

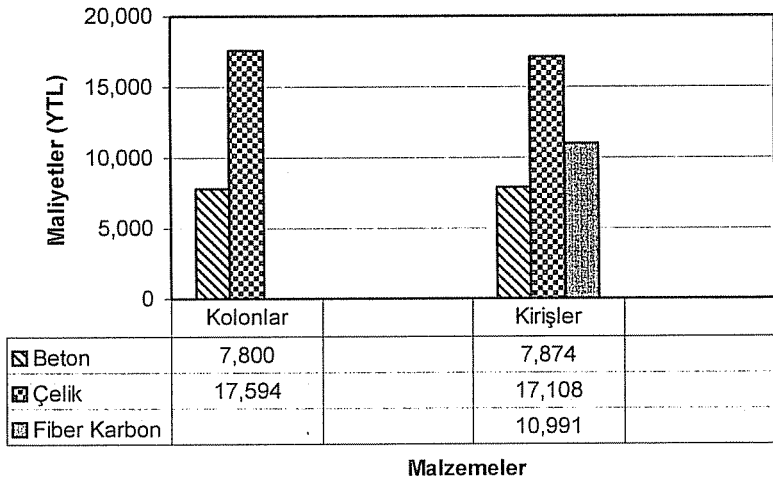


Şekil 4. Kolonların mantolanması



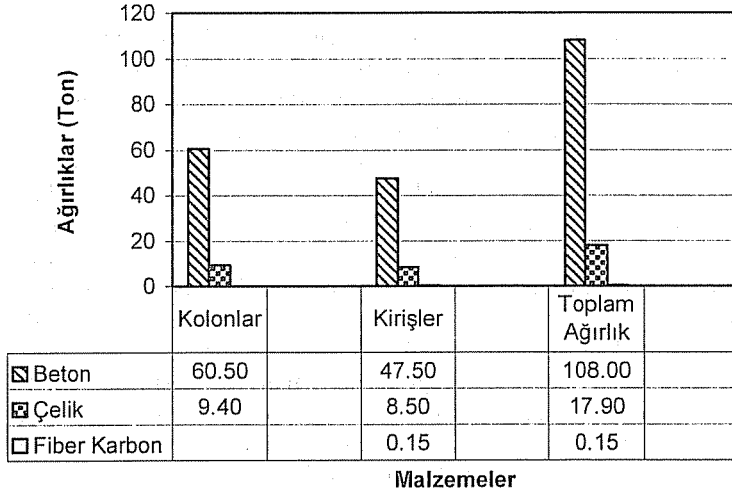
Şekil 5. Kolonların çelik levhalar ile güçlendirilmesi

Şekil 6'da verilen güçlendirmede kullanılan malzemelerin maliyetleri arasındaki karşılaştırmalara bakıldığında kolonlarda ve kirişlerde beton malzeme kullanımının maliyet olarak daha ekonomik olduğu görülmektedir. Kolonların mantolanmasında çelik kullanımının betondan %126 daha pahalı olduğu, kirişlerde ise çelik kullanımının betondan %117 daha pahalı olduğunu bunlara ek olarak fiber karbon malzemenin betona göre %40 daha fazla maliyete sahip olduğu görülmektedir.



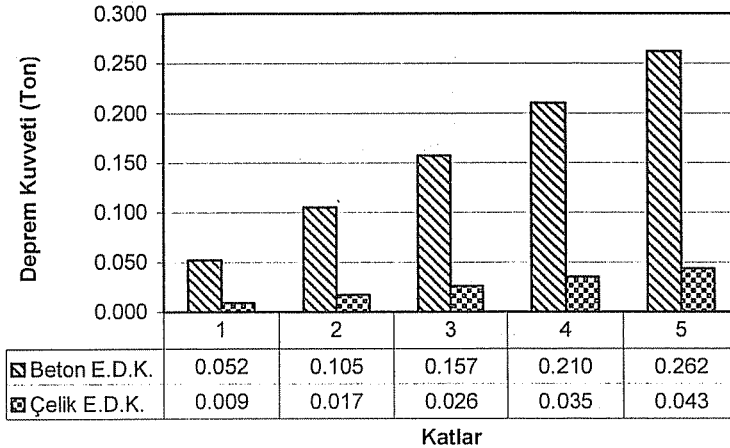
Şekil 6. Güçlendirme malzemelerinin maliyet bakımından karşılaştırmaları

Bu güçlendirme malzemelerinin kullanılması sonucunda; yapımıza her farklı malzeme için ek bir ağırlık etkiyecektir bu ağırlıkların karşılaştırmaları Şekil 7'de sunulmaktadır. Etkiyen bu ağırlığa bağlı olarak oluşan ek deprem kuvveti karşılaştırmaları Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 7. Güçlendirme malzemelerinin ağırlık bakımından karşılaştırmaları

Şekil 7'de görüldüğü gibi yapımıza güçlendirmeden dolayı en fazla ağırlığı beton sonra çelik ve en az olarak fiber karbon malzeme etki ettirmektedir. Bu malzemelerden beton çelikten 101.10 ton daha fazla, çelik ise fiber karbon malzemeden 17.75 ton daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda yapımıza ek ağırlığı en az getiren malzeme olan çeliği kolonların güçlendirilmesinde, fiber karbon malzeme ise kirişlerin güçlendirilmesinde kullanılmalıdır.



Şekil 8. Güçlendirme malzemelerinin ek deprem kuvveti bakımından karşılaştırmaları

Şekil 8’de görüldüğü gibi binamıza betonun getirdiği ek ağırlıktan dolayı meydana gelen ek deprem kuvveti çelik ve fiber karbon malzemeye göre çok daha büyük olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, betonarme yapıların onarım ve güçlendirmesinde kullanılan malzemeler ve uygulama biçimleri incelenmiştir. Örnek uygulama olarak beş katlı bir yapının deprem güvenilirliği belirlenmiş ve güçlendirme teknikleri uygulanarak, yapıya etkileri ve maliyetleri bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan maliyet analizi sonucunda yapımızda yapılan güçlendirmede beton maliyetinin ekonomik olduğu, çelik maliyetinin ise beton maliyetinin yaklaşık iki katı maliyete sahip olduğu görülmektedir. Buna karşılık yapımıza ek ağırlık olarak beton ile güçlendirmede çelik ile güçlendirmenin yedi katı fazla bir ağırlık etkidiği görülmektedir. Yapımıza ek ağırlık bindirmek deprem kuvvetini büyütmesine rağmen yapı elemanlarına ek bir rijitlik kazandırmaktadır. Ancak güçlendirmede mümkün olduğu kadar yapıya ek ağırlık ilave etmekten kaçınılmalıdır.

Örnek uygulamadan da görüleceği üzere maliyet açısından ekonomik olan güçlendirme malzemesi ağırlık yönünden uygun olmayabilir. Bu durumda ekonomik ve yapımıza etkileyecek olan ek ağırlık ile deprem kuvveti açısından uygun güçlendirme tekniği kullanılmalıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte inşaat sektöründe her yıl yeni güçlendirme ürünleri çıkmaktadır. Bu ürünlerin sağlamlığı ve ağırlığının az olması nedeniyle güçlendirilmesi veya onarılması gereken yapılarda bu ürünlerin kullanımı cazip hale gelmektedir. Bu durumda maliyeti az yapı rijitliğine etkisi çok olan güçlendirme durumları seçilmelidir.

Onarım ve güçlendirme sadece hasarlı yapılara değil hasarsız yapılara da uygulanabildiği için yapılarımızın deprem güvenilirlikleri tespit edilmeli ve gerekirse sağlam yapılara da güçlendirme çalışması yapılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Bayülke,N., “*Betonarme Perde Duvar (Analitik Deneysel ve Deprem Davranışı)*”, TMMOB İmo Ankara Şubesi Semineri, Ankara, 2004.
2. Özcebe,G., “*Deprem Güvenirliğinin Saptanması İçin Yöntemler Geliştirilmesi*”, TÜBİTAK İÇTAG YMAÜ İ574 a, Ankara, 2004.
3. Köse,S. “*Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Tekniklerinin İrdelenmesi*”, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
4. Bayülke,N., “*Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi*”, İzmir, 1999.
5. Özer,E., Pala,S, Orakdoğan,E., Girgin,K., “*Deprem Bölgelerindeki Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi ve Rehabilitasyonu*”, Türkiye Deprem Vakfı Teknik Rapor TDV / TR 028-45, 1999.
6. Sucuoğlu,H., Günay,S.M., “*Orta Yükseklikteki Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Deprem Dayanımı Değerlendirme Yöntemleri*”, V.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2003.

**KONTROL YAPILARI ARKASINDAKİ AÇIK KANAL
AKIMLARININ SAYISAL VE DENEYSEL ANALİZİ**

M. Sami AKÖZ, Talat ŞEKER ve Mustafa DEMİRCİ
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Suyun hareketini idare eden denklemlerin analitik çözümlerini elde etmek, bu denklemlerin viskozite ve türbülans ifadeleri içermesinden dolayı bazı basit ve sınırları geometrik olan akım problemleri dışında oldukça zordur. Bu tür problemlerin çözümünde çeşitli sayısal yöntemler kullanılarak yaklaşık çözümler elde edilmektedir. Bu çalışmada laboratuvar kanalında gerçekleştirilen iki boyutlu savak arkası akımında PIV cihazı kullanılarak hız ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen deneysel bulgular, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak Reynolds hareket denkleminin sayısal çözümünden elde edilen teorik hızlarla karşılaştırılmıştır. Savak üzerinde oluşan su yüzü profili, akışkan hacim yöntemi (VOF) ile teorik olarak elde edilen su yüzü profili ile karşılaştırılmıştır.*

**NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSES OF OPEN CHANNEL
FLOWS BEHIND CONTROL STRUCTURES**

ABSTRACT : *Because the governing equations of the fluid motion contain the terms of viscosity and turbulence, it is generally difficult to obtain the analytical solutions of these equations except the flow problems that have simple geometric boundaries. Different numerical methods are used to obtain approximate solutions of such problems. In this study, velocity measurements for a flow of triangular broad-crested weir are taken using PIV in a laboratory channel. Using the finite element method, the numerical solutions for the Reynolds transport equations are obtain to compare with experimental velocities. The free surface profiles on the weir modeled in a laboratory channel are theoretically obtained with the volume of fluid (VOF) analysis and compared with the experimental free surfaces.*

1. GİRİŞ

Kontrol yapıları su seviyesini kontrol etmek, suyu yönlendirmek ve su miktarını ölçmek amacıyla inşa edilen hidrolik yapılardır. Genel olarak akarsu ya da kanallardaki suyun kontrol edilmesi suyun debisi, suyun seviyesi ve bunların zamana bağlı değişimlerinin kontrol edilmesiyle mümkün olmaktadır. Kısıtlı su kaynaklarının iyi kullanılması, ihtiyaçların karşılanması ve kaynakların israf edilmemesi için savak ya da priz gibi kontrol yapılarının doğru tasarımı, inşası ve işletimi inşaat mühendisliği açısından oldukça önemlidir.

Suyun hareketini idare eden denklemlerin analitik çözümlerini elde etmek, bu denklemlerin viskozite ve türbülans ifadeleri içermesinden dolayı bazı basit ve sınırları geometrik olan akım problemleri dışında oldukça zordur. Bu tür problemlerin çözümünde çeşitli sayısal metotlar kullanılarak yaklaşık çözümler elde edilmektedir.

Aköz, potansiyel akımların teorik ve deneysel analizi ile ilgili çalışma yapmıştır (1). Bu amaçla laboratuvarında modellediği kapak arkası akım bölgesinde muline ile yapılan hız ölçümlerinden elde ettiği deneysel bulguları sonlu farklar ve sonlu elemanlar sayısal yöntemlerinden elde edilen bulgular ile karşılaştırmıştır. Wen ve ark., geometrisi karmaşık olan iki-boyutlu düzenli ve sıkışmayan-serbest-yüzeyle akımlar ile ilgili yaptığı deneysel çalışmadan elde ettiği bulguları, sınır integral yönteminden elde ettikleri teorik bulgular ile karşılaştırarak serbest akım yüzeyinin profilini yaklaşık olarak belirlemeye çalışmışlardır (2). Montes, düzlemsel kapak arkasındaki akım parametrelerini teorik olarak belirlemek için sayısal bir yöntem geliştirmiştir (3). Deneysel ölçümlerden elde ettiği basınç ve hız dağılımları ile sayısal bulguları karşılaştırmış, daralma katsayıları arasındaki farklılıkları irdelemiştir. Roth ve Hager, yapmış oldukları deneysel çalışmada kapak altı akımlarda viskozite ve yüzeysel gerilmelerin etkisini araştırmışlardır (4). Sürtünmeli ve sürtünmesiz durumlar için kanal ve kapaktaki basınç ve hız dağılımları karşılaştırılmıştır. Katı sınıra yakın bölgeler dışında hız dağılımları arasındaki uyumun oldukça iyi olduğunu gözlemlemişlerdir. Ghodsian, yan savak akımlarının hidrolik karakteristiklerini belirlemek amacıyla yaptığı deneysel çalışmada, debi katsayısının Froude sayısı ve memba derinliğinin kapak açıklığına oranı ile olan ilişkisini incelemiştir (5). Chatila ve Tabbara, Ogee profilli savakların hidroliğini belirlemek amacıyla laboratuvarında deneyler yapmışlar, farklı su derinliklerinde oluşan su yüzü profillerini ölçmüşlerdir (6). Sonlu elemanlar yöntemine dayalı geliştirilen ADINA programı yardımıyla elde ettikleri teorik su yüzü profillerini deneysel ölçümlerle karşılaştırmışlar, teorik ve deneysel su yüzü profillerinin birbirine çok yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Ashgriz ve ark., akışkan hacimler yöntemi (VOF) kullanılarak kanal içine yerleştirilmiş yarım silindir üzerinde oluşan teorik su yüzü profilini belirlemişler, farklı kesitler için basınç ve hız dağılımlarını grafiksel olarak sunmuşlardır (7). Salem, daralan bir geometriye sahip akım alanındaki hız bileşenlerini, akım fonksiyonun sayısal çözümünden elde etmiş, farklı Reynolds sayıları için oluşan çevrinti ve hız dağılımlarını grafiksel olarak sunmuştur (8).

Bu çalışmada, parçacık görüntülemeli hız ölçme cihazı (PIV) kullanılarak laboratuvar kanalında modellenen savak arkası akımı için hız ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen deneysel bulgularla karşılaştırmak amacıyla sonlu elemanlar yöntemine dayalı geliştirilen ANSYS paket programı yardımı ile akım alanındaki yatay ve düşey hız bileşenleri teorik olarak elde edilmiştir. Ayrıca kanalda modellenen geniş başlıklı

savak üzerinde oluşan su yüzü profili VOF analizi ile teorik olarak belirlenmiş ve deneysel su yüzü profili ile karşılaştırılmıştır.

2. AKIŞKAN HACİM YÖNTEMİ (VOF)

Akışkan hacim (VOF) yöntemi, serbest su yüzü profilinin şeklini ve konumunu belirleyen bir yöntemdir. Bunun için önce türbülanslı akım alanındaki hız bileşenleri, aşağıda vektörel notasyonda gösterilmiş olan Reynolds transport ve süreklilik denklemlerinin sayısal çözümlerinden elde edilir. Bu çalışmada sayısal çözüm yöntemi olarak sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sıkışmayan türbülanslı akımlar için Reynolds transport denklemi:

$$\rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \rho K_i - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho u'_i u'_j) \quad (2.1)$$

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = 0 \quad (2.2)$$

burada u_i yatay ve düşey hız bileşenlerini, K kütleli kuvveti, p basınç, μ dinamik viskozite, ρ yoğunluk ve $-\rho u'_i u'_j$ türbülans gerilmesini gösterir. Türbülans gerilmesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$-\rho u'_i u'_j = \eta \frac{\partial u}{\partial y} \quad (2.3)$$

Burada η türbülans viskozitesidir ve türbülans viskozitesinin belirlenmesinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada, standart k- ϵ modeli kullanılarak türbülans viskozitesi belirlenmiştir. k- ϵ modelinde η türbülans viskozitesi, aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (9):

$$\eta = \rho C_\eta \frac{k^2}{\epsilon} \quad (2.4)$$

Burada k türbülans kinetik enerjisi, ϵ enerji harcanma oranı ve C_{η} ise türbülans sabiti olup 0.09 alınabilir.

Akım alanındaki hız bileşenlerinin belirlenmesinden sonra serbest yüzeyin gelişimi, yatay ve düşey doğrultudaki Lagrangian deplasmanlarını veren aşağıdaki ifadeler yardımıyla hesaplanır.

Yatay deplasman:

$$\xi = \int_t^{t+\delta t} V_x dt \quad (2.5)$$

Düşey deplasman:

$$\eta = \int_t^{t+\delta t} V_y dt \quad (2.6)$$

Burada ξ ve η sırasıyla x ve y yönündeki deplasmanlar, V_x yatay hız bileşeni, V_y düşey hız bileşeni, t zaman ve δt zaman adıdır.

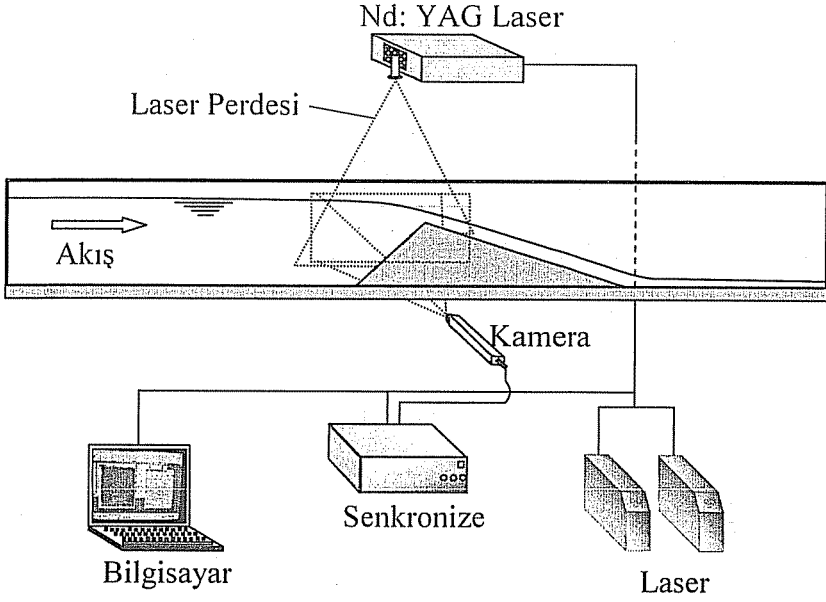
Su yüzü profilinin belirlenmesinde bir başka yol da kısmi hacim fonksiyonu için aşağıda verilen ifadenin çözümü ile mümkün olabilmektedir. Bunun için elemanlara ayrılmış akım bölgesinde F için başlangıç şartı girilir ve (2.7) ifadesinin sayısal çözümünden her bir eleman için belli bir zaman artımı sonrasındaki F değerleri bulunur. $F=1$ ise elemanın sıvı ile dolu olduğunu, $F=0$ ise boş olduğunu gösterir. F 'nin 0–1 arasındaki bir değer alması durumunda ise kısmi doluluk söz konusudur (10). Bu şekilde belli bir iterasyon sonucunda kararlı hale ulaşılır ve o akım şartları için su yüzü profili belirlenmiş olur.

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \bar{u} \cdot \bar{\nabla} F = 0 \quad (2.7)$$

Burada F kısmi hacim fonksiyonudur.

3. DENEY DÜZENİ VE YÖNTEMİ

Deneyler, İnşaat Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında genişliği ve yüksekliği 200 mm olan cam duvarlı açık bir kanalda yapılmıştır. Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi iki boyutlu savak arkası akım alanındaki yatay ve düşey hız bileşenleri parçacık görüntülemeli hız ölçüm cihazı "PIV" ile ölçülerek ANSYS-VOF çözümünden elde edilen teorik hızlarla karşılaştırılmıştır. Debinin bulunması için ölçme tankı kullanılmıştır. 350x350 mm enkesit alanına sahip olan debi ölçme tankının 100 mm lik yüksekliği baz alınmış ve 10 değerlerin ortalaması olarak debi değeri saptanmıştır. Üçgen savak akımı için bu çalışmada $Q=540 \text{ mm}^3/\text{s}$ debi kullanılmıştır.



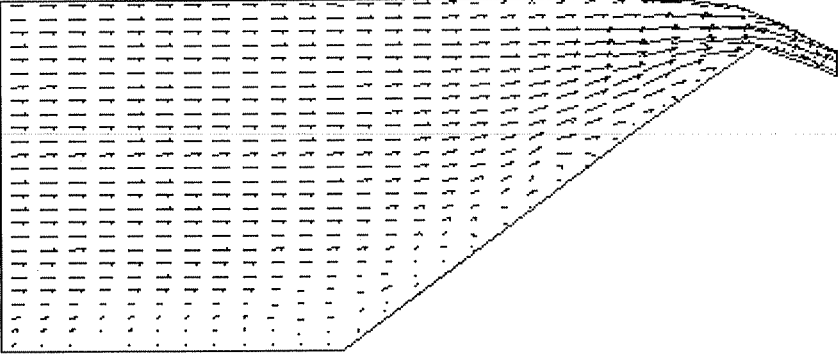
Şekil 3.1. Üçgen Savak ve PIV ile Hız Ölçümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

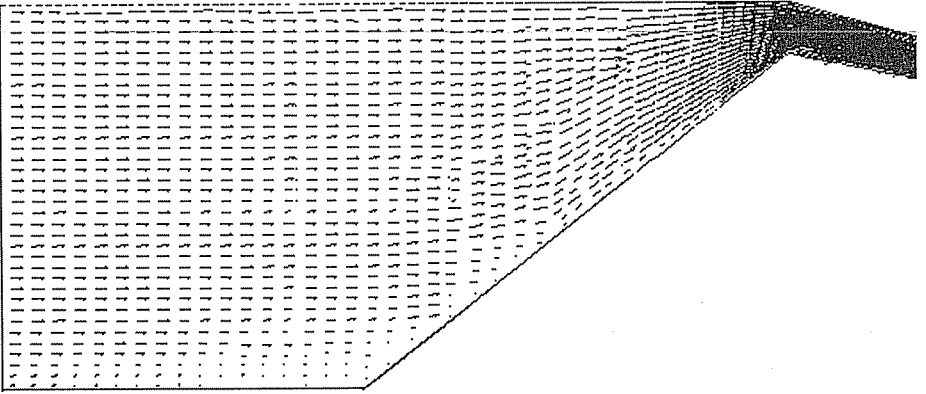
Bu çalışmada, İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında modellenen üçgen bir savak arkasındaki akımın hızları PIV cihazı ile ölçülmüş ve sonlu elemanlar yöntemine dayalı olarak geliştirilen ANSYS paket programından elde edilen teorik hızlarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca VOF analizi ile belirlenen teorik su yüzü profili, laboratuvarında modellenen üçgen geometriye sahip geniş başlıklı savak üzerinde oluşan su yüzü profili ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.1 ve 4.2 de deneysel ve teorik olarak elde edilen hız vektörleri görülmektedir. Bu şekillerden de görüldüğü gibi, kesitin küçüldüğü dolayısıyla hızın arttığı savak üstünde rölatif olarak daha büyük hız vektörleri söz konusu olmaktadır. Akım hızının oldukça yavaşladığı kanal tabanı ile savak başlangıcı arasında kalan bölgede ise daha küçük hız vektörleri görülmektedir.

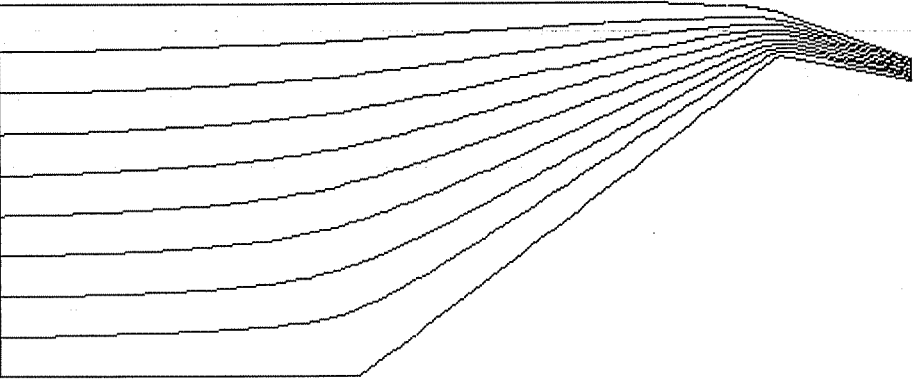
Şekil 4.3 ve 4.4'te teorik ve deneysel çalışmalardan elde edilen akım çizgileri sunulmuştur. Şekiller incelendiğinde, akım çizgilerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Akım çizgilerinin birbirine paralel olduğu bölgede akım hızı üniform bir hız dağılımına sahip iken savağa yaklaşımları ile birlikte iki boyutlu akım söz konusu olmaktadır. Savak üstünde ise yani akım çizgilerinin sık olduğu ve birbirlerine çok yaklaştığı bölgede ise akım hızı maksimum değerlere ulaşmaktadır.



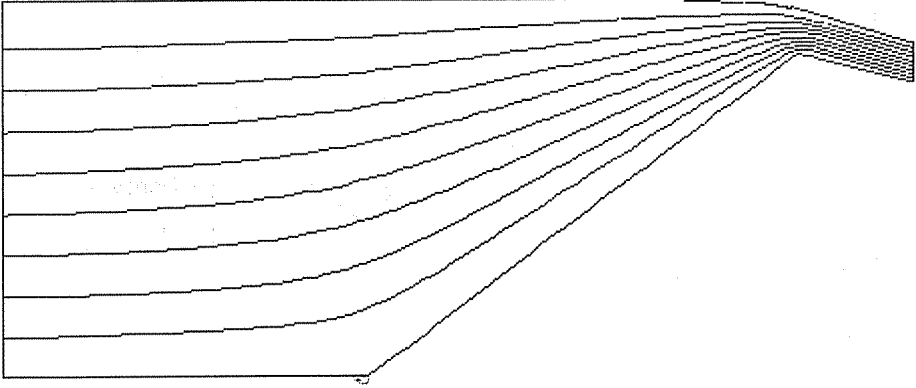
Şekil 4.1. Deneysel Hız Vektörleri



Şekil 4.2. Teorik hız vektörleri

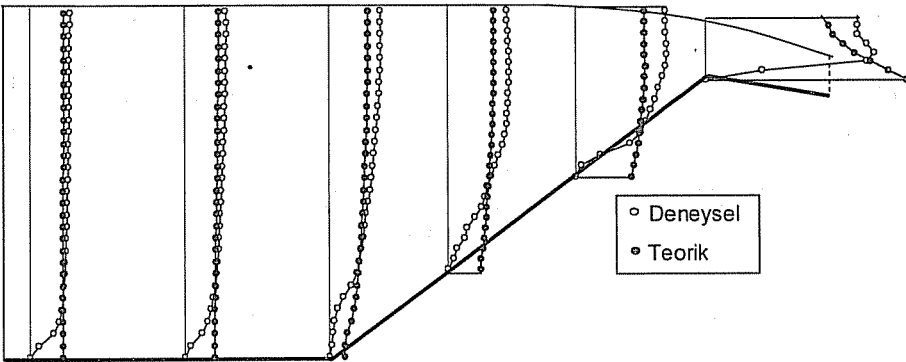


Şekil 4.3. Deneysel Akım Çizgileri

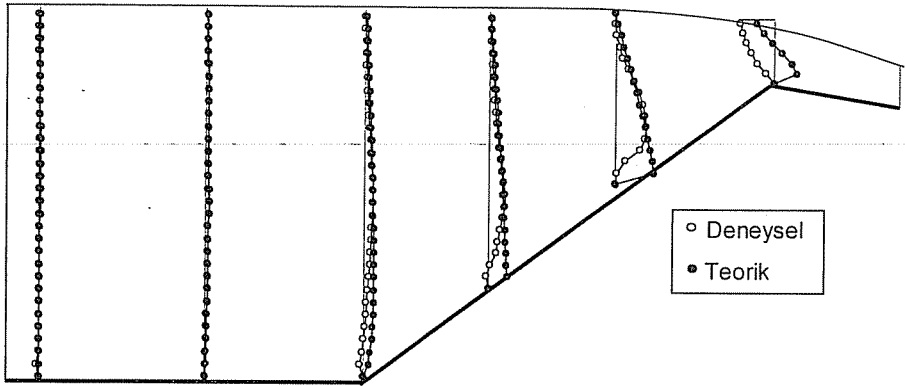


Şekil 4.4. Teorik akım çizgileri

Şekil 4.5 ve 4.6'da sırasıyla deneysel ve teorik bulgulardan elde edilen yatay ve düşey hız bileşenlerinin farklı kesitlerdeki düşey dağılımları sunulmuştur. Bu şekillerden de görüleceği gibi deneysel ve teorik hızlar birbirleri ile oldukça uyumludurlar. Viskoz gerilmelerin dikkate alındığı akışkan hacim yönteminden elde edilen teorik hızların, üniform akım özelliklerinin söz konusu olduğu savak membasında deneysel hızlara çok yakın olduğu görülmektedir. Katı sınır sürtünmelerinin etkili olduğu savak üzerinde ise sayısal çözümlerden elde edilen hızlar, deneysel ölçümlerden elde edilen hızların altında kalmıştır.

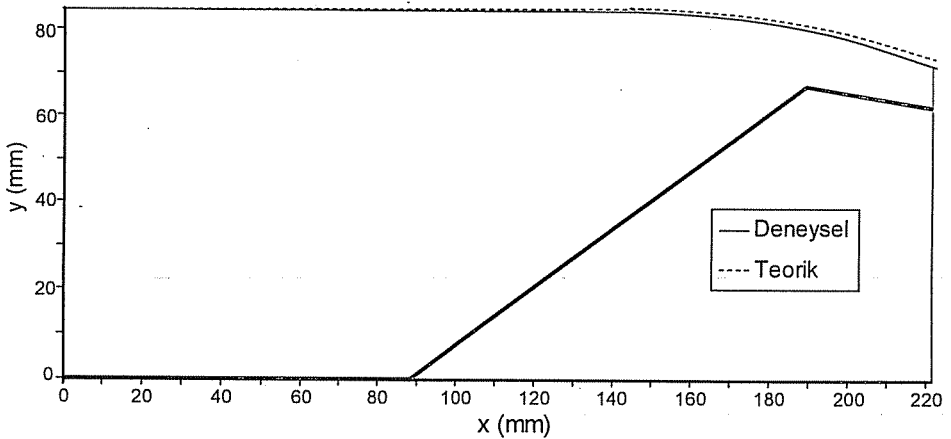


Şekil 4.5. Yatay hız dağılımları



Şekil 4.6. Düşey hız dağılımları

Şekil 4.7'de üçgen savak için deneysel ve VOF analizinden elde edilen su yüzü profilleri sunulmuştur. Savak membasında deneysel ve teorik su yüzü profilleri üst üste çakışırken savak tepe noktasına yakın bölgede ise profiller arasında az da olsa farklılık söz konusu olmaktadır. Deneysel ve teorik profiller arasındaki fark %18 kadardır.



Şekil 4.7. Teorik ve Deneysel Su Yüzü Profilleri

Yukarıda gösterilen sayısal ve deneysel sonuçlardan, savak gibi bir kontrol yapısı arkasındaki iki boyutlu akım için, akım parametrelerinin belirlenmesinde akışkan hacim yönteminin (VOF) oldukça başarılı olduğu; teorik olarak elde edilen su yüzü profillerinin deneysel ölçümlerden elde edilen su yüzü profillerine oldukça yaklaştığı görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, İnşaat Mühendisliği laboratuvarında modellenen üçgen bir savak arkasındaki akımın hızları PIV cihazı ile ölçülmüş ve sonlu elemanlar yöntemine dayalı olarak geliştirilen ANSYS paket programından elde edilen teorik hızlarla karşılaştırılmıştır.

Olayı idare eden denklem olarak Reynolds hareket denklemlerinin kullanıldığı teorik yaklaşımdan elde edilen hızların, deneysel ölçümlerden elde edilen hızlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Su yüzü profilinin belirlenmesinde kullanılan VOF yönteminden elde edilen teorik profilin, laboratuvarında modellenen geniş başlıklı savak akımı ile ilgili yapılan deneyden elde edilen su yüzü profiline son derece yakın olduğu da görülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, ANSYS paket programının, savak gibi kontrol yapılarının arkasında oluşan iki boyutlu akımlar için akım parametrelerinin belirlenmesinde ve oluşan su yüzü profillerinin tespitinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Aköz, M.S., "Potansiyel Akımların Teorik ve Deneysel Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi", 1996.

2. Wen, X., Ingham, D.B., Widodo, B., "The Free Surface Fluid Flow Over a Step of an Arbitrary Shape in a Channel", *Engineering Analyses With Boundary Elements 19*: 299-308, 1997.

3. Montes, J.S., "Irrotational Flow And Real Fluid Effects Under Planar Sluice Gates. *Journal Of Hydraulic Engineering*", 219, 1997.

4. Roth, A., Hager, W.H., "Underflow of Sluice Gate", *Experiments in Fluids*", Springer-Verlag, 27, 339-350, 1999.

5. Ghodsian, M., Asce, M., "Flow Through Side Sluice Gate", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2003.

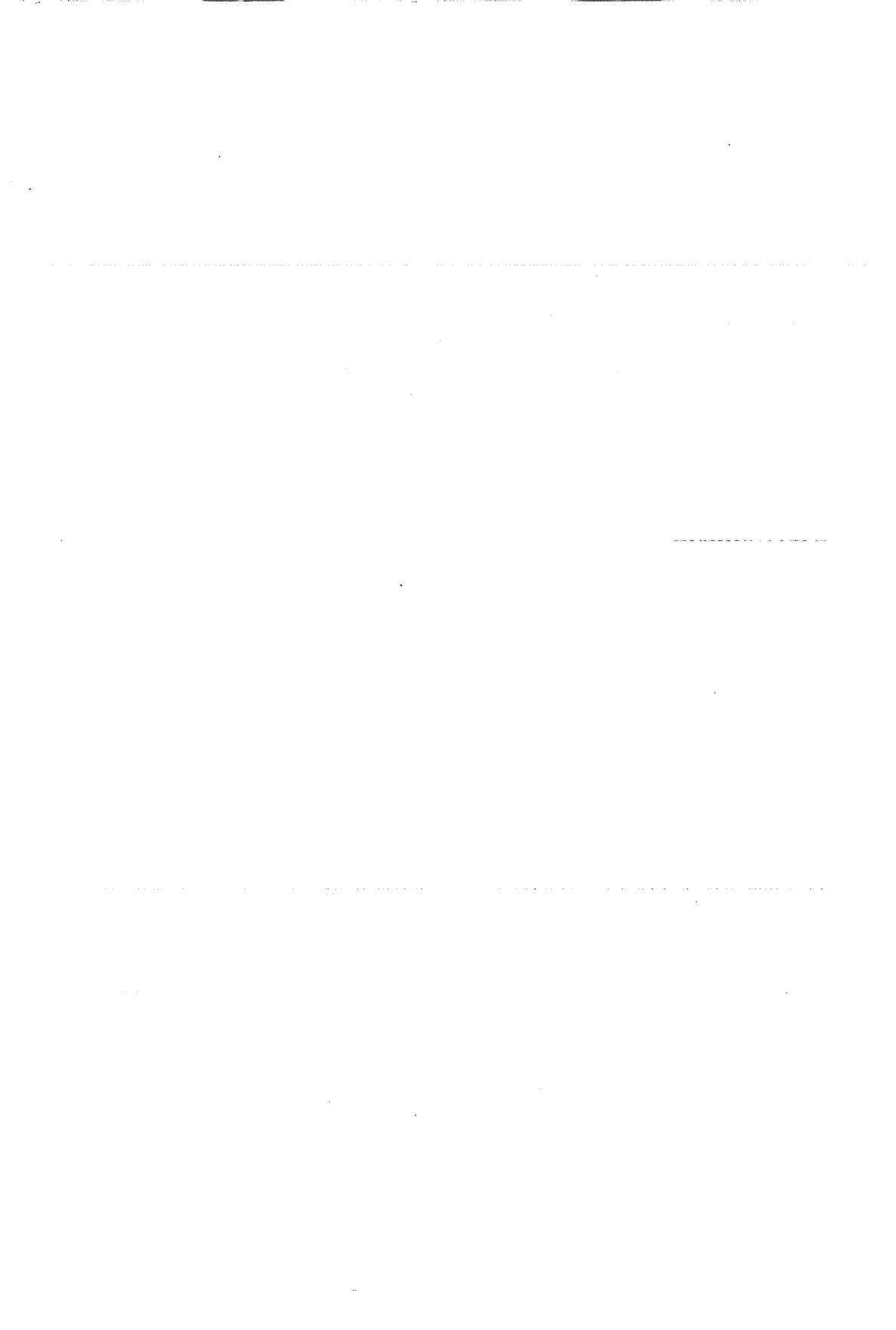
6. Chatila, J., Tabbara, M., "Computational Modeling of Flow Over an Ogee Spilway" *Computers and Structures*, 82, 1805-1812, 2004.

7. Ashgriz, N., Barbat, T., Wang, G., "A Computational Lagrangian-Eulerian Advection Remap For Free Surface Flows", *International Journal For Numerical Methods In Fluids*, 44:1-32, 2004.

8. Salem, S.A., "Numerical Simulations For The Contraction Flow Using Grid Generation", *Math. and Computing*, 16, 2004.

9. Launder, B.E. and Spalding, D.B., "The numerical computation of turbulent flows", *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3: 269-289, 1974.

10. Hirt, C.W. and Nichols, B.D., "Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries", *Journal of Computational Physics*, 39:201-225, 1981.



**5083-O, 5186-H111 VE 5083-H111 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ
SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAK YÖNTEMİYLE BİRLEŞTİRİLMESİ**

Murat DİLEK, Durmuş Ali BİRCAN ve Abdulkadir EKŞİ
Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, 5083-O, 5186-H111 ve 5083-H111 alüminyum alaşımı levhalar Sürtünme Karıştırma Kaynak (SKK) yöntemiyle aynı ve farklı alaşım çifti oluşturacak şekilde kaynak edilmiştir. Kaynaklı birleştirmelerde metalografik ve mekanik testler yapılarak kaynak ilerleme hızının birleşme bölgesinin metalürjik ve mekanik özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler değerlendirilmiştir. SKK ile birleştirilmiş levhalardan incelenmek üzere numuneler alınarak çekme, sertlik ve yorulma testlerine tabi tutulmuş ve ölçümler alınmıştır. Kaynak bağlantılarının (kaynak bölgesi ve ana malzemeler) mikro yapısal özellikleri Optik Mikroskop (OM) ve Taramalı Elektron Mikroskop (TEM) görüntü analizleriyle incelenmiştir.*
Anahtar Kelimeler: *Sürtünme Karıştırma Kaynağı, SKK, Al alaşımının kaynağı, 5083-O, 5186-H111, 5083-H111.*

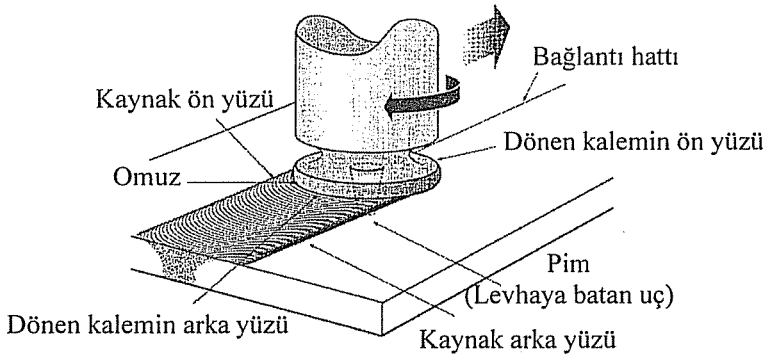
**JOINING OF 5083-O, 5186-H111 AND 5083-H111 ALUMINUM ALLOYS
BY FRICTION STIR WELDING**

ABSTRACT : *In this study, 5083-O, 5186-H111 and 5083-H111 aluminum alloy plates were welded as similar and dissimilar joints using Friction Stir Welding (FSW) process. In order to investigate the effect of welding speeds on properties; metallographic and mechanical tests were carried out on the welded areas of the parts. Hardness, tensile and fatigue tests of the joints experimentally assessed. As a metallurgical investigation, Optical Microscopy (OM) and Scanning Electron Microscopy (SEM) were used for both similar and dissimilar base and weld zones.*
Keywords: *Friction Stir Welding, FSW, welding of Al alloys, 5083-O, 5186-H111, 5083-H111.*

1. GİRİŞ

Sürtünme karıştırma kaynak tekniği klasik sürtünme kaynağının bir türevidir olup, genellikle metal levhaların kaynağında yeni geliştirilmiş bir katı hal birleştirme yöntemidir. Sürtünme karıştırma kaynağı, geleneksel ergitme kaynağına alternatif olarak geliştirilmiş oldukça ekonomik katı hal kaynak yöntemidir. Bu yöntemde koruyucu gaz, ilave kaynak metali ve kaynak edilecek parçalarda kaynak ağzı hazırlamaya gerek duyulmamaktadır. Sürtünme karıştırma kaynağı ile yapılan kaynaklarda elde edilen kaynak kalitesi tekrarlanabilmektedir [1]. Yöntemin en önemli uygulama alanları Alüminyum ve Alüminyum alaşımlarının kaynaklı birleştirilmesi uygulamalarıdır [2]. Bilindiği üzere alüminyum alaşımlarının oldukça hafif olmasına karşılık, mukavemet özelliklerinin oldukça yüksek olması nedeniyle günümüzde savunma sanayi, otomotiv, uçak sanayi ve makine imalat sanayinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

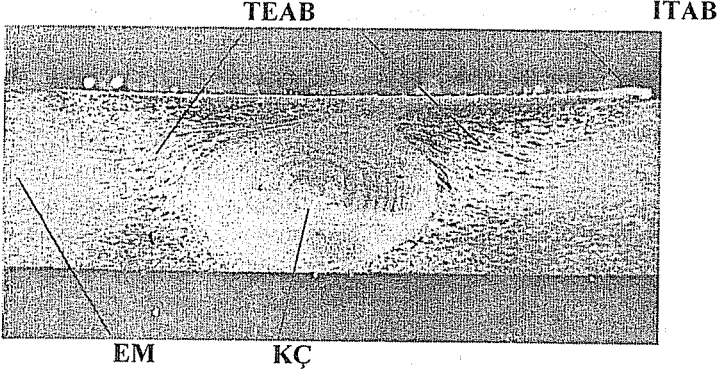
Sürtünme karıştırma kaynağı, kaynak yapılacak parça ya da parçalardan daha sert bir malzemeden üretilmiş sürtünme aparatının dönen ucu ile kaynatılacak parçaların birleşme bölgesinde ısı meydana getirilmesi esasına dayalıdır. Bu işlemin temel ilkesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sürtünme karıştırma kaynağının şematik gösterimi.

Karıştırıcı uç, kendinden daha geniş çaplı bir metal gövdeye bağlı bir pin olarak şekillendirilmiştir. Karıştırıcı uç birleşme bölgesi içine daldırıldığında geniş çaplı omuz olarak ifade edilen metal kısım, birleştirilecek yüzeylere önce temas eder. Karıştırıcı ucun dalma derinliği kaynak nüfuziyeti olarak da ifade edilebilir. Omzun malzemeye teması kaynak bölgesine ilave bir ısı sağlar. Isıl olarak yumuşayan metal karıştırıcı uca doğru ilerleyerek daralan ancak üst yüzeyde omuz ile temas eden daha geniş bir görünüm arz eder. Karıştırıcı uçtan omuza kadar olan bölgedeki kombine sürtünme ısı, gömülmüş olan karıştırıcının çevresi ile malzeme üst yüzeyi ve omuzun temas ettiği temas yüzeyinde yumuşamış bir metal oluşturur. Karıştırıcı uç çevresinde malzeme akışı, karıştırıcı uç arkasında ise malzeme ile dönen uç arasında izafi bir dönüş meydana gelmektedir. Birleşen malzeme doğal katı faz halindedir ve ergime kaynağı hataları içermez [4].

Bu kaynak yönteminde kaynak bölgesi dört farklı bölgeden oluşmaktadır. Oluşan makro yapılar Şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sürtünme karıştırma kaynağında kaynak bölgesinde oluşan makro yapı.

(EM) Esas Malzeme: Kaynak işlemlerinden etkilenmemiş bölgedir.

(ITAB) Isının Tesiri Altındaki Bölge: Artık kaynak gerilmeleri ve ısı değişimleri gibi etkilerle özelliklerin değişebileceği bir bölgedir.

(TEAB) Termodinamik Olarak Yeniden Kristalleşen Bölge: Plastik deformasyon gözlenir. Termo mekanik olarak etkilenme söz konusudur. Bu etkileşim yeniden kristalizasyona neden olmaktadır.

(KÇ) Kaynak Çekirdeği: Kaynak metalinin mikro yapısında da alaşım türü, ısıl işlem, tane boyutuna bağlı olarak farklı yapılar görülebilmektedir. Ayrıca kaynak edilecek levha kalınlıkları nüfuziyete etki eder [5].

Sürtünme karıştırma kaynak yönteminin Al alaşımlarında uygulanabilirliği üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır [6]. Bu araştırma sonuçları söz konusu yöntemin gerek yaşlandırma sertleştirilmesi yapılmış gerekse yaşlandırma sertleştirilmesi yapılamayan (1xxx ve 5xxx serileri gibi ısıl işleme duyarlı olmayan) Al alaşımlarında da başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir [7]. Hatta geleneksel kaynak yöntemleriyle kaynağı çok güç olan 7xxx alaşımları bile bu yöntem ile başarılı bir şekilde birleştirilmiş ve elde edilen birleştirmeler oldukça iyi mekanik özellikler göstermiştir [8]. Al alaşımlarının geleneksel kaynak yöntemleri ile kaynağında karşılaşılan diğer bir güçlük bu alaşımların ısı iletkenlik katsayılarının yüksek olması nedeniyle ısının kaynak bölgesine çok hızlı bir şekilde uygulanması zorunluluğudur. Al alaşımlarının özellikle yaşlandırma sertleştirilmesine tabi tutulmuş türlerin sıvı hal kaynak yöntemleriyle birleştirilmelerinde karşılaşılan bir başka sorun kaynak dikişinde sertleştirici çökeltilerin çözünmesi ve tane sınırı segregasyonu sonucu ITAB'da aşırı yaşlanma sonucu sertlik ve mukavemetin düşmesidir. Bu durum kaynak yapılan esas malzeme ile kaynak bölgesinde mekanik uyumsuzluğa ve kaynak bölgesinde mukavemet düşüşüne sebep olmaktadır [9].

Sürtünme karıştırma kaynağı bir katı-hal kaynak yöntemi olması nedeniyle yerçekimi kuvvetinden etkilenmektedir. Bu nedenle yatay, dikey, tepede ve yörüngesel olarak tüm pozisyonlarda uygulanabilir. Sürtünme karıştırma kaynağı alın kaynaklarında, bindirme kaynaklarında, T-kesitli birleştirmelerde, çembersel birleştirmelerde ve köşe kaynak birleştirmelere uygulanabilir.

Sürtünme karıştırma kaynağı; bakır ve alaşımları [10], kurşun, titanyum ve alaşımları [11], magnezyum ve alaşımları [12], plastik ve yumuşak çelikler [13] ve de kompozit metallerin [14] birleştirilmesinde başarıyla uygulanmaktadır.

Sürtünme karıştırma kaynağı; gemi ve deniz endüstrisi (alüminyum ekstrüzyonlar, helikopter platformları), uzay ve uçak endüstrisi (uçak gövdeleri, kuyruk takımları, uçuş yakıt tankları), karayolu taşımacılığı, otomotiv endüstrisi (tekerlek jantları ve süspansiyon kolları), inşaat sektörü ve savunma sanayinde kullanılmaktadır.

Sürtünme karıştırma kaynak yönteminin sağladığı avantajlar; düşük seviyede çarpılmalar, mekanik özelliklerde iyileşme, zehirleyici atık gazların oluşmaması, porozitenin oluşmaması, ark oluşumundaki sıçramaların oluşmaması, düşük büzülme, yüksek enerji verimi, ara dolgu malzemesine ihtiyaç duyulmaması, çok ince bir oksit tabakasının oluşumuna müsaade edilebilmesi ve tüm pozisyonlarda işlemin uygulanabilmesidir.

Bu yöntemin bazı dezavantajları ise; diğer ergime kaynaklarına göre kaynak hızının daha düşük olması, kaynak edilmesi istenen iş parçalarının sağlam bir şekilde mengeneler yardımıyla tezgaha tutturulması ve sabitlenmesi, malzemeye daldırılan pimin malzemeye giriş ve çıkışlarında anahtar deliği görünümünde boşluklar oluşturması sayılabilir.

2. DENEYSEL YÖNTEM

2.1. Malzeme

Bu çalışmada, 5083-O, 5186-H111 ve 5083-H111 alüminyum alaşımlarının sürtünme karıştırma kaynağı yöntemi ile yarı otomatik bir freze tezgahı kullanılarak birleştirme gerçekleştirilmiştir. Kaynakları yapılacak iş parçaları 190x90x5mm ebatlarında hazırlanmıştır. Kullanılan her bir malzemenin kimyasal birleşimi Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimi.

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn
5083-O	0,40	0,262	0,027	0,035	4,7586	0,094	0,004
5186-H111	0,19	0,36	0,10	0,32	4,67	-	-
5083-H111	0,580	0,107	0,021	0,748	5,407	0,008	0,596

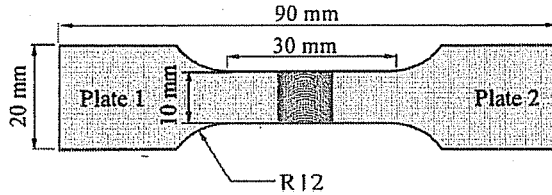
İlk adımda, 190x90x5mm ölçülerine sahip alüminyum levha malzemeler 5083-O/5083-O, 5186-H111/5186-H111, 5083-H111/5083-H111 kendi aralarında, 5083-O/5186-H111, 5186-H111/5083-H111 ve 5083-O/5083-H111 ise de çapraşık olarak kendinden farklı alüminyum levha malzemeler ile kombinasyon oluşturularak yeniden düzenlenmiş freze tezgahı aracılığıyla farklı kaynak hızlarında birleştirilmişlerdir. Alüminyum alaşımlarının kaynağı için sürtünme karıştırma kaynağı işlemine uygun aparatlar tasarlanmıştır.

Yüksek saflıkta bulunan alüminyum yumuşak ve sünek haldedir. Buna nazaran çoğu ticari kullanımlar, saf alüminyumun sahip olduğu dayanımdan daha iyi mukavemet elde edilmesini gerektirmektedir. Bu durum, çeşitli dayanım karakteristikleri sağlayan bazı elementlerin alüminyuma eklenmesiyle elde edilebilir. Bu çalışmada kullanılan 5000 serisi Al alaşımlarının başlıca elementi magnezyumdur. Magnezyum, alüminyum için en etkili ve geniş çaplı kullanılan alaşım elementlerinden biridir. Alüminyuma magnezyum yada manganezin esas element olarak eklenerek kullanılması durumunda ısıtılma işlemi uygulanmaksızın yüksek dayanıma sahip bir alaşım ortaya çıkar. Bu serideki alüminyum alaşımları deniz havası ortamında uygun kaynak özelliklerine ve korozyona karşı iyi bir dirence sahiptir. 5000 serisi alaşımlar, ısıtılma işlemi uygulanmaksızın sertleştirme işlemine tabi tutulmak suretiyle yüksek mukavemete sahip metal alaşımları olarak tasarlanmaktadır.

2.2. Yöntem

Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi takım malzemesi, takım dönme hızı, takım ilerleme hızı ve takım kafa açısı gibi birçok parametreye bağlıdır. Bu çalışmada 20, 50 ve 80 mm/dak'lık kaynak hızları dikkate alınmıştır. Diğer parametreler; takım dönme hızı:1400 dev/dak ve takım kafa açısı:3° olacak şekilde ayarlanmıştır.

Sürtünme karıştırma kaynak yöntemiyle birleştirilmiş alüminyum levhalar Şekil 3 de gösterilen ölçülerde kesilmiş ve sertlik, çekme ve yorulma testlerine tabi tutulmuştur.



Şekil 3. Çekme ve yorulma testlerine tabi tutulan numune boyutları.

Her bir birleştirmede kaynak bölgesi sertlikleri kaynak ilerleme yönüne dikey olacak şekilde Vickers sertlik ölçüm yöntemi ile 10 s süre içerisinde 100 gf yük uygulanarak 5'er mm aralıklarla 10 noktadan yapılmıştır.

Çekme testleri sürtünme karıştırma kaynak yöntemiyle birleştirilmiş malzemelerin kaynak bölgesinin çekme dayanımının incelenmesi amacıyla uygulanmıştır. Çekme testleri sonucunda oluşan kırılma yüzeyleri hem optik mikroskop (OM) hem de taramalı elektron mikroskobu (TEM) ile incelenmiştir.

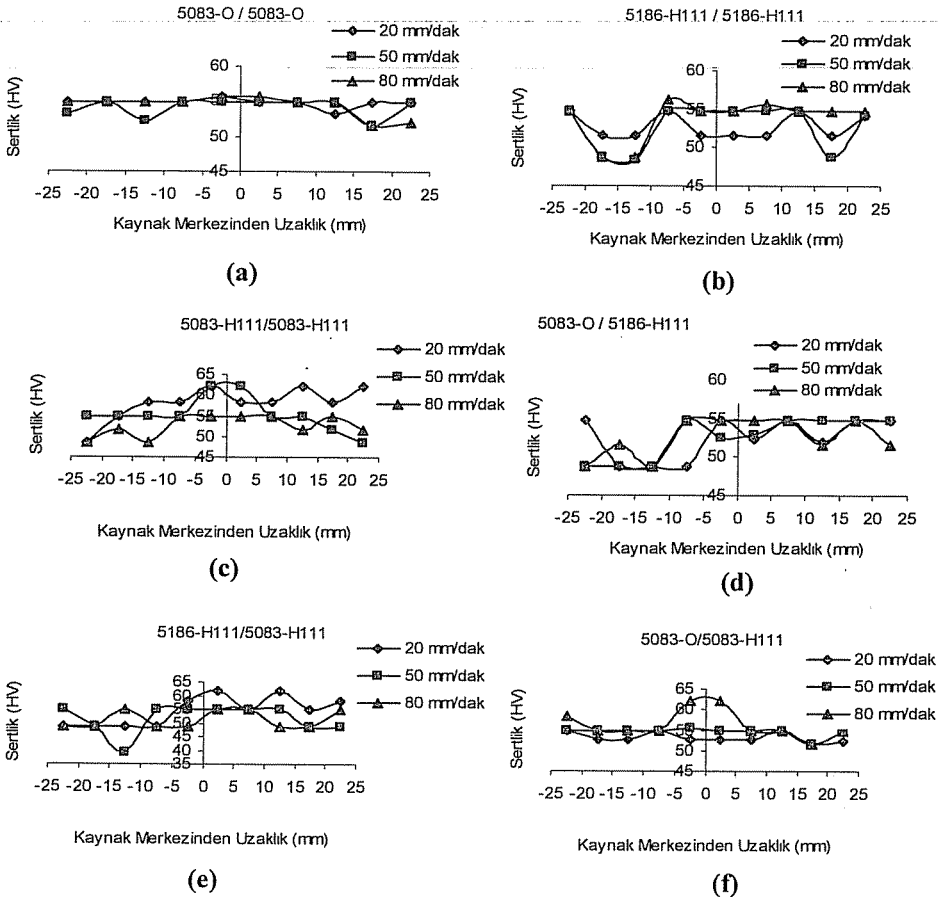
Her bir ana malzeme ve kombinasyonlarının kaynak bölgelerinden alınan numuneleri yorulma testine tabi tutulmuş ve Wöhler (S-N) grafikleri elde edilmiştir. Her bir test için çevrim sayısı literatüre uygun olarak $N_R = 2 \times 10^6$ tutulmuştur [15, 16]. Yorulma testleri uygulandıktan sonra meydana çıkan yapıların araştırılması için her bir numunenin optik mikroskopta kırılma yüzeylerinin mikro yapıları incelenmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Mekanik Özellikler

Bu çalışmada, benzer 5083-O/5083-O, 5186-H111/5186-H111, 5083-H111/5083-H111 ve farklı 5083-O/5186-H111, 5186-H111/5083-H111, 5083-O/5083-H111 malzeme çiftleri 20, 50 ve 80 mm/dak hızlarında birleştirilmiş, kaynak çevresinde ve kaynak üst yüzeylerinde porozite ve makroskopik kusurlar tespit edilmiştir.

Kaynak birleşme yerindeki ısıdan etkilenmiş bölgenin (ITAB) büyüklüğü sertlik testleriyle belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, Vickers sertlik testleri, ITAB' in büyüklüğünü değerlendirmek için kaynak edilmiş birleşme bölgesi üzerinde uygulanmıştır. Sertlik birleştirilmiş test numunelerinin kaynak merkezinden 5'er mm aralıklarla ölçülerek E10-93 ASTM standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçülmüş Vickers sertlik değerleri içindeki değişimler (5083-O/5083-O, 5186-H111/5186-H111, 5083-H111/5083-H111, 5083-O/5186-H111, 5186-H111/5083-H111 ve 5083-O/5083-H111 kombinasyon birleşimleri için) Şekil 4'de sırayla gösterilmiştir.



Şekil 4. Her bir malzemenin elde edilen sertlik değerleri.

5186-H111'in kendi arasında birleştirilmesinde Şekil 4-b'de görüldüğü üzere, kaynak merkezindeki sertlik değerlerinin 52 HV ve 55 HV değerlerinde homojen bir dağılım gösterdiği gözlenmiştir. TEAB bölgesindeki sertlik dağılımının kaynak merkezindeki sertlik dağılımından daha yüksek değerlere ulaştığı gözlenmektedir. Çünkü kaynak esnasında kaynak merkezinden ana malzemeye doğru yaklaştıkça ısı girdisinin giderek düştüğü gözlemlenmektedir. Aynı süre içerisinde kaynak merkezi ile kaynak merkezinden uzak bölgelerin ısı girdileri ve soğuma hızları değiştiğinden dolayısıyla oluşan içyapının ve tane boyutlarının tayin edilmesi de önemli unsurlardan biri haline gelmiştir [17]. Isı girdisinin yüksek olması ve tane boyutlarının ana malzemeye göre daha iri taneli boyutlara erişmesi malzemenin sertlik değerlerini düşürmekte ve tane sınırları arasında daha belirgin çökeltilerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu alaşım çiftinin kaynağında 50 ve 80 mm/dak'lık hızlardaki TEAB bölgesindeki sertlik dağılımlarının 50-55 HV değerlerinde seyrettiği ve 20 mm/dak'lık kaynak hızına nazaran çok küçük değişimler sergilediği görülmektedir.

Şekil 4-a'da görüldüğü üzere 5083-O'nun kendi arasındaki kaynağında 20,50 ve 80 mm/dak'lık kaynak hızlarında KÇ bölgesinde oluşan sertlik değerleri 55 HV değerlerinde homojen olarak bir dağılım göstermektedir. ITAB bölgesindeki sertlik değerlerinin bir miktar düşüş göstermesini de, yine farklı soğuma hızlarına ve saf alüminyumun tane boyutlarının sahip olduğu mekanik karakteristiklerine bağlayabiliriz.

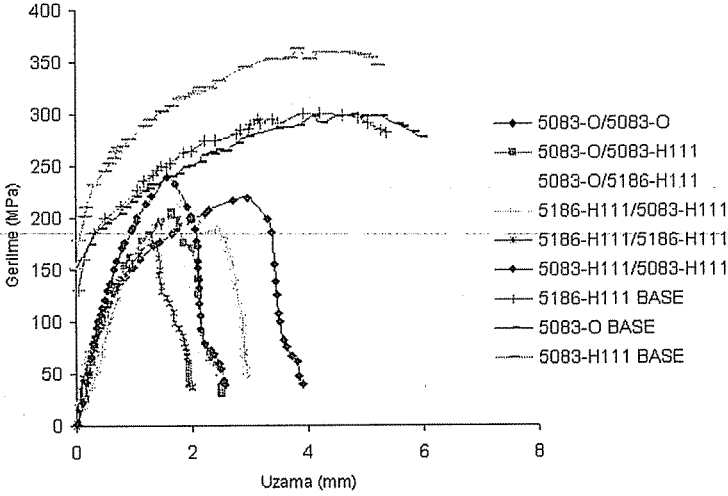
5083-O ve 5186-H111 alüminyum alaşımlarının çapraşık kaynağının sertlik dağılımı Şekil 4-d'de gösterilmiştir. ITAB bölgesindeki sertlik dağılımının ana malzemelerin sertlik dağılımlarına nazaran kaynak bölgesi içerisinde daha ince ve homojen bir dağılım gösteren Si parçacıklarından dolayı daha düzenli bir dağılım sergilediği görülmektedir.

Çekme testleri sonucunda elde edilen değerlere göre benzer ve farklı malzemelerin kaynağı için her bir numunenin ortalama çekme testi sonuçları Kopma Dayanımı (KD), Akma Dayanımı (AD) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ana malzeme, eş malzemeden kaynaklanmış birleştirme ve farklı malzemelerden kaynaklanmış birleştirmelerin ortalama kopma dayanımı ve akma dayanımı sonuçları.

	Ana Malzemeler		
Ortalama	5186-H111	5083-O	5083-H111
KD (N/mm ²)	298	302	367
AD (N/mm ²)	91	114	131
	Kendi arasında Kaynaklı Malzemeler		
	5186-H111/ 5186-H111	5083-O/ 5083-O	5083-H111/ 5083-H111
KD (N/mm ²)	256	225	276
AD (N/mm ²)	185	156	110
	Çapraşık Kaynaklı Malzemeler		
	5083-O/ 5186-H111	5083-O/ 5083-H111	5186-H111/ 5083-H111
KD (N/mm ²)	193	248	195
AD (N/mm ²)	111	202	80

Çizelge 2'den elde edilen sonuçlara göre 5083-O'nun kendi arasında kaynağının ITAB'daki kopma dayanımı 281 MPa ve akma dayanımı 153 MPa olduğu, kopma dayanımının ana malzemeden daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. 5186-H111'in kendi arasında kaynağının ITAB'daki kopma dayanımı 276 MPa ve akma dayanımı 156 MPa olduğu ve bu elde edilen sonuçların ana malzemeyle yaklaşık aynı değerlerde bulunduğu gözlenmiştir. Şekil 5 her bir ana malzemenin, kendi arasında kaynaklı malzemelerin ve çapraşık olarak birleştirilmiş malzemelerin gerilme ve uzama grafiğini göstermektedir.



Şekil 5. Her bir ana malzemenin ve kaynaklı bağlantının gerilme ve yer değiştirme grafiği.

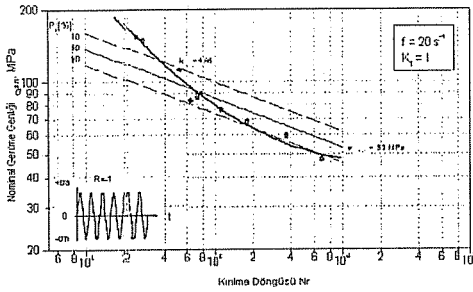
Bu çalışmada yorulma testleri aksenal yükleme uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin yorulma testleri çentiksiz test numuneleri üzerinde 20 s^{-1} frekans aralığında uygulanmıştır. Her bir kaynak çiftinin yorulma diyagramlarının hesaplanması için 3'er numune üzerinde yorulma testi uygulanmıştır. Elde edilen yorulma grafik değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir.

Yorulma grafiklerinden elde edilen değerlere göre 60 ile 190 MPa aralığında ortalama gerilme değerleri saptanmıştır. Kırılma döngüleri ve nominal gerilim genlikleri ile bağlantılı çizilen Wöhler eğrileri, logaritmik Gaussian dağılımının 10, 50 ve 90 MPa'lık olasılıklarında statik olarak hesaplanmıştır.

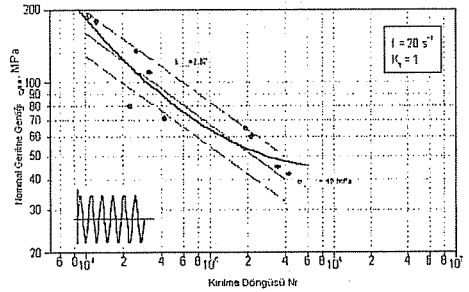
3.2. İyeyapı İncelemeleri

5083-O ve 5083-O alaşımlarının SKK ile kaynak edilmesiyle oluşmuş kaynak birleşme üst yüzeyleri Şekil 7'de görüldüğü üzere, pürüzsüz bir görüntü sergilemekte ve takımın ergime kıvamındaki malzemeyi karıştırıyor olmasından dolayı kaynak yüzeyinde hemen hemen hiç boşluk ve gözenekli yapı gözlenmiştir [18,19]. Bununla birlikte yüksek kaynak hızlarında kaynak bölgesinin üst yüzeyinde bir miktar yüzey çatlakları ve boşluklar görülmüştür.

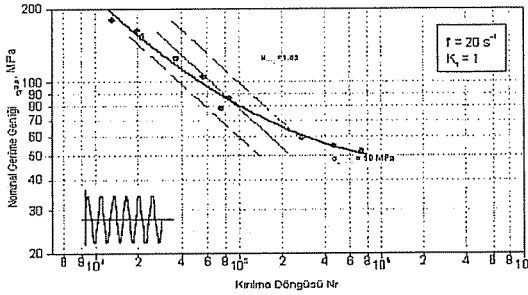
5083-O, 5186-H111 VE 5083-H111 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ
SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAK YÖNTEMİYLE BİRLEŞTİRİLMESİ



(a)

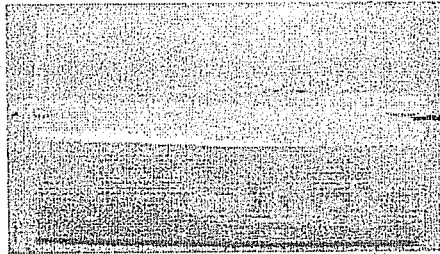


(b)



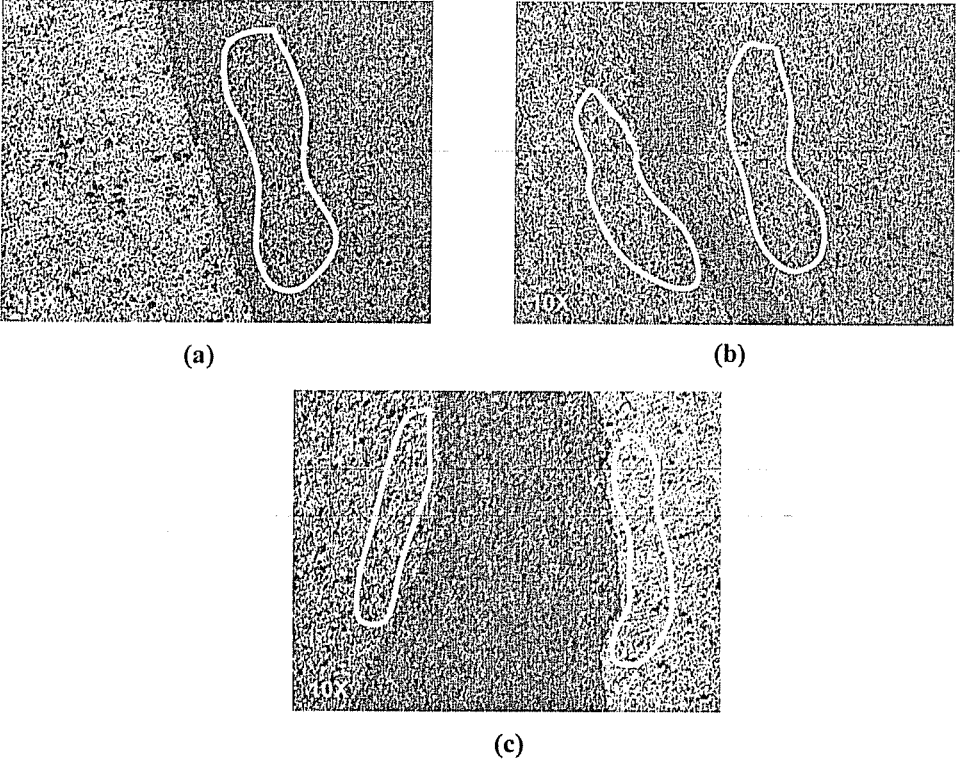
(c)

Şekil 6. Her bir kaynaklı bağlantının yorulma eğrileri.(a)- 5083-O/5083-O, (b)- 5186-H111/5186-H111, (c)- 5083-O/5186-H111.



Şekil 7. SKK ile kaynak edilmiş 5083-O ve 5083-O malzeme çiftinin yüzey görüntüsü

5083-O/5083-O, 5186-H111/5186-H111, 5083-H111/5083-H111 ve farklı kaynak alaşımları oluşturan 5083-O/5186-H111, 5186-H111/5083-H111, 5083-O/5083-H111 malzeme çiftlerinin, sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilmesi sonucunda elde edilen içyapı görüntüleri Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu şekillerden de görüldüğü üzere sürtünme karıştırma kaynağı işleminin prensibine bağlı olarak kaynak bölgesi, her iki malzemenin karışımından oluşmaktadır.



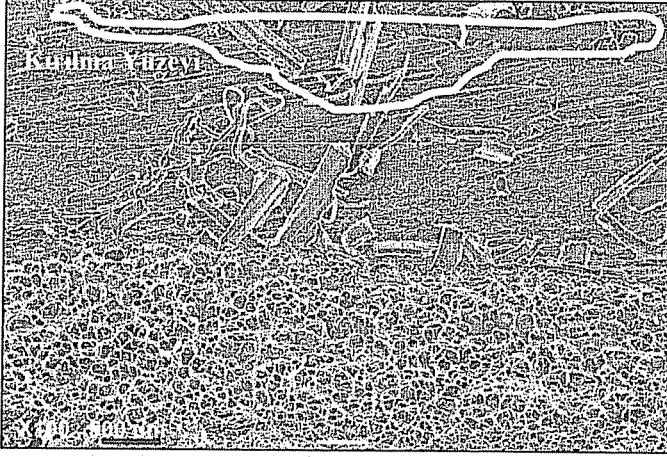
Şekil 8. SKK ile birleştirilmiş malzemelerin mikro yapıları. .(a)- 5083-O/5083-O, (b)- 5186-H111/5186-H111, (c)- 5083-O/5186-H111.

Yüksek sıcaklık ve yüksek plastik deformasyon nedeniyle ana malzemeye kıyasla, kaynak bölgesi daha küçük taneli bir içyapıya sahiptir. Ana malzemenin başlangıçtaki yassı yapısı mekanik olarak yeni bir eksenli ince taneli bir yapıya dönüşür. Yeniden kristalleşmiş bölgedeki son derece ince taneli ve eksenli yapıya sahip bir içyapı gözlemlenmektedir. Kaynak çizgisinden uzaklaştıkça tane boyutları, artmakta ve tane oryantasyonu daha az eksenli bir içyapı ve çok miktarda yerleşik ana malzeme görüntüsü göstermeye başlamaktadır. Bu bölge ana malzemeye kıyasla sertlik değeri daha küçük olan ITAB bölgesine uygun içyapı özellikleri gösterir. Bu bölgedeki çökeltiler daha kaba tanelidir.

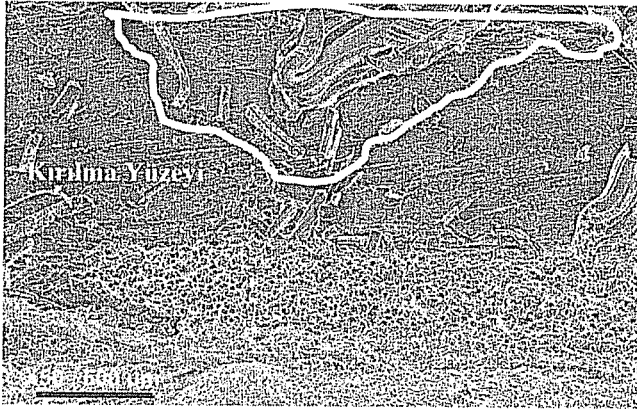
Karıştırma bölgesine komşu olan ITAB ve TEAB'ın geçiş bölgesi sürtünme işlemiyle başlatılmış ve o bölgede elde edilmiş TEAB'a göre daha düşük ısı girişinden dolayı yeniden kristalleşme özellikleri taşımaz. Bu geçiş bölgesi ITAB ile EM arasında şekillenmiştir. Ana malzemenin dallanmış kristal yapısı temel β faz (beyaz bölge) ve Al-Si ötektik yapısından (siyah bölge) oluşmuştur. ITAB'ın mikro yapısı ana malzemenin mikro yapısından çok büyük farklılıklar gösterir. Dallanmış kristal yapısı azalmış ve daha ince Mg_2Si parçacıkları kaynak bölgesi üzerine dağılmıştır. Ana malzeme ve ITAB arasında keskin geçişler gözlenmiştir. Karıştırma bölgesinin alanı her

bir malzeme için hemen hemen aynıdır. Farklı soğuma hızlarından dolayı kaynak hızı artarken kaynak bölgesindeki ısıdan etkilenmiş bölge bir miktar azalmaktadır.

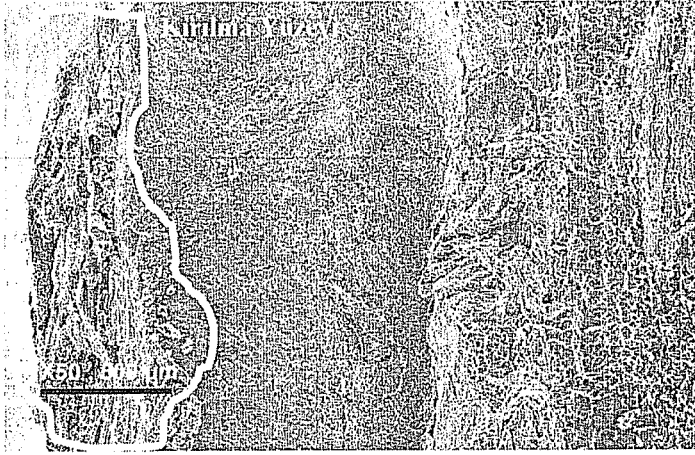
Ana malzeme ve ITAB'ın TEM görüntüleri Şekil 9, 10 ve 11'de gösterilmektedir. Ana malzemedeki plaka ve küresel yapılı Mg_2Si parçacıkları kısmen β fazında ve ötektik yapıda dağılım göstermiştir. Bununla birlikte plaka görünümlü Mg_2Si parçacıkları ITAB'da takımın karıştırma etkisiyle bir miktar kırılarak daha ince parçacıklara dönüşmüşler ve kaynak bölgesine homojen olarak dağılmışlardır. Bu durum mekanik kırılma ve noksan çekirdeklenme özelliklerinin muhtemelen kırılma yüzeylerinin analizine, karakteristiklerine bağlıdır.



Şekil 9. SKK ile birleştirilmiş 5083-O / 5083-O malzeme çiftinin TEM görüntüsü.



Şekil 10. SKK ile birleştirilmiş 5186-H111 / 5083-H111 malzeme çiftinin TEM görüntüsü.



Şekil 11. SKK ile birleştirilmiş 5186-H111 / 5186-H111 malzeme çiftinin TEM görüntüsü.

Şekil 11 kaynak bölgesindeki elde edilen kırılma yüzeylerini göstermektedir. Bu bölgeler çatlak düzlemlerinin kısmi değişimleriyle daha pürüzsüz ve düz bir yüzeye sahiptir. Bunun aksine, Şekil 9 ve 10 kırılma yüzeylerinden kaynak bölgesine doğru oluşan paralel çatlakları göstermektedir. Oluşan kırılmalar daha düzensiz ve tane sınırlarında daha geniş plaka görünümü ana malzeme görüntüsü sergilemektedir.

4. SONUÇLAR

5083-O/5083-O, 5186-H111/5186-H111, 5083-H111/5083-H111 ve farklı kaynak alaşımları oluşturan 5083-O/5186-H111, 5186-H111/5083-H111, 5083-O/5083-H111 malzeme çiftlerinin sürtünme karıştırma kaynağıyla bağlantıları 20, 50 ve 80 mm/dak hızlarında, kaynak çevresinde ve kaynak üst yüzeylerinde müsaade edilebilir porozite ve makroskopik kusurlar elde edilerek başarıyla uygulanmıştır.

Şekil 4-b'den de anlaşılacağı üzere kaynak esnasında kaynak merkezinden ana malzemeye doğru yaklaştıkça ısı girdisinin giderek düştüğü gözlemlenmiştir. Kaynak merkezi ile kaynak merkezinden uzak bölgelerin ısı girdileri ve soğuma hızlarındaki farklılık oluşan içyapıya ve tane boyutlarına etki etmektedir. Isı girdisinin yüksek olması ve tane boyutlarının ana malzemeye göre daha iri taneli boyutlara erişmesi malzemenin sertlik değerlerini düşürmekte ve tane sınırları arasında daha belirgin çökeltilerin oluşmasına neden olmaktadır. Kaynak ilerleme hızının artmasına bağlı olarak ısı girdisinin düşük hızlardaki ısı girdisine nazaran daha az olması neticesinde malzemelerin kopma mukavemetinde az da olsa bir artış gözlemlenmiştir.

Şekil 4-a'da görüldüğü üzere 5083-O'nun kendi arasındaki kaynağında 20,50 ve 80 mm/dak'lık kaynak hızlarında KÇ bölgesinde oluşan sertlik değerleri 55 HV değerlerinde homojen bir dağılım göstermiştir. ITAB bölgesindeki sertlik değerlerinin bir miktar düşüş göstermesini de yine farklı soğuma hızlarına ve saf alüminyumun tane boyutlarının sahip olduğu mekanik özellik karakteristiklerine bağlayabiliriz.

5083-O ve 5083-O alaşımlarının SKK ile kaynak edilmesiyle oluşmuş yüzeyi Şekil 7'de gösterilmiştir. Kaynak birleşme yerinin üst yüzeyleri pürüzsüz bir görüntü sergilemiş ve takımın ergime kıvamındaki malzemeyi karıştırıyor olmasından dolayı, kaynak yüzeyinde hemen hemen hiç boşluk ve gözenekli yapı gözlenmemiştir. Bununla birlikte yüksek kaynak hızlarında kaynak bölgesinin üst yüzeyinde bir miktar yüzey çatlakları ve boşluklar görülmüştür.

Şekil 8-a ve 8-c de görüldüğü üzere yüksek sıcaklık ve yüksek plastik deformasyonu neticesinde ana malzemeye kıyasla kaynak bölgesi daha küçük taneli bir içyapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yeniden kristalleşmiş bölgedeki son derece ince taneli ve eşeksiz yapıya sahip bir içyapı gözlemlenmiştir. Kaynak çizgisinden uzaklaştıkça tane boyutları artar ve tane oryantasyonu daha az eşeksiz bir içyapı ve çok miktarda yerleşik ana malzeme görüntüsü göstermeye başlar. Bu bölge ana malzemeye kıyasla sertlik değeri daha küçük olan ITAB bölgesine uygun içyapı özellikleri göstermiştir.

Şekil 9. 10 ve 11'de görüldüğü üzere ana malzemedeki plaka ve küresel yapılı Mg₂Si parçacıkları kısmen β fazında ve ötektik yapıda dağılım göstermiştir. Bununla birlikte plaka görümlü Mg₂Si parçacıkları ITAB' da takımın karıştırma etkisiyle bir miktar kırılarak daha ince parçacıklara dönüşmüş ve kaynak bölgesine homojen olarak dağılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Külekci, M.K., "Mechanical Properties of Friction Stir-Welded Joints of AlCu₄SiMg Aluminium Alloy", *Kovove Materialy*, 41, 2, sayfa 97-105, 2003.
2. Thomas, W.M., Nicholas, E.D., Needham, J.C., Templesmith, P., Dawes, C.J and Murch, M.G., "Friction Stir Butt Welding", *Int Patent App PCT/GB92/02203 and GB Patent App 9125978.8*, December 1991, US Patent No.5, 460, 317, 1995.
3. Shigematsu, I., Kwon, Y.J., Suzuki, K., Imai, T. and Saito, N., "Joining of 5083 and 6061 Aluminum Alloys by Friction Stir Welding", *Journal of Materials Science Letters*, 22, sayfa.353– 356, 2003.
4. Kurt, A., *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 2, 191-197, 2004.*
5. Smith, C.B., Hinrichs, J.F., Crusan, W.A. and Leverett, J., "FSW stirs up welding process competition", *Forming & Fabricating*, 10, No.2, (February 2003).
6. Çam, G., "Sürtünme Karıştırma Kaynağı (SKK): Al-Alaşımları İçin Geliştirilmiş Yeni Bir Kaynak Teknolojisi", *Mühendis ve Makine*, Cilt 46, Sayı 541, S.30-39, Şubat 2005.
7. Sato, Y.S., Kokawa, H., Enomoto, M. and Jogan, S., "Microstructural Evolution of 6063 During Friction Stir Welding", *Metallurgical and Materials Transactions*, 30A, sayfa.2429–2437, 1999.
8. Çam, G., "Sürtünme Karıştırma Kaynağındaki Gelişmeler", *Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı*, 47-64, Kocaeli, 24-25 Ekim.
9. Seidel, T.U and Reynolds, A.P., "Visualization of The Material Flow in AA2195 Friction-Stir Welds Using a Marker Insert Technique", *Metallurgical and Material Transactions A*, cilt 32A, sayfa.2879-2884, 2001.
10. Dickerson, T., Shercliff, H.R. and Schmidt, H., "A Weld Marker Technique for Flow Visualization in Friction Stir Welding", *4th International Symposium on Friction Stir Welding*, Park City, Utah, USA, 14-16 May 2003.

11. USC Research and Health Sciences, www.sc.edu/research/pdf/FrictionStirWeld.pdf
12. Cabibbo, M., "TEM Analysis of a Friction Stir-Welded Butt Joint of Al-Si-Mg Alloys", *Materials Chemistry and Physics*, 81, 289-292, 2003.
13. Chen, C.M., Kovacevic, R., "Joining of Al 6061 Alloy to AISI 1018 Steel by Combined Effects of Fusion and Solid State Welding", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Volume 44, Issue 11, Pages 1205-1214, September 2004.
14. Wert, J.A., "Microstructures of Friction Stir Weld Joints Between an Aluminium-Base Metal Matrix Composite and a Monolithic Aluminium Alloy", *Scripta Materialia* 49 607-612, 2003.
15. Ekşi, A., Lipp, K., Sonsino, C.M., Veltl, G. and, Petzoldt, F., "Static and Fatigue Properties of The Cold and Warm Compacted Sintered Aluminium Alloy Alumix 431 (Al-5.5 Zn-2.5 Mg-1.5 Cu)", *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, Vol 37, Issue 5, sayfa, 374-382, 2006.
16. Şık, A., "Otomobil Saçlarının MIG/MAG Kaynağında Gaz Karışımlarının Bağlantının Mekanik Özelliklerine Etkisi", *Doktora Tezi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ekim 2002, Ankara, Türkiye, 2002.*
17. Şık, A. ve Kayabaş Ö., "Sürtünme Karıştırma Kaynağı ile Yapılan Alüminyumun Kaynağında Kaynak Bölgesinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi Y.11, S.12, s.30-43, Ankara, Türkiye, 2003.*
18. Dilek, M., Ekşi, A.K. and Bircan, D.A., "The Investigation In Properties of Welded Dissimilar Al Alloys By Friction Stir Welding", *Proceedings of 11th International Materials Symposium, 19-21 April 2006, Denizli, Türkiye, 2006.*
19. Dilek, M., "Mechanical Properties of Different Aluminum Alloys Joined by Friction Stir Welding", *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.*

SU ALMA YAPILARINDA BATIK KANATLARLA SEDİMENT KONTROLÜ

Fikret KOCABAŞ*Bozok Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat/Türkiye***Burhan ÜNAL ve Murat ÇOBANER***Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye***Serap ÜNAL***Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana/Türkiye*

ÖZET : Nehirlerden bir su alma yapısı ile su alınmak istendiğinde, yapıya yönelen akım içerisinde bulunan sediment danesi sirkülasyon ve sekonder akım etkisiyle taşınarak sedimentasyona sebep olur. Sedimentasyon birçok su alma yapısında tekrarlayan ve su çekme kapasitesinde azalmaya sebep olan bir problemdir. Bu nedenle taban malzemesinin su alma yapısından uzaklaşması ya da mümkün olduğunca girmemesi sağlanmalıdır.

Bu problemin çözümündeki en genel uygulama periyodik olarak yapılan taramalardır. Buna alternatif olarak geliştirilen diğer bir yöntem ise batık kanat uygulamasıdır. Batık kanatlar nehir tabanında akımın düzenlenmesi için tasarlanır, akımın ve kanal kesitinde sediment taşınımının yeniden dağılımını sağlar. Kanatların nehir tabanına akıma açı yapacak şekilde ve yükseklikleri akım derinliğiyle ilişkili olarak yerleştirilirler. Kanatlar çevrinti oluşturarak nehir tabanında kayma gerilmelerinin büyüklük ve doğrultusunun, hız, sediment ve akım derinliğini değiştirmesine, bunların sonucunda da nehir yatağında kanalın bir kısmında birikme ve diğer kısmında oyulmaya sebep olur.

Bu çalışmanın amacı su alma ağızlarında sediment yönetimi için kullanılan batık kanat tekniği hakkında bilgi sunmak olup, toplam uzunluğu 320 cm, genişliği 25 cm olan kanalda ortasından 90° bağlantılı 20 cm genişlikte sapma kanal ile kesişim bölgesinde 3 farklı yaklaşım açısında 4 sıra halinde yerleştirilen batık kanatlar kullanılarak sediment hareketi ve su alma yapısı civarındaki taban değişimine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Taban malzemesinin su alma yapılarına girişinin önlenmesinde batık kanatların etkili olduğu, kanatların akımla 40° yaklaşım açısıyla yerleştirildiğinde ise sapmanın kanala doğru ve taban hareketinin daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Sediment yönetimi, Batık kanat, Sapma kanal, Yaklaşım açısı.

SEDIMENT MANAGEMENT WITH SUBMERGED VANES AT WATER INTAKES

ABSTRACT : *When required a water intakes from a water construction, by generating circulation and secondary flow, sediment particles causes sediment transportation. Sedimentation is a recurring problem at many water intakes. It reduces withdrawal capacity. Therefore base materials must be detracted from water construction or prevented from entering to the water construction.*

Many different techniques have been tested over the years to mitigate the problem. The most common solution is periodic dredging. Alternative to dredging is scheme that incorporate the use of submerge vanes. Submerged vanes are designed to modify the near-bed flow pattern and redistribute flow and sediment transport within the channel cross section. The structures are installed at an angle of attack with the flow and their initial height is related with local water depth. The vanes function by generating secondary circulation in the flow. The circulation alters the magnitude and direction of the bed-shear stress and causes a change in the distributions of velocity, depth, and sediment transport in the area affected by the vanes. As a result, the riverbed aggrades in one portion of the channel and degrades in another

The purpose of this study is to demonstrate the utility of the vane technique for sediment management at water intakes. Experiment setup has 320 cm length, 25 width and a 20 cm width deviation channel. The deviation channel is interconnected to the main channel with an angel of 90 degree. At the intersection area submerged vanes are located in case of 3 different approach angel and 4 sequences to investigate sediment transportation and variation of the channel base. It is observed that submerged vanes are effective in preventing base material entrance to the water intakes and when these are placed with an approach angel of 40 degree, deviation is towards channel, and also base motion is less.

Keywords: *Sediment management, submerged vane, deviation channel, approach angel.*

1. GİRİŞ

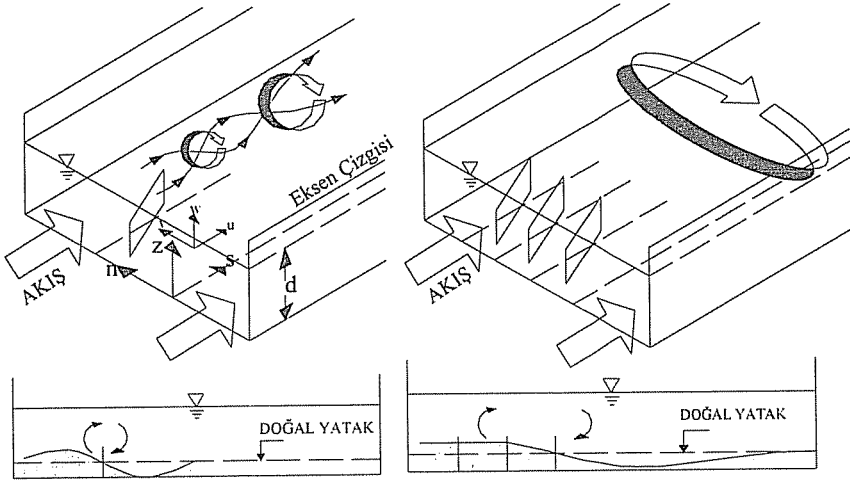
Sediment yönetimi, özellikle sediment hareketinin kontrolü, oyulma-birikme, nehir mühendisliğinde karşılaşılan en zor problemlerden biridir. Nehir yatağındaki hız ve derinliğin zamanla değişmesinin yanı sıra su alma yapısına giren akım miktarı da zamanla değişebilir. Nehir kıyılarında enerji santrallerinin soğutma suyu, endüstri su ihtiyacı, sulama vb. amaçları karşılamak için kullanılan su alma yapılarının etrafı sık sık sediment birikimi dolayısıyla kuşatılır. Bu sebeple nehir tesislerindeki su alma yapılarında aşınma ve birikme problemleri göz önünde bulundurulmalı ve sediment girişini minimum tutacak şekilde tasarlanmalıdır. Akım ve sediment ile ilgili değişkenlerdeki belirsizlikler sebebiyle oyulma ve birikme hakkında kesin bir yargıya varılamamıştır. Bu sebeple sediment kontrol yapılarının tasarımı ve sıralanışı optimum çözümün elde edilebilmesi için fiziksel model çalışmalarına dayandırılmalıdır. Bu ihtiyaç özellikle üç boyutlu akımın olduğu su alma yapıları civarında ortaya çıkmaktadır. Kıvrımlı nehirlerin dış şevindeki yatak oyulması şevlerin zayıflamasına ve

toprak kaybına sebep olur. Sediment birikimi nehrin akım taşıma kapasitesini düşürür ve ulaşım için faydalanılan nehirlerde gemi ulaşımına engel olur.

Problemın mühendislik bakımından esas zorluğu sediment hareketinin kontrolünde etkili bir yöntemin olmamasıdır. Batık kanat tekniği bu durumda faydalanılan metodlardan biridir. Hem laboratuvar hem de saha testleriyle geniş uygulama alanı olan bir tekniktir. Batık kanatlar nehir tabanında akımın düzenlenmesi için tasarlanır, akımın ve kanal kesitinde sediment taşınımının yeniden dağılımını sağlarlar. Kanatlar sekonder akım sirkülasyonunu desteklemek suretiyle yatak oyulmasını geliştirmek üzere yerleştirilirler. Kanadın hemen mansabında oluşan düşey çevrinti büyük miktarda sedimenti ayağa kaldırır ve yatak yukarısına doğru hareketlendirerek oyulmaya sebep olur. Herhangi bir bölgede kanatların akımla yaptığı açı, yükseklikleri ya da sayısı değiştirilerek, mansap kısmında oyulma sonucu oluşturulacak havuzun ölçüsü ve yeri kontrol edilebilir ve kanal en kesitinde ise nehir yatağının bir kısmında birikme diğer kısmında oyulma oluşması sağlanır (Şekil 1).

2. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Batık kanatlarla akımın yönlendirilmesinde Odgaard ve Wang, Marelius ve Sinha, Nakato ve Ogden, Wang vd., Barkdoll, Marelius ve Sinha ve daha birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır (1-6). Wang ve içerisinde yer aldığı çalışmalarda diğer araştırmacılar düşük açılı tek bir kanattan geçen akımın idealleştirilmiş teorik analizini sunmuşlar, akıntı içerisinde kanatlar kullanarak nehir tabanında kayma gerilmesi dağılımının değiştirilmesi ve özellikle kıvrımlı nehirlerde yatak geometrisinin değiştirilmesi üzerinde durmuşlardır. Yaptıkları laboratuvar ve saha testleriyle de kanat tekniğinin faydalı olmasının yanında ekonomik de olduğunu ifade etmişlerdir (1, 4).



Şekil 1. Kanal en kesitinde tek veya çok kanat uygulaması.

Marelius ve Sinha, yüksek yaklaşım açılarıyla batık kanatları geçen akım alanının fiziğini, taban hareketi olan dikdörtgen kesitli bir kanalda deneysel çalışma ile analiz etmiş ve değişik yaklaşım açılarıyla kullanılan kanatlarla yaptıkları deneysel çalışmalarında akımda oluşacak en güçlü sekonder sirkülasyon için gerekli optimum açıyı araştırmışlardır (6). Araştırmacılar, optimum açının yatak sedimentinin enine hareketine sebep olan akım özelliklerinin belirlenmesi gerekliliğini ortaya sürmüşlerdir. Barkdoll, batık kanat kullanarak yatak sedimentinin yan sapmalara (örneğin su alma yapıları) girişini önlemede kanat açısının önemli parametrelerden biri olduğunu göstermiştir (5). Barkdoll, deneylerinde 24 m boyunda ve 1.524 m genişliğinde bir ana kanal ve ana kanal girişinden 15.5 m ileride 2.44 m uzunluğunda ve 0.61 m genişliğinde sapma kanalı bulunan açık kanal modeli kullanılmıştır. Kanatsız ve farklı yaklaşım açılı kanatlar olmak üzere yaptığı deneysel çalışma sonucu uygun kanat açısının yalnızca yan sapmalara sedimentin girişini önlemediği, ayrıca kanal yatak erozyonunun azaltılmasında da kullanılması gerektiğini ve yaklaşım açısının 20 derece olması durumunda sapma kanala sediment taşınımının %36 oranında azaldığını bildirmiştir.

3. KANAT DÜZENLEMELERİ

Batık kanatlar, şev erozyonuna karşı koruma, giriş ağız yapılarında sediment girişinin önlenmesi, su ulaşım derinliğinin artırılması gibi birkaç uygulaması olan planlarda sık sık kullanılır. Batık kanatlar, sekonder akımı ya da etkisini oluşturmak için nehir yatağına belirli bir açı ile yerleştirilir. Bir kanatın sekonder sirkülasyon oluşturmadaki etkisi onun yüksekliğine, derinliğine, şekline ve gelen akımın yaklaşım açısına bağlıdır. Pratikte kullanılan yaklaşım açısı tipik olarak 15 ile 30 derece arasında ve kanat yüksekliği, kanadın bulunduğu yerdeki akım derinliğinin 0,2~0,4 katı olarak kullanılmaktadır.

Düzgün bir kanat sıralanışı için öncelikle akım doğrultusu belirlenerek sapma kanalına giren akımın yaklaşım açısını sabit tutmak ve yavaş yavaş kanatları çevirmek gerekir. Eğer kanatlar yavaş çevrilmezse yaklaşım açısıyla sapma kanalına giren sediment miktarı arasında herhangi bir farklı ilişkiyi tahmin etmek imkânsız hale gelir.

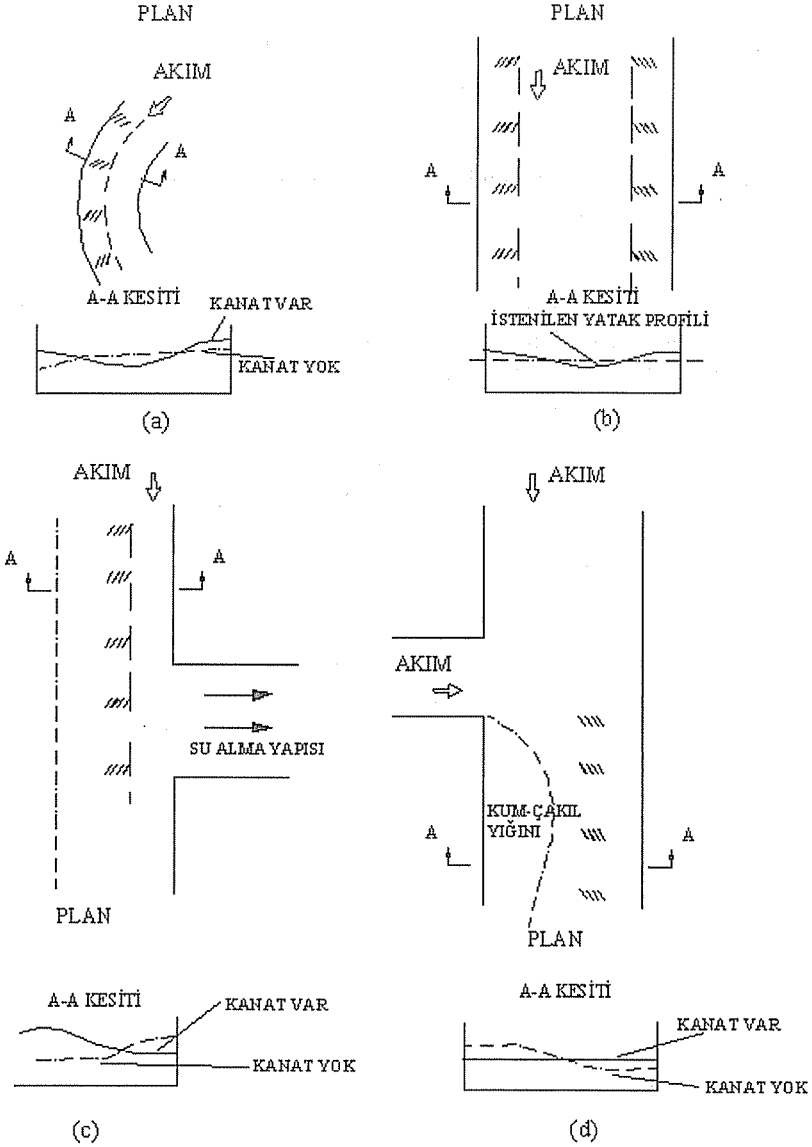
Prototip kanatlar, projeden projeye değişiklik göstermekle birlikte çakma perdeler (palplanş) şeklinde, kazıklarla desteklenmiş tahtalardan, yuvarlak tahta sırtıklardan, betonarmeden veya benzer nitelikli farklı malzemelerden yapılır.

Şekil 2a'da köprü ayaklarını veya nehir eğrisinin dışında kalan diğer bölgeleri oyulmalardan korumak için bir kanat sisteminin tipik düzenlenişi yer almaktadır. Kanatların düzenlenişi, ana akımın yönünün kanalın merkez kısmına çevrilerek şevlerin nasıl korunduğunu gösterir.

Benzer bir düzenleme sabit genişlikteki kanallarda taşkın taşıma kapasitesini geliştirmek ve kanal taşımacılığını korumak için de uygulanabilir (Şekil 2b).

Su alma yapılarında ve sapmalarda sıklık problemini azaltmak için düzenleme mutlaka su alma yapısı önündeki hızı ve akım derinliğini yükseltmek üzere tasarlanır. Suyun çekilmesi mansaptaki akım hızını ve böylelikle mansap sediment geçiş kapasitesini düşürdüğünden sıklık problemi oluşmaktadır. Burada kanat uygulaması su

alma yapısındaki su için bir güzergâh sağlar ve sediment girişini azaltır (Şekil 2c). Bu çalışmada kullanılan deney düzeneği ve uygulama Şekil 2c'deki gibidir.



Şekil 2. Bazı kanat düzenleme örnekleri.

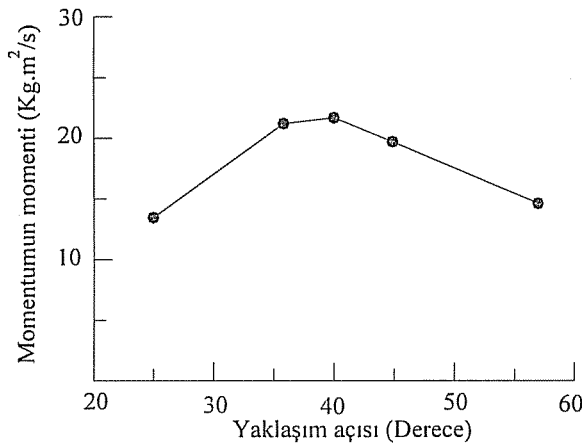
Nehir kavşaklarında görülen bir diğer sıklık problemi de, nispeten yüksek sediment taşıma kapasiteli bir yan derenin kendisine göre daha düşük sediment taşıma kapasiteli bir kanala girdiği kısımda görülür (Şekil 2d). Bu esnada kavşaktan hemen aşağı kısımda

bir kum-çakıl yığını oluşma eğilimi gösterir. Böyle bir kum seti tıpkı yan derenin karşı şevlerinde oluşan erozyon gibi nehir taşımacılığındaki sorunların artmasına yol açabilir. Düzenleme, kanal menbasındaki akım derinliğini ve hızını azaltarak akımı zorlar. Bunun sonucu yan dereden geçen sediment kanalın içinde daha geniş bir alana yayılarak daha az problem oluşturur.

4. KANAT DÜZENLEMESİNDE OPTİMUM AÇI

Optimum açı, akım alanında kanatların oluşturduğu en güçlü sekonder sirkülasyondaki açı olarak tanımlanmıştır. Bunun için diğer açılardaki akımın analizini araştırmak yerine, sekonder sirkülasyonun toplam en düşük etkisinin belirlenmesi yoluna gidilir.

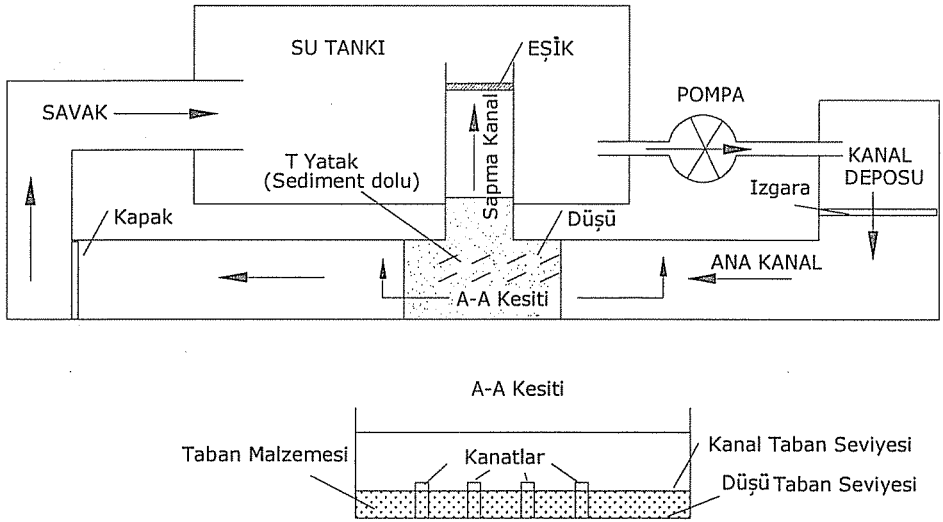
Bunun için de temsili nicelik olarak nehir mansabındaki enkesit alanında oluşan kinetik momentum seçilir. Kinetik momentum, momentum tanjantının, belirlenmiş bir orijine radyal uzaklığın çarpımıyla elde edilir. İdeal yaklaşım açısının diğer bir tanımı da herhangi bir enine kesit alanında kinetik momentumu maksimum yapan açı olarak ifade edilir. Marelius ve Sinha, optimum açının tayini için yaptıkları dört grup çalışmada yaklaşım açılarını 25, 36, 45 ve 57 derece olarak kullanılmışlardır (3). Yapılan deneysel çalışmalarda alınan ölçümler değerlendirilerek, optimum yaklaşım açısının tayininde kullanılan, tutarlı bir çevrıntinin varlığını ifade ederek, çevrıntinin merkezinde kinetik momentum değerlerini elde etmişlerdir (Şekil 3). Yaptıkları çalışma sonucu elde edilen Şekil 3 deki momentum değerleri arasındaki kıyaslamadan, optimum yaklaşım açısının 36°~45° derece arasında olduğu görülmekte ve lineer enterpolasyon ile yaklaşım açısının optimum değerinin 40 derece civarında olduğu anlaşılmaktadır (6). Bu çalışmada da yaklaşım açısının optimum değerini belirleyebilmek gayesiyle kanatlar akımla 0°, 20°, 40° ve 60° açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ve deneyler yapılmıştır.



Şekil 3. Yaklaşım açısına göre momentum değişimi.

5. DENEY DÜZENEGİ

Deneylerin yapıldığı açık kanalın çalışır toplam boyu 320 cm olup olup sapma kanal ile ana kanal başlangıcı arası mesafe 150 cm ve sonrası ayarlanabilir kapağa kadar 150 cm uzunluktadır. Tüm kanal için yükseklik 25 cm' dir. Ana kanal genişliği 25 cm ve sapma kanal genişliği 20 cm, uzunluğu 100 cm dir. Batık kanatların yerleştirildiği T yatak 10 cm derinlikte olup bu kısım 0-8 mm malzeme ile doldurulmuştur (Şekil 4). Deney sonrası düşü içerisinde kalan suyun boşalmasını sağlamak için tabana drenaj vanası yerleştirilmiştir. Oluşturulan düşü ana kanal içerisinde toplam 70 cm, sapma kanalda ise 20 cm' den oluşmaktadır. Taban hareketini sağlamak için T kısmı yerleştirilen kanatlar 2 mm demir sacdan olup, 4 cm genişlik ve 12 cm yüksekliğindedir. Kanala basılacak olan su 200x80x80 cm ölçülerindeki su tankından sağlanmaktadır.



Şekil 4. Deney düzeneği.

Tankdan kanala 10 BG' lik pompa ile kanalın deposuna gelen su kanal içerisinde geçtikten sonra ikiye ayrılıp bir kısmı sapma kanala geçip sonuna yerleştirilen eşığı aşır doğrudan su tankına boşalmakta, ana kanalda devam eden su ise kanal sonundaki düşü sonrası savak içerisine akmakta ve oradan tekrar su tankına boşalmaktadır.

6. DENEYİN YAPILIŞI

Ana kanal debisi pompanın basma hattına yerleştirilen venturimetre ile ölçülmektedir. Pompayla bağlantılı vana açılarak istenilen debi ayarlanır. Kanal deposuna giren akım ızgaralardan geçirilerek sakınleştirilir ve ana kanala verilir. Ana kanal içerisine giren akım T kısmına geldiğinde ikiye ayrılır. Sapma kanal içerisindeki akım hızını düşürmek gagesiyle son kısmına yerleştirilen eşik, suyun kabarmasını

sağlamakta ve hızı düşürmektedir. Deneylerde ana kanala verilen debi 2.5 l/s'dir. Ana kanal sonunda yer alan ayarlanabilir kapak yükseltilerek akımın sapma kanal içerisine yönlendirilmesi sağlanmıştır. Ana kanal sonunda savaklanan debini ölçümünden sapma kanal debisinin 1.8 l/s (ana kanal debisinin %70) olduğu belirlenmiştir. Deneylerde ana kanal ve sapma kanal içerisinde akım derinliği 10 cm civarında olup Froude sayısı ana kanal için (Fr), 0.11 ve sapma kanal için 0.09 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tüm deneylerde ana kanal debisi ve sapma kanal debisi sabit tutulmuştur. Kanatlar zemin yüzeyinden 2 cm yukarıda, su içerisinde batık olacak şekilde yerleştirilmiştir. Taban sediment hareketini yönlendirmede kullanılan kanatlar, aralarındaki mesafe kanal doğrultusunda 10 cm, kanala dik doğrultuda ise 6 cm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Ana kanalda kanatlar dik doğrultuda iki sıra ve yatay doğrultuda ise dört sıra halinde 0° , 20° , 40° ve 60° olarak belirlenen açılarda yerleştirilmiştir.



Şekil 5. –Ana kanal membasından T yatağının taban görüntüsü

Belirlenen her açı için kanal debileri değişmeyecek şekilde vana ve ayarlanabilir kapak düzenlendikten sonra pompa çalıştırılmış ve kanala su verilmiştir. Her açı için deney toplam 1.5 saat sürmekte olup çekilen fotoğraflar Şekil 5 ve Şekil 6' da sunulmuştur. Şekil 5' te ana kanalın membasından çekilen fotoğraflardan T yatağta sapma kanalının akım yönünde sağ tabanında malzemenin görüntüsünden 0° , 20° ve 60° için oyulma net olarak gözlenebilirken 40° lik kanatların olduğu kısımda tabanda oyulma hemen hemen hiç farkedilememekte, yani diğer üç açıda taban malzemesi

sapma kanaldan içeri taşınırken 40° lik kanatta bu gözlenememektedir. Şekil 6'da ise kanatların sapma kanal tarafında gözlenen birikmeler taban malzemesinin taşınımının sapma kanal yönünde olduğunu net olarak gösterirken, yığılmanın yine en az 40° lik kanat civarında olduğu görülmektedir. Kanatlar etrafında oyulma olması zaten kesin beklenen bir durumdur. Ancak burada önemli olan açının artmasıyla büyüyen çevrintilerin yığılmayı sürekli artırması gerekirken, sapma kanalının olması dolayısıyla 40° lik kanatta 60° lik kanata göre daha az yığılma meydana gelmiştir.



Şekil 6. – Sapma kanal membasından T yatağının taban görüntüsü

7. SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile batık kanatlarla sediment yönetimi hakkında bilgi sunmak ve optimum yaklaşım açısı değeri teyid edilmek istenmiştir. Kanatların akımda oluşturduğu ilave çevrintilerin, kanat yüksekliğine ve kalınlığına bağlı olmakla birlikte, yatakta oyulmalara sebep olduğu gözlenirken yaklaşım açılarının farklı olmasının da bu oyulmalarda farklılıklara sebep olduğu görülmüştür. Kanat uygulamasının su alma yapısına yönlenen akım için bir güzergâh sağlayarak sediment girişini azalttığı tespit edilmiştir. Çalışmada kanal uzunluk ve genişliğinin küçük olması dolayısıyla komşu kanatlarda meydana gelen çevrintilerin etkisi belirlenememiştir. Şekil 5 ve 6'da yaklaşım açısının 40 derece olması durumunda sapma kanala sediment taşınımının daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda batık kanatların su alma yapılarına

taban malzemesinin girişinin önlenmesinde etkili olduğu ve farklı açılarda yerleştirilen kanatlardaki yaklaşım açısının önemli bir parametre olduğu gözlenmiştir.

8. KAYNAKLAR

1. Odgaard,A.J., Wang,Y., "Sediment Management with Submerged Vanes I: Theory", *Journal of Hydraulic Engineering, A.S.C.E., Vol. 117, pp.267-283, 1991.*
2. Odgaard,A.J., Wang,Y., "Sediment Management with Submerged Vanes II: Applications", *Journal of Hydraulic Engineering, A.S.C.E., Vol.117, pp. 284-302, 1991.*
3. Marelius,F., Sinha,S.K., "Experimental Investigation of Flow Past Submerged Vanes", *Journal of Hydraulic Engineering, A.S.C.E., Vol.124, pp. 542-545, 1998.*
4. Wang,Y., Odgaard,A.J., Melville,B.W., Jain,S.C., "Sediment Control at Water Intakes", *Journal of Hydraulic Engineering, A.S.C.E., Vol.122, pp. 353-356, 1996.*
5. Barkdoll,B., "Experimental Investigation of Flow Past Submerged Vanes", *Discussion, Journal of Hydraulic Engineering, A.S.C.E., pp. 896-898, 1999.*
6. Marelius,F., Sinha,S.K., "Experimental Investigation of Flow Past Submerged Vanes", *Closure, Journal of Hydraulic Engineering, A.S.C.E., pp.898-899, 1999.*

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA DEĞİŞİK DİZAYN YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İsmail KILIÇ

Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, Adana'da bulunan 280 m² iki katlı bir villa için yer kaynaklı ısı pompası sistemi tasarlanmıştır. Sistem, hem ısıtma hem de soğutma işlemini gerçekleştirmektedir. Isı yalıtım, ısı kaybı ve ısı kazancı hesapları yapılarak fan-coil ve ısı pompası tipleri seçilmiş ve boru çapları belirlenmiştir. Toprak ısı değiştiricisinin boyu iki farklı yöntem ile tespit edilmiş ve son olarak sistemin maliyet hesabı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak Kaynaklı Isı Pompası, Isı Kazancı, Isı Kaybı, Maliyet Analizi, Isı Değiştirici

EVALUATION OF DIFFERENT DESIGN METHODS FOR GROUND SOURCE HEAT PUMPS

ABSTRACT : In this study, a ground source heat pump system is designed for a 280 m² doublex villa which is located in Adana. The system can carry out heating and cooling simultaneously. Firstly, the heat insulation, heat loss and heat gain calculations are carried out, the heat pump and fan-coil types are chosen and pipe diameters are determined. The ground heat exchanger's length is determined with two different methods for the model building and lastly the cost of the system is calculated.

Key Words: Ground Source Heat Pump, Heat Loss, Heat Gain, Cost Analysis, Heat Exchanger

1. GİRİŞ

Yakın geçmişte ve günümüzde, enerji teminindeki sorunlar ve enerji tüketimi ile birlikte ortaya çıkan çevre kirliliğinin gün geçtikçe artan boyutları, mevcut kaynakların iyi değerlendirilmesini ve mümkün olduğunca ekonomik kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle 1970'li yıllarda ardı ardına gelen iki petrol krizinden sonra, sanayileşmiş ülkeler enerji tasarrufu sağlamaya ve çevre kirliliğini azaltmaya yönelik teknolojilerin oluşturulması ve geliştirilmesi çalışmalarına ağırlık vermişlerdir. Tasarımları sanayileşme sürecinin başladığı yıllara dayanan bazı cihazlar, karşılaşılan enerji ve çevre kirliliği sorunları nedeni ile hızla geliştirilerek ticari hale getirilmiştir. Bunlara tipik örneklerden birisi de yer kaynaklı ısı pompalarıdır. Yer kaynaklı ısı pompalarının faydaları ilk olarak 1912 yılındaki İsviçre patenti ile tanıtılmıştır. Daha sonra, termodinamik yararı, ısı kaynağı olarak toprağa gömülen metal serpantinler içinde salamura dolaştırılarak, 1940'lı yıllarda çarpıcı şekilde gösterilmiştir. Serpantin korozyon sorunları, toprak serpantinlerini kullanışsız hale getirmiştir ve hava kaynaklı ısı pompalarının gelişimini zorlaştırmıştır. Daha sonra plastik borular kullanılarak korozyon sorunlarının üzerinden gelinmiş ve yer kaynaklı ısı pompaları üzerine araştırmalar hızlanmıştır(1).

Amerika'da yer kaynaklı ısı pompalarına olan ilgi 1940–1950 yıllarında başlamıştır. Fakat o zamanlar, teknoloji; uygun olmayan boru malzemeleriyle sınırlı idi. Bunun yanında pahalı olmayan doğal gaz nedeni ile ısı pompalarına olan ilgi azalmıştır. Teknoloji, petrol krizi süresince İsveç'te tekrar canlanmış ve birkaç yıl sonra, Oklahoma State Üniversitesi'nde bir araştırma programı başlatılmıştır(2). Bu gelişmelere paralel olarak 1988 yılında İsveç'te 134000 yer kaynaklı ısı pompası olduğu bildirilmektedir(3).

Bu çalışmada, toprak kaynaklı bir ısı pompasının tasarımı, ısı değiştirgeci için boru uzunluğu tespitinde kullanılan farklı iki yöntem göz önüne alınarak yapılmış ve sistemin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemini uygulamaya başlamadan önce sistemin ekonomik olması açısından öncelikle binanın ısı yalıtım hesabı TS 825'e göre yapılmıştır. Daha sonra binanın ısı kaybı ve ısı kazancı hesapları yapılmış ve ısı kaybı (\dot{Q}_h) değeri 11597 W, ısı kazancı (\dot{Q}_c) değeri ise 18056 W olarak bulunmuştur.

Isı kazancı değeri ısı kaybından daha fazla çıktığı için ısı pompası seçimi soğutma kapasitesine göre yapılmıştır. Isı pompası olarak VIESSMANN firmasına ait VITOCAL 300 BW 220 seçilmiştir. Seçilen ısı pompasının teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

$$Q_c, \text{ ısı pompası} = 21,4 \text{ kW} \quad \dot{W}_c = 4100 \text{ W} \quad \text{COP}_c = 5,8$$

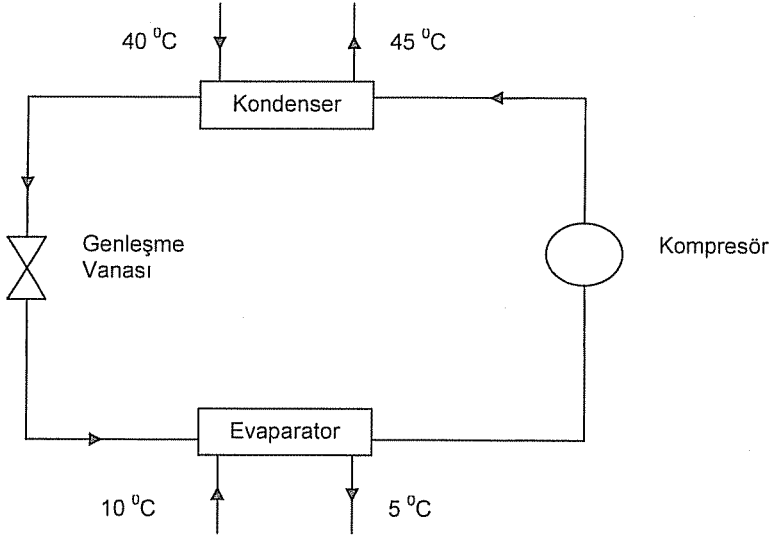
$$Q_h, \text{ ısı pompası} = 27,2 \text{ kW} \quad \dot{W}_h = 6300 \text{ W} \quad \text{COP}_h = 4,2$$

Seçilen ısı pompasının soğutma ve ısıtma çevrimleri Şekil-1 ve Şekil-2'de verilmiştir. Şekil-1'deki ısıtma sezonunda gerçekleşen ısı transferi miktarı (\dot{Q}_{evap}) Eşitlik-(1) ile hesaplanmış ve 5297 W olarak bulunmuştur.

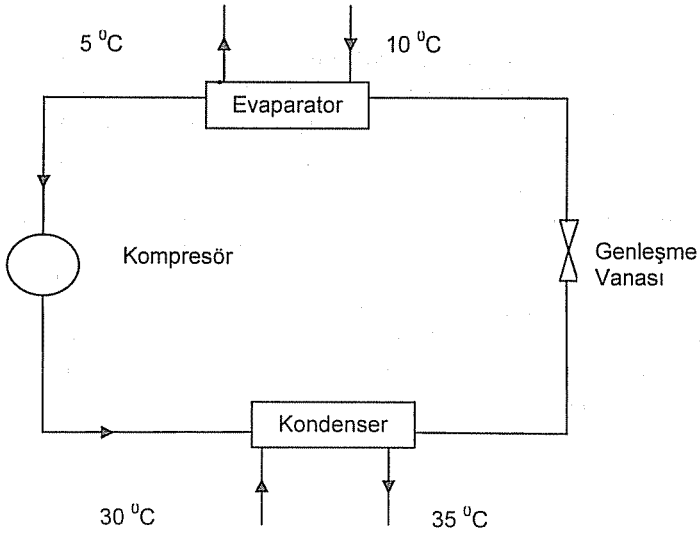
$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{evap}} &= \dot{Q}_h - \dot{W}_h \\ \dot{Q}_{\text{evap}} &= 11597 - 6300 = 5297 \text{ W} \end{aligned} \quad (1)$$

Şekil-2'deki soğutma sezonunda gerçekleşen ısı transferi miktarı (\dot{Q}_{evap}) ise Eşitlik-(2) ile hesaplanmış ve 22156 W olarak bulunmuştur.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{evap}} &= \dot{Q}_c - \dot{W}_c \\ \dot{Q}_{\text{evap}} &= 18056 - 4100 = 22156 \text{ W} \end{aligned} \quad (1)$$



Şekil-1. Isıtma Çevrimi



Şekil-2. Soğutma Çevrimi

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi tasarımında önemli adımlardan birisi de toprak ısı değiştiricisinin boyutlandırılmasıdır. Bu çalışmada uzun ve kısa yöntem olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.

2.1. Uzun Yöntem

Uzun yöntem olarak adlandırılan bu yöntemde toprak ısı değiştiricisi boyu soğutma ve ısıtma sezonları için Eşitlik-(3) ve Eşitlik-(4) ile hesaplanmaktadır(4).

$$L_h = \dot{Q}_{\text{evap}} \frac{\frac{\text{COP}_h - 1}{\text{COP}_h} (R_p + R_g \times F_h)}{T_L - T_{\text{min}}} \quad (3)$$

$$L_c = \dot{Q}_{\text{con}} \frac{\frac{\text{COP}_c - 1}{\text{COP}_c} (R_p + R_g \times F_c)}{T_{\text{max}} - T_H} \quad (4)$$

$$F_c = \frac{\dot{Q}_c}{2 \times Q_{c,\text{ısı pompası}}} \quad (5)$$

$$F_h = \frac{\dot{Q}_h}{2 \times Q_{h,\text{ısı pompası}}} \quad (6)$$

Eşitlik-(3) ve (4)'deki ısıtma ve soğutma sezonlarındaki ısı transfer miktarları Eşitlik-(1) ve (2)'de hesaplanmış ve 5297 W ve 22156 W olarak bulunmuştu. Boru direnci değeri 1½" Polietilen SCH-40 boru için Tablo-1'den 0,068 m⁰C /W olarak seçilmiştir. Toprak direnci değeri de nemli, ağır toprak ve 3-5 feet derinlik değerleri için Tablo-2'den 0,688 m⁰C /W olarak seçilmiştir. Adana için maksimum ve minimum toprak sıcaklık değerleri 27 ⁰C ve 13 ⁰C olarak belirlenmiş olup ısı pompasının maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ise Wiessmann firmasının teknik katalogundan 35 ⁰C ve 5 ⁰C olarak belirlenmiştir. Soğutma ve ısıtma çalışma faktörü değerleri Eşitlik-(5) ve (6) ile hesaplanmış ve 0,213 ve 0,422 olarak bulunmuştur. Son olarak toprak ısı değiştiricisi boyu Eşitlik-(3) ve (4) ile ayrı ayrı hesaplanmış ve ısıtma sezonu için 108 m, soğutma sezonu için ise 1164 m olarak bulunmuştur. Soğutma sezonu için hesaplanan ısı değiştiricisi boyu daha büyük çıktığı için bu değer ısı değiştiricisi boyu olarak seçilmiştir.

Tablo 1. Boru Direnci Değerleri (m^0C / W)

Diameter	Rp (Yatay) / Rp (Dikey)			
	PE SCH-40	PE SDR-11	PB SDR-17	PB SDR-13.5
3/4"	0,098/0,067	0,083/0,055	0,092/0,064	0,116/0,081
1"	0,09/0,063	0,083/0,055	0,092/0,064	0,116/0,081
1 1/4"	0,075/0,051	0,083/0,055	0,092/0,064	0,116/0,081
1 1/2"	0,068/0,046	0,083/0,055	0,092/0,064	0,116/0,081
2"	0,057/0,039	0,083/0,055	0,092/0,064	0,116/0,081

Tablo 2. Toprak Direnci (m^0C / W)

Rg (Ağır Toprak-Nemli)											Rg Kaya
Rg (Ağır Toprak-Kuru veya Hafif Toprak-Nemli)											Az Nemli
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
3/4	0,59	0,613	0,63	0,642	0,757	0,792	1,185	1,243	1,22	1,22	0,34
	0,796	0,832	0,85	0,861	1,023	1,064	1,59	1,653	1,647	1,462	0,61
1	0,561	0,59	0,601	0,613	0,728	0,763	1,156	1,214	1,197	1,064	0,32
	0,763	0,792	0,809	0,821	0,983	1,023	1,665	1,613	1,607	1,428	0,58
1	0,532	0,561	0,572	0,584	0,705	0,734	1,133	1,185	1,168	1,035	0,31
1/4	0,723	0,757	0,775	0,786	0,942	0,983	1,509	1,572	1,659	1,387	0,55
1	0,514	0,543	0,561	0,566	0,688	0,723	1,11	1,168	1,15	1,017	0,30
1/2	0,699	0,734	0,751	0,763	0,919	0,96	1,486	1,549	1,543	1,364	0,54
2	0,491	0,514	0,532	0,543	0,659	0,694	1,087	1,154	1,121	0,988	0,28
	0,665	0,694	0,717	0,728	0,884	0,925	1,451	1,514	1,509	1,324	0,51

2.2. Kısa Yöntem

Kısa yöntem olarak adlandırılan bu yöntemde toprak ısı değiştiricisi boyu soğutma ve ısıtma sezonları için Eşitlik-(7) ve Eşitlik-(8) ile hesaplanmaktadır(5).

$$L_{hi} = \frac{\dot{Q}_{evap}}{U \cdot x \cdot \Delta T_h} \quad (7)$$

$$L_c = \frac{\dot{Q}_{con}}{U \cdot x \cdot \Delta T_c} \quad (8)$$

$$U = \frac{2\pi}{R_g + R_p} \quad (9)$$

$$\Delta T_h = T_L - \frac{T_{ih} + T_{oh}}{2} \quad (10)$$

$$\Delta T_c = \frac{T_{ic} + T_{oc}}{2} - T_H \quad (11)$$

Eşitlik-(9) ile hesaplanan ısı transfer katsayısı $8,3 \text{ W / m}^2\text{C}$ olarak bulunmuştur. Isıtma ve soğutma sezonlarında gerçekleşen sıcaklık farkı Eşitlik-(10) ve (11) ile hesaplanmış ve her ikisinde de bu değer $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak bulunmuştur. Son olarak toprak ısı değiştiricisi boyu Eşitlik-(7) ve (8) ile ayrı ayrı hesaplanmış ve ısıtma sezonu için 116 m , soğutma sezonu için ise 485 m olarak bulunmuştur. Soğutma sezonu için hesaplanan ısı değiştiricisi boyu daha büyük çıktığı için bu değer ısı değiştiricisi boyu olarak seçilmiştir.

Şimdiye kadar yapılan hesaplarda kondenser giriş ve çıkış sıcaklıkları ısıtma sezonunda $40\text{--}45 \text{ }^\circ\text{C}$, soğutma sezonunda ise evaporatör giriş ve çıkış sıcaklıkları $10\text{--}5 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmişti. Aynı zamanda maksimum ve minimum toprak sıcaklıkları ise $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $13 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmişti. Toprak ısı değiştiricisinin boyunun farklı toprak, kondenser ve evaporatör giriş-çıkış sıcaklıklarında nasıl değiştiğini görebilmek için bu değerler değiştirilerek hesaplamalar tekrar yapılmıştır. Öncelikle kondenser giriş ve çıkış sıcaklıkları sabit tutulmuş, toprak sıcaklıkları değiştirilmiştir. Daha sonra ısıtma sezonu için kondenser giriş ve çıkış sıcaklıkları $40\text{--}50 \text{ }^\circ\text{C}$, soğutma sezonu için evaporatör giriş ve çıkış sıcaklıkları $5\text{--}0 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler için aynı tip ısı pompası kullanılabilir. Ancak ısı pompasının ısıtma, soğutma, elektrik ve performans değerleri değişmektedir. Değişen değerler aşağıda verilmiştir.

$$Q_{c, \text{ısı pompası}} = 18,2 \text{ kW} \quad \dot{W}_c = 4200 \text{ W} \quad \text{COP}_c = 5,2$$

$$Q_{h, \text{ısı pompası}} = 26,5 \text{ kW} \quad \dot{W}_h = 7000 \text{ W} \quad \text{COP}_h = 3,8$$

Yukarıda belirtilen hesaplamaların sonuçları Tablo-3'de verilmiştir.

Tablo-3. Toprak Isı Değiştiricisi Boyu Hesap Sonuçları

Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları		Maksimum ve Minimum Toprak Sıcaklıkları	Uzun Yöntem Sonuçları	Kısa Yöntem Sonuçları
Isıtma Sezonu	Soğutma Sezonu	27 °C – 13 °C	L _h = 108 m L _c = 1164 m	L _h = 116 m L _c = 485 m
		27 °C – 10 °C	L _h = 173 m L _c = 1164 m	L _h = 255 m L _c = 485 m
Kondenser (40 – 45 °C)	Kondenser (30 – 35 °C)	24 °C – 10 °C	L _h = 173 m L _c = 846 m	L _h = 255 m L _c = 314 m
		24 °C – 13 °C	L _h = 108 m L _c = 846 m	L _h = 116 m L _c = 314 m
Evaporatör (10 – 5 °C)	Evaporatör (5 – 10 °C)	27 °C – 13 °C	L _h = 93 m L _c = 1357 m	L _h = 101 m L _c = 487 m
		27 °C – 10 °C	L _h = 148 m L _c = 1357 m	L _h = 221 m L _c = 487 m
Isıtma Sezonu	Soğutma Sezonu	24 °C – 10 °C	L _h = 148 m L _c = 987 m	L _h = 221 m L _c = 315 m
		24 °C – 13 °C	L _h = 93 m L _c = 987 m	L _h = 101 m L _c = 315 m

2.3. Maliyet Hesabı

Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin maliyet hesabı “Bir Değere Getirilmiş Maliyet Yöntemi” ile yapılmıştır (4).

Sistemde kullanılan malzemelerin fiyatları Tablo-4’de verilmiştir. Kullanılan malzemelerin fiyatlarının toplamı, sistemin toplam ilk yatırım maliyetini vermektedir. Uzun ve kısa yöntemlerle hesaplanan ısı değiştiricisi boyunun farklı olması nedeni ile toplam ilk yatırım maliyeti hem uzun hem de kısa yöntem için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$AF = \frac{(1 + i)^n \times i}{(1 + i)^n - i} \quad (12)$$

$$C_A = I_A \times AF \quad (13)$$

$$(I_{OM})_{PW} = \frac{(C_{OM})_{PW} \times [1 - (1 + e_f)^n \times (1 + i)^{-n}]}{(i - e_f)} \quad (14)$$

$$C_{OM} = (I_{OM})_{PW} \times AF \quad (15)$$

$$C_T = C_A + C_{OM} \quad (16)$$

Tablo-4. Sistemde Kullanılan Malzemelerin Fiyatları

MALZEMELER	FİYAT (Uzun Yöntem)	FİYAT (Kısa Yöntem)
Isı Pompası	11198 €	11198 €
Isı Değiştiricisi	3293 €	1955 €
Genleşme Tankı	29 €	29 €
Fan Coil	3040 €	3040 €
Bina İçi Borulama	800 €	800 €
TOPLAM (I_A)	18360 €	17022 €

Eşitlik-(12)'deki amortisman faktörü hesabında yıllık nominal faiz oranı %8, toplam sistem ömrü 15 yıl olarak belirlenmiştir. Hesaplamanın sonucunda amortisman faktörü 0,11683 olarak bulunmuştur. Eşitlik-(13) ile hesaplanan ilk yatırım yıllık maliyeti uzun yöntem sonuçlarına göre 2145 €, kısa yöntem sonuçlarına göre ise 1989 € olarak bulunmuştur.

Bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyetinin hesabını yapmak için yıllık bakım ve elektrik maliyetlerinin toplanması gerekmektedir. Isı pompasının harcadığı yıllık elektrik enerjisi 16260 kWh'dır. Elektriğin 1 kW'ının değeri 0,09 € olduğundan dolayı toplam elektrik maliyeti 1463 €'dur. Yıllık bakım maliyeti ise ilk yatırım maliyetinin %5'i olarak belirlenebilmektedir. Bu değer uzun yöntem sonuçlarına göre 918 €, kısa yöntem sonuçlarına göre ise 851 € olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyeti uzun yöntem sonuçlarına göre 2381 €, kısa yöntem sonuçlarına göre ise 2314 € olarak bulunmuştur.

Eşitlik-(14) ile hesaplanan bugünkü koşullarda toplam işletme maliyetinin hesabı yapılırken eskalasyon faktörü %4 olarak alınmıştır ve bu değer uzun yöntem sonuçlarına göre 25730 €, kısa yöntem sonuçlarına göre ise 25006 € olarak bulunmuştur.

Yıllık işletme maliyeti Eşitlik-(15)'de görüldüğü gibi bugünkü koşullarda toplam işletme maliyeti ile amortisman faktörünün çarpılması ile hesaplanır. Bu değer uzun yöntem sonuçlarına göre 3006 €, kısa yöntem sonuçlarına göre ise 2921 € olarak bulunmuştur.

Sistemin yıllık toplam maliyeti ise Eşitlik-(16) ile hesaplanır. Bu değer ise uzun yöntem sonuçlarına göre 5151 €, kısa yöntem sonuçlarına göre 4910 € olarak bulunmuştur.

Uzun ve kısa yöntemler için yapılan maliyet hesaplarının sonuçları Tablo-5'de verilmiştir.

Tablo-5. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Maliyeti

SEMBOL	TKIP Sistemi (Uzun Yöntem Sonuçlarına Göre)	TKIP Sistemi (Kısa Yöntem Sonuçlarına Göre)
I_A	18360	17022
C_A	2145 €/yıl	1989 €/yıl
$(C_{OM})_{PW}$	2381 €/yıl	2314 €/yıl
$(I_{OM})_{PW}$	25730	25006
C_{OM}	3006 €/yıl	2921 €/yıl
C_T	5151 €/yıl	4910 €/yıl

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminde ısı kaynağının çok iyi bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Çünkü toprak direnci, yıllık ortalama toprak sıcaklığı ve toprak tipi maliyeti etkileyen önemli hususlardır.

Bu çalışmada, öncelikle ısıtma sezonunda kondenserin giriş ve çıkış sıcaklıkları 40°C - 45°C , soğutma sezonunda ise evaporatörün giriş ve çıkış sıcaklıkları $10-5^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Adana ili için maksimum ve minimum toprak sıcaklıkları 27°C ve 13°C olarak belirlenmiş ve ısı değiştiricisi boyu iki ayrı yöntemle hesaplanmıştır. Uzun yöntemle yapılan hesaplamaların sonucunda ısı değiştiricisi boyu ısıtma mevsimi için 108 m, soğutma mevsimi için ise 1164 m olarak bulunmuştur. Kısa yöntemle yapılan hesaplamaların sonucunda ise, ısı değiştiricisi boyu ısıtma mevsimi için 116 m, soğutma mevsimi için 485 m olarak bulunmuştur. Daha sonra tüm değerler sabit tutulup minimum toprak sıcaklığı 10°C olarak değiştirilmiştir. Yapılan hesaplamalarda ısı değiştiricisi boyunun ısıtma sezonu için arttığı, soğutma sezonu için ise değişmediği görülmüştür.

Daha sonra maksimum ve minimum toprak sıcaklıkları 24°C ve 13°C olarak alınmıştır. Bu hesaplamada ise ısı değiştiricisi boyunun ısıtma sezonu için değişmediği, soğutma sezonu için ise azaldığı görülmüştür.

Son olarak maksimum ve minimum toprak sıcaklıkları 24°C ve 10°C olarak alınmıştır. Hesaplama sonucunda ise ısı değiştiricisi boyunun ısıtma sezonu için arttığı, soğutma sezonu için ise azaldığı görülmüştür.

Daha sonra kondenser giriş ve çıkış sıcaklıkları $40-50^{\circ}\text{C}$, evaporatör giriş ve çıkış sıcaklıkları ise $5-0^{\circ}\text{C}$ olarak değiştirilmiş ve yapılan hesaplamalarda aynı sonuçlar görülmüştür.

Yapılan hesaplamalara göre, toprak sıcaklığı soğutma sezonunda düşük olduğu takdirde toprağa transfer edilen ısı miktarı yüksek olacaktır. Aynı nedenden dolayı toprak sıcaklığı ısıtma sezonunda yüksek olduğu takdirde topraktan transfer edilen ısı miktarı yüksek olacaktır. Böylece toprak ısı değiştiricisi boyu azalacaktır. Buna bağlı olarak da sistemin yıllık toplam maliyeti azalacaktır.

Uzun ve kısa yöntemlerle hesaplanan ısı değiştiricisi boylarında çok büyük farklılıklar görülmüştür. Uzun yöntemde performans katsayısı (COP) ve çalışma faktörü (F) değerleri kullanılmıştır. Fakat bu değerler kısa yöntemde kullanılmamıştır. Ayrıca

uzun yöntemde ısı pompasının maksimum ve minimum sıcaklık değerleri kullanıldığı halde kısa yöntemde kondenserin giriş ve çıkış sıcaklıklarının ortalaması kullanılmıştır.

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi, ilk yatırım maliyetinin diğer sistemlere göre daha fazla olmasına rağmen düşük fosil yakıt kullanımı, basit dizaynı, bakımı ve kullanımı, küçük mekanik odaları, sıcak su kullanımı, gürültüsüz çalışması ve en önemlisi çevre dostu olması sebebi ile kullanılmalıdır.

Toprak kaynaklı ısı pompası istemleri yurt dışında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde yaygın olmayan bu sistemin kullanılmasını yaygınlaştırmak için çalışmalara önem vermemiz gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda özellikle sistemin toplam maliyetinin nasıl düşürülebileceği konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

4. SONUÇ

Toprak ısı değiştiricisi boyu iki yöntemle hesaplanarak sistemin yıllık toplam maliyet hesabı yapılmıştır. Soğutma sezonu için hesaplanan toprak ısı değiştiricisinin boyu ısıtma sezonu için hesaplanan değerden çok daha uzun çıkmıştır. Bu nedenden dolayı toprak ısı değiştiricisi boyu soğutma sezonuna göre seçilmiştir.

Sonuçlara göre sistemin ilk yatırım maliyetinin diğer sistemlere göre çok daha pahalı olduğu görülmüştür. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen enerji kaynaklarının hızla tükenmesi göz önüne alındığında sisteme gereken önemin verilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği net bir biçimde görülmektedir.

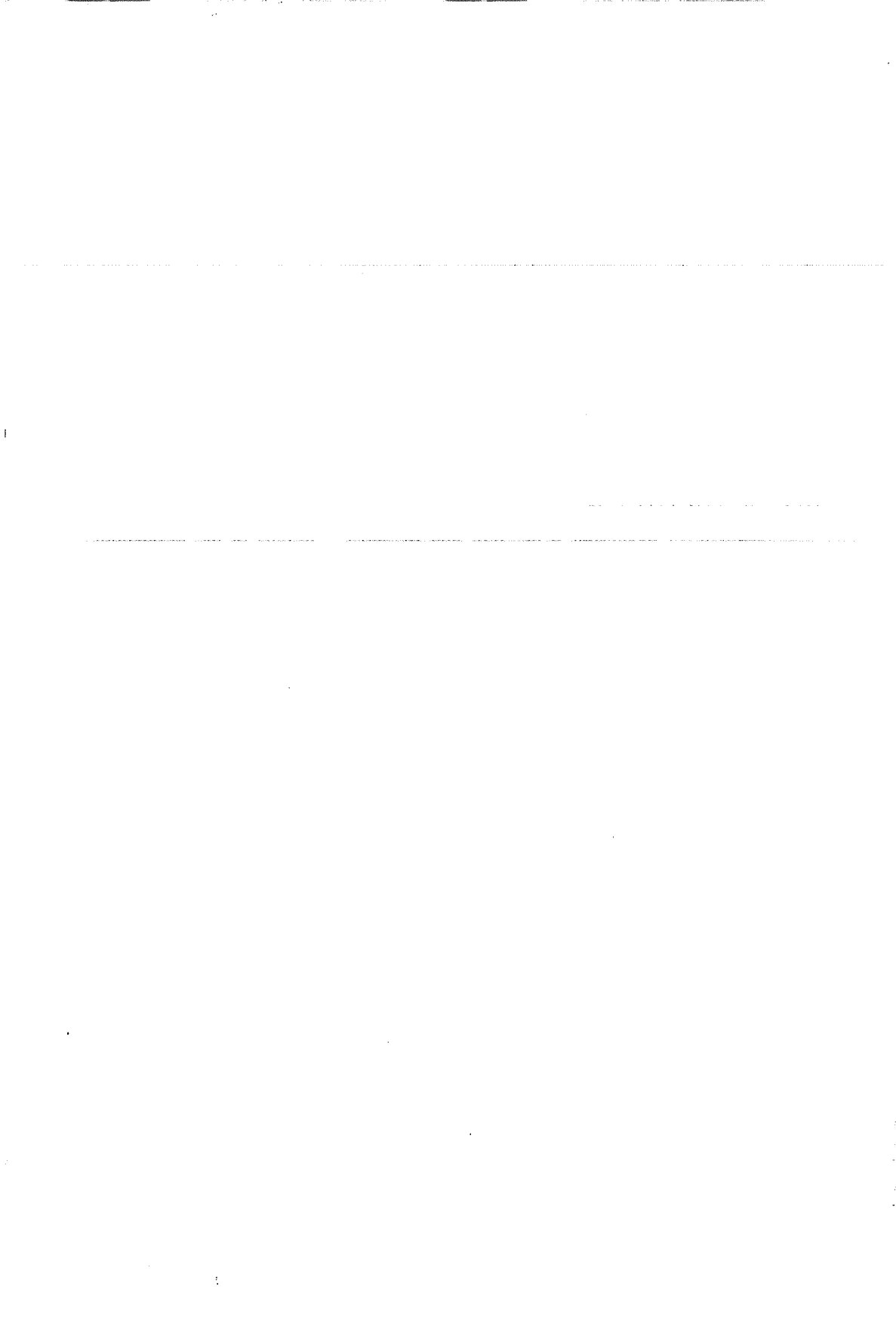
5. SEMBOLLER

AF	: Amortisman faktörü
C_A	: İlk yatırım yıllık maliyeti
C_{OM}	: Yıllık işletme maliyeti
$(C_{OM})_{PW}$: Bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyeti
COP_c	: Soğutma performans katsayısı
COP_h	: Isıtma performans katsayısı
C_T	: Yıllık toplam maliyet
e_f	: Eskalasyon faktörü
F_c	: Soğutma çalışma faktörü
F_h	: Isıtma çalışma faktörü
I_A	: Toplam ilk yatırım maliyetini
$(I_{OM})_{PW}$: Bugünkü koşullarda toplam işletme maliyeti
i	: Yıllık nominal faiz oranı
L_c	: Boru uzunluğu, soğutma
L_h	: Boru uzunluğu, ısıtma
n	: Sistem ömrü
$Q_{c, ısı pompası}$: Isı pompasının soğutma kapasitesi
$Q_{h, ısı pompası}$: Isı pompasının ısıtma kapasitesi
Q_c	: Örnek binanın ısı kazanç değeri
Q_h	: Örnek binanın ısı kaybı değeri
W_c	: Soğutma için harcanan elektrik gücü
W_h	: Isıtma için harcanan elektrik gücü
R_g	: Toprak Direnci

R_p	: Boru Direnci
T_H	: Maksimum toprak sıcaklığı
T_{ic}	: Isı pompasının soğutmadaki giriş sıcaklığı
T_{ih}	: Isı pompasının ısıtmadaki giriş sıcaklığı
T_L	: Minimum toprak sıcaklığı
T_{max}	: Isı pompasının maksimum toprak sıcaklığı
T_{min}	: Isı pompasının minimum toprak sıcaklığı
T_{oc}	: Isı pompasının soğutmadaki çıkış sıcaklığı
T_{oh}	: Isı pompasının ısıtmadaki çıkış sıcaklığı
U	: Isı transfer katsayısı
ΔT_h	: Isıtma sezonundaki sıcaklık farkı
ΔT_c	: Soğutma sezonundaki sıcaklık farkı

6. KAYNAKLAR

1. Couvillion, R.J., "Field and Laboratory Simulation of Earth Coupled Heat Pump Coils", 91:1326-1334, 1985.
2. Hughes, P.J., Loomis, L., O'neil, R.A. and Rizzuto, J., "Results of the Residential Earth-Coupled Heat Pump Demonstration in Upstate New York", ASHRAE Transactions, 91:1307-1325, 1985.
3. Sulatisky, M.T. and Van Der Kamp, G., "Ground-Source Heat Pumps in the Canadian Prairies", ASHRAE Transactions, 97: 374-385, 1991.
4. Kincay, O., Temir, G., "Toprak ve Hava Kaynaklı, Isı Pompalı Sistemlerin Ekonomik İncelenmesi", Tesisat Mühendisliği, 44(68): 31-37, 2002.
5. Günerhan, H., Ülgen, K. and Hepbaşı, A., "Jeotermal (Toprak Kaynaklı) Isı Pompalarında Toprak ısı Değiştiricisinin Tasarımı: Ege Üniversitesi Uygulaması", 13. Ulusal Isı Bildirimi ve Tekniği Dergisi, 21, 1, 18-24, 2001.



SURİYE VE TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN PAMUK LİFLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI İNCELENMESİ

Khalil ALHALABİ ve Emel Ceyhun SABİR
Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

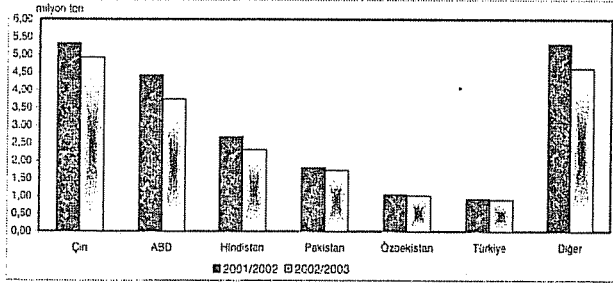
ÖZET : Pamuğun Suriye ve Türkiye ekonomisinde aldığı yer çok önemlidir. Suriye, Türkiye'nin önemli pamuk lifi tedarikçilerinden biridir. Bu çalışmada, 2005-2006 sezonunda her iki ülkeden beş çeşit pamuk numunesi kullanılmıştır. Tüm pamuk numuneleri üzerine standart kalite testleri uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları karşılaştırılarak en iyi sonuç veren pamuk numuneleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

A COMPARABLE INVESTIGATION ON THE PROPERTIES OF COTTON FIBERS PRODUCED IN SYRIA AND TURKEY

ABSTRACT : Cotton has a very important role in the Syrian and Turkish economy. Syria is an important cotton provider for Turkey. In this study, samples of five cotton varieties produced in the season 2005-2006 from both countries were used. The standart quality tests were applied for all samples. By comparing the test results, the samples gave the best test result were trying to be found.

1. GİRİŞ

Dünyada yetiştirilmekte olan pamukların yaklaşık %80-85'i *Gossypium Hirsutum*'a dahil pamuklardır. Suriye ve Türkiye'de üretilen pamukların çoğunluğu bu türün altında sınıflandırılmaktadır. Dünya pamuk üretiminde önde gelen ülkeler ve üretim miktarları Şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. Dünya Pamuk Üretiminde Önde Gelen Ülkeler ve Üretim Miktarları (milyon ton) [1]

1.1. Suriye'de Pamuk Durumu

Pamuk, Suriye tarım ve sanayi sektöründe stratejik bir üründür. 2003/2004 sezonu dikkate alındığında, Suriye %2,6'lık payı ile dünya pamuk ihracatında önemli bir yer almıştır. 2003 yılında üretilen pamuk miktarı 725,000 ton civarında iken 2004 yılında yaklaşık 206,000 hektar dikilerek üretilen miktar 830,000 tona yükselmiştir [2].

Pamuk Suriye'nin güney ve sahil bölge dışında hemen hemen her yerinde ekilebilir. Genellikle Haseke, Deyr Al-Zor, Rakka, Halep, İdlep ve Gap Ovasında geniş alanlarda yetiştirilmektedir. 2002 yılında şehirlere ve diğer yetiştirme alanlarına göre pamuk ekilen alanlar, tahmin edilen üretim ve verimlilik değişimi Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. 2002 Yılında İllere Göre Suriye Pamukları İle İlgili Ekim Alanları, Üretim ve Verimlilik [3].

İller	Tahmin edilen üretim (Ton)	Ekilen Alanlar (Ha)	Verimlilik (Kg/ Ha)
Homs	957	378	2532
Hama	12220	2801	4363
Gap ovası	49350	11903	4146
İdlep	16936	3277	5168
Halep	143248	36721	3901
Rakka	166428	48551	3428
Deyr Al- Zor	75801	22587	3356
Haseke	337238	73555	4585
Toplam	802178	199773	4015

Son yıllarda Suriye'de, pamuk ekim alanlarında önemli bir değişiklik olmamasına karşın, lif veriminde çok büyük artışlar olmuştur. Bu artışın nedeni, yoğun tarımsal ıslah çalışmaları, yeni çeşitlerin üreticiye ulaştırılması (özellikle 1991 yılından itibaren) ve yetiştirme tekniğinin daha bilinçli olarak uygulanmasıdır.

Suriye'de tescil edilen yeni pamuk çeşitleri: Halep 40, Halep 33/1, Rakka 5, Deyr Alzor 22, Halep 90'dır [4].

Çiftçilerden alınan pamuk, çırçırılmadan önce eksperler tarafından göz ile sınıflandırılır. Çırçırılmış pamuk Halep'teki Pamuk Çırçırılama ve Pazarlama Genel Organizasyonu tarafından tekrar sınıflandırılarak pamuk dereceleri elde edilir. Çırçırılmış ve sınıflandırılmış pamuk, balyalar haline getirildiğinde gruplara ayrılır ve her grup (200-250) balyadan oluşur (irsaliye). Her irsaliye içinde bulunan pamuk derecesi aynıdır. Büyük ölçüde pamuk derecesi, lif uzunluğuna, pamuğun temizliğine ve rengine bağlıdır. Unutulmamalıdır ki; Suriye pamuğunun bütünü testereli çırçır (sawgin) pamuğudur. Suriye'de bulunan pamuk dereceleri çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Suriye'de Bulunan Pamuk Dereceleri [5]

Pamuk Derecesi	Lif Uzunluğu						
	$1\frac{5}{32}$ inç	$1\frac{4}{32}$ inç	$1\frac{3}{32}$ inç	$1\frac{2}{32}$ inç	$1\frac{1}{32}$ inç	1 inç	$\frac{15}{16}$ inç
Ekstra	11XXXX	12XXXX	13XXXX	14XXXX	15XXXX	16XXXX	17XXXX
Ekstra-¼	11XXX	12XXX	13XXX	14XXX	15XXX	16XXX	17XXX
Sıfır-ekstra	11XX	12XX	13XX	14XX	15XX	16XX	17XX
Sıfır + ¼	11X	12X	13X	14X	15X	16X	17X
Sıfır	11	12	13	14	15	16	17
Sıfır - ¼	11M	12M	13M	14M	15M	16M	17M
Bir - sıfır	21	22	23	24	25	26	27
Bir + ¼	21M	22M	23M	24M	25M	26M	27M
Bir	31	32	33	34	35	36	37
Bir - ¼	31M	32M	33M	34M	35M	36M	37M
İki - bir	41	42	43	44	45	46	47
İki + ¼	41M	42M	43M	44M	45M	46M	47M
İki - ¼	51	52	53	54	55	56	67
İki - ¼	51M	52M	53M	54M	55M	56M	57M
Üç - iki	61	62	63	64	65	66	67
Üç + ¼	61M	62M	63M	64M	65M	66M	67M
Üç	71	72	73	74	75	76	77
Üç - ¼	71M	72M	73M	74M	75M	76M	77M

Rakamın ilk kısmı (birler basamağı) lif uzunluğuna işaret eder çizelgede görüldüğü gibi ilk kısım bir ile yedi arasında değişir. Rakamın diğer kısmı ise, pamuk temizliği ve renginin hakkında fikir verir. Örneğin; derece 13XXXX olursa; balyanın içindeki lif uzunluğu ($1+3/32$ inç) ve derecesi (ekstra) yüksektir. Başka bir deyişle; en yüksek derecede beyaz renk ve parlaklık gösterir ve yabancı maddesi yok denecek kadar az, çırçırılama hatası bulunmayan kusursuz pamuklardır.

1.2. Türkiye’de Pamuk Durumu

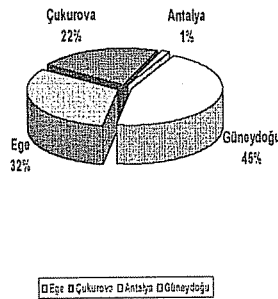
Türkiye’de pamuk tarımında asıl gelişme cumhuriyet dönemi ile başlamıştır. Bu dönemde 1924 yılında Adana, 1934 yılında Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüleri kurulmuştur [6]. Türkiye’de pamuğun yoğun olarak üretildiği bölgeler; Ege, Çukurova, Güney Doğu Anadolu ve Antalya’dır. 2003/04 sezonunda 1980/81 sezonuna göre pamuk verimini %92 oranında artırarak pamuk veriminde dünyanın önde gelen ülkeleri arasında olmuştur. Pamuk veriminde sağlanan gelişmeler ve GAP bölgesinin pamuk tarımına açılması, Türkiye’nin pamuk üretiminin, özellikle son yıllarda artmasına neden olmuştur. Ancak 1990’lı yıllardan itibaren Türkiye üretimi tüketimini karşılayamaz hale gelmiştir [1].

1993/94 ve 2003/04 sezonları arasında, Türkiye’de bölgeler itibarıyla pamuk üretimi ve verimi Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye’de Bölgeler İtibarıyla Pamuk Üretimi (1000 Ton) ve Verimi (Kg/Ha) [7]

Yıllar	Ege Bölgesi		Çukurova		Güneydoğu		Antalya	
	Üretim 000 ton	Verim Kg/ha	Üretim 000 ton	Verim Kg/ha	Üretim 000 ton	Verim Kg/ha	Üretim 000 ton	Verim Kg/ha
1993/94	272	1149	152	945	153	1,018	25	1,257
1994/95	265	1118	180	1,062	164	1,029	20	1,231
1995/96	308	1156	284	1,119	225	1,091	34	1,140
1996/97	278	1044	231	1,054	260	1,103	32	1,125
1997/98	307	1166	201	1,173	309	1,159	20	1,176
1998/99	285	1133	191	1,097	385	1,229	20	1,189
1999/00	303	1230	139	1,141	329	989	21	1,109
2000/01	286	1375	153	1,315	427	1,346	14	1,108
2001/02	290	1142	206	1,428	411	1,415	14	1,072
2002/03	305	1359	212	1,506	435	1,356	12	1,366
2003/04	268	1265	196	1,559	421	1,484	14	1,705

Türkiye pamuk üretim ve ekim alanlarındaki bölgelerin payı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye Pamuk Üretim ve Ekim Alanlarındaki Bölgelerin Payı [8]

Türkiye’de yetiştirilen orta lifli pamukların sınıflandırılması ve kontrolü Dış Ticaret Müsteşarlığı, Dış Ticaret Standardizasyon Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Ancak Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayımlanmış olan TS. 4102 (pamuk orta elyafı)’ya göre; pamuklar, çırçırılma şekillerine göre gruplara, renklerine, lif inceliklerine, lif mukavemetlerine, lif uzunluğu birörnekliliği ve yabancı madde oranına göre sınıflara ayrılırlar [9].

Suriye, Türkiye’nin önemli pamuk tedarikçilerinden biridir. Suriye’nin komşu bir ülke olması pamuk lifi alımında önemli bir etkidir. Çizelge 4’de Türkiye’nin pamuk dış alımının yıllara ve ülkelere göre dağılımını vermektedir. 2003/2004 sezonu itibarıyla Suriye’den 35 bin tonluk (toplam alımın %6.9’u) pamuk alımı yapılmıştır.

Çizelge 4. Türkiye’nin Ülkeler İtibarıyla Pamuk Dış Alımındaki Gelişmeler ve Pamuk Dış Alımının Ülkelere Göre Dağılımı (%) [7].

ÜLKELER	1999/00		2000/01		2001/02		2002/03		2003/04	
	Bin ton	%	Bin ton	%	Bin ton	%	Bin ton	%	Bin ton	%
A.B.D	187	35,6	125	32,8	327	52,3	314	63,6	317	61,3
Yunanistan	133	25,3	76	19,9	167	26,6	77	15,6	83	16,1
Suriye	43	8,2	39	10,1	46	7,3	29	5,8	35	6,9
Türkmenistan	39	7,5	37	9,8	37	5,9	25	5,0	23	4,5
Azerbaycan	12	2,4	8	2,0	15	2,3	8	1,7	6	1,2
Mısır	12	2,4	8	2,1	6	1,0	6	1,2	5	1,0
Özbekistan	33	6,4	15	4,0	9	1,4	4	0,7	4	0,6
Tacikistan	7	1,1	3	0,5	3	0,4	2	0,4	3	0,5
Diğerleri	59	11,3	72	18,9	16	2,6	29	5,9	41	8,0
TOPLAM	525	100	383	100	626	100	494	100	517	100

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan materyal Çizelge 5’de verilmiştir. Burada, kullanılan pamuk örnekleri Suriye ve Türkiye’den elde edilmişlerine göre ayrılmıştır. Her iki ülkeden de beşer çeşit alınmıştır. Test edilecek pamuk numuneleri, 24 saat standart hava koşullarında (bağıl nem 65 ± 2 ve sıcaklık 20 ± 2 C⁰) bırakılarak kondisyonu sağlanmıştır.

Çizelge 5. Çalışmada Kullanılan Materyal

MATERYAL	SURIYE	TÜRKİYE	
	Pamuk Çeşidi	Bölge	Çeşit
PAMUK	12 XX Derece	Ege	Karmen
	12 M Derece		Nazilli 84
	33 M Derece	Çukurova	Adana Pamuğu
	52 M Derece		SG-125
	71 Derece	GAP	Ş.urfa ekstra pamuk

2.2. Metot

Son yıllarda, liflerin özelliklerini saptamak amacıyla otomasyonu olan cihazların kullanımı tercih edilmektedir. Bu çalışmada da HVİ 900 cihazı kullanılmıştır. Test başlamadan önce cihazın gerekli kalibrasyonu yapılmıştır. Bu cihaz ile bir pamuk numunesine uygulanabilecek tüm kalite testleri yapılabilmektedir. Burada her bir numune toplam 15 çeşit teste tabi tutulmuştur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Suriye ve Türkiye'den temin edilen pamuk numunelerine 15 (onbeş) çeşit test uygulanmıştır. HVİ cihazından alınan sonuçların ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6. Suriye'den Temin Edilen Pamuk Numunelerine Ait Test Sonuçları

Lif Özellikleri	Suriye Pamuğu				
	12XX derece	12M derece	33M derece	52M derece	71 derece
Parlaklık Derecesi Rd	79,35	78,25	76,72	72,69	69,76
Sarılık +b	9,91	9,97	9,28	7,73	7,60
Renk Derecesi CG	11-4	11-4	21-4	41-2	51-3
Çepelli Alanı %	0,49	0,77	0,88	1,89	2,76
Çepel Sayısı	153	222	257	360	526
Lif İnceliği Mic	4,16	4,05	4,63	4,03	3,85
Üst Yarı Ortalama Uzunluk Len ₂ (mm)	28,47	29,01	28,21	28,81	29,22
Ortalama Uzunluk Len ₁ (mm)	23,48	24,25	23,38	23,6	24,16
Üniformite İndeksi U.İ.	82,5	83,6	82,9	81,9	82,7
Mukavemet (gf/tex)	31,56	32,57	34,16	31,12	28,8
Uzama %	4,4	4,4	4,9	4,5	4,6
Kısa Elyaf İndeksi %	4,8	3,7	5	5,5	4,8
İplik Yapılabilirlik İndeksi SCI	142,6	152,4	144,6	136,6	133,7
Neps (cnt/g)	346	241	280	300	362
Tohum Kabuğu Nepsleri SCN (cnt/g)	47	34	74	54	62

HVİ'den elde edilen sonuçlar Uster kriterlerine göre değerlendirilerek en iyi sonuç alınan Suriye pamuk numunesi Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7 yardımıyla bütün lif özellikleri göz önüne alındığında, 12M derece pamuğunun en kaliteli olduğu saptanmıştır.

*SURİYE VE TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN PAMUK LİFLERİNİN
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI İNCELENMESİ*

Çizelge 7. En İyi Sonuç Alınan Suriye Pamuk Numunesi

Lif Özellikleri	En İyi Sonuç Alınan Suriye Pamuk Numunesi	Değer	Varsa Standart Değer
Parlaklık Derecesi Rd	12XX derece	79,35	70-80 (Parlak)
Sarılık +b	71 derece	7,60	4-8 (Beyaz)
Renk Derecesi CG	12XX derece ve 12M derece	11-4	11-71 (Beyaz)
Çepelli Alanı %	12XX derece	0,49	0,5-0,8 (Çok Az Çepelli)
Çepel Sayısı	12XX derece	153	-
Lif İnceliği Mic	71 derece	3,85	3,0-3,9 (İnce)
Üst Yarı Ortalama Uzunluk Len ₂ (mm)	71 derece	29,22	(26-29mm) Orta Uzunluk
Ortalama Uzunluk Len ₁ (mm)	12M derece	24,25	-
Üniformite İndeksi U.İ.	12M derece	83,6	83-85 (İyi)
Mukavemet (gf/tex)	33M derece	34,16	30'dan Fazla (Çok Kuvvetli)
Uzama %	33M derece	4,9	5,0 ve Daha Az (Çok Zayıf)
Kısa Elyaf İndeksi %	12M derece	3,7	5,0-6,0 (Çok İyi)
İplik Yapılabilirlik İndeksi SCI	12M derece	152,4	-
Neps (cnt/g)	12M derece	241	-
Tohum Kabuğu Nepsleri SCN (cnt/g)	12M derece	34	-

Çizelge 8. Türkiye'den Temin Edilen Pamuk Numunelerine Ait Test Sonuçları

Lif Özellikleri	Türkiye Pamuğu				
	Ege Pamuğu		Çukurova Pamuğu		GAP Pamuğu Ş. URFA Ekstra
	Karmen	Nazilli 84	SG-125	Adana Pamuğu	
Parlaklık Derecesi Rd	68,17	65,29	68,76	70,49	74,79
Sarılık +b	7,75	5,63	7,82	8,74	10,15
Renk Derecesi CG	51-3	61-1	51-3	41-4	22-2
Çepelli Alanı %	4,53	1,67	2,14	3,12	1,61
Çepel Sayısı	615	435	467	411	351
Lif İnceliği Mic	4,85	3,70	4,27	4,83	4,98
Üst Yarı Ortalama Uzunluk Len ₂ (mm)	28,8	29,22	28,05	28,22	29,49
Ortalama Uzunluk Len ₁ (mm)	24,4	24,65	23,73	23,94	24,86
Üniformite İndeksi U.İ.	84,5	84,3	84,6	84,8	84,3
Mukavemet (gf/tex)	36,09	30,47	27,92	31,36	34,52
Uzama %	3,8	4,7	6,2	4,9	4,5
Kısa Elyaf İndeksi %	3,2	3,4	4,2	3,1	3,5
İplik Yapılabilirlik İndeksi SCI	152,4	146	133,6	140,9	151,3
Neps (cnt/g)	119	99	199	213	175
Tohum Kabuğu Nepsleri SCN (cnt/g)	25	19	52	60	33

HVI'den elde edilen sonuçlar Uster kriterlerine göre değerlendirilerek en iyi sonuç alınan Türkiye pamuk numunesi 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. En İyi Sonuç Alınan Türkiye Pamuk Numunesi

Lif Özellikleri	En İyi Sonuç Alınan Türkiye Pamuk Numunesi	Değer	Varsa Standart Değer
Parlaklık Derecesi Rd	Ş.Urfa ekstra pamuğu (GAP Pamuğu)	74,79	70-80 (Parlak)
Sarılık +b	Nazilli 84	5,63	4-8 (Beyaz)
Renk Derecesi CG	Adana Pamuğu	41-4	11-71(Beyaz)
Çepelli Alanı %	Ş.Urfa ekstra pamuğu (GAP Pamuğu)	1,61	1,6 ve üzeri (Çok Çepelli)
Çepel Sayısı	Ş.Urfa ekstra pamuğu (GAP Pamuğu)	351	-
Lif İnceliği Mic	Nazilli 84	3,70	3.0-3.9 (İnce)
Üst Yarı Ortalama Uzunluk Len ₂ (mm)	Ş.Urfa ekstra pamuğu (GAP Pamuğu)	29,49	(26-29mm) Orta Uzunluk
Ortalama Uzunluk Len ₁ (mm)	Ş.Urfa ekstra pamuğu (GAP Pamuğu)	24,86	-
Üniformite İndeksi U.İ.	Adana Pamuğu	84,8	83-85 (İyi)
Mukavemet (gf/tex)	Karmen	36,09	30'dan Fazla (Çok Kuvvetli)
Uzama %	SG-125	6,2	5,9-6,7 (Orta)
Kısa Elyaf İndeksi %	Adana Pamuğu	3,1	5,0-6,0 (Çok İyi)
İplik Yapılabilirlik İndeksi SCİ	Karmen	152,4	-
Neps (cnt/g)	Nazilli 84	99	-
Tohum Kabuğu Nepsleri SCN (cnt/g)	Nazilli 84	19	-

Çizelge 9 yardımıyla bütün lif özellikleri göz önüne alındığında, Nazilli 84 (Ege pamuğu) ve Ş.Urfa ekstra pamuğunun (GAP Pamuğu) en iyi durumda olduğu saptanmıştır.

Yüksek ve iyi kaliteli olarak sınıflandırılan Suriye pamuğu (12XX derece ve 12M derece) ile Türkiye'nin Ege pamuğu; Nazilli 84 ve Karmen numunelerinin HVİ'den elde edilen sonuçlarının Uster kriterlerine göre karşılaştırılması ile Çizelge 10 oluşturulmuştur.

Bu çizelgedeki değerlendirmenin dışında bazı numuneler de kalite açısından iyi durumda bulunmuştur. Örneğin 33M derece, 52M derece ve GAP pamuğu "parlak" sınıfa girmektedir. "Lif inceliği" değerine göre 71 dereceli pamuk "ince" sınıfa girmektedir. "Uzunluk" açısından ise, GAP pamuğunun (Ş.Urfa ekstra pamuğu) "en uzun" olduğu saptanmıştır. "Üniformite" indeksine bakıldığında ise Adana pamuğunun en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 10. Ege Pamuğu İle Suriye Kaliteli Pamuğunun Karşılaştırılması

Lif Özellikleri	HVI Standartları	HVI Sonuçları	En İyi Sonuç Alınan Pamuk Tipi
Parlaklık Derecesi Rd	70-80 (Parlak)	79,35	12 XX derece
Sarılık +b	4-8 (Beyaz)	5,63	Nazilli 84
Çepelli Alanı %	0,5-0,8 (Çok Az Çepelli)	0,49	12XX derece
Lif İnceliği Mic	3,0-3,9 (İnce)	3,70	Nazilli 84
Üst Yarı Ortalama Uzunluk Len ₂ (mm)	Orta Uzunluk	29,22	Nazilli 84
Üniformite İndeksi U.İ.	83-85 (İyi)	84,5	Karmen
Mukavemet (gf/tex)	30'dan Fazla (Çok Kuvvetli)	32,57	12M derece
Uzama %	5,0 ve Daha Az (Çok Zayıf)	4,7	Nazilli 84
Kısa Elyaf İndeksi %	5.0-6.0 (Çok İyi)	3.2	Karmen
Neps (cnt/g)	-	99	Nazilli 84
İplik Yapılabilirlik İndeksi SCI	-	152,4	12M derece ve Karmen

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Araştırma materyalini oluşturan Suriye ve Türkiye pamuklarının fiziksel özellikleri (renk derecesi, sarılık değerleri, çepelli alanı, çepel sayısı, incelik, uzunluk, üniformite indeksi, mukavemet, uzama, kısa elyaf indeksi, iplik yapılabilirlik indeksi, neps ve tohum kabuğu nepsleri) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak belirtilmiştir.

1. Parlaklık derecesi (RD): Suriye pamukları Türkiye pamuklarından (GAP Pamuğu hariç) daha parlaktır. Suriye pamuklarında derece düştükçe parlaklık değerleri azalır. Ege pamuklarında ise parlaklık derecesi düşüktür.

2. GAP pamuğunda (Şanlıurfa ekstra pamuk) sarılık değeri (10,15) en yüksek bulunmuştur. HVI değerlendirme kriterlerine göre 12XX, 12M, 33M, GAP ve Adana pamukları hafif sarı sınıfa girmektedir. Diğerleri ise beyaz sınıfa girmektedir.

3. 12XX ve 12M dereceye ait renk derecesi (CG) bakımından beyaz standart ekstra (11-4), Ege pamuğu (Karmen) ve Çukurova pamuğu (SG-125) ise beyaz standart 4 (51-3) olarak tespit edilmiştir. Ancak GAP pamuğu hafif benekli standart 2 (22-2) olarak tespit edilmiştir.

4. Suriye pamuğunda derece düştükçe çepelli alanı değerleri ve çepel sayısı artar. 12XX derecenin en temiz olduğu bulunmuştur. Adana pamuğunun ve Karmen'in en kirli olduğu saptanmıştır. Nazilli 84 ile Şanlıurfa ekstra pamuğu bu açıdan farklılık göstermemiştir. Tüm bu veriler göz önüne alındığında bu durum Çukurova bölgesinde diğer bölgelere göre daha dikkatsiz hasat ve çırçırılmanın sonucunda ortaya çıkmaktadır.

5. Lif incelik değerleri Türk standartlarına göre 12XX derece, 12M derece ve Nazilli 84 orta incelik ve yüksek kaliteli pamuk sınıfına girmektedir. Ancak GAP pamuğu ve Çukurova pamuğu (Adana pamuğu) kaba pamuk ve standart kalite grubuna girmektedir. En ince pamuk Nazilli 84 olarak saptanmıştır (3,70 Mic).

6. Üst yarı ortalama uzunluğa bakıldığında Ege pamukları ile Suriye pamukları; 52M ve 71 arasında farklılık bulunmamıştır. Ancak GAP pamuğunun lif uzunluğu 29,49 mm saptanarak en uzun olduğu bulunmuştur. Suriye ve Türkiye pamukları HVİ değerlendirme kriterlerine göre orta elyaf olarak sınıflandırılmaktadır.

7. Türkiye pamuğu üniformite indeksi Suriye pamuklarından daha yüksektir. Türk standartlarına ve HVİ değerlendirme kriterlerine göre Türkiye pamuğu yüksek sınıfa girmektedir. Suriye pamukları ise (12M derece hariç) orta sınıfa girmektedir.

8. Mukavemet değerlerine bakıldığında Suriye pamukları (71 derece hariç) ile Türkiye pamukları (SG-125 hariç) arasında büyük farklılık bulunmamıştır ve HVİ değerlendirme kriterlerine göre çok kuvvetli sınıfa girmektedirler. Karmen'in lif mukavemeti 36,09 gf/tex saptanarak en mukavemetli olduğu bulunmuştur. SG-125 pamuğu ise, orta kuvvetli pamuklar sınıfına girmektedir.

9. Suriye pamukları ile Türkiye pamukları uzama açısından önemli farklılıklar göstermemektedir ve HVİ değerlendirme kriterlerine göre (SG-125 hariç) çok zayıf sınıfa girmektedirler. SG-125 pamuğun lif uzaması% 6,2 saptanarak orta sınıfa girmektedir.

10. Suriye pamukları ile Türkiye pamukları arasında kısa elyaf indeksi açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır ve HVİ değerlendirme kriterlerine göre çok iyi sınıfa girmektedir.

11. İplik yapılabirlik indeksi bakımından Ege pamuğunun diğer pamuklara göre daha iyi durumda olduğu anlaşılmıştır. Karmen'in ve 12M derece'nin en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir (152,4). Aynı zamanda GAP pamuğunda iplik yapılabirlik indeksi iyidir (151,3). Ancak Suriye ikinci, üçüncü sınıf pamuklarında (52M, 71) ve Çukurova pamuklarında iplik yapılabirlik indeksi en düşüktür. SG-125 pamuğu ile 71 derece pamuğu arasında hiçbir fark bulunmamıştır.

12. Ege pamuklarında neps sayısı diğer pamuklara göre çok azdır ve genel olarak Türkiye pamukları, Suriye pamuklarından bu açıdan daha kalitelidir. Türkiye'de Ege pamuğunun diğer bölgelere göre daha düşük neps sayısına sahip olduğu tespit edilerek Çukurova pamuğunun en yüksek neps sayısına sahip olduğu bulunmuştur. Bütün özellikler göz önüne alındığında, her iki ülkeye ait numunelerde lif gerilme özellikleri, uzunluk ve kısa elyaf indeksi açısından çok farklılık bulunmamıştır. Ancak Türk pamuğunun daha beyaz ve daha az neps sayısına sahip olduğu, Suriye pamuğunun ise daha temiz ve daha parlak olduğu anlaşılmıştır.

4.2. Öneriler

Çalışmada, Suriye tipi pamuklar saw gin çıkarılma makinesinde, Türkiye tipi pamuklar ise roller gin çıkarılma makinesinde çıkarılmıştır. Bu çalışma, aynı tip çıkarılma yapılmış pamuk numuneleriyle de yapıp sonuçlar çıkar tipine göre karşılaştırılabilir.

Suriye'de pamuk sınıflandırılırken bütün lif özellikleri (renk derecesi, sarılık değerleri, çepelli alanı, çepel sayısı, lif inceliği, uzunluğu, üniformite indeksi, mukavemeti, uzaması, kısa elyaf indeksi, iplik yapılabirlik indeksi, neps ve tohum kabuğu nepsleri) göz önüne alınması gerekir. Test sonuçlarına göre elde edilen pamuk dereceleri ile Türk pamuğu karşılaştırılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Özüdoğru, T., "Pamuk Durum ve Tahmin 2003/2004", T. C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Yayın No: 115, 33s., Ankara, 2004.
2. Escwa, "Export Development Constraints and Options", Syrian Arab Republic, 2000.
3. Pamuk Araştırma Müdürlüğü, "34 Pamuk Sempozyumu", Halep, 2003.
4. Tarım ve Tarımsal Islah Bakanlığı, Resmi kayıtları, Tarımsal İşlemler Müdürlüğü, Mahsullerin Bölümü, Şam, 2004.
5. S.A.C., Sanayi Bakanlığı, Üretim Kontrol Müdürlüğü, Şam, 2005.
6. İşcan, S. ve ark., "Pamuk Mekanizasyonu ve Çırçır Makineleri", T. C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Adana Zirai Üretim İşletmesi ve Personel Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 8, Adana, 2002.
7. Işın, F. ve ark., "Ab Müktesebatına Uyum Kapsamında Türk Pamuk Sektörünün Durumu ve Yapılması Gerekenler Pamuk Çalışma Grubu Raporu", s.5-25, İzmir, 2004.
8. Karademir, E., Karademir, Ç. ve Ekinci, R., "Güneydoğu Anadolu Bölgesi Pamuk Islah Çalışmaları", Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Diyarbakır, 2004.
9. TS 4102, Pamuk-Orta Elyafı, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, 2002.



DOKUMA İŞLETMELERİNDE PROSES KONTROL

H. Mehtap BULUKLU ve Emel Ceyhun SABİR
Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/ Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada; tekstil işletmelerinden biri olan dokuma işletmesinde proses kontrol çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada; Çukurova bölgesinden seçilmiş bir dokuma işletmesi kullanılmıştır. İş akışına uygun olarak dokuma hazırlık ve dokuma bölümlerinde proses parametreleri, parametrelerin kontrol sıklığı ve kontrollerin kapsadığı süre tespit edilmiştir. Hataların günlük çalışma periyoduna ve haftalara dağılımı araştırılmıştır. Bulguların değerlendirilmesinde proses kontrol tekniklerinden faydalanılmıştır. Çalışmanın sonunda dokuma işletmelerinde etkin bir proses kontrol çalışmasının yapılabileceği görülmüştür.*

Anahtar Kelimeler: *tekstil, dokuma işletmesi, proses kontrol, kalite kontrol*

PROCESS CONTROL IN WEAVING MILLS

ABSTRACT : *In this study, process control studies are done at weaving mill which is one of textile industry. The weaving mill is choosen from Cukurova region in Turkey. The spending time for pre- weaving and weaving section's process parameters and control frequency of the parameters and controls is established according to work chart. The fault distribution to the weekly and daily working period is investigated. Process control technics are used while evaluating of discovery. At the end of the study it is noticed that an effective process control study can be done in weaving industries.*

Keywords: *textile, weaving enterprise, process control, quality control*

1. GİRİŞ

Günümüzde kalite, işletmeler arası yoğun rekabette daha ön plana çıkmaktadır. Nedeni ise, ürün çeşitliliğinin artması ve teknolojik gelişmelerdir. Tekstil sektöründe de üretimin belirli standartlara göre yapılması gerekmektedir.

İşletmede en az maliyetle, zamanında ve doğru üretim sonucunda kaliteli ürün elde etmek temel ilkedir. Bir tekstil işletmesinde ürünün ilk üretilmeye başlandığı bölüm üretim planlamadır. Ardından sırayı tasarım aşaması için Ür- Ge (Ürün- Geliştirme) almaktadır. Bu iki bölüm hatayı ilk önleyebileceğimiz birimlerdir. Bir hatanın oluşmadan önlenmesi (hatayı yakalama) ve oluşan hatanın tekrarlanmaması proses kontrol çalışmalarıyla sağlanabilir. Proses kontrol çalışmalarında proses parametreleri, ürün kalite parametreleri ve bunların her ikisi birlikte incelenebilir. Bu çalışmalar için kullanılan bir çok teknik vardır. Bunlar; akış diyagramları, histogramlar, pareto analizleri, dağılım diyagramları, kontrol diyagramları, çetele diyagramları ve sebep-sonuç diyagramlarıdır.

Proses kontrolü ile ilgili daha önce birçok çalışma yapılmıştır. Kalite yaklaşımlarında proses kontrol tekniği ve tekstil sanayiinde uygulanabilirliği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, iplik, dokuma ve boya- terbiye şeklindeki temel üretim dalında ana ve alt prosesler, proses ve mamul parametreleri, hataların sınıflandırılması yapılmıştır. Proses kontrol tekniğinin tekstil sektöründe uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır (1). On-line ölçüm sistemlerinin, işlem boyunca sürekli olarak bir ya da daha fazla ana ürünün özelliklerinin ölçülmesine ve ürünün kalite gözlemine olanak sağladığı görülmektedir. On-line ölçümlerde edinilen bilgiler proses kontrolünde kullanılabilir (2). İplik tipi, kalitesi ve kalite kontrol konularında incelemeler yapılmıştır. Orta ölçekli bir dokuma işletmesinde istatistiksel proses kontrol parametreleri kullanılarak seçilen dört kumaşa ait üretim ve kalite parametreleri belirlenmiştir. Üretimin duruş ve hatalar yönünden kontrol altına alındığı örnek bir proses kontrol sistemi kurulmuştur (3).

Bu çalışmada; seçilmiş bir dokuma işletmesinde proses kontrol çalışmalarının sonuçları verilmiştir. Seçilen işletmeye ait bilgiler ve iş akışı verildikten sonra yapılan çalışma bulguları gösterilmiştir. Çalışmaya dokuma hazırlık (ihzar) bölümü de eklenmiştir. Proses kontrol çalışmalarında proses parametreleri incelenmiştir. Öncelikle dokuma işletmesinin diğer işletmelerle karşılaştırması yapılmış, daha sonra ihzar ve dokuma işletmelerinde parametre sayıları ile kontrol sıklığı ve parametrelerin kontrolü sırasında geçen süre tespiti yapılmıştır. Hataların günlük çalışma periyoduna (vardiya) dağılımı incelenmiştir. Daha sonra da hataların haftalara göre dağılımı araştırılmış, 36 haftalık bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma sonucu elde edilen verilere göre; her makine grubu için en çok görülen standart dışı hatalar, kontrol grafikleriyle incelenmiştir.

2. SEÇİLMİŞ BİR DOKUMA İŞLETMESİ

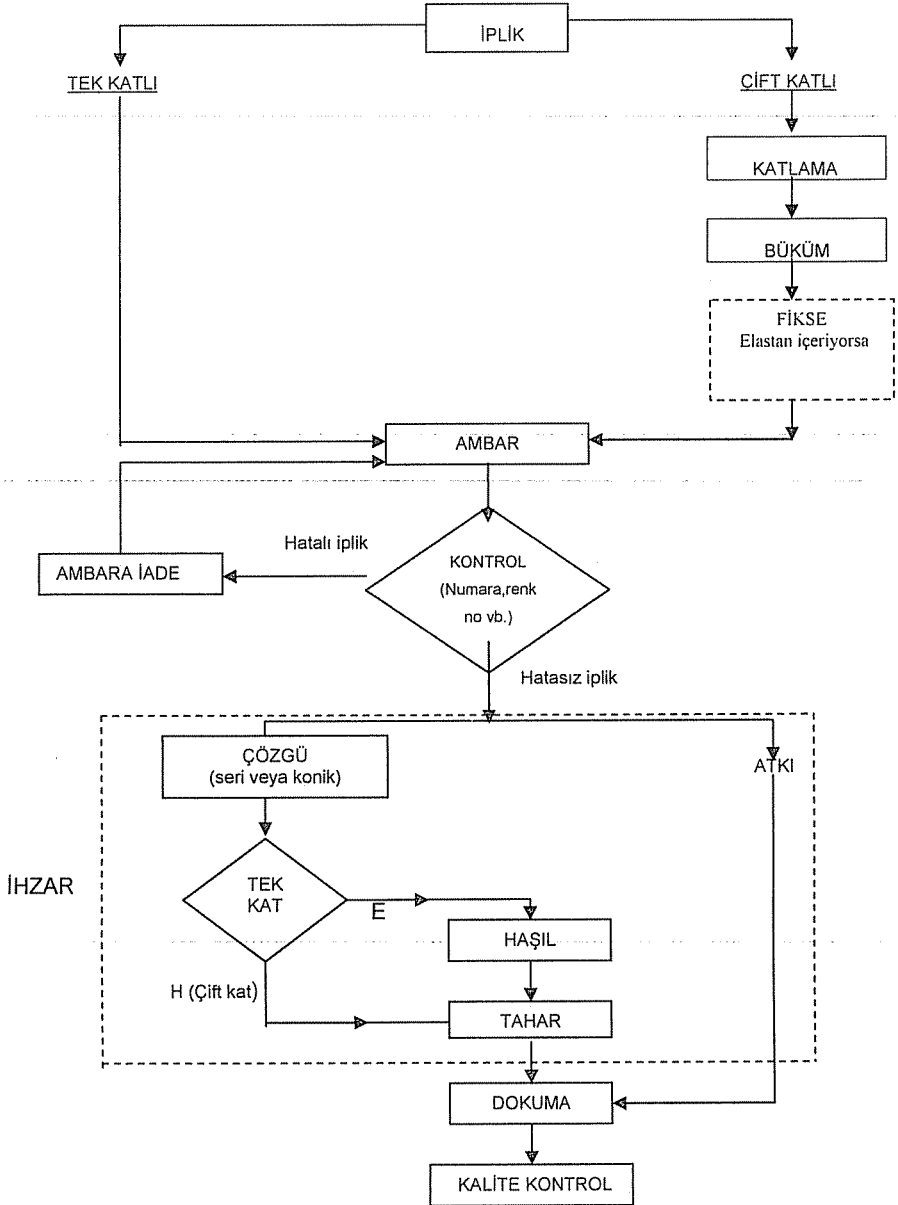
Burada çalışmada incelenen dokuma işletmesiyle ilgili bilgiler verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı fabrika entegre bir tesistir. İşletmedeki ürün yelpazesi, düz boyalı, baskılı, ipliği boyalı olmak üzere dış giyimden, gömleklikten, denim ve spor giyimden oluşmaktadır. İşletmede dokuma ve ihzar bölümlerinde toplam 8 çeşit makine vardır. İhzar bölümünde bulunan makineler; Beninger seri çözümlü makinesi (2 adet), Beninger konik çözümlü makinesi (2 adet) ve Sucker Muller haşıl makinesi (2 adet) şeklindedir.

Proses kontrol çalışmaları bu makinalar üzerinden yürütülmektedir. Dokuma işletmesinde ise toplam 5 çeşit dokuma makinası bulunmaktadır. Bunlar; Picanol Omni (hava jetli, 50 adet), Picanol Gamma (rapierli, 20 adet), Picanol GTM, rapierli, 42 adet), Sulzer (eksantrikli, 42) ve Sulzer Kasalı (armürlü, 54) dokuma makinalarıdır.

İş Akışı: Dokuma işletmesinde dokumadan önce dokuma hazırlık bölümü (ihzar) bulunmaktadır. İşletmenin dokuma hazırlık da dahil olmak üzere dokuma işletmesine ait iş akış şeması Şekil 1 'deki gibidir. Burada dokuma hazırlıktan önce ipliğin temin edildiği aşama da gösterilmiştir. Şekil 1 ' e göre iplik, tek kullanıma göre tek kat veya çift kattır. Tek katlı iplik direk ambara alınırken, çift katlı iplik bir dizi işlemlerden geçmektedir. Bunlar; katlama, büküm ve ipliğin elastan içermesi halinde fikse işlemleridir. Katlama, oluşturulması istenilen ipliğin numarasına bağlı olarak tek kat olan iki ipliğin katlama makinasında bir araya getirilmesi, büküm ise bir araya getirilen bu ipliklerin belli bir yönde bükülmesi işlemidir. Fikse işlemi ise, elastan içeren ipliğe kazandırılan bükümün sabitlenmesi işlemidir. Bu işlemlerden sonra meydana getirilen çift katlı iplikler ambara alınmaktadır. Tek katlı ve çift katlı iplikler ambara alınırken iplik numarası ve renk kontrolü yapılmaktadır. İplik hatalı ise ambara iade edilmektedir. Eğer hatasız ise çözgü ipliği veya atkı ipliği olarak kullanılmaktadır. Çözgü ipliği tek katlı ise, önce haşılanmaktadır (dokuma esnasında maruz kaldığı gerilmelere karşı dayanıklı olabilmesi açısından gerekli bir işlemdir) daha sonra tahar dairesinde işleme alınmaktadır. Tahar dairesinden sonra dokuma dairesine alınmaktadır ve böylece dokuma işlemine hazır hale getirilmektedir. İplik çift katlı ise haşılama işlemine gerek kalmamaktadır. Bu nedenle de direkt tahar dairesinde işleme alınmaktadır. Tahar dairesindeki işlemlerden sonra ise dokuma işlemine başlanır. Dokuma işlemi sırasında dokunan tipe ait atkı ipliğinin bitmesi durumunda, ambardan direkt olarak dokumaya atkı ipliği alınabilmektedir.

3. SEÇİLMİŞ DOKUMA İŞLETMESİNDE PROSES KONTROL ÇALIŞMALARINI VE BULGULAR

Burada, seçilen işletmede yapılan proses kontrol çalışmalarına ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Öncelikle dokuma işletmesinin iplik ve boya- terbiye işletmelerine göre genel durumu gösterilmiştir. Daha sonra dokuma hazırlık ve dokuma bölümünde bulunan makinelerdeki kontrol edilen parametre sayısı, bu parametrelerin kontrol sıklığı ve bu kontrollerin kapsadığı süre ile ilgili bulgular tartışılmıştır. Her bir makine için parametreler çeşitli ve çok sayıda olduğundan ayrıca listelenmemiştir. 5 günlük bir etüt sonucu vardiyalara göre hata dağılımı incelenmiş ve hangi vardiyada daha çok hata yapıldığı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada; aynı zamanda her makine grubu için 36 hafta boyunca karşılaşılan standart dışı parametreler tespit edilebilmiş olup bunlara ait pareto ve kontrol diyagramları çizilmiştir. Burada, sadece makine sayısı çok fazla olduğu ve toplam fiili kontrol zamanı diğerlerinden daha fazla olduğu için, Picanol Omni makinesine ait bulgular tartışılmıştır. Ayrıca, toplam fiili kontrol zamanından faydalanılarak bir vardiyada ihtiyaç duyulan proses kontrol elemanı sayısı da hesaplanabilmiştir. Ancak bu tespit, tüm makinelerde tüm parametrelerin düzenli olarak kontrol edildiği varsayımı yapılmıştır. Çalışmada, proses kontrol parametrelerinin sayısı ve kontrol sıklığı dolaysız gözlem yoluyla tespit edilmiştir.



Şekil 1. Dokuma Hazırlık ve Dokuma İş Akış Şeması

Dokuma işletmesinin iplik ve boya- terbiye gibi ana proseslerle parametre sayısı ve kontrol sıklığı baz alınarak karşılaştırması yapılmıştır. Çizelge 1, bu karşılaştırma ile ilgili verileri göstermektedir. Burada, en fazla kontrol sıklığı ve parametre sayısının boya- terbiyede olduğu, bunu iplik ve dokumanın izlediği görülmüştür. Dokuma işletmesi ihzar prosesini kapsadığından tüm çalışmalarda ihzar bölümü de dikkate alınmıştır.

Çizelge 1. Seçilmiş Bir Tekstil İşletmesinde Proses Kontrol Parametre Sayıları ve Kontrol Sıklıkları

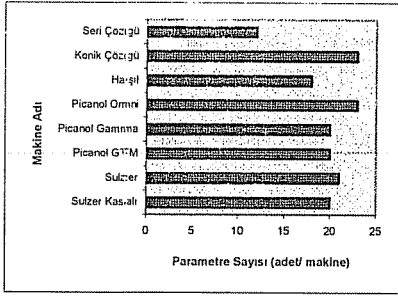
Ana Proses	Alt Proses	Parametre Sayısı (adet)	Kontrol Sıklığı (adet/ gün)
İplik	-	113	19
	Dokuma	104	20
	İhzar	53	8
	TOPLAM	157	28
Dokuma	Kasar	275	8
	İplik- Elyaf Boya	52	3
	Düz Boya	212	9
	Jet Boya	46	2
Boya- Terbiye	Finish	297	10
	TOPLAM	882	32

3.1. Proses Parametre Sayısı ve Kontrol Sıklığı (Kontrol Sayısı)

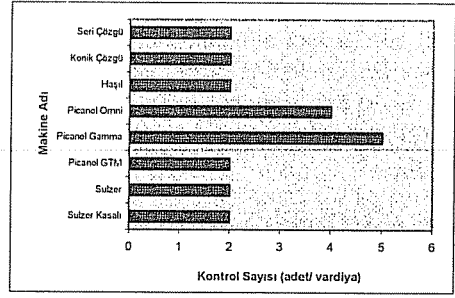
Çalışmanın yapıldığı örnek işletmedeki dokuma hazırlık ve dokuma bölümlerinde bulunan toplam sekiz çeşit makineye ait parametreler tespit edilebilmiştir. Bir makine için kontrol edilen parametre sayısı Şekil 2’de gösterilmiştir. Burada Picanol Omni ve konik çözümlü makinesinin parametre sayılarının diğerlerinden daha fazla olduğu görülmüştür. En az parametre sayısı ihzar bölümündeki seri çözümlü makinesine aittir. Şekil 2’ de görülen parametrelerin bir vardiya boyunca kaç kez kontrol edildiği araştırılmış ve elde edilen veriler Şekil 3’te gösterilmiştir. Bir vardiyada kontrol sayısı toplam 21 adet bulunmuştur. Şekle göre, Picanol Gamma tipi dokuma makinesi vardiyada 5 adet ile en fazla kontrol edilen makinedir. Şekil 2 ve Şekil 3’teki veriler birlikte değerlendirildiğinde işletmede bir vardiyada yapılan toplam kontrolün sayısı tespit edilebilmiştir. Her makine grubu için parametre sayısı ile kontrol sayısı çarpıldığında, elde edilen veriler Şekil 4’te gösterilmiştir. Bu veriler, bir adet makine için değerlendirilmiştir. Böylece, en fazla kontrolün yapıldığı makine tipi tespit edilebilmiştir (Picanol Gamma). En az kontrol seri çözümlü makinesinde yapılmaktadır.

3.2. Fiili Kontrol Süresi

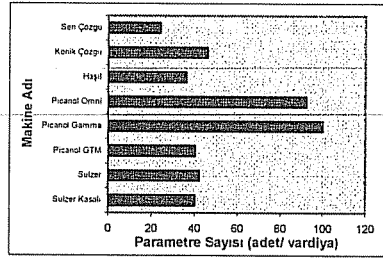
Çalışmanın yapıldığı işletmede, makine sayıları farklı olduğu için, toplam kontrol sayısı her makine grubunun adedi dikkate alındığında Çizelge 2’ de görüldüğü gibi Şekil 4’ dekinden farklı bir sonuç vermektedir. Çizelge 2’ de bir vardiyada toplam kontrol sayısı (D), makine sayısı (A), parametre sayısı (B) ve vardiyadaki kontrol sıklığı (C) çarpımından bulunmuştur. Gün bazında toplam kontrol sayısı (E) ise, işletmede üç vardiya düzeni bulunduğu, vardiyadaki kontrol sayısının üç ile çarpımından elde edilmiştir.



Şekil 2. Dokuma İşletmesinde Bir Makine İçin Kontrol Edilen Parametre Sayısı



Şekil 3. Proseslere Göre Bir Vardiyadaki Kontrol Sayısı



Şekil 4. Bir Vardiyada Toplam Kontrol Edilen Parametre Sayısı

Çizelge 2. Makine Grubu Sayısı- Toplam Kontrol Sayısı İlişkisi

Makine Adı	Makine Sayısı (adet)	Parametre Sayısı (adet)	Kontrol Sıklığı (adet/ vardiya)	Toplam Kontrol Sayısı (adet/ vardiya) $D = A * B * C$	Toplam Kontrol Sayısı (adet/ gün) $E = D * 3$
	A	B	C	D	E
Seri Çözgü	2	12	2	48	144
Konik Çözgü	2	23	2	92	276
Haşıl	2	18	2	72	216
Picanol Omni	50	23	4	4600	13800
Picanol Gamma	20	20	5	2000	6000
Picanol GTM	42	20	2	1680	5040
Sulzer	42	21	2	1764	5292
Sulzer Kasalı	54	20	2	2160	6480
TOPLAM	214	157	21	12416	37248

İşletmede yapılan kontrollerin kapsadığı süreyi tespit etmek amacıyla her bir makine grubu için zaman etüdü yapılmıştır. Etütte parametrenin kontrolünün süresi ve yanında parametreye ait tespit edilen değerlerin Standart Makine Çalışma Şartları (SMÇŞ) tablosu ile karşılaştırılması sırasında geçen süre de dikkate alınmıştır.

Dokuma işletmesinde yapılan kontrol zamanı çalışması Çizelge 3' de özetlenmiştir. Çizelgede sırasıyla; kontrol zamanları, toplam kontrol zamanı, kontrol sayısı, fiili kontrol zamanı, bir makine için kontrol edilen parametre sayısı ve son olarak da toplam kontrol sayısı verilmiştir. Çizelgede, kolonlardaki değerlerin birbiriyle ilişkisi

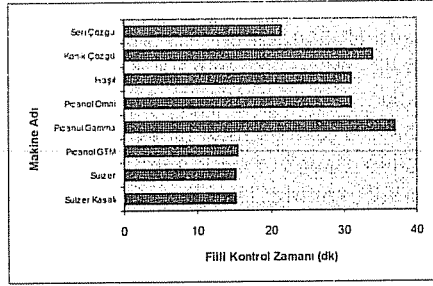
gözetilerek kolon başlığında a, b, c, vb gibi simgeler kullanılmıştır. İşletmede iki tip zaman dikkate alınmıştır. Bunlardan biri kontrol zamanı (d) olup, her tip makine grubu için ayrı olmak kaydıyla proses parametrelerinin kontrolü için geçen zamandır. Elde edilen değerler, standart makine çalışma şartlarındaki (SMÇŞ) standart değerlerle karşılaştırılmaktadır. SMÇŞ’ den yapılan bu ikinci zamana “SMÇŞ kontrol zamanı” (e) denilmektedir ve standart olarak 1 dk kabul edilmiştir. Toplam kontrol zamanı (f), kontrol zamanı ile SMÇŞ kontrol zamanının toplamından elde edilmektedir. Her bir makine grubu için vardiyadaki kontrol sayıları (a) değişim göstermektedir. Bir makinadaki kontrol edilen parametre sayısı (b) ile vardiyadaki kontrol sayısının çarpımından, toplam kontrol sayısı (c) elde edilmektedir. Fiili kontrol zamanı (g) ise, vardiyadaki kontrol sayısı ile toplam kontrol zamanının çarpılmasından elde edilmektedir. Böylece, bir prosesin kontrol edilmesi için gerekli süreler tespit edilebilmiştir. Örneğin; Picanol Gamma dokuma makinası için yapılan kontrollerin sayısı 20 olup, bu kontrollerin bir kez yapılması 6.40 dakika sürmüştür. Kontrollerin SMÇŞ ile karşılaştırılması 1 dk zaman almıştır. Toplam kontrol zamanı, bu nedenle, 7.40 dk’ dır. Bu kontroller bir vardiyada 5 kez yapıldığı için vardiyada toplam 100 kontrol yapılmaktadır. Makine çeşidine göre bir makede kontrol edilen parametre sayısı, en fazla Picanol Omni ve konik çözü, en az seri çözü makinasındadır. Ancak, vardiyadaki kontrol sayısına bağlı olarak, vardiyada toplam kontrol sayısının, en fazla Picanol Gamma dokuma makinasında, en az seri çözü makinasında olduğu görülmüştür.

Çizelgeye göre fiili kontrol zamanı dokuma hazırlıkta 86,34 dk (toplamdaki payı % 43,2), dokumada ise 113,54 dk (toplamdaki payı % 56,8)’ dır.

Çizelge 3. Proses Kontrol Zamanı ile İlgili Veriler

	Sıra No	Makina Adı	Kontrol Sayısı (adet/ vardiya)	Bir Makine için Kontrol Edilen Parametre Sayısı (adet)	Toplam Kontrol Sayısı (adet/ makine)	Kontrol Zamanı (dk)	SMÇŞ Kontrol Zamanı (dk)	Toplam Kontrol Zamanı (dk)	Fiili Kontrol Zamanı (dk/ vardiya)
			a	b	c= a* b	d	e	f= d+ e	g= a* f
(HIZAR) DOKUMA HAZIRLIK	1	Seri Çözü	2	12	24.00	9.67	1.00	10.67	21.34
	2	Konik Çözü	2	23	46.00	16.00	1.00	17.00	34.00
	3	Haşıl	2	18	36.00	14.50	1.00	15.50	31.00
DOKUMA	4	Picanol Omni	4	23	92.00	6.75	1.00	7.75	31.00
	5	Picanol Gamma	5	20	100.00	6.40	1.00	7.40	37.00
	6	Picanol GTM	2	20	40.00	6.71	1.00	7.71	15.42
	7	Sulzer	2	21	42.00	6.53	1.00	7.53	15.06
	8	Sulzer Kasalı	2	20	40.00	6.53	1.00	7.53	15.06
TOPLAM FİİLİ KONTROL ZAMANI (dk/ vardiya)									199,88

Çizelge 3’e bağlı olarak fiili kontrol zamanı- makine ilişkisi grafiksel olarak Şekil 5’de gösterilmiştir. Burada en fazla kontrol zamanının Picanol Gamma, en az Sulzer ve Sulzer Kasalı makinalarda harcandığı görülmektedir.



Şekil 5. Fiili Kontrol Zamanı- Makine İlişkisi

Çizelge 3’ deki veriler kullanılarak proses kontrol çalışması için gereken işgücü de hesaplanabilmektedir. İşletmedeki bir vardiyadaki etken çalışma süresi, dinlenme payları çıkarıldığında 7 saat olarak kabul edilirse, her makine grubundan bir adet makineye yapılan proses kontrol işlemi $199,88/60 = 3,3$ saat süreceğinden vardiyada bir eleman yeterli olacaktır. Ancak, proses kontrol işlemleri için dokuma hazırlıkta her makine grubundan birer makine seçimi yeterli olurken, dokuma işletmesinde yetersiz olacaktır. Tüm makinelere bu işlemlerin yapılması halinde gerekli eleman sayısını tespit etmek amacıyla Çizelge 4 düzenlenmiştir. Çizelge 4’e göre toplam 214 adet makinenin bir vardiyada kontrol edilmesi 76 saat ($4532/60$) sürecektir. Vardiyadaki çalışma süresi dikkate alındığında yaklaşık 11 kişiye ($76/7$) ihtiyaç vardır. Bu kontrollerin üç vardiyada da yapıldığı düşünülürse proses kontrol işlemi için 33 kişiye (11×3) ihtiyaç olacaktır. Ancak, dokuma makine sayılarının fazlalığı dikkate alındığında tüm makinelerde kontrol yapılması anlamlı görülmemektedir.

Çizelge 4. Makine Sayılarına Göre Gerekli Proses Kontrol Elemanı Sayısı

Sıra No	Makine Adı	Fiili Kontrol Zamanı (dk/vardiya)	Makine Sayısı (Adet)	Fiili Kontrol Zamanı (dk/vardiya)
1	Seri Çözgü	21	2	42
2	Konik Çözgü	34	2	68
3	Haşıl	31	2	62
4	Picanol Omni	31	50	1550
5	Picanol Gamma	37	20	740
6	Picanol GTM	15	42	630
7	Sulzer	15	42	630
8	Sulzer Kasalı	15	54	810
TOPLAM FİİLİ KONTROL ZAMANI (dk/vardiya)				4532

Bir işletmede proses ve kalite kontrol iç içe konulardır. Prosesin kontrol altında tutulabilmesi için makine başında yapılan kontroller ve oluşan hatalara zamanında müdahale kadar, yapılacak kalite kontrol işlemi de büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, işletmede bulunan dokuma makineleri için dolaysız gözlemler yapılarak, vardiyalarda meydana gelen hatalar ve bu hatalar içerisinde de standart dışı durumlar tespit edilebilmektedir. Standart dışı durumlarla ilgili kontrol diyagramları oluşturularak prosesin ne derece kontrol altında olduğu belirlenebilmektedir. Böylece, meydana gelen hataların tekrarlanması önlenmektedir. Çalışmanın devamında günlük çalışma periyodunda ve haftalara göre hataların dağılımına ait bulgular değerlendirilmiştir.

3.3. Hataların Çalışma Sürecine Dağılımı

İşletmede vardiyalara göre hataların dağılımını belirlemek için 5 günlük etüt yapılmış ve elde edilen veriler Çizelge 5’ de gösterilmiştir. Burada, hangi vardiyada en çok hangi hatanın meydana geldiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla, hatanın ortaya çıkış nedeni araştırılabilecektir. Çizelgede hatalar bir sıra numarası ile verilmiştir. Sonraki kolonlarda; vardiyalar, günlük toplam hata sayısı ve hataların vardiyalara göre yüzde dağılımı yer almaktadır. İşletmede A, B ve C olmak üzere 3 adet vardiya bulunmaktadır. A vardiyası, 7.00- 15.00; B vardiyası, 15.00- 23.00 ve C vardiyası ise, 23.00- 07.00 saatleri arasındadır. Çizelgedeki “0” değeri, o hataya hiç rastlanmadığını ifade etmektedir. A vardiyasında en çok boncuklama hatası (1 nolu hata) görülmüştür. B vardiyasında ise en fazla yığılma hatası (18 nolu hata) tespit edilmiştir. C vardiyasında ise en fazla tarak taharı hatasının (4 nolu hata) meydana geldiği görülmüştür. Günlük toplam hata sayısına (71 adet) bakıldığında ise en çok meydana gelen hata “boncuklama” iken; “seyrek” hatasına hiç rastlanmadığı görülmüştür.

Çizelge 5. Vardiyalara Göre Hata Sayısı ve Bu Hataların Toplamdaki Payı

SIRA NO	HATANIN ADI	VARDİYALARA GÖRE HATA SAYISI (adet)			TOPLAM HATA SAYISI (adet/gün)	HATALARIN TOPLAMDAKİ PAYI (%)			TOPLAM
		A (07.00-15.00)	B (15.00-23.00)	C (23.00-07.00)		A	B	C	
1	BONCUKLAMA	7	3	3	13	53,8	23,1	23,1	100
2	ÇÖZGÜDE GERGIN GEVŞEK	1	0	0	1	100	0	0	100
3	ÇÖZGÜDE ÇİFT İPLİK	3	2	0	5	60	40	0	100
4	TARAK TAHARI HATASI	3	3	4	10	30	30	30	100
5	YARIM ATKI	3	1	3	7	42,9	14,3	14,3	100
6	DOKUMA UÇUNTUSU	1	1	1	3	33,3	33,3	33,3	100
7	GÜCÜ TAHARI	0	1	0	1	0	100	0	100
8	TAHAR HATASI	4	0	1	5	80	0	20	100
9	ATKIDA ATLAMA- DALMA	3	2	0	5	60	40	0	100
10	SACAĞLI KENAR	2	2	0	4	50	50	0	100
11	ATKI KAÇIĞI	1	1	0	2	50	50	0	100
12	ÇÖZGÜDE BOYU YOL	0	3	2	5	0	60	40	100
13	YIĞILMA- SAĞILMA	0	1	0	1	0	100	0	100
14	SEYREK	0	0	0	0	0	0	0	0
15	KENAR YIĞILMASI	1	0	0	1	100	0	0	100
16	ÇÖZGÜDE RENK KARIŞIKLIĞI	1	0	0	1	100	0	0	100
17	KAFES YAĞ IZI	0	1	0	1	0	100	0	100
18	YIĞILMA	0	5	0	5	0	100	0	100
	TOPLAM	30	26	15	71	42,3	36,6	21	100

Çizelgenin son dört sütununda bir hatanın her üç vardiyadaki toplam görülme sıklığının % ifadesi verilmiştir. “Boncuklama” hatası A, B ve C vardiyaları toplamında 13 kez görülmüştür. Bu hatanın % 53,8 ile en çok A vardiyasında görüldüğü dikkati çekmektedir. Toplam günlük karşılaşılan hata sayısı 71 olup bunun % 42,3 ‘ünün A vardiyasında ortaya çıktığı görülmüştür. Saat 07.00 ile 15.00 arasında çalışılan A vardiyası genel olarak en fazla hata yapılan çalışma periyodudur.

3.4. Seçilmiş Bir Makine Grubu İçin Kontrol Grafikleri

Çalışmanın yapıldığı işletmede, haftalara göre makine bazında en çok meydana gelen standart dışı parametreler tespit edilmiştir. Çalışma 36 hafta üzerinden değerlendirmeleri içermektedir. Çizelge 6’ da örnek olması açısından sadece Omni Dokuma Makinası İçin En Çok Standart Dışı Olan Parametreleri göstermektedir. Çizelgedeki “0” rakamı hiç off-standart olmadığını göstermektedir. Hatalar (standart dışı parametreler) her sütunun üst kısmında yazılmış olup bir haftadaki görülme

sıklığının birimi, adet/ hafta'dır. Çizelgenin en alt satırında her standart dışı olan parametrenin 36 hafta boyunca toplam görülme sıklığı yer almıştır. Örneğin, hız parametresi. 36 hafta boyunca toplam 17 kez görülmüştür. Bu parametreler ve görülme sıklığı (36 hafta boyunca) Çizelge 7'de pareto diyagramı şeklinde verilmiştir. Toplam 123 adet standart dışı olan parametrenin meydana geldiği görülmüştür. Pareto diyagramları, bir problemi oluşturan etkenlerin önem sırasına göre listesi olup az sayıda önemli sorunu, çok sayıdaki önemsiz sorudan ayırma tekniği olarak da bilinmektedir. Makine gruplarına göre çizilen pareto diyagramlarında bir problemi oluşturan etkenler önem sırasına göre listelenmiştir. Buna göre atkı ipliği kontrolü en fazla görülen hatadır. Standart dışı olan parametrelerden çizelgeler oluşturulmuştur. Çizelgelere göre her bir parametre için 36 haftada meydana gelmiş olan standart dışı durumların sayılarına göre kontrol diyagramları çizilerek prosesin ne derece kontrol altında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Omni Dokuma Makinası İçin Haftalara Göre En Çok Meydana Gelen Standart Dışı Parametreler

SIRA NO	HAFTA	STANDART DIŞI PARAMETRELER VE BU PARAMETRELERİN HERBİR HAFTAYA GÖRE SAYILARI (adet/hafta)																		
		Hız	Makine Girişinde Kumandanın Kaline Durumu.	Kumandan Genel Kontrolü	Yükseklik Kontrolü	Lambaların Kontrolü	Testere Ünitesi Derinliği	Kenar Bağlantı Leno İplikleri Kontrolü	Akı Sıklığının Kontrolü	Etilmesi.	PFT Çalgısına Kontrolü	Sabit Ana Meme Pozisyonu İhtilali	Yükseklik Kontrolü	Yay Teli Pozisyonu	Testere Pasak Yasaqları Kontrolü	Sapak Bayu Kontrolü	SMÇŞ Dağıtıcı	Telef Kenar Düzgünlüğü	Akı İpliği Kontrolü	Hava Kapağı Kontrolü
1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0
2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0
4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
7	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	1	0
8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	9	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
10	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	11	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
12	12	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
13	13	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
14	14	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	15	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	16	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	17	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0
18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	1	0
19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
25	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
26	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
27	27	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
28	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
33	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	34	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	35	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOPLAM (adet/36 hafta)		17	4	8	2	4	1	1	18	1	1	8	9	11	3	1	21	13		

Çizelge 7. Picanol Omni Dokuma Makinası İçin En Çok Meydana Gelen Standart Dışı Parametreler

SIRA NO	OMNI DOKUMA MAKİNASI İÇİN STANDART DIŞI OLAN PARAMETRELER	ÇETELE	GÖRÜLME SIKLIĞI (adet)
1	Atkı İpliği Kontrolü	HHH HHH HHH HHH I	21
2	PFT Çalışma Kontrolü	HHH HHH HHH III	18
3	Hız	HHH HHH HHH II	17
4	Hava Kaçağı Kontrolü	HHH HHH III	13
5	Saçak Boyu Kontrolü	HHH HHH I	11
6	Testere Plastik Yatakları Kontrolü	HHH IIIII	9
7	Yay Teli Pozisyonu	HHH III	8
8	Kumaş Genel Görünüm Kontrolü	HHH III	8
9	Testere Ünitesi Derinliği	IIII	4
10	Makine Girişinde Kalite Durumu	IIII	4
11	SMÇŞ Dosyası	III	3
12	Kalite Lambaları Kontrolü	II	2
13	Kenar Bağlantı Leno İplikleri Kontrolü	I	1
14	Atkı Sıklığının Kontrol Edilmesi	I	1
15	Sabit Ana Meme Pozisyonu	I	1
16	Tansiyon Silindiri Yükseklik Kademesi	I	1
17	Telef Kenar Düzgünlüğü	I	1
TOPLAM			123

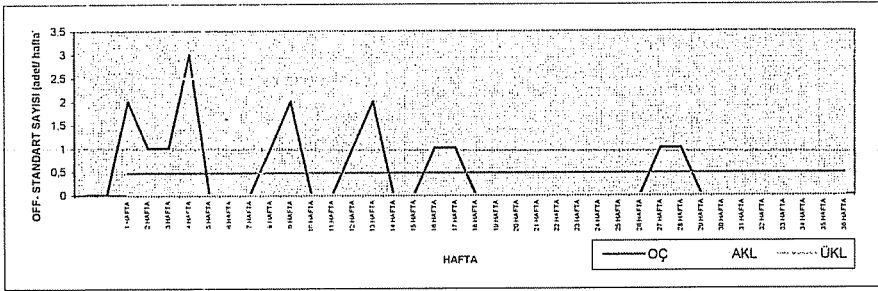
Çizelge 7' ye göre ve her bir parametre için kontrol diyagramı hazırlanmıştır. Bütün parametreler için kontrol grafiklerinin çiziminde "c kontrol diyagramı" kullanılmıştır ve kontrol sınırları ile orta çizginin hesaplanmasında 3.1 nolu eşitlikten yararlanılmıştır (4).

$$O\check{C} = \bar{c}, A.K.L. = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \text{ ve } \check{U}.K.L. = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.1)$$

Çizelge 7' deki verilere göre her bir parametre sayılarına ait OÇ, AKL ve ÜKL değerleri tespit edilmiş olup Çizelge 8' de verilmiştir. 36 haftada 17 çeşit off- standart meydana geldiği tespit edilmiştir. Meydana gelen off- standart toplamı ise 123' tür. Çizelgede AKL' nin eksi değer olması durumunda kontrol grafiklerinde AKL= 0 alınmaktadır. Çünkü, limitler (-) bölgede anlamsızdır. Şekil 8' de off-standartlardan "hız" için kontrol diyagramı verilmiştir. Çizelge 7'ye göre 36 haftada 17 off- standart meydana gelmiştir. Şekil 6' ya göre 4.hafta ÜKL' yi aşan bir durum olduğu görülmektedir. Nedeni araştırılarak gerekli müdahalenin yapılması gerekmektedir.

Çizelge 8. Picanol Omni Dokuma Makinesi İçin Her Bir Parametre Sayılarına Ait OÇ, AKL ve ÜKL Değerleri

SIRA NO	OMNI DOKUMA MAKİNASI İÇİN OFF- STANDART VEREN PARAMETRELER	OÇ	AKL	ÜKL	OFF-STANDART DURUMU			
					SORUN YOK	AKL AŞILDI	ÜKL AŞILDI	
							KAC KEZ	HAFTA
1	Hız	0,472	-1,5	2,5			1	4.
2	Makine Girişinde Kalite Durumu	0,11	-0,885	1,1	X		-	-
3	Kumaş Genel Görünüm Kontrolü	0,22	-1,18	1,6	X		-	-
4	Kalite Lambaları Kontrolü	0,055	-0,65	0,76			2	11. ve 35.
5	Testere Ünitesi Derinliği	0,11	0,885	1,1			1	7.
6	Kenar Bağlantı Leno İplikleri Kontrolü	0,027	-0,47	0,52			1	34.
7	Atkı Sıklığının Kontrol Edilmesi	0,027	-0,47	0,52			1	9.
8	PFT Çalışma Kontrolü	0,5	-1,6	2,6			1	13.
9	Sabit Ana Meme Pozisyonu	0,027	-0,47	0,52			1	2.
10	Tansiyon Silindiri Yükseklik Kademesi	0,027	-0,47	0,52			1	26.
11	Yay Teli Pozisyonu	0,222	-1,18	1,6			1	1.
12	Testere Plastik Yatakları Kontrolü	0,25	-1,25	1,75			2	7. ve 18.
13	Saçak Boyu Kontrolü	0,305	-1,35	1,96			2	13. ve 18.
14	SMÇŞ Dosyası	0,083	-0,78	0,95			3	6., 7. ve 29
15	Telef Kenar Düzgünlüğü	0,027	-0,47	0,52			1	7.
16	Atkı İpliği Kontrolü	0,583	-1,7	2,87			2	9. ve 17.
17	Hava Kaçağı Kontrolü	0,361	-1,4	2,16			2	25. ve 27.



Şekil 6. Hız İçin Kontrol Diyagramı

Kalite kontrol diyagramları ile kontrol sınırlarını aşan, standart dışı durumlar tespit edilebilir ve aynı hatanın tekrarlanmaması için önlemler alınabilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

4.1. Sonuçlar

Tekstil sektörü hızlı bir gelişim süreci içerisinde. Bu süreçte, en iyiyi gerçekleştirme çabası, işletmeler arası rekabeti olduğunca artırmaktadır. En iyiyi üretmek, kalitenin bir diğer ifadesidir. Bu nedenle, üretim aşamalarında proses ve kalite kontrol önemli bir yere sahiptir. Kalite ve verimlilik, bir üretimin başından sonuna kadar kontrollerin yapılmasıyla ve oluşabilecek hatayı önlemeye yönelik önlemlerin alınmasıyla sağlanmaktadır.

İlk önce çalışmanın yapıldığı işletme tanıtılmıştır. Daha sonra dokuma hazırlıkta ve dokumada proses kontrol çalışmasının nasıl yapıldığı anlatılmış ve işletmenin dokuma bölümünde yürütülen proses kontrol çalışmalarından veriler alınarak uygulamalı çalışmaya örnek verilmiştir. İşletmenin dokuma hazırlık bölümünde iki adet konik, iki adet seri ve iki adet haşıl makinası bulunmaktadır. Makinaların teknik özelliklerine göre belirlenmiş proses kontrol parametrelerine göre kontroller yapılmaktadır. Dokuma bölümünde beş farklı makine tipi bulunmaktadır. Bu makineler için de özelliklerine göre proses kontrol parametreleri mevcuttur. Makinalara göre kontrol zamanları hesaplanmış, vardiyalara göre en çok meydana gelen hatalar tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Dokuma hazırlık ve dokuma işletmesinin istatistiksel proses kontrol çalışmasına uygun olduğu görülmüştür.
- İplik, dokuma ve boya- terbiye bölümleri içerisinde en fazla kontrol sıklığının boya- terbiye işletmesinde olduğu tespit edilmiştir.
- İhzar ve dokuma işletmesi birlikte incelendiğinde en fazla kontrol sıklığının dokuma bölümünde gerçekleştiği görülmektedir.
- Çalışma ile ilgili olarak yapılan kontrollerin doğru bir şekilde fakat kısa zamanda yapılması da önemlidir. Toplam kontrol zamanı olarak düşündüğümüzde, en fazla kontrol zamanının konik çözümlü makinası için harcandığı görülmüştür.
- Dokuma işletmesinde her bir makine grubu için parametre sayıları belirlenmiş olup "Bir makina için kontrol edilen parametre sayısı"nın Picanol Omni ve konik çözümlü makinalarında olduğu görülmüştür.

- g) İşletmedeki toplam makine sayısı dikkate alındığında, vardiyada kontrol edilen parametre sayısının en fazla Picanol Omni dokuma makinasında olduğu tespit edilmiştir.
- h) Bir makine için kontrol edilen parametre sayıları ile bir vardiyadaki kontrol sayısı dikkate alındığında bir vardiyadaki toplam kontrol sayısının bulunabileceği ve en fazla kontrolün Picanol Gamma dokuma makinasında olduğu görülmektedir.
- i) Proses kontrol işlemi uygulandığında elde edilen fiili kontrol ile bir vardiyada proses kontrol için tahsis edilecek eleman sayısı bir vardiyada toplam 11 kişi, işletmedeki üç vardiyada tüm makineler dikkate alındığında ise proses kontrol çalışması için toplam 33 kişinin gerekli olduğu tespit edilmiştir.
- j) İşletmede üç vardiya düzeni bulunmakta olup, A (07.00- 15.00), B (15.00- 23.00) ve C (23.00- 07.00) olarak sıralandığı ve bu vardiyalara göre en çok hangi hataların meydana geldiği tespit edilerek, vardiyaların toplamdaki payları grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu hatalar, miktarlarına göre en çok, en az olacak şekilde değerlendirilmiştir. En çok hata A vardiyasında gerçekleşmiştir. Tekstil işletmelerinde genellikle pazar günleri mesai olmamaktadır. Pazartesi günü makineler çalıştırıldığında, makine ayarlarının istenildiği gibi olmamasından dolayı hatalar meydana gelmektedir. Ayrıca, çalışan kişiden kaynaklı (psikolojisinin bozuk olmaması vb) veya ipliğin kalite parametrelerinin (incelik, düzgünlük vs) istenilen değerlerde olmaması gibi nedenlerden dolayı da hatalar meydana gelebilmektedir. Toplamlara bakıldığında ise en çok meydana gelen hatalar olarak “boncuklama”, sonraki sırayı “tarak taharı hatası” oluşturmaktadır.
- k) İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto, kontrol diyagramları kullanılmıştır. İşletmeden alınan 36 haftalık gözlem sonuçlarına göre Omni dokuma makinesine ait pareto diyagramı çizilmiştir. 36 hafta boyunca meydana gelen off- standartlardan hız için kontrol diyagramları oluşturularak sınırları aşan bir durum olup olmadığı tespit edilmiştir. Picanol Omni dokuma makinesi ile ilgili 36 hafta boyunca yapılan gözlemler sonucunda meydana gelmiş olan standart dışı durumlar tespit edilmiş olup, bu durumlarla ilgili şekil verilmiştir. Picanol Omni dokuma makinelerinde en çok off- standart veren parametrenin *atki ipliği kontrolü* olduğu tespit edilmiştir.
- l) Standart dışı durumlarla ilgili OÇ, AKL ve ÜKL değerleri hesaplanmıştır. Örnek olması için standart dışı durumlardan hız için kontrol diyagramı çizilmiştir. 36 hafta boyunca 17 kez meydana gelmiştir. “Hız” parametresi açısından standart dışı bir durum olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak; proses kontrol çalışmaları işlemlerinin, bir işletmede oluşabilecek hataları önlemede ve meydana gelen hatalara çözüm üretmede önemli olduğu görülmüştür. Dolayısıyla da verimliliği artırmada büyük öneme sahiptir.

4.2. Öneriler

Bir işletmede kalite kontrol çalışmaları tek başına yeterli değildir. Ayrıca kalite kontrol, proses kontrol ile iç içe konular olduğundan dolayı bu tür çalışmalar beraber yürütülmelidir. Prosesin sürekli kontrol altında tutulması, hataların oluşmasını daha etkili bir şekilde önlemektedir. Aynı zamanda sadece dokuma hazırlık ve dokuma bölümlerinde değil, boya- terbiye ve iplik bölümlerinde de proses ve kalite kontrol çalışmaları uygulanabilir. Bu çalışmanın yanı sıra, proses kontrol çalışmalarını yürüten

kişi sayısı, proses kontrolün yapılacağı makine sayısı ve makine tipi göz önünde bulundurularak bir çalışma yapılabilir.

Çalışmanın yapıldığı işletmeden alınan verilere göre, günün ilk vardiyasında daha fazla hata meydana gelmesinin nedeni ve en çok meydana gelen hataların nedeni araştırılmalıdır. Bir işletmede, üretilen ürünün hammadde kalitesini etkileyen parametrenin ve makinaların bakım- onarım gibi işlemlerinin yetersiz olması, çalışanın motivasyonunun düşük olması gibi nedenler kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle olumsuzlukları değerlendirerek gerekli konularda eğitim verilebilir. Çünkü çalışanlara verilecek eğitim de kaliteyi artırmada önemli bir parametredir.

5. KAYNAKLAR

1. Sabır, E.C., "Kalite Yaklaşımlarında Proses Kontrol Tekniği ve Tekstil Sanayinde Uygulanabilirliği", *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Dergisi. Cilt:18, Özel Sayı:187-193, Ekim 2003.*
2. Huang, W. & Ghosh, T.K., "Online Characterization of Fabric Compressional Behavior", *Textile Research Journal, 72 (2): 103-112, (2002).*
3. Kısaoğlu, Ö., "Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Kalite Kontrol Sisteminin Kurulması", s:IV, 6-13, İzmir, Şubat 2002.
4. Koç, E., "Üretim Yönetimi ve Organizasyon", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No:33, s:95, 154-181, Adana, 2000.*

**BASİC BLUE 41 BOYAR MADDESİNİN İNAKTİF SUCUL BİTKİ
MYRIOPHYLLUM SPICATUM TARAFINDAN BİOSORPSİYONUNUN
YALANCI İZOTERMLERE UYGULANMASI**

Mesut BAŞIBÜYÜK

Serpil SAVCI ve Olcayto KESKİNKAN

Ç.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Boyar maddelerin sulu ortamda ayrılmasında biosorpsiyon işleminin yaygın kullanıldığı ve araştırmaların sürdürüldüğü bilinmektedir. Bu çalışmada inaktif sucul bitki *Myriophyllum spicatum*'un sucul ortamdaki Basic Blue 41 (BB41) boyar maddesini biyosorpsiyonunun yalancı izotermlere uygunluğu araştırılmıştır. BB41 boyar maddesinin inaktif bitki tarafından adsorpsiyon hızının yalancı ikinci dereceden hız modeline uyduğu belirlenmiştir. Yalancı ikinci dereceden hız denkleminde ve katsayılarından yola çıkarak hesaplanan yalancı izotermler ile gerçek izotermler karşılaştırıldığında inaktif bitki için en uygun izotermin gerçek izotermler olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tekstil atıksuyu, *Myriophyllum spicatum*, adsorpsiyon, renk giderimi, kinetik.

**APPLICATION OF PSEUDO IZOTERMS ON THE BIOSORPTION OF BASIC
BLUE 41 BY SUBMERGED AQUATIC PLANT
(MYRIOPHYLLUM SPICATUM)**

ABSTRACT : Biosorption is a well known process to remove dyes from aqueous media, and investigation have been deeply sustained for the efficient process. In this study, the application of pseudo isotherms on the biosorption of Basic Blue 41 (BB41) dye by non-living submerged aquatic plant *Myriophyllum spicatum* has been investigated. Kinetics of the adsorption process was found to be best defined by the pseudo second order adsorption kinetic model. The pseudo isotherms of adsorption process were also studied with the help of pseudo second order constants and it was found that the real isotherms described the non-living submerged plant/BB41 process better than the pseudo isotherms.

Keywords: Textile effluent, *Myriophyllum spicatum*, adsorption, color removal, kinetics.

1. GİRİŞ

Tekstil, boya, kozmetik, kağıt, plastik ve halı gibi çok sayıda endüstri, büyük miktarda atıksu tüketmektedir. Bu endüstrilerin atıksuyu oldukça renklidir. Renkli atıksular çevreye zarar vermektedir. Işık geçirgenliğini engellediklerinden dolayı sucul çevredeki fotosentetik aktiviteyi önemli ölçüde etkileyebilirler. Bu atıksular, alıcı ortama verilmeden önce giderilmelidir (1, 2).

Boyalar, asidik, reaktif, bazik, dispers azo, diazo, anthraquinone ve metal-kompleks olarak farklı yapılar içermektedir.

Boyar maddeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılır (3).

- Anyonik : Direct, asidik ve reaktif boyalar
- Katyonik: Bazik Boyalar
- Non-iyonik: Dispers Boyalar

Anyonik boyaların arıtımı oldukça zordur çünkü, klasik atıksu arıtma tesisleri bu boyaların arıtımında yetersizdir (4).

Katyonik boyaların parlaklıklarından dolayı giderimleri oldukça zordur (5).

Non-iyonik boyalar sulu ortamda çözünmezler. Bu boyaların benzen ve diğer aromatik bileşikler gibi karsinojenik olduğu bilinmektedir (6).

Pek çok boyanın biyolojik gideriminin düşük olmasından dolayı klasik biyolojik atıksu arıtma prosesi tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasında her zaman etkili değildir (5).

Endüstriyel atıksulardan zararlı organiklerin giderimi için varolan teknolojiler yetersiz ve ekonomik açıdan uygun değildir. Aktif karbon boya gideriminde en yaygın adsorbanlardan birisi olmasına rağmen rejenerasyonu (yenilenmesi) oldukça pahalıdır (7). Biyosorpsiyon, boya giderimi için varolan sistemlere potansiyel bir alternatiftir. Biyokütle (canlı veya cansız) organik maddelerin gideriminde kullanılmaktadır.

Yapılan araştırmalar, pahalı adsorbanlara alternatif olarak örneğin elma posası ve buğday samanı, pamuk, eğrelti otu, kitin, canlı veya inaktif sucul bitkileri biyolojik materyallerin boyar madde gideriminde adsorban olarak kullanılabileceğini göstermiştir (8-13).

Myriophyllum spicatum, göllerde, drenaj kanallarında ve sulak alanlarda yetişir. Çukurova'da geniş drenaj kanalları bulunur ve bu bitki yıl boyunca bu kanallardan elde edilebilir.

Boya gideriminde sucul bitkilerin kullanıldığı çalışmalar oldukça azdır. Waranusantigul ve ark., çeşitli deneysel şartlar altında bazik boya methylene blue'nun giderimi için biosorbent olarak *Spirodela polyrrhiza*'ı kullanmıştır (14). İnaktif *Spirodela polyrrhiza*'nın katyonik boyaların gideriminde etkili bir adsorban olduğu bulunmuştur. Ayrıca inaktif *Hydrilla verticillata* methylene blue ve basic blue gibi iki bazik boyanın gideriminde oldukça etkili bir biosorbenttir (15).

Bu çalışma çerçevesinde yapılan deneylerde tekstil atıksularındaki boyar maddelerin inaktif *Myriophyllum spicatum* üzerine adsorbe edilerek uzaklaştırılması hedef alınmıştır. Bu kapsamda Basic Blue 41 boyar maddesinin inaktif bitki ile olan adsorpsiyon mekanizmasının kinetiği incelenmiştir. Yalancı ikinci dereceden hız denklemleri ile hesaplanan katsayılar yardımıyla yalancı izotermeler elde edilmiş ve gerçek izotermeler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Deneysel çalışmada, adsorban madde olarak; Adana-Tuzla yakınlarında bulunan bir sulak alandan toplanan *Myriophyllum spicatum* sucul bitki biyokütlesi, inaktif olarak kullanılmıştır.

Adsorbsiyon deneylerinde, katyonik Basic Blue 41 ($\lambda=609$ nm) boyar maddesi kullanılmıştır. Boyar madde Ciba firmasından temin edilmiştir. Boyar madde çözeltileri saf su kullanılarak hazırlanan stok boyar madde çözeltisinin seyreltilmesiyle hazırlanmıştır.

Myriophyllum spicatum sucul bitki biyokütlesi kullanılmadan önce distile su ile hazırlanan % 3'lük HCl çözeltisi ile yıkanmıştır. Yıkama işlemi sonrasında 90 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Adsorbsiyon çalışmalarında kullanılan bitki örnekleri, blender kullanılarak parçalanıp homojen hale getirilmiştir.

Adsorbsiyon testleri 25 °C sabit oda sıcaklığında 250 ml'lik erlenler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir erlene *Myriophyllum spicatum* biokütlesi (yaklaşık 2 gram) ilave edilmiştir. Başlangıç boya konsantrasyonları 25, 50, 100, 200 ve 400 mg/l'dir. Temas süresi 160 dakikadır. İşlem sonrası kalan boyar madde miktarı, karışımın santrifüjlenerek (6000 rpm, 10 dakika) duru fazın spektrofotometre (Bausch and Lomb, Spectronic 21) ile ölçülmesiyle bulunmuştur.

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Tekstil endüstrisinde kullanılan Basic Blue 41'in farklı konsantrasyonlarda yapılan renk giderimi çalışmalarında inaktif *Myriophyllum spicatum* ile renk giderimi araştırılmıştır.

İnaktif *Myriophyllum spicatum* ile Basic Blue 41'in adsorbsiyonunun kinetiği Lagergren, yalancı birinci ve ikinci dereceden hız modellerine uygulanmıştır. Literatürlerde yalancı ikinci dereceden hız modelinin diğer modellere göre daha iyi uyum sağladığı pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (16-18). Bu çalışmada da sonuçlar yalancı ikinci dereceden hız modeline daha iyi uyum sağlamıştır.

Yalancı ikinci dereceden hız modeli için denklem (Eşitlik 1) aşağıda verilmiştir (20).

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_{2,ad} q_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}} t \quad (1)$$

Burada, q_{eq} , dengede boya adsorbatın kütlesi (mg/g), q_t , t (dakika) zamanında boyanın kütlesi, $k_{2,ad}$ yalancı ikinci dereceden adsorbsiyon hız sabitidir ($g \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$).

Eşitlik 1'de q_{eq} değerinin Eşitlik 2'de yerine konulması ile herhangi bir zamandaki sıvı fazdaki boyar madde denge konsantrasyonu (C_{eq}) hesaplanır. Bu değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

$$C_{eq} = C_0 - \frac{q_{eq} m_s}{V} \quad (2)$$

C_{eq} : Sıvı fazdaki boyar madde denge konsantrasyonu (mg/l)

C_0 : Başlangıç boyar madde konsantrasyonu (mg/l)

q_{eq} : Dengede adsorbe edilen madde miktarı (mg/g)

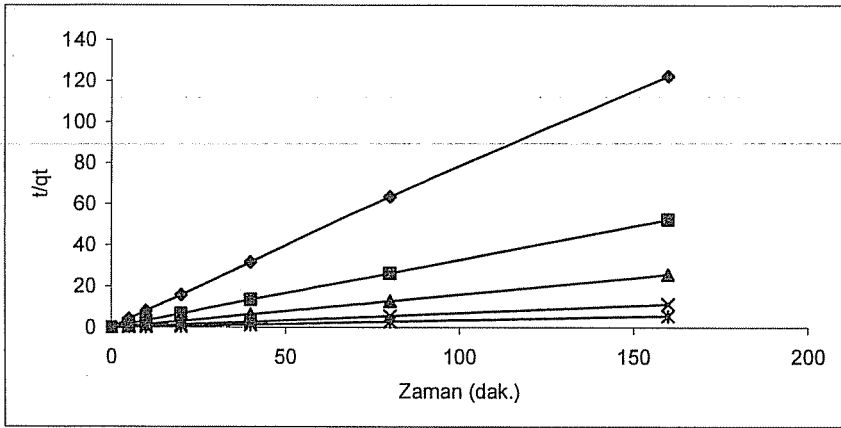
m_s : Adsorban miktarı (g)

V : Deneysel hacmi (l)

Çizelge 1. İnaktif bitki/BB41 sistemi için kinetik parametreler

C_0	C_{eq} (mg/l)	q_{eq} (mg/g)	$k_{2,ad}$ (g/mg min)	R^2
25	7.60264	1.3048	0.8415	0.999
50	9.38674	3.04599	0.55159	0.999
100	17.287	6.20347	1.75577	1
200	12.2066	14.0845	0.5041	1
400	27.5605	27.933	0.16021	1

Şekil 1’de t/q_t ’nin t ’ye karşı grafiği verilmiştir.

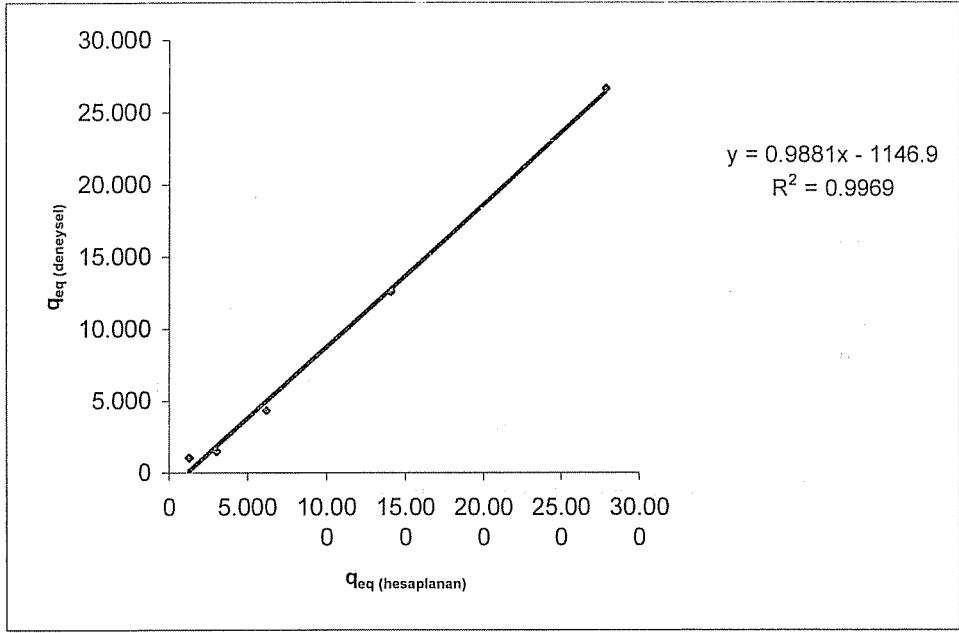


Şekil 1. Yalancı İkinci Dereceden Hız Grafikleri, İnaktif *Myriophyllum spicatum* (◆) 25 mg/l, (■) 50 mg/l, (▲) 100 mg/l, (x) 200 mg/l, (*) 400 mg/l

Çizelge 2’de Yalancı ikinci dereceden hız katsayılarının deneysel ve teorik değerlerinin karşılaştırması verilmiştir. İnaktif *Myriophyllum spicatum*-BB41 sisteminin Yalancı ikinci dereceden hız modeline çok iyi (Şekil 2) uyum sağladığı görülmektedir.

Çizelge 2. Yalancı İkinci Dereceden Hız Katsayılarının ($k_{2,ad}$) (g/mgdak) Deneysel ve Teorik Değerleri

Boya Konsantrasyonu (mg/l)	q_{eq} (hesaplanan)	q_{eq} (deneysel)
25	1.3048	1.066
50	3.04599	1.503
100	6.20347	4.364
200	14.0845	12.607
400	27.932	26.668

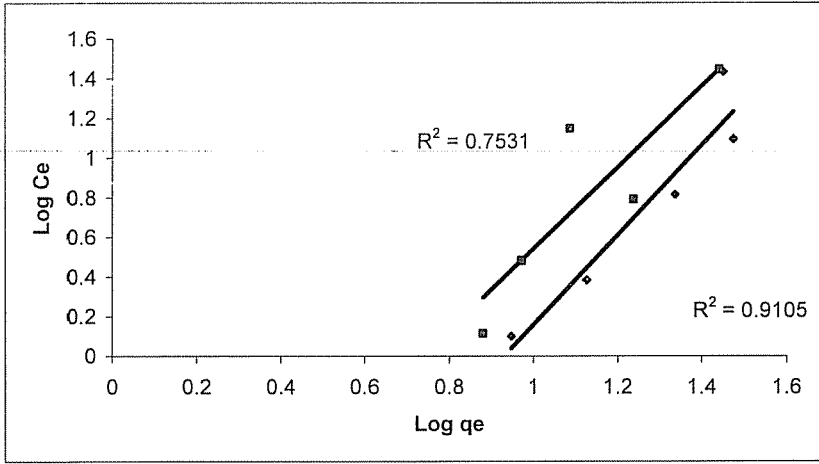


Şekil 2. İnaktif *M.spicatum*-BB41 Sistemi İçin Yalancı İkinci Dereceden Hız Grafiği için deneysel ve teorik değerlerin karşılaştırılması

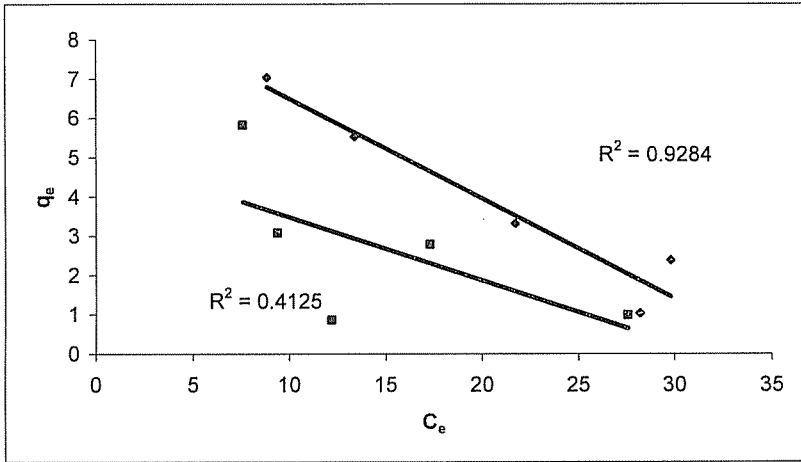
İnaktif *M.spicatum*-BB41 Sistemi İçin yalancı ve gerçek izotermeler karşılaştırıldığında (Çizelge 3) gerçek izotermelerin yalancı izotermelere göre daha iyi uyum sağladığı bulunmuştur (Şekil 3-4). Çakmak'ın 2004 yılında yapmış olduğu çalışmada aynı boyar maddenin (BB41) anaerobik çamur üzerine adsorpsiyonunda da en uygun izotermelerin gerçek izotermeler olduğu gözlenmiştir (19).

Çizelge 3. Yalancı ve Gerçek İzotermeler

Adsorban	Langmuir		Freundlich	
	Gerçek	Yalancı	Gerçek	Yalancı
	R^2	R^2	R^2	R^2
İnaktif <i>M. spicatum</i>	0.9284	0.4125	0.9105	0.7531



Şekil 3. (■) Yalancı (◆) Gerçek Freundlich İzotermi



Şekil 4. (■) Yalancı (◆) Gerçek Langmuir İzotermi

4. SONUÇ

Tekstil endüstrisinde boyama işleminde kullanılan Basic Blue 41 isimli bazik boyar maddenin inaktif *Myriophyllum spicatum* kullanılarak adsorpsiyonunun yalancı ikinci dereceden kinetik modele ve yalancı izotermelere uygunluğu bu çalışmanın kapsamında incelenmiştir. Yalancı ikinci derece modelin uygulanmasından elde edilen teorik q_{eq} değerleri ile deneysel çalışmadan elde edilen deneysel q_{eq} değerleri arasında çok iyi bir korelasyon olduğu görülmüştür. Ayrıca bu değerlerin kullanılması ile elde edilen gerçek ve yalancı izotermelerin karşılaştırılmasının sonucunda, inaktif *Myriophyllum spicatum*-BB41 sistemi için gerçek izotermelerin yalancı izotermelere göre daha uygun olduğu bulunmuştur.

5. KAYNAKLAR

1. Namasivayam, C., Kavitha, D., "Removal of Congo Red from Water By Adsorption Onto Activated Carbon Prepared From Coir Pith, an Agricultural Solid Waste", *Dyes Pigments*, 54: 47-58, 2002.
2. Mall, D., Srivastava, V.C., Agarwal, N.K., Mishra, I.M., "Removal of Congo Red from Aqueous Solution By Bagasse Fly Ash and Activated Carbon: Kinetic Study and Equilibrium Isotherm Analyses", *Chemosphere* 61 : 492-501, 2005.
3. Mishra, G., Tripathy, M., "A Critical Review of The Treatment for Decolorization of Textile Effluent Colourage", 40: 35-38, 1993.
4. Willmatt, N., Guthrie, J., Nelson, G., "The Biotechnology Approach To Colour Removal from Textile Effluent", *JSDC* 114: 38-41, 1998.
5. Banat, I.M., Nigam, P., Singh, D., "Marchant, R., Microbial Decolorization of Textile-Dye-Containing Effluents: A Review", *Bioresour Technol.* 58:217-227 1996.
6. Baughman, G.L., Perenich, T.A., "Fate of Dyes in Aquatic Systems: I Solubility and Partitioning of Some Hydrophobic Dyes and Related Compounds", *Environ. Toxicol Chem.* 7: 183-199, 1988.
7. Meethan, C., Banat, I.M., McMullan, G., Nigam, P., Smyth, F., Marchant, R., "Decolorization of Remazol Black-B Using a Thermotolerant Yeasts, *Kluyveromyces marxianus* IMB3", *Environment. Int.* 26: 75-79, 2000.
8. Robinson, T., Chandran, B., Nigam, P., "Removal of Dyes From a Synthetic Textile Dye Effluent By Biosorption on Apple Pomace and Wheat Straw" *Water Res.* 36:2824-2830, 2002.
9. I. Bouzaida, M.B. Rammah, "Adsorption of Acid Dyes on Treated Cotton in a Continuous System", *Mater. Sci. Eng. C21*:151-155, 2002.
10. Ho, Y.S., Chiang, T.H., Hsueh, Y.M., "Removal of Basic Dye from Aqueous Solution Using Tree Fern As a Biosorbent", *Process Biochem.* 40:119-124, 2005.
11. Wong, Y.C., Szeto, Y.S., Cheung, W.H., McKay, G., "Adsorption of Acid Dyes on Chitosan Equilibrium Isotherm Analyses", *Process Biochem.* 39:693-702, 2004.
12. Keskinan, O., Goksu, M.Z.L., Basibuyuk, M., Forster, C.F., "Heavy Metal Adsorption Properties of a Submerged Aquatic Plant (*Ceratophyllum demersum*)", *Bioresour Technol.*, 92:197-200, 2004.
13. Basibuyuk, M., Savci, S., Keskinan, O. and Cakmak, M.E., "Investigation of a Basic Dye Adsorption Characteristics of a Non-Living Submerged Aquatic Plant (*Myriophyllum spicatum*)", *Asian Journal of Chemistry*, 19, 2, 2006.
14. Waranasantigul, P., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., "Kinetics of Basic Dye (Methylene Blue) Biosorption by Giant Duckweed (*Spirodela polyrrhiza*)", 125:385-392, 2003.
15. Low, K.S., Lee, C.K., Heng, L.L., "Sorption of Basic Dyes by *Hydrilla verticillata*". *Environmental Technology*, 14: 115-124, 1993.
16. Basibuyuk, M., Forster, C.F., "An Examination of The Adsorption Characteristics of a Basic Dye (Maxilon Red BL-N) on to Live Activated Sludge System", *Process Biochem*, 38:1311-1316, 2003.
17. Keskinan, O., Goksu, M.Z.L., Yuceer, A., Basibuyuk, M., Forster, C.F., "Heavy Metal Adsorption Characteristics of a Submerged Aquatic Plant (*Myriophyllum spicatum*)", *Process Biochem.*, 39:179-183, 2003.

18. Ho, Y.S., Wase, D.A.J., Forster, C.F., "Kinetic Studies of Competitive Heavy Metal Adsorption by Sphagnum Moss Peat", *Environ. Technol.*, 17:71-77, 1996.
19. Çakmak, M.E., "Basic Blue 41 Boyar Maddesinin Anaerobik ve Aktif Çamur Biokütlesi Tarafından Adsorplanabilirliğinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2004.
20. Ho, Y.S., Wang, C.C., "Pseudo-Isotherms For The Sorption of Cadmium Ion Onto Tree Fern", *Process Biochem.*, 39:759-763, 2004.

KAHRAMANMARAŞ KENTİ TOPLU KONUT UYGULAMALARININ KULLANIM SONRASI DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa YEĞİN ve Zahide Fatma ERŞAN
Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD) yöntemi ile Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Uygulamaları incelenmiştir. Fiziksel mekan analizleri, gözlem ve görüşmeler yapılarak, tasarım sorunları saptanmış, konutlara ait performanslar değerlendirilerek kullanıcıya ait memnuniyet düzeyi belirlenmiştir.*

Değerlendirme çalışmasında elde edilen bulgular sonuç bölümünde bir araya getirilerek; teknik, fonksiyonel ve davranışsal açıdan tespit edilen sorunlara çeşitli çözüm önerileri getirilmiştir.

THE POST OCCUPANCY EVALUATION OF MASS HOUSING APPLICATION OF KAHRAMANMARAŞ CITY

ABSTRACT: *In this study, mass housing application of Kahramanmaraş city is studied by the method of Post Occupancy Evaluation (POE). Projection problems have been determined by making physical space analyses, observations and interviews. Then the level of users' satisfaction is stated by evaluating of building performance.*

By gathering the findings acquired in the evaluation study, various suggestions are made for the problems determined in terms of technical, functional and behavioural terms.

1. GİRİŞ

Toplu konut alanları; altyapı problemlerinin çözüldüğü, sosyal tesis ve yeşil alanlara sahip, şantiye örgütlenmesi yönünden sahip olduğu teknik üstünlükler ile kısa sürede daha çok konut üretiminin yapılabilirdiği, çok sayıda ailenin barınma gereksinimini karşılayan yaşam merkezleridir.

Günümüzde konut, kullanıcıların yalnızca barınma amaçlı ihtiyaçlarını karşılamının ötesine geçmeli, yapılacak konutlar niteliksel açıdan da kullanıcı memnuniyetini sağlayacak standartlarda üretilmelidir.

Toplu konutlar farklı sosyal ve kültürel yapıya sahip kullanıcıları barındırır. Dolayısıyla bu kullanıcıların uyum sağlayacağı değil, bu kullanıcılara uyum sağlayacak yerleşmelerin planlanabilmesi için, geçmiş tasarım kararlarına derin bir bakış sağlayan “Kullanım Sonrası Değerlendirme” çalışmalarına gereken önemin verilmesi gerekmektedir.

Kahramanmaraş kentindeki konut ihtiyacı da günümüzde hızlı kentleşme ve göç etkenlerine bağlı olarak artmıştır. Belediye Teşkilatı bu problemi gidermek amacıyla, belirlediği dört toplu konut alanında konut üretimine başlamıştır.

Kahramanmaraş kenti toplu konut uygulamalarında yapılan Kullanım Sonrası Değerlendirme çalışması ile; gelecek tasarımlar için kullanıcı ve kullanıcı gereksinimleri ile yapı arasında maksimum uyumu sağlamak, mekan performansını ve kullanıcı memnuniyetini artırmak, değerlendirme sonucu elde edilen bilginin sonraki tasarımlara kriter olarak aktarılması, tasarım sürecine yansıtılması ve yeni tasarımların daha başarılı olmasının sağlanması amaçlanmıştır. Sonuçta; teknik, fonksiyonel ve davranışsal performans konularına yönelik tespit edilen sorunlar verilmiş, bu sorunlara çözüm önerileri getirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu araştırmanın materyalini Kahramanmaraş kenti toplu konut uygulamalarından gözlem, görüşme, yerinde yapılan saptamalar ve anket yoluyla elde edilen veriler oluşturmuştur. Ayrıca, kavramsal içeriğin oluşturulmasında kütüphaneler ve internetten sağlanan veriler kaynak oluşturmuştur.

Kahramanmaraş kenti toplu konut uygulamalarının değerlendirilmesinde “Kullanım Sonrası Değerlendirme” yöntemi kullanılmış, kullanıcılara ait memnuniyet düzeyi teknik, fonksiyonel ve davranışsal performans çerçevesinde saptanmıştır.

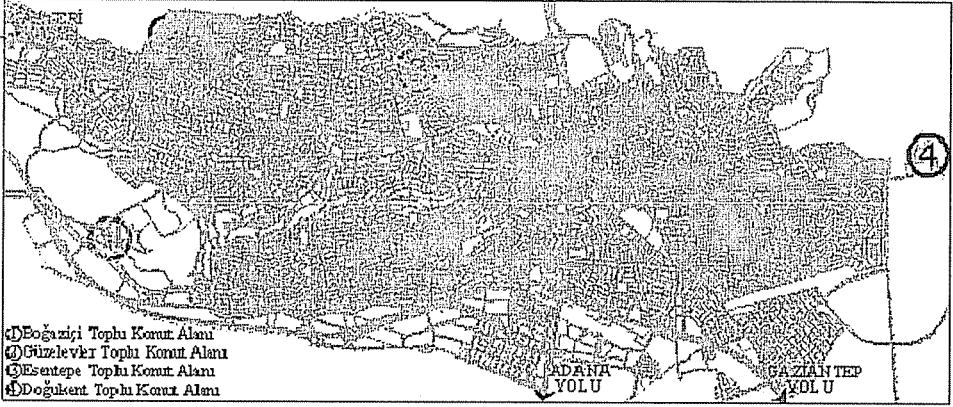
KSD yöntemi, Gösterici ve Araştırmacı düzeyde uygulanmıştır. Gösterici KSD kapsamında literatür araştırmaları, gözlem, görüşme ve fotoğraflama çalışmaları yapılmış, toplu konut alanlarına ait kat planları ve vaziyet planları temin edilmiş, arazi kullanım değerleri belirlenmiş, fiziksel mekan analizleri (konut iç mekan büyüklükleri ve yüzdelerinin saptanması, iç mekan organizasyon şemalarının oluşturulması, iç mekanlar arası uzaklıkların belirlenmesi) ve kişisel kontrol listeleri yardımıyla teknik, fonksiyonel ve davranışsal performans düzeyleri konusunda saptamalar yapılmıştır.

Gösterici KSD’den elde edilen bilgiler ışığında yapılan Araştırmacı KSD çalışması kapsamında; problem alanlarını oluşturan kritik noktalar (teknik, fonksiyonel ve davranışsal açıdan) belirlenmiş, bunlara bağlı olarak kullanıcı anket soruları hazırlanmıştır. Farklı plan tipine sahip konutlardan örneklem seçilerek (%7-10) anketler uygulanmıştır. Ankette ölçek soruları, kapalı ve açık uçlu sorular kullanılmıştır.

3. KAHRAMANMARAŞ KENTİ TOPLU KONUT UYGULAMALARI

1997 yılında Kahramanmaraş Belediyesi tarafından yer seçim araştırması yapılarak toplu konut çalışmalarına başlanmış ve Kahramanmaraş Belediyesi tarafından kurulan kooperatifler ile uygulamaya geçilmiştir.

Kentin doğusunda kent merkezine 5.5 km mesafede Doğukent toplu konut alanı, kentin batısında kent merkezine 15 km uzaklıkta Boğaziçi toplu konut alanı ve kentin kuzeybatısında kent merkezine 3 km mesafede Esentepe toplu konut alanı uygulamaları devam etmektedir. Kentin kuzeybatısındaki Güzelevler toplu konut alanındaki konutların uygulamasına ise yeni başlanmıştır.



Şekil 1. Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Uygulamalarının Konumu

Çizelge 1. Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Alanlarında Planlanan ve Gerçekleşen Blok ve Konut Sayıları.

TOPLU KONUT BÖLGESİ	BLOK TİPİ	KAT SAYISI	TOPLAM BLOK SAYISI	TOPLAM KONUT SAYISI	GERÇEKLEŞEN BLOK SAYISI *	GERÇEKLEŞEN KONUT SAYISI*	GERÇEKLEŞEN KONUT SAYISININ TOPLAM KONUT SAYISINA ORANI (%)
DOĞUKENT	A	9-10	82	1604	64	1244	77,5
	B	9-10	57	1110	30	570	51,3
	C	9	12	228	6	108	50
	TOPLAM		151	2942	100	1922	65,3
ESENTEPE	---	10	27	540	13	260	48
BOĞAZIÇI	---	8	37	592	15	240	40,5
GÜZELEVLER	---	7	20	560	---	---	---

* Ağustos 2006

Çizelge 2. Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Alanlarında Planlanan ve Gerçekleşen Sosyal Donatı Alanları

TOPLU KONUT BÖLGESİ	PLANLANAN SOSYAL DONATILAR *	GERÇEKLEŞEN SOSYAL DONATILAR **
DOĞUKENT	-Temel eğitim -Dini tesis -Çarşı -Karakol -Sağlık tesisi	- İdari tesis - Spor kompleksi - Kültür alanı -Park alanları -Dinlenme alanları
ESENTEPE	-Çarşı -Spor alanı -Park alanları -Dinlenme alanları	-Park alanları -Dinlenme alanları
BOĞAZIÇI	-Çarşı -İlköğretim okulu -Sağlık birimi alanları -Dini tesis	-Spor alanı -Park alanları -Dinlenme
GÜZELEVLER	---	---

* Kahramanmaraş Belediyesi Doğukent Toplu Konutları Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Raporu (1) ile Esentepe ve Boğaziçi Toplu Konutları Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Ön Araştırma Raporlarında (2) (3) yapılması öngörülen donatılar esas alınmıştır.

** Ağustos 2006

3.1. Doğukent Toplu Konut Uygulaması

Merkez ilçenin doğusunda, Sarıkaya köyü hudutları içerisinde yer almaktadır. Proje, dar gelirli kişilere ucuza konut üretmek gayesi ile ortaya konmuştur.

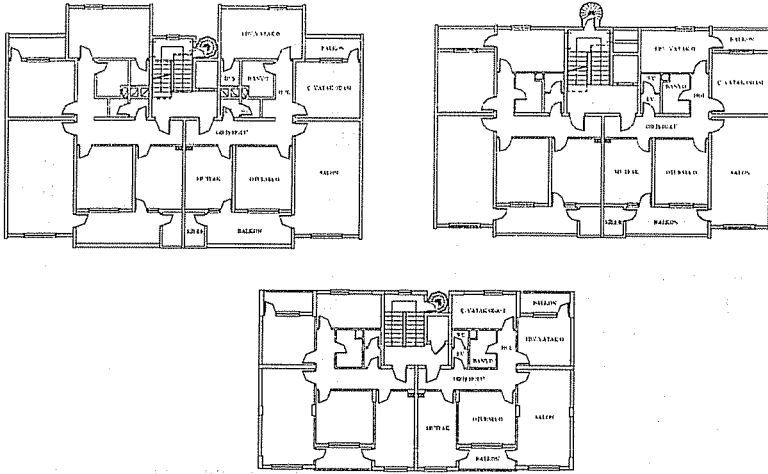
Projede brüt yoğunluk 350-400 kişi/hektar olarak planlanmış olup, yaklaşık 13.500 kişilik bir nüfusun konut ihtiyacının çözümleneceği düşünülmüştür. Barındıracağı nüfus itibariyle bir semt yerleşimi olarak kabul edilmektedir.

Doğukent Toplu Konutları ikili ve üçlü bloklar şeklinde 9'ar ve 10'ar katlı olmak üzere toplam 151 blok şeklinde projelendirilmiştir. İlk etapta bloklar 9 katlı olarak ahşap kalıp sistemle inşa edilmiş, inşa sisteminin hızlı olması nedeniyle daha sonra tünel kalıp sisteme geçilmiştir. Bu sistemle inşa edilen bloklar ise 10'ar katlıdır. Konutların inşasına 1998 yılı Temmuz ayında başlanmıştır.

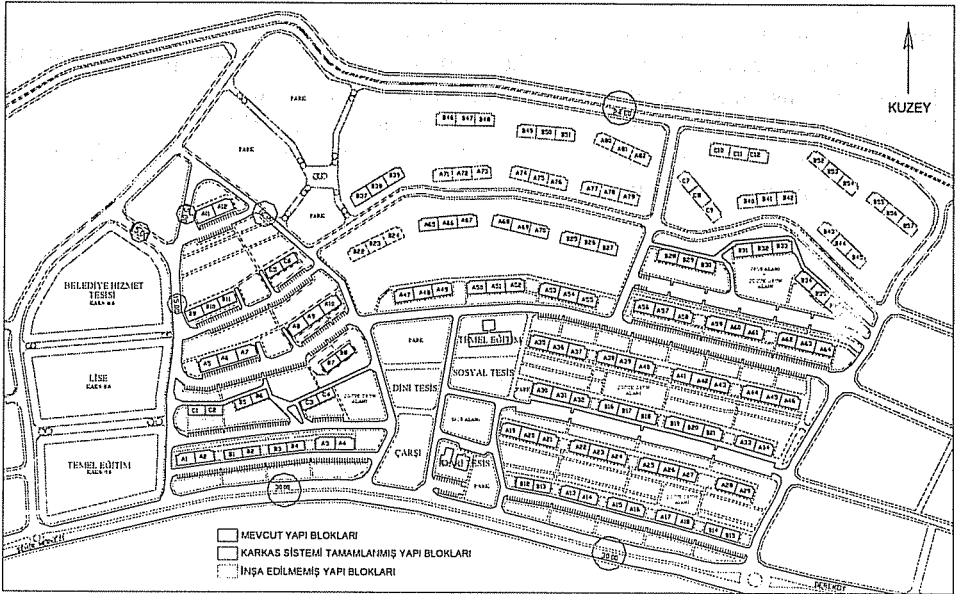
Proje kapsamında 3 tip daire bulunmaktadır. Toplam daire alanları A tipi bloklarda 139 m², B tipi bloklarda 107 m² ve C tipi bloklarda 93 m²'dir.

Toplu konut alanında C1 bloğun zemin katı sağlık tesisi olarak kullanılmaktadır. Şu an ilköğretim okulu olarak kullanılmakta olan yapı, ilköğretim okulu olarak projelendirilen yapının tamamlanmasından sonra sağlık tesisi olarak kullanılacaktır. Dini tesis inşa halindedir. Sosyal tesis ve çarşı henüz inşa edilmemiştir. Çarşı olarak planlanan alan açık pazaryeri olarak kullanılmaktadır. Anayol üzerindeki bloklar ile A47, A50 ve A53 bloklarının zemin katları ticaret alanı olarak kullanılmaktadır. Toplu konut alanında dört çocuk oyun alanı, iki basketbol ve bir voleybol sahası mevcuttur. Her daire için bir otopark alanı bulunmaktadır.

KAHRAMANMARAŞ KENTİ TOPLU KONUT UYGULAMALARININ
KULLANIM SONRASI DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 2. Doğukent Toplu Konutları A, B ve C Blok Normal Kat Planları



Şekil 3. Doğukent Toplu Konut Alanı Vaziyet Planı (Mevcut Fiziki Yapılanmanın Değerlendirilmesi)

Çizelge 3. Doğukent Toplu Konut Bölgesi Arazi Kullanım Değerleri

BİRİM ALANLAR	Gerçekleşen Alanlar (ha)	Gerçekleşen Toplam Alan* İçinde Aldığı Pay (%)	Planlanan Alanlar (ha)	Planlanan Toplam Alan** İçinde Aldığı Pay (%)
Konut alanı	3,1	12,9	4,6	10,4
Sağlık tesisi alanı	0,02	0,08	0,4	0,9
Ticaret alanı	0,1	0,4	0,5	1,1
Temel Eğitim Alanı	0,4	1,7	1,4	3,1
İdari tesis Alanı	0,1	0,4	0,1	0,2
Dini Tesis Alanı	---	---	0,2	0,4
Sosyal Tesis Alanı	---	---	0,3	0,7
Yeşil Alanlar	8,7	36,2	---	---
Yollar + Otoparklar	10,8	45	---	---

* Gerçekleşen toplam alan: 24 ha

** Planlanan toplam alan: 44,2 ha

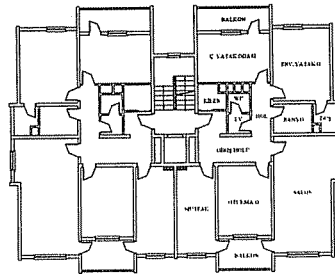
3.2. Esentepe Toplu Konut Uygulaması

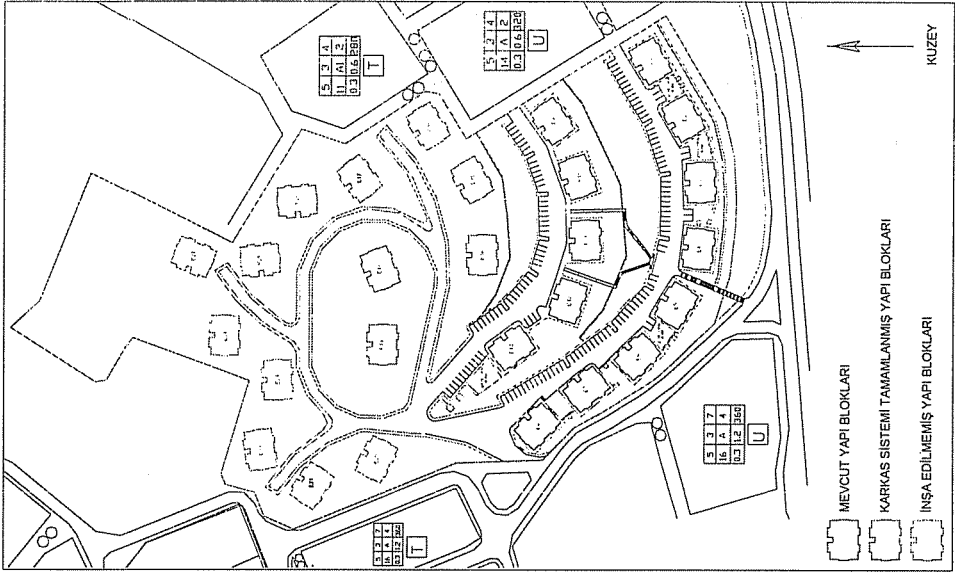
Kentin kuzeybatısında, Tavşantepe mahallesinde yer almaktadır. Orta gelirli kişilerin konut ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak planlanmıştır.

Projede brüt yoğunluk 4 kişi/konut olarak planlanmış olup yaklaşık 2400 kişilik bir nüfusun konut ihtiyacının çözümleneceği düşünülmüştür.

Esentepe toplu konutları 10'ar katlı toplam 27 blok olarak projelendirilmiştir. Konutların inşasında tünel kalıp sistem kullanılmakta olup, inşaata 2001 yılında başlanmıştır. Konutlar tek tiptir, dairelerin toplam alanı 123 m²'dir.

Toplu konut alanında dört adet çocuk oyun alanı mevcuttur. İki daire için bir otopark alanı bulunmaktadır.

**Şekil 4.** Esentepe Toplu Konutları Normal Kat Planı



Şekil 5. Esentepe Toplu Konut Alanı Vaziyet Planı (Mevcut Fiziki Yapılanmanın Değerlendirilmesi)

Çizelge 4. Esentepe Toplu Konut Bölgesi Arazi Kullanım Değerleri

BİRİM ALANLAR	Gerçekleşen Alanlar (m ²)	Gerçekleşen Toplam Alan* İçinde Aldığı Pay (%)	Planlanan Alanlar (m ²)	Planlanan Toplam Alan* İçinde Aldığı Pay (%)
Konut alanı	3939	18,7	8181	15,6
Yeşil Alanlar	8698	41,3	---	---
Yollar + Otoparklar	8399	40	---	---

* Gerçekleşen toplam alan: 21036 m²

**Planlanan toplam alan: 52344 m²

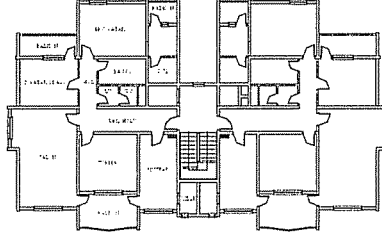
3.3. Boğaziçi Toplu Konut Uygulaması

Merkez ilçeye bağlı Tekerek Köyü, Gelinaslan Mevkii, Haydarbey mahallesinde yer almaktadır. Orta gelirli insanların konut ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak planlanan Boğaziçi toplu konut alanı Sır barajı manzaralıdır.

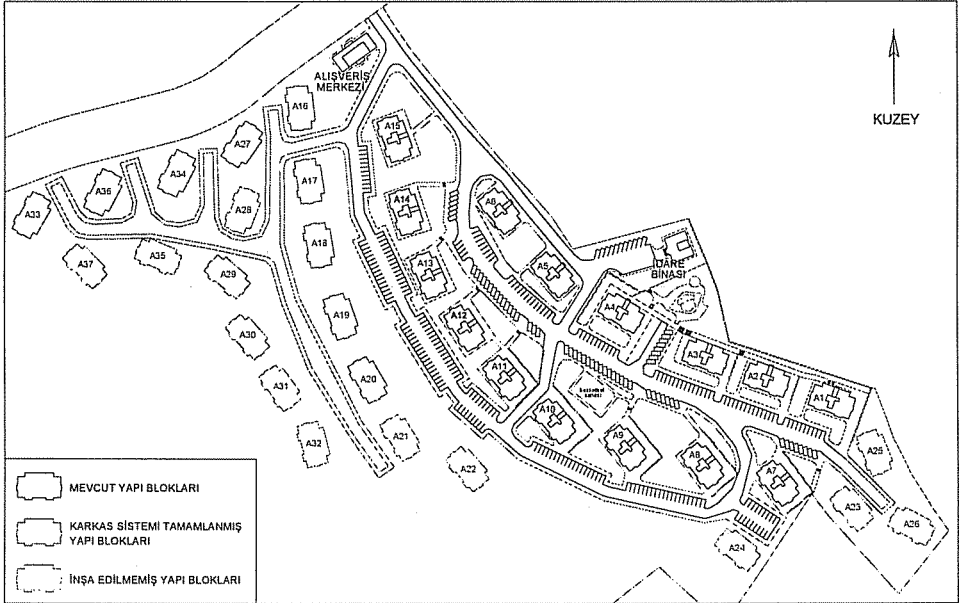
Projede brüt yoğunluk 4 kişi/konut olarak planlanmış olup, yaklaşık 2800 kişilik bir nüfusun konut ihtiyacının çözümleneceği düşünülmüştür.

Boğaziçi toplu konutları 8'er katlı toplam 37 blok olarak projelendirilmiştir. Konutların inşasında tünel kalıp sistem kullanılmakta olup, inşaata 2001 yılında başlanmıştır. Konutların tamamı tek tip olup toplam daire alanı 141 m²'dir.

Toplu konut alanında fırın, manav, market ve kafeteryadan oluşan alışveriş merkezi bulunmaktadır. İdari tesis olarak kullanılan mevcut bina, toplu konut alanının tamamlanmasının ardından kreş olarak kullanılacaktır. Toplu konut alanında iki çocuk oyun alanı ve bir basketbol sahası mevcuttur. Her daire için bir otopark alanı bulunmaktadır.



Şekil 6. Boğaziçi Toplu Konutları Normal Kat Planı



Şekil 7. Boğaziçi Toplu Konut Alanı Vaziyet Planı (Mevcut Fiziki Yapılanmanın Değerlendirilmesi)

Çizelge 5. Boğaziçi Toplu Konut Uygulaması Arazi Kullanım Değerleri

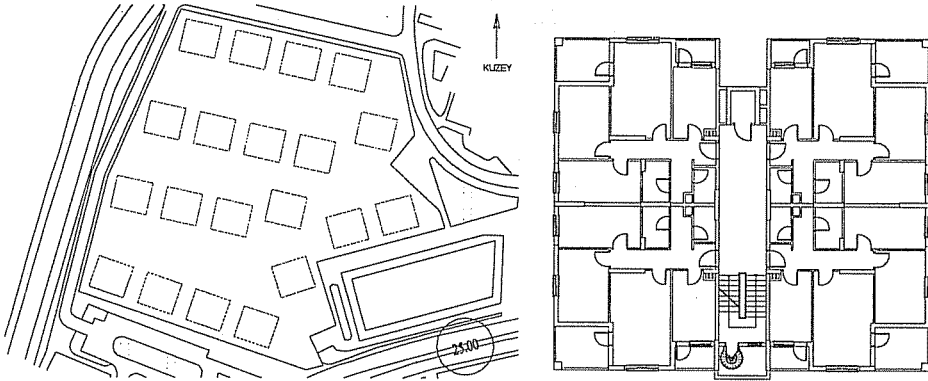
BİRİM ALANLAR	Gerçekleşen Alanlar (m ²)	Gerçekleşen Toplam Alan* İçinde Aldığı Pay (%)	Planlanan Alanlar (m ²)	Planlanan Toplam Alan** İçinde Aldığı Pay (%)
Konut alanı	5550	12,7	13690	7,7
Ticaret alanı	401	0,9	401	0,2
İdari Alanlar	294	0,7	---	---
Eğitim (kreş)	---	---	294	0,2
Yeşil Alanlar	13698	31,3	---	---
Yollar + Otoparklar	23780	54,4	---	---

* Gerçekleşen toplam alan: 43722 m² ** Planlanan toplam alan: 178614 m²

3.4. Güzelevler Toplu Konut Uygulaması

Binevler 5 Nisan Mahallesi Yeşilevler mevkiinde bulunmaktadır. Kahramanmaraş Belediyesi tarafından dar gelirli vatandaşlara yönelik planlanan konut edindirme projesidir.

Her katta dört daire olmak üzere 7'şer katlı, 20 blok olarak planlanmıştır. Konutların tamamı tek tip olup toplam daire alanı 86 m²'dir.



Şekil 8. Güzelevler Toplu Konut Alanı Vaziyet Planı ve Normal Kat Planı

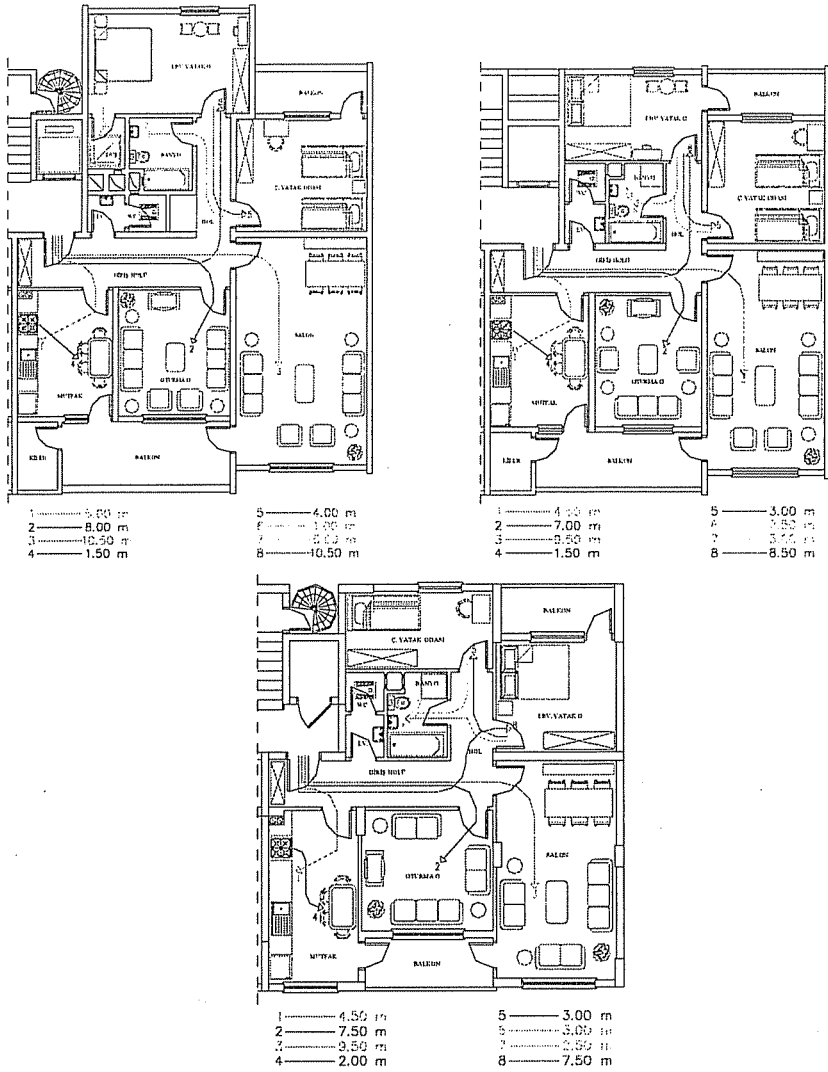
Blokların yapımında ahşap kalıp sistem kullanılmakta olup, konutların inşasına 2005 yılı Eylül ayında başlanmıştır. Dört bloğun karkas sisteminin inşası tamamlanmıştır. Dört bloğun ise karkas sisteminin inşası devam etmektedir.

3.5. Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Uygulamalarında Yapılan Fiziksel Mekan Analizleri

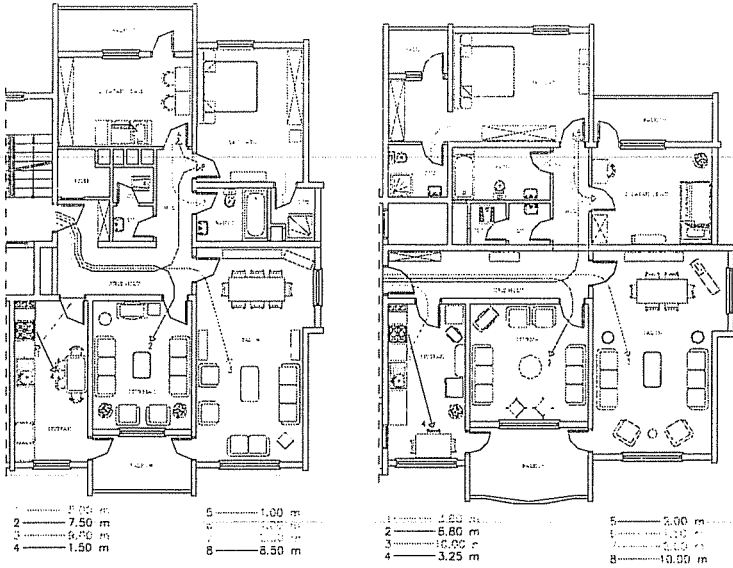
TOPLU KONUT ALANI	DOĞUKENT A BLOK	DOĞUKENT B BLOK	DOĞUKENT C BLOK	ESENTEPE	BOĞAZIÇI
BLOK TİPİ					
KONUT PLAN TİPİ					
İÇ MEKAN ORGANİZASYON SEMAŞI					
BALKONLAR DAHİL DAİRE ALANI (m ²)	139	107	95	123	141
BALKONLAR HARİÇ DAİRE ALANI (m ²)	123	94	84	110	123
SİRKÜLASYON ALANI (m ²)	18	11	12	14	15
SİRKÜLASYON ALANI YÜZDESİ (%)	15	12	14	13	12

Şekil 9. Toplu Konut Alanları Konut Plan Analizi

KAHRAMANMARAŞ KENTİ TOPLU KONUT UYGULAMALARININ
KULLANIM SONRASI DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 10. Doğukent Toplu Konut Alanı Konut İç Mekanları Arası Uzaklıklar



Şekil 11. Esentepe ve Boğaziçi Toplu Konut Alanları Konut İç Mekanları Arası Uzaklıklar

Çizelge 6. Konut İç Mekanları Arası Uzaklıklar

Toplu Konut Alanı	Konut İç Mekanları Arası Uzaklıklar							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Doğukent A	5.00	8.00	10.50	1.50	4.00	1.00	5.00	10.50
Doğukent B	4.50	7.00	9.50	1.50	3.00	2.50	3.00	8.50
Doğukent C	4.50	7.50	9.50	2.00	3.00	3.00	2.50	7.50
Esentepe	5.00	7.50	9.00	1.50	1.00	1.00	2.50	8.50
Boğaziçi	3.60	8.80	10.00	3.25	2.00	1.50	2.00	10.00

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplu konut alanlarında kullanıcıların belirttiği sorunların başında teknik performansa ait konular bulunmaktadır. Daha sonra ise sırasıyla fonksiyonel ve davranışsal performansa ait konular gelmektedir.

Teknik açıdan tespit edilen sorunlara göre yapılan değerlendirmelerle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kullanıcılar çoğunlukla konutlarındaki ısınma düzeyinin iyi olduğunu belirtmiştir. Bunda iyi çalışan ısı merkezlerinin ve pencerelerde kullanılan çift camın etkisi büyüktür. Isınma düzeyini orta, kötü ve çok kötü bulan kullanıcılar ise çoğunlukla zemin kat ya da son katlarda oturmaktadır. Kış aylarında ısı kayıplarını ve yaz aylarında ısı kazançlarını önlemek için teras kat ve zemin kat döşemelerindeki yalıtım uygulamalarının gözden geçirilmesi gerekir.

- Toplu konut uygulamalarında dış duvarların iç yüzeylerine ısı yalıtım uygulaması yapılmıştır. Bu durum yapı fiziği açısından sakıncalıdır ve ısı izolasyon malzemesi

içerisinde yoğunlaşma ihtimali vardır. Bina dış yüzeyinde ısı yalıtımı yapılmasında fayda vardır

• Konut içi gürültüyü oluşturan etkenler, konstrüksiyonlarla yayılan gürültü ve tesisatın gürültüsüdür. Doğukent toplu konut alanında bulunan 100 bloktan 39'unun inşasında ahşap kalıp sistem kullanılmıştır. Ahşap kalıp sistemle önce inşa edilen blokların ıslak hacimlerinde düşük döşeme, tünel kalıp sistemle inşa edilen diğer bloklar ile Esentepe ve Boğaziçi toplu konut yerleşimindeki konutlarda ise asma tavan uygulaması yapılmıştır. Konut içi gürültünün sebebi ıslak hacimlerde tesisatın asma tavan ile gizlenmesine ve detayların yetersizliğine bağlanmıştır. Asma tavan uygulamalarında gürültü ve sesi absorbe eden malzemeler kullanılmalıdır.

• Kullanıcılar, ıslak hacimlerdeki koku düzeyinden şikâyetçidir. Islak hacimlerde, sıhhi tesisat uygulamasındaki hatalardan kaynaklanan koku oluşumu vardır. Mutfaktaki koku düzeyinin kötü olmasında hava bacalarının yeterli düzeyde havalandırma sağlayamaması da etkilidir. Baca sisteminde, işçilik kalitesinden kaynaklanan hataların önüne geçilmelidir.

• Konutlardaki su sızmaları ıslak hacimlerden ve son kat döşemelerinden kaynaklanmaktadır. Döşemelerdeki yalıtım uygulamaları ile sıhhi tesisat uygulamalarında, malzeme ve işçilik kalitesini yükseltmek gerekmektedir.

• Konutlarında rüzgâr sızması olan kullanıcılar çoğunlukla bu sızmanın pencereleden kaynaklandığını belirtmiştir. Balkon kapıları ve pencere doğramalarında kullanılan malzeme PVC'dir. Kapı ve pencerelerde kullanılan malzeme ve montajındaki işçilik kalitesine özen gösterilmesi, rüzgar sızmasını önlemenin yanında konut dışı gürültü konusundaki şikâyetlerin önlenmesine de yardımcı olacaktır.

• Konutlardaki iç kapıların kalite açısından yetersiz olduğu görülmüştür. Ayrıca Doğukent örnekleminde tüm iç kapılar, Esentepe ve Boğaziçi örneklemlerinde ise yatak holünden açılan kapılar camsızdır. Holler karanlıktır. Bu nedenle iç kapıların camlı olması fonksiyonel açıdan da uygun olacaktır..

• Dış cephe boyasındaki dökülmeler, niteliği yeterli olmayan malzeme nedeniyle oluşmaktadır. Ayrıca harpušta uygulamalarındaki işçilik kalitesinin yeterli düzeyde olmaması da, su alan parapet duvarlarında dış cephe boyasının dökülmesine neden olmuştur.

Konutlarda teknik açıdan görülen sorunların nedeninin malzeme ve işçilik kalitesi ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür. Bu nedenle toplu konut uygulamalarında kullanılan malzemelerin yeterli kalitede ve uzun vadede ekonomik olmasına önem verilmelidir. Uygulamalarda işçilik denetlenerek, işçilikten kaynaklanan yapı kalitesi artırılmalıdır.

Fonksiyonel açıdan tespit edilen sorunlara göre yapılan değerlendirmelerle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

• Toplu konut kullanıcıları çoğunlukla mutfak-kiler, mutfak-çocuk yatak odası, mutfak-oturma odası mekanları arası ilişkiyi zayıf bulmuştur. Mutfak, kiler ile doğrudan ilişkili bir mekan olarak tasarlanmalıdır. Sadece Boğaziçi örneklemine ait konutlarda kiler doğrudan mutfağa açılmaktadır. Mutfak -çocuk yatak odası ve mutfak-oturma odası arası ilişki ise günün büyük bölümünü mutfakta geçirmekte olan annenin çocuğunu kontrol edebilmesi açısından önem taşımaktadır.

• Mutfak-WC, oturma odası-WC ve salon-WC mekanlarının birbirine uzak olması istendiği belirlenmiştir. Bu durumda WC girişlerinin yatak holünden olmasının, ayrıca yatak holünün bir kapı ile giriş holünden ayrılmasının mahremiyetin sağlanması açısından en olumlu çözüm olacaktır. Boğaziçi ve Esentepe örneklemelerine ait konutlarda WC'ye yatak holünden giriş verilmiştir ancak yatak holü bir kapı ile giriş holünden ayrılmamıştır.

• Konutlardaki giriş hollerinin, misafir kabulü için salon ve oturma odası mekanlarına olabildiğince yakın erişim mesafesinde, dışarıdan gelen yiyeceklerin kolay taşınabilmesi için de mutfak ile arasındaki uzaklık en kısa olacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Giriş-salon ilişkisinin en iyi olduğu plan tipine Esentepe, giriş-oturma odası ilişkisinin en iyi olduğu plan tipine Doğukent B Blok, giriş-mutfak ilişkisinin en iyi olduğu plan tipine ise Boğaziçi örneklemesine ait konutlarda rastlanmıştır. Doğru planlamaya ulaşabilmek için hangi mekanların hangileri ile yakın ilişkide olması gerektiği tespit edilmelidir.

• Konutlardaki sirkülasyon alanı yüzdeleri incelendiğinde bu orana en yüksek %14,4 ile Doğukent A blok konut plan tipinde, en düşük %12 ile Doğukent B blok konut plan tipinde rastlanmıştır. Konutlarda gece holü alanının olabildiğince küçük tutulması alan kaybını önleyecektir.

• Doğukent A blok, Doğukent B blok, Esentepe ve Boğaziçi örneklemelerinde kullanıcılar çoğunlukla depolama imkanının yeterli olduğunu belirtmiştir. Doğukent C blok plan tipinde ise kiler bulunmamaktadır. Depolama alanının yeterliliği konusundaki değerlendirmeler hane halkı sayısına olduğu kadar, yaşam kültürüne de bağlı olarak değişim gösterir. Nitekim yapılan gözlemlerde konut kullanıcılarının bir bölümünün depolama ihtiyaçlarını karşılayabilmek için balkonlardan biri ya da her ikisini de kapattıkları görülmüştür. Bu durum bina cephelerinde görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Kahramanmaraş kentinde konut kullanıcıları yaşam kültürüne bağlı olarak çeşitli yiyecekleri kışlık erzak olarak saklanmaktadır. Bu nedenle konutlarda mutlaka kiler mekanı tasarlanmalıdır.

• Toplu konutların yapım sisteminin (tünel kalıp sistem) esnekliğe imkan tanımadığı görülmektedir. Aynı oda sayısı ve alana sahip konutların farklı sayıdaki hane halkına sahip kullanıcıların gereksinmelerine cevap verebilmesi için her mekanın ana işlevi dışında yan işlevler için de esnek olarak kullanılabilmesi gerekir. Konutlarda, özellikle en büyük alana sahip mekan olarak tasarlanan ve çoğunlukla içinde sadece misafir ağırlama eyleminin gerçekleştirildiği salon mekanının daha fazla eyleme cevap verecek optimum şekilde kullanımı sağlanmalıdır.

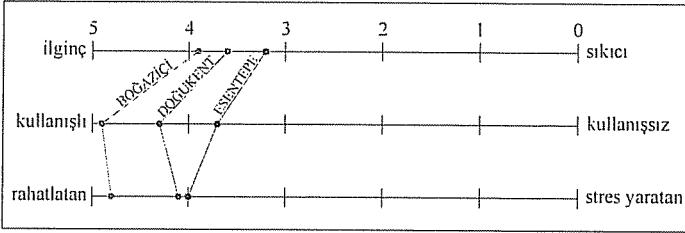
Davranışsal açıdan tespit edilen sorunlara göre yapılan değerlendirmelerle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

• Toplu konut kullanıcılarının çevresel değerler açısından yaptıkları değerlendirme, en olumlu çevresel özelliklere sahip toplu konut alanının Boğaziçi olduğunu göstermiştir. Yönetmeliğe (4) göre Boğaziçi toplu konut alanında gerçekleşen yeşil alanlar mevcut konutlar için yeterlidir. Otopark yönetmeliğine (5) göre gerçekleşen otopark sayısı mevcut konutlar için yeterlidir. Diğer donatı alanları ise toplu konut alanında yaşayan nüfusa hitap edecek büyüklüklerde planlanmamıştır.

• Çevresel değerler açısından yapılan değerlendirmede Doğukent toplu konut alanı ikinci sırada yer almıştır. Doğukent toplu konut alanında gerçekleşen yeşil alanlar da mevcut konutlar için yeterli düzeydedir. Gerçekleşen otopark sayısı mevcut konutlar

için yeterlidir. Diğer donatı alanları ise toplu konut alanında yaşayan nüfusa hitap edecek büyüklüklerde planlanmamıştır.

• Esentepe toplu konut alanı çevresel değerler açısından yapılan değerlendirmede son sırada yer almaktadır. Gerçekleşen otopark sayısı mevcut konutlar için yeterlidir. Gerçekleşen yeşil alan büyüklüğü ise mevcut konutlar için yetersizdir. Ayrıca toplu konut alanındaki arazi eğimi ulaşımı (özellikle yayaların bloklara ulaşımını) olumsuz etkilemektedir. Toplu konut alanlarında planlama yapılırken araziye ait fiziksel yapı özellikleri de dikkate alınmalıdır. Konutlarla birlikte sosyal donatı alanları da uygulamaya geçirilmeli, planlama ve uygulama aşamaları arasındaki farklılıklar önlenmelidir.



Şekil 12. Toplu Konut Alanları Çevresel Değer Profili

Ağustos 2006 verilerine göre, Kahramanmaraş kenti Doğukent toplu konut uygulamasının %65'i, Esentepe toplu konut uygulamasının %48'i ve Boğaziçi toplu konut uygulamasının %40'ı tamamlanmıştır. Yapılan değerlendirme çalışmasının, ortaya koyduğu sonuçlar ve öneriler doğrultusunda Kahramanmaraş kentinde yapımı devam eden toplu konut uygulamalarına yol gösterici olacağı, bu toplu konut bölgelerinin standartlara uygun olarak tamamlanması halinde kentteki konut sorununa çözüm getireceği düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen bilginin sonraki tasarımlara veri olarak aktarılması, planlama ve tasarım sürecine yansıtılması ile yeni tasarımlar daha başarılı olacak ve daha nitelikli kentsel çevrelere ulaşılacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Kahramanmaraş Belediyesi Doğukent Toplu Konutları Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Raporu, Çınar Mühendislik Ltd. Şti., Ankara, 2001.
2. Kahramanmaraş Belediyesi Esentepe Toplu Konutları Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Ön Araştırma Raporu, Çınar Mühendislik Ltd. Şti., Ankara, 2001.
3. Kahramanmaraş Belediyesi Boğaziçi Toplu Konutları Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Ön Araştırma Raporu, Çınar Mühendislik Ltd. Şti., Ankara, 2001.
4. İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkındaki Yönetmelik, 02.09.1999 Tarih ve 23804 Sayılı Resmi Gazete.
5. Otopark Yönetmeliği Hakkında Genel Tebliğde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, 26.04.2006 Tarih ve 26150 Sayılı Resmi Gazete.



AŞAĞI SEYHAN NEHRİ SEDİMENTLERİNDE AĞIR METALLERİN MEVSİMSSEL DAĞILIMI

Orkun İ. DAVUTLUOĞLU, Turan YILMAZ, Galip SEÇKİN ve
Ahmet YÜCEER

Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada Aşağı Seyhan Nehri üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment örneklerinde Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin toplam konsantrasyonları belirlenmiş ve mevsimsel debi değişimi ile ilişkisi araştırılmıştır. Bununla beraber ağır metal konsantrasyonlarının U.S. EPA sediment kalite kılavuz değerleri (SQG) ile karşılaştırılması neticesinde sediment kirliliğinin boyutu değerlendirilmiştir. Sedimentte yapılan analizler sonucu metallerin alt ve üst değerleri; Cd için 3,2-9,99, Cu için, 5,39-29,51, Fe için 11.385-35.740, Mn için 384-1.202, Ni için 133-310, Pb için <0,05-14,43, Zn için 58-1.038 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Sediment bünyesinde analizleri yapılan bütün ağır metallerin miktarlarının debi arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonları sediment kalite kılavuz değerlerinde tanımlanan ER-L ve ER-M değerleri ile karşılaştırıldığında, Fe ve Mn için bir kılavuz değer olmamakla beraber, Ni açısından "oldukça kirli", Zn ve Cd açısından "kirli", Pb ve Cu açısından "kirli değil" kategorisine girdiği görülmektedir.

Anahtar Kelime: Ağır metaller, Mevsimsel Dağılım, Sediment Kalitesi İzlenmesi.

SEASONAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS OF LOWER SEYHAN RIVER

ABSTRACT : In this study, sediments of Lower Seyhan River was observed for total concentrations of heavy metals, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn, and change of the metal concentrations with seasonal flow variation was investigated, at appointed sampling stations. Additionally, sediment contamination extent was evaluated by comparing obtained values of heavy metal concentrations in the sediments with those stated in the U.S. EPA Sediment Quality Guide (SQG). It was observed that the total metal concentrations in sediments decrease by increase of the river flow rate. Minimum and maximum values of Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn were observed as 3,2-9,99, 5,39-29,51, 11.385-35.740, 384-1.202, 133-310, <0,05-14,43, 58-1.038 mg/kg as dry weight respectively. Despite the SQG does not give values for Fe and Mn the comparison of the obtained total heavy metal concentrations in the Seyhan River sediments with the ER-L and ER-M values defined in U.S. EPA SQG, results that the sediments are "heavily contaminated" by means of Ni, "contaminated" by means of Zn and Cd and "not contaminated" by means of Pb and Cu.

Keywords: Heavy Metals, Seasonal Distribution, Sediment Quality Monitoring.

*Bu proje Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: FBE. MMF2003YL34

1. GİRİŞ

Su ve atıksu içerisinde bulunan kirletici bileşikler temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticiler olarak gruplandırılır. Ağır metaller, kimyasal kirleticiler sınıfına girmekle beraber öncelikli kirleticiler olarak da nitelendirilirler (1).

Bütün canlılar normal aktivitelerini sürdürebilmek için ortamda bulunan ağır metallere ihtiyaç duyarlar (2). Ancak son yıllarda ağır metaller hakkında yapılan bilimsel araştırmaların sayısının artmasının sebebi, aşırı miktarlarının canlı yaşamı üzerindeki toksik etkileri (3), ortamda ve organizmaların bünyesinde birikebilir olmaları ve doğal proseslerle ortamdan uzaklaştırılmalarının çok yavaş olmasıdır (4,5).

Çevresel düzenleme ve kanunların çoğunda ağır metaller ile ilgili kalite sınırlamaları yaparken su gövdesinde yapılan metal analizleri göz önünde bulundurulmuştur (6). Ancak uzun vadede su kalitesindeki bozulmaların sedimente bağlı ağır metallerin su ortamına geçmesinden kaynaklandığının farkına varılmıştır (7; 8). Sedimentin metal içeriği, su analizlerinin yansıtmadığı geçmiş kirlilik olaylarına işaret ettiği için çevresel araştırmalar açısından büyük bir öneme sahiptir.

Sedimentler partiküler halindeki kirleticiler için büyük bir depolama kapasitesine sahiptirler. Partiküler kirleticilerin hidrolojik çevrim içinde %1'den azı suda çözülmüş halde hareket ederken %99'undan fazlası sedimentlerde depolanır ve akarsular vasıtasıyla, okyanus ve denizlere taşınırlar (9).

Sucul ortamlardaki ağır metal türleri; adsorblanabilir ve değişebilir, karbonatlara bağlı, organik maddelere ve sülfüre bağlı, Fe ve Mn oksitlere bağlı ve kalıntı formda bulunabilirler (10-12). Nehir sularında ve sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonları, taşınma, çökeltme, kompleksleşme veya adsorbsiyon ve çözünme reaksiyonlarının etkisi altındadırlar (13).

Son yıllarda; endüstriyel, evsel ve tarımsal drenaj sularının kontrolsüz olarak nehir sularına deşarj edilmesiyle artan kirletici konsantrasyonları neticesinde görülen toplu canlı ölümleri ve hassas canlıların zarar görmesi, nehirlerimizin kirlilik düzeylerinin araştırılmasını zorunlu hale getirilmiştir. Seyhan havzası boyunca çeşitli endüstri atıksularının ve artan nüfusun evsel atıksularının Seyhan Nehri ve kollarına verilmesi, yağmur ve drenaj kanallarının taşıdığı erozyon ve tarımda kullanılan gübre-tarımsal ilaçların karıştığı drenaj sularının nehre girmesiyle nehrin kullanım amaçlarına uygun olmayan su kalite sınıflarına dahil olması mümkün olabilir.

Bu çalışmada, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımını sağlamaya çalışan ülkemizin en önemli su kaynaklarından biri olan Seyhan Nehri sedimentlerindeki ağır metallerin mevsimsel değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.1. Ağır Metal Kirliliği ve Kaynakları

Kirlilik terimi, insan yapımı veya insan kaynaklı nedenler sonucu suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik ve radyolojik bütünlüğünün değişimi olarak tanımlanmaktadır. (14). Bu tanımlamaya göre kirlilik, volkanik patlamalar, doğal orman yangınlarından kaynaklanan küller, doğal erozyon ve minerallerin çözülmesi gibi doğal sebeplerden kaynaklanan çevresel kalite değişimlerinden ayrılmıştır. Su gövdesindeki metal konsantrasyonları doğal nedenlerden kaynaklanıyor ise su-sediment kalitesinin doğal olduğu düşünülür. Ancak, su-sediment kirliliği insan faaliyetlerinden kaynaklanıyorsa su kaynakları bütünlüğünün zarar görmesine kirlilik denilebilir.

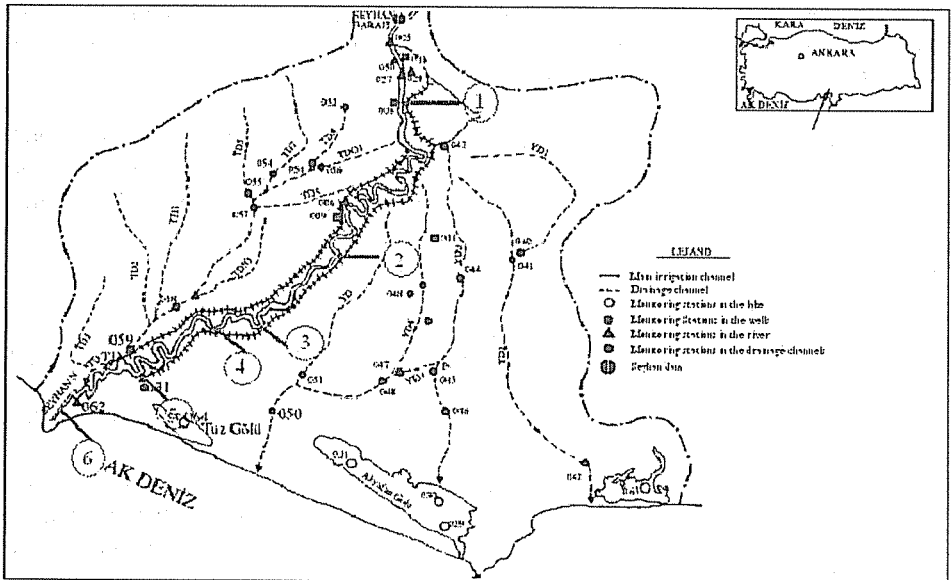
Ağır metal kirleticileri çeşitli endüstriyel sektörlerden, tarımsal faaliyetlerden, atıksu artıma tesisi çamur ve sularından, şehir yüzey sularının akışa geçmesi ve evsel kullanımlar sonucunda su ortamlarına girmektedirler.

Toprak ve sedimentte bulunan ağır metallerin insan veya doğa kaynaklı olduğunu değerlendirmek için Zenginleşme Faktörü (EF) kullanılır. Zenginleşme faktörü, yüzey sedimenti ve derin sediment arasındaki metal konsantrasyonunu oranlayan ve metal kirliliğinin kaynağını belirlemede kullanılan bir ifadedir (15).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Seyhan Nehrinin Seyhan Barajı mansabı tarafında kalan ve Aşağı Seyhan Nehri olarak nitelendirilen 94 km'lik kısmında gerçekleştirilmiştir. Seyhan Nehri Çukurova'yı Tarsus ve Yüreğir Ovaları olmak üzere iki kısma ayırmaktadır. Bu ovalardaki tarımsal su ihtiyacı Tarsus Sulama (TS) ve Yüreğir Sulama (YS) Kanalları ile karşılanmaya çalışılmaktadır. Ayrıca tarım alanlarından dönen drenaj sularını toplamak amacıyla Tarsus Drenaj (TD) ve Yüreğir Drenaj (YD) kanalları açılmıştır. Tarsus drenaj kanallarının ana kolektörü olarak dikkat çeken TD0 drenaj kanalı, sularını Seyhan nehrinin denize dökülmesine yaklaşık 3 km kala deşarj etmektedir (16). Şekil.1'de genel olarak çalışma alanı içerisinde, drenaj ve sulama kanalları ile numune alma istasyonları görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma Alanı ve İstasyonlar

Numune alma istasyonları, özellikle, nehrin hidrolik şartlarının genişleyerek veya daralarak değiştiği bölgelerde seçilmiştir. Ayrıca istasyon seçiminde bölgedeki yerleşim birimlerinin, tarımsal faaliyetlerin ve balıkçılık, nehir yatağından kum alımı gibi

aktivitelerin toplam metal konsantrasyonları üzerine etkilerinin gözlenmesi amaçlanmıştır. Çizelge 1’de numune alma istasyonlarının pozisyonları ve genel olarak seçilme sebepleri tanımlanmıştır.

2.2. Sediment Numunelerinin Alınması, Taşınması ve Saklanması

Sediment örneklerinin alınmasında dikkat edilecek hususlar; sediment yüzeyinden alınacak örneğin derinliği, sediment bütünlüğünü bozacak olayların minimuma indirgenmesi, ihtiyaç duyulan miktarın alınabilmesi ve çeşitli kirleticilerin örneğe bulaşmasının önlenmesi olarak sayılabilir (17).

Çizelge 1. Numune Alma İstasyonları ve Seçilme Nedenleri

İstasyon No	Pozisyonu (km)	İstasyon Özellikleri
1	0	Başlangıç noktası
2	18	Ulaşım kolaylığı ve nehre yapılan deşarjları karakterize edebileceği için bir narenciye çiftliği
3	33	Nehir genişlemesine bağlı hidrolik şartların değişimi ve kum alımı
4	41	Köy yerleşim birimlerinden uzak, taban suyu oldukça yüksek, tarla ve narenciye bahçeleri yoğun
5	54	En büyük yerleşim birimi olan Tabaklar Köyü mevkiinde
6	63	TD0 deşarj sonrası ve nehrin bitiş noktası

Aşağı Seyhan Nehri üzerinde belirlenen 6 adet örnekleme istasyonundan alınan sediment örnekleri, “yüzey sedimenti” olarak tanımlanan ve nehir yatağındaki katı fazın 0-5 cm’lik bölümünü oluşturan tabakadan toplanmıştır. Sediment örneklerinin alınması için yüksek kaliteli çelikten yapılmış 3,4 L numune hacmine sahip Eckman Grab Sampler kullanılmıştır.

Belirlenen örnekleme istasyonlarından Ağustos-2003, Kasım-2003, Şubat-2004 ve Mayıs-2004 tarihlerinde alınan sediment örnekleri, herhangi bir kirlilik bulaşmasını önlemek amacıyla 24 saat 1:1 nitrik asit (HNO₃) çözeltilisiyle muamele edilen 1 litrelik, yoğunluğu yüksek polietilen numune kaplarına konulmuştur. Alınan numuneler Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Laboratuvarına getirilmiştir.

2.3. Sediment Örneklerinin Hazırlanması ve Ağır Metal Ölçümleri

Sediment numunelerini ağır metal içeriklerinin ölçülebilmesi için US EPA Method 3050B (hotplate parçalama tekniği) olarak tanımlanan metot kullanılarak Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn ve Fe ağır metallerinin analizi için asitle parçalama işlemi gerçekleştirilmiştir (18).

Bu metot minerallerin içindeki ağır metalleri de parçalayıp çözeltiliye geçiren toplam bir parçalama metodu değildir. Ağır metal içerikleri araştırılan sediment, çamur ve toprak örneklerinde çevresel faaliyetler sonucu bulunabilen metallerin iyonize edilmesi için güçlü bir asit parçalama işlemidir.

Asit parçalaması gerçekleştirilen numuneler 0,45µm gözenek çapına sahip Whatman No. 41 filtre kağıdından geçirilmiş ve ölçüme hazır hale getirilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının ölçümleri Perkin Elmer marka Flame Atomic Absorbsiyon (FLAA) cihazında yapılmıştır (19).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında tarım faaliyetleri oldukça gelişmiştir. Yöre ve Türkiye ekonomisine önemli girdiler sağlamaktadır. Ancak tarım alanlarında bitkisel üretimi arttırmada çok önemli bir etkisi olduğu bilinen gübre ve tarımsal ilaçların (pestisit) aynı zamanda çevreyi kirletme özelliği de mevcuttur. Çünkü tarım topraklarına verilen tarımsal ilaçlar ve gübreler Cd, Pb, As, Cr, Zn, Hg, Cu gibi toksik ağır metal içermektedir (3).

Gübrelerin metal içeriklerinin saptanması için Camelo ve diğ. tarafından yapılan çalışmada, fosfat kayaçlarından elde edilen diamonyum fosfat (DAP) gübrelerinde yüksek Cd, Cr ve Zn konsantrasyonlarına rastlanmış ve devamlı gübre uygulamalarının toprağın doğal metal içeriğini değiştirdiğini bildirmişlerdir (20). Nicholson ve diğ. İngiltere ve Galler'deki yaptıkları çalışmada ise tarım alanlarındaki metal içeriklerinin atmosferik birikim, atık çamur kullanımı ve çiftlik gübresi kullanımı ile artış miktarlarını araştırmış ve en önemli sebebin metallerin tozuma ile atmosfere karışıp tarım alanlarında çökmesi olarak bulmuşlardır (21). Tarım alanlarında gübre kullanımından dolayı artan metal konsantrasyonları drenaj suları vasıtasıyla nehir ortamına girmekte ve nehir metal içeriğini değiştirmektedir.

Seyhan Nehri civarında yapılan tarımsal faaliyetlerde de ürün desenine bağlı olarak farklı orijinli, yoğun gübre kullanımı mevcuttur. Nehir jeomorfolojisinin dışında başlıca metal kaynağı olarak tarımsal alanlardan dönen drenaj suları görülmektedir.

3.1. Ağır Metal Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi

Öncelikle ağır metal konsantrasyonlarının belirlenen istasyonlara göre değişimi araştırılmıştır. Çalışma sahası içerisinde endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu nehir akım rejiminin ağır metal konsantrasyonlarına etkisi saptanmaya çalışılmıştır.

Belirtilen sürelerde alınan sediment numunelerinde (Kasım 2003'de 1. istasyon ve Mayıs 2004'de 6. istasyondan fiziksel zorluklardan dolayı numune alınamamıştır.) 1. istasyonda nispeten düşük metal konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Bunun sebebi olarak 2. regülatör köprüsünün, mamba tarafındaki metaller için doğal bir çökeltim havuzu gibi davrandığı düşünülmektedir. Ayrıca 1. istasyondaki sediment yapısı, hidrolik şartlardan dolayı kaba kumdan çakıla doğru sıralanan büyük boyutlu materyalden oluşmaktadır. Sediment yatağının kaba malzemelerden oluşması metallerin hareketsiz hale geçmesinde temel mekanizmalardan biri olan adsorbsiyon prosesini zorlaştırmaktadır (22).

2. istasyonda Cu, Ni ve Pb metalleri dışındaki metallerin konsantrasyonlarında bir artış gözlemlenmiştir. Bu istasyonda sediment numuneleri özellikle, debinin düşük olduğu mevsimlerde, koyu renkli ve ağır kokulu bir yapıdadır. Bu özellikler yoğun organik materyal ve anaerobik koşulların varlığına işaret olarak yorumlanabilir. Metal konsantrasyonlarının nispeten artmasının sebebi olarak Lin ve ark. yaptıkları çalışmada da vurguladıkları gibi, sedimentin organik madde içeriği ile ağır metal konsantrasyonu arasında pozitif bir ilişki olmasıyla açıklanabilir (23).

3. istasyon ağır metal konsantrasyonlarının artış gösterdiği bir istasyon olmuştur. Nehir özellikle bu kesimde mendereslenerek genişlemektedir. Hızı düşen nehir suyu bünyesindeki askıda maddelerin bu istasyonda birikmesi söz konusu olmakta ve askıda maddelere tutunmuş haldeki metaller burada birikmektedir (24).

4. istasyon metal konsantrasyonun çoğunun pik değerlerine ulaştığı istasyondur. Yeraltı su seviyesinin oldukça yüksek olduğu ve nehir seddesi civarında taşıt yolunun ve diğer kirleticilerin toplandığı su birikintileri gözlenmiştir. Bu su birikintileri nehrin debisi ile bağlantılı olarak nehir ile etkileşim içindedir.

5. istasyon Tabaklar Köyü mevkiinde olup, tarımsal drenaj sularının ve evsel atıksuların nehre verildiği noktadır. İstasyonda ölçülen metal konsantrasyonları farklı değişimler göstermiştir.

6. istasyonda Cu hariç bütün metallerin konsantrasyonlarında bir azalma gözlenmiştir. Turner ve Millward'ın yaptıkları çalışmada tatlı nehir suyu ile tuzlu suyun karışım bölgelerinde sedimentteki metal konsantrasyonlarının azaldığını bildirmişlerdir (25). Ayrıca nehrin denizle buluştuğu noktada oluşan seyrelme metal konsantrasyonlarının azalmasında diğer bir etken olarak düşünülmektedir. Seyhan Nehri sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir.

3.2. Ağır Metal Konsantrasyonları ve Debi Değişimleri

Ağır metal konsantrasyonlarını mevsimsel olarak değişen nehir debisi ile ilişkilerini ortaya çıkarmak için nehrin Ağustos 2003, Kasım 2003, Şubat 2004 ve Mayıs 2004 tarihlerindeki ortalama debileri DSİ 6. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiş ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Aylara Göre Aşağı Seyhan Nehrinin Debileri

Aylar	Nehir Ortalama Debisi (m ³ /s)
Ağustos 2003	23,2
Kasım 2003	52,5
Şubat 2004	234
Mayıs 2004	28,9

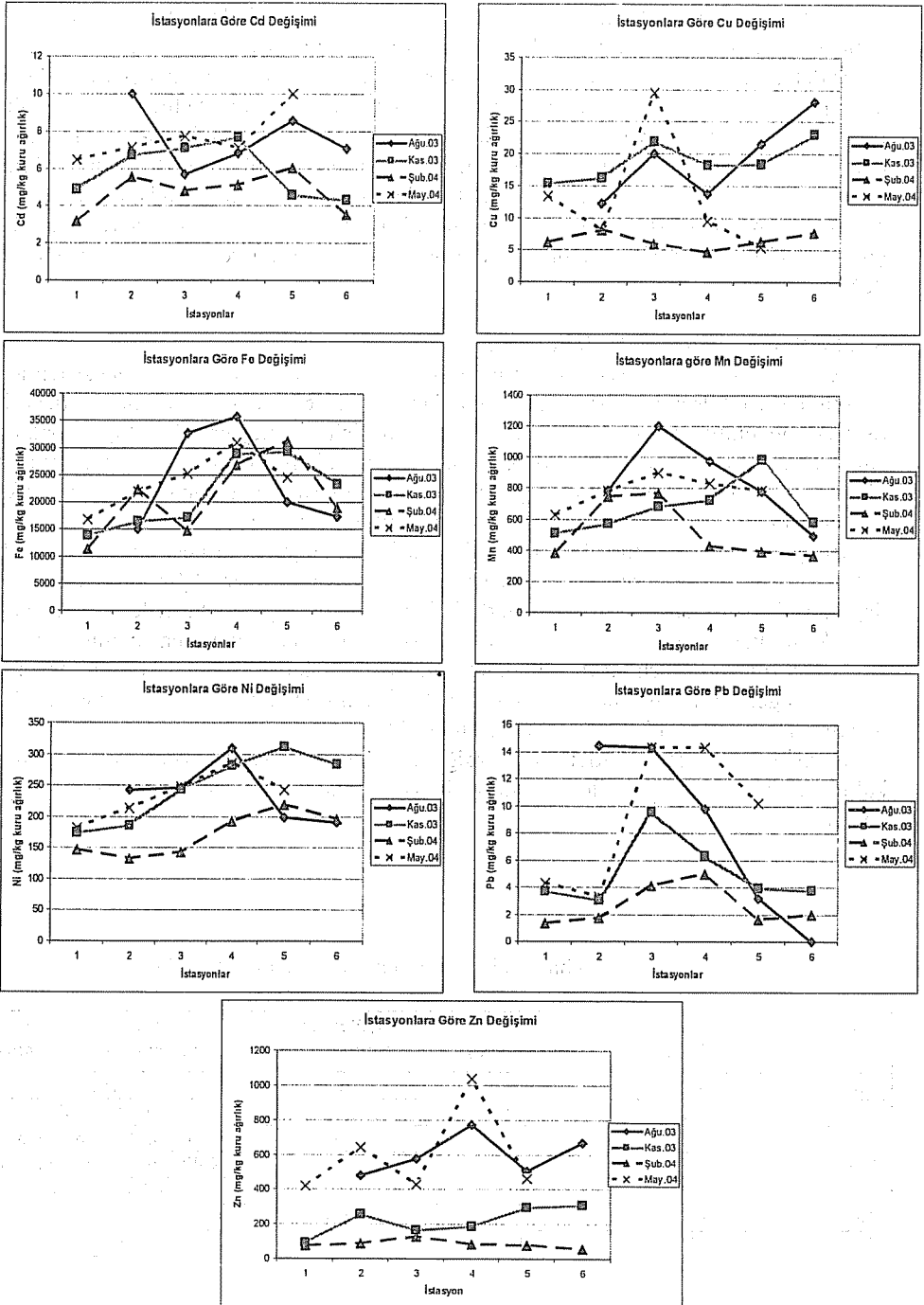
Nehir sedimentleri oksik, yarı oksik ve anoksik olarak üç tabakaya ayrılır. Nehir debisi ve dolayısıyla nehir akım rejimi sedimentin sınıflandırılmış bu üç kısmının süspansane haline geçmesine veya havalanmasına neden olan başlıca sebeptir.

Nehir taban sedimentinin süspansane hale geçmesi veya havalanması sediment içeriğinde çeşitli bileşiklere bağlı olarak bulunan ağır metallerin su ortamındaki davranışlarını değiştirir. Anoksik sedimentlerin oksijenlenmesi mikrobiyal aktivitelerin artmasını dolayısıyla da pH'ın düşmesine neden olur (ana sebep sülfatın oksidasyonudur) (26-29).

Sediment-metal komplekslerindeki kimyasal değişimler, metallerin genellikle sülfüre bağlı kompleksler (FeS/MnS) halinde harekete geçmeleri ve taşınmalarına neden olur (30). Redoks potansiyeli (Eh) ve pH'ın fazla değişmediği oksijenli sedimentlerde sedimentten ayrılan metal miktarı önemsiz denecek kadar azdır (26, 29).

Nehir debisi ve sedimentlerin ağır metal içeriklerinin miktarını belirlemek için yapılan çalışmalarda (31), tanecik boyutunun küçük olduğu sedimentlerde organik maddelere, Fe/Mn oksitlere ve karbonatlara bağlı ağır metallerin debiye bağlı olarak oluşan türbülans nedeniyle süspansane ve çözülmüş hale geçtiklerine işaret edilmiştir.

AŞAĞI SEYHAN NEHRİ SEDİMENTLERİNDE AĞIR VE İZ METALLERİN KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSEL DAĞILIMI



Şekil 2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi

Seyhan Nehrinde tarımsal sulama için sulama döneminde (Mayıs-Kasım) nehir debisinin önemli bir kısmının sulama kanallarına verilmesiyle, özellikle yaz aylarında nehir debisi $25 \text{ m}^3/\text{s}$ seviyelerine inmektedir. Bu aylarda sediment analizlerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Çalışma süresi boyunca nehir debisi ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişki gözlenmiş ve debinin artmasıyla ağır metal konsantrasyonlarının düştüğü gözlenmiştir. Benzer sonuçlar Jain ve Sharma tarafından Hindon Nehrinde yapılan çalışmada da elde edilmiş ancak debi-metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi gösteren r^2 değerleri daha düşük çıkmıştır (31). Şekil 3'te her bir metalin numune alınan aylardaki nehir debisine göre değişen miktarları gösterilmiştir.

3.3. Sediment Kalite Değerlendirmesi

Akarsu ve deniz sedimentlerinde Kuzey Amerika'da sucul ekosistemlerde kirleticilerin etkilerini belirlemede kullanılan birkaç sediment kalite kılavuz değerleri (SQG) mevcuttur (32). Ancak, laboratuvar toksisite deneyleri, biyolojik toplanma çalışmaları gibi değerlendirme yöntemleri, araştırma alanını ve metallerin etkilerini tam olarak yansıtamaz. Bunun için SQG değerleri sadece gözleme veya toksik maddelerin miktarlarının bir kanıtı olarak kullanılmalıdır (32).

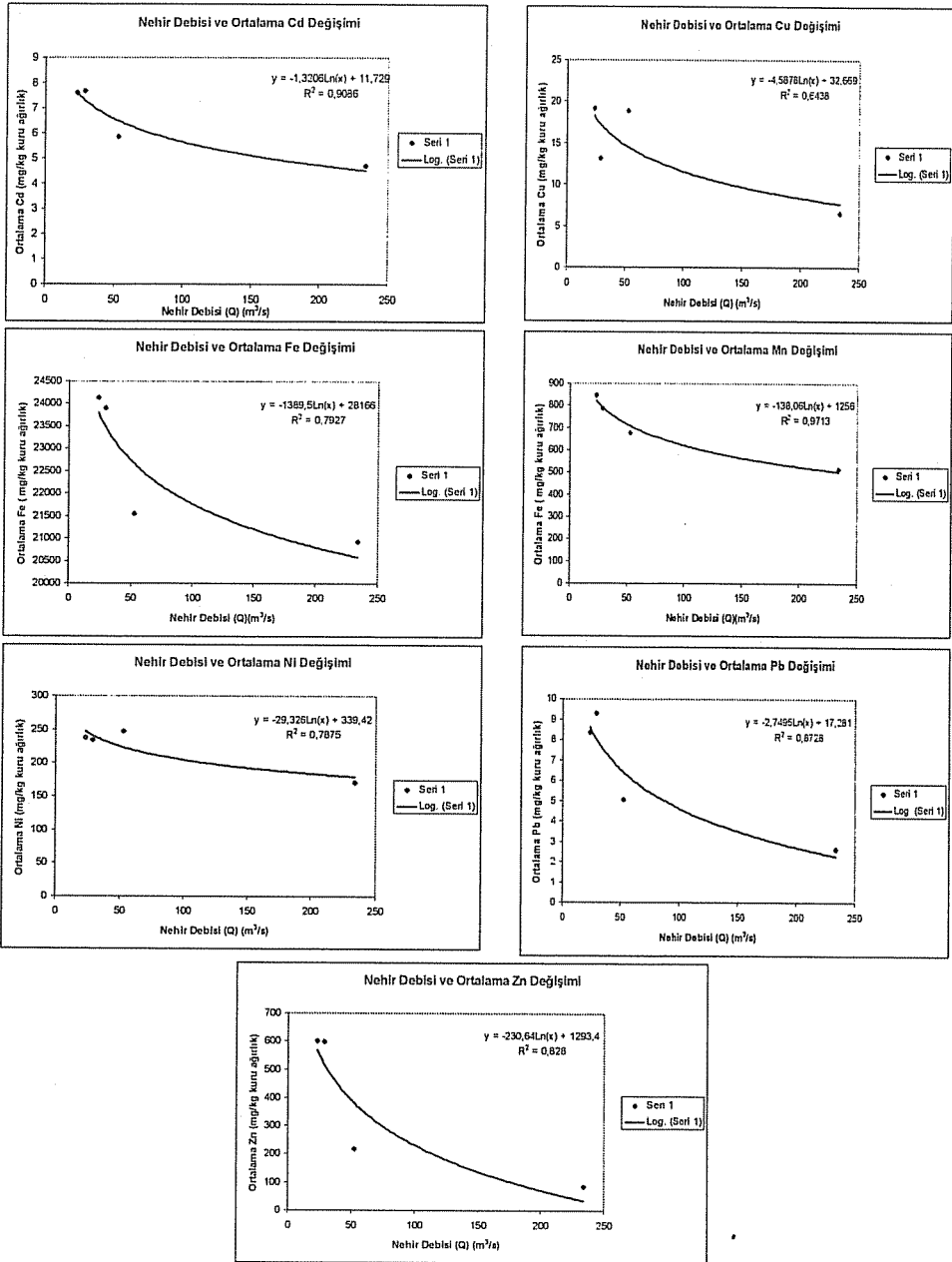
Bu çalışmada, ağır metaller için sediment kalite değerlendirme etki değeri düşük, ER-L ve etki değeri orta, ER-M değerlerine göre yapılmıştır. Ağır metallerin ER-L değerlerini aşmış ancak ER-M değerlerinden küçükse, ağır metallerden kaynaklanan kirlilik dikkat edilmesi gereken bir seviyeye ulaşmış manasına gelmektedir ve değerlendirme orta kirli sınıfı olarak yapılmaktadır. Eğer ağır metal konsantrasyonları ER-M değerlerinin üstündeyse oldukça kirli sınıfına girer ve öncelikle çözüme ulaştırılması gereken bir konu olarak görülür (34).

Seyhan Nehri sedimentlerinin içerdiği ağır metal konsantrasyonlarının, sediment kalite kılavuz değerleri ile karşılaştırılması sonucu elde edilen çizelge aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3. Seyhan Nehir Sedimentlerinin Kalite Sınıfları

Element	ER-L (mg/kg k.a.)	ER-M (mg/kg k.a.)	Ölçülen değer (mg/kg k.a.)	Mukayese sonucu sediment sınıflandırması
Cd	1,2	9,6	6,4	Kirli
Cu	34	270	14,2	Kirli Değil
Fe	-	-	22507,5	Kalite sınıfı tanımlanmamış
Mn	-	-	696,3	Kalite sınıfı tanımlanmamış
Ni	20,9	51,6	221,4	Oldukça Kirli
Pb	46,7	218	6,1	Kirli Değil
Zn	150	410	354,8	Kirli

*AŞAĞI SEYHAN NEHRİ SEDİMENTLERİNDE AĞIR VE İZ METALLERİN
KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSEL DAĞILIMI*



Şekil 3. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Nehir Debisine Göre Değişimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Aşağı Seyhan Nehir sedimentlerinde ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla belirlenen istasyonlardan sediment örnekleri alınarak ağır metal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre sediment numunelerinde ağır metallerin çalışma süresince alt ve üst değerleri; Kadmiyum (Cd) için 3,2-9,99, Bakır için (Cu), 5,39-29,51, Demir (Fe) için 11.385-35.740, Mangan (Mn) için 384-1.202, Nikel (Ni) için 133-310, Kurşun için (Pb) <0.05-14.43, Çinko (Zn) için 58-1.038 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur.

Ağır metallerin toplam miktarlarının istasyonlara göre değişimleri incelendiğinde 1. ve 6. istasyonlarda, yani çalışma alanının başında ve sonunda, ağır metal miktarlarının diğer istasyonlara nazaran daha düşük olduğu görülmüştür. Böylece nehir boyunca düşüş veya yükseliş gösteren ağır metal konsantrasyonlarının ana kaynaklarının tarımsal faaliyetlerden dönen drenaj suları ve nehir yatağına yapılan fiziki müdahaleler sonucu nehir yatağının ve dolayısıyla hidrolik şartların değişmesi olarak düşünülmektedir.

Seyhan Nehri tarımsal sulama amacıyla yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle sulama dönemlerinde debisinin büyük bir kısmı TS0 ve YS0 sulama kanallarına aktarılmaktadır. Mevsimsel debi değişiminin çok yüksek olduğu (23-234 m³/s) Seyhan Nehrinde yüzey sedimentleri ve dolayısıyla sedimentin ağır metal içeriği değişmektedir. Yapılan çalışmada analizleri yapılan bütün ağır metallerin miktarlarının debi arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri için miktarı ve debi arasındaki negatif ilişkinin bir göstergesi olarak elde edilen r^2 değerleri sırasıyla, 0,9086; 0,6438; 0,7927; 0,9713; 0,7875; 0,8728 ve 0,828 olarak bulunmuştur. Yüksek debide yüzey sedimentlerinin dip türbülansları ile yıkanarak ve havalanarak içerdikleri ağır metallerin süspans ve/veya çözülmüş forma geçmesi bu negatif ilişkinin nedeni olarak düşünülmektedir.

Seyhan nehri sediment içeriğindeki toplam ağır metal konsantrasyonları US.EPA., SQG'da tanımlanan ER-L ve ER-M değerleri ile karşılaştırıldığında, Fe ve Mn için bir kılavuz değer olmamakla beraber, Ni açısından "oldukça kirli", Zn ve Cd açısından "kirli", Pb ve Cu açısından "kirli değil" kategorisine girdiği görülmektedir.

Ancak sediment kalitesi kılavuz değerleri sedimentin kalitesi hakkında sağlıklı sonuçlar vermeyebilir. Sediment kalitesi hakkında kesin sonuçlar elde etmek için zenginleşme faktörünün (EF) saptanması gereklidir. Böylece ölçülen değerlerin nehrin doğal jeo-morfolojik özelliklerinden veya insan faaliyetlerinden dolayı mı kaynaklandığı sorgulanabilir.

Aşağı Seyhan nehri sedimentlerindeki metaller için su ve sediment arasındaki metal transferinin ortaya çıkarılması amacıyla metallerin dağılım katsayıları (K_D) ve metallerin sediment içinde hangi bileşiklere bağlı olduğunun bilinmesi açısından ardışık ekstraksiyon çalışmalarının yapılmasının gerekliliği düşünülmektedir.

Aşağı Seyhan Nehri, Seyhan Nehrinin küçük bir parçasıdır. Seyhan nehrinin yukarı kesimlerde maden işletmelerinin ve nehir üzerinde inşa edilen barajların nehir su ve sediment kalitesine etkilerinin araştırılması önerilen bir diğer husustur.

5. KAYNAKLAR

1. Metcalf and Eddy, "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse." George Tchobanoglous, Franklin L. Burton (Editor), H. David Stensel, McGraw-Hill Pub. 27; 77-80s., New York, 2003.
2. Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., "Free Radicals in Biology and Medicine (2nd Ed.)" Oxford, U.K, 1989.
3. Alloway, B.J., Ayres, D.C. "Chemical Principles of Environmental Pollution (2nd Ed.)" Chapman & Hall, UK. 395pp., 1997.
4. Louma, S.N. "Bioavailability of trace metals to aquatic organism-a review." *Sci. Total. Environ.* 28; 1-22. 1983.
5. Walling D.E., Owens P.N., Carter J., Leeks G.J.L., Lewis S., Meharg A.A., Wright J. "Stroage of sediment-associated nutrients and contaminants in river channel and fooplain systems." *App. Geochem.* 18: 195-220. 2003
6. Filgueiras A.V., Lavilla I., Bendicho C. "Evaluation of distribution, mobility and binding behaviour of heavy metals in surfical sediments of Louro River (Galicia, Spain) using chemometric analysis: a case study." *Sci. Total. Environ.* 330: 115-129. 2004
7. House M.A., Ellis J.B., Herricks E.E. "Urban Drainage Impact on Receiving Water Quality." *Water Sci Technol;* 27:117-158. 1992.
8. Chen W., Tan S.K., Tay J.H. "Distribution, Fractional Compositions and Release of Sediment-Bound Heavy Metals in Tropical Reservoirs." *Water Air Soil Pollut;* 92:273-287. 1996.
9. Salomons W., Stigliani W. "Biogeodynamics of Pollutants in Soil and Sediments". Heidelberg: Springer-Verlag. pp.2. 1995.
10. Modak D.P., Singh K.P., Chandra H., Ray P.K. "Mobile and Bounds Forms of the Lower Gañges." *Water Res.* 26:1541-1548. 1992.
11. Pardo R., Barrado E., Perez L., Vega M. "Determination and Speciation of Heavy Metals in Sediments of the Pisuerga River." *Water Res.* 24:373-379. 1990.
12. Tessier A. P., Campbell G. C., Bisson M. "Sequential Extraction Procedure for the Particulate Trace Metals." *Anal Chem.* 51:844-851. 1979.
13. Morgan J.J., Stumm W. "Chemical Processes in the Environment, Relevance of Chemical Speciation". In: Merieñ, E, *Metals and Their Compounds in the Environment*, VCH Publishers, Germany, pp. 67-103. 1991.
14. ABD Millet Meclisi (US Congress), "The Clean Water Act, Washington, DC. 1987
15. Zhang J., Liu F. "Riverine Composition and Estuarine Geochemistry of Particulate Metals in China-Weathering Features, Anthropogenic Impact and Chemical Fluxes." *Estuarine, Costal and Shelf Science.* 54; 1050-1071. 2002.
16. DSİ, "Aşağı Seyhan Havzası Master Planı", 1980.
17. US EPA. "Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses" Technical Manual. Office of Water, Washington, D.C. 2002
18. US EPA, "SW-846 Reference Methodology: Method 3050B. Standart Operation Procedure for the Digestion of Soil / Sedimet Samples Using a Hotplate/Beaker Digestion Technique", Chicago. Illinois, 1996.

19. US EPA, "SW-846 reference methodology: Method 6010B. Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry", 1996.
20. Camelo, L.G.L., Miguez, S.R., Marban, L. "Heavy Metal Inputs with Phosphate Fertilizers Used in Argentina", *The Sci. Tot. Environ.* 204:245-250, 1997.
21. Nicholson, F.A., Mciwem, S.R., Alloway, B.J., Smith, C.C., Chambers, B.J. "Quantifying Heavy Metal Inputs to Agricultural Soils in England and Wales". *Water and Environ. Journal*, 20: 87-95, 2006.
22. Ujevic, I., Odzak, N., Baric, A. "Trace Metal Accumulation in Different Grain Size Fractions of the Sediments from a Semi- enclosed Bay Heavily Contaminated by Urban and Industrial Wastewaters", *Wat. Res.* 34; No: 11; 3055-3061, 1999.
23. Lin, J.G., Chen, S.Y. "The Relationship between Adsorption of Heavy Metal and Organic Matter in River Sediments." *Environ. Int.* 24: 345-352, 1997.
24. Eggleton, J., Thomas, K.V., "A Review of Factors Affecting the Release and Bioavailability of Contaminants during Sediment Disturbance Events." *Environ. Int.* 30: 973-980, 2004.
25. Turner, A., Millward, G.E. "Suspended Particles: Their Role in Estuarine Biogeochemical Cycles", *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 55; 857-883, 2002.
26. Forstner, U., Ahlf, W., Calmano, W. "Studies on the transfer of heavy metals between sedimentary phases with a multi-chamber device: combined effects of salinity and redox potential", *Mar. chem.* 28; 145-158, 1989.
27. Petersen, W., Willer, E., Willamoski, C. "Remobilization of trace elements from polluted anoxic sediments after resuspension in oxic water." *Water Air Soil Pollut.* 99; 515-522. 1997.
28. Simpson, S.L., Apte, S.C., Bately, G.E. "Effect of Short-term Resuspension Events on Trace Metal Speciation in Polluted Anoxic Sediments." *Environ. Sci. Technol.* 32; 620-625, 1998.
29. Reible, D.D., Fleeger, J.W., Tomson, M., Kan, A., Thibodeaux, L. "Contaminant Released During Removal and Resuspension." In "A Review of Factor Effecting the Release and Bioavailability of Contaminants During Sediment Disturbance Events" *Environ. International*, 30; 973-980, 2002b.
30. Calmano, W., Hong, J., Forstner, U. "Binding and Remobilisation of Heavy Metals in Contaminated Sediment Affected by pH and Redox Potential", *Water Sci. Technol.* 28; 223-235, 1993.
31. Jain, C.K., Sharma, M.K. "Distribution of Trace Metals in the Hindcn River System, India." *Journal of Hydrology*, 253; 81-90, 2001.
32. MacDonald, D.D., Carr, R.S., Calder, F.D., Long, E.R. "Development and Evaluation of Sediment Quality Guidelines for Florida Coastal Waters", *Ecotox*, 5; 253-278, 1996.
33. Burton, G.A., "Sediment Quality Criteria in Use around the World." *Limnology* 3; 65-75, 2002.
34. Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D. "Incidence of Adverse Biological Effects Within ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments." *Env. Management.* 19 (1):81-97, 1995.

BARAJ GÖLLERİNDEN SU TEMİNİNDE DERİNLİĞİN SU KALİTESİNE ETKİLERİ

Demet DURHASAN ve Zeliha SELEK
Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada baraj göllerinden su temininde derinliğin su kalitesine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla Çatalan Barajı göl suyundan Aralık 2004-Ekim 2005 tarihleri arasında 2 farklı istasyondan toplam 8 numune alınmıştır. Çalışma süresince Çatalan Barajı göl suyundan alınan numunelerin pH'ının 5,90-8,30, elektriksel iletkenliğinin 365-470 $\mu\text{S/cm}$, Toplam Sertliğinin 175-220 mg/l CaCO_3 , Alkalinitesinin 120-192 mg/l CaCO_3 , ÇKM'nin 256,20-329mg/lt, Sıcaklığının 0,9- 30 $^{\circ}\text{C}$, Rüzgar hızının 0-6,5 m/s, derinlik göstergesinin 1-4,5 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

THE EFFECTS OF DEPTH IN GETTING WATER FROM DAM LAKES ON WATER QUALITY

ABSTRACT : In this study the effect of depth in getting water from dam reservoir on water quality was examined. For this purpose, 8 muster from 2 different station were sampled between December 2004 and October 2005 from the Çatalan Dam Lake water. During the study on water patterns from Çatalan Dam Lake these parametres were measured; pH (5,9-8,3), Conductivity 365-470($\mu\text{S/cm}$), total hardness 175-220 (mg/l CaCO_3), alkalinity 120-192 (mg/l CaCO_3), TDS 256,20-329(mg/lt), temperature (0,9-30 $^{\circ}\text{C}$), wind velocity 0-6,5 m/s, visibility secchi-disc 1-4,5 m.

1. GİRİŞ

Yüzeysel su kaynaklarının kalitesi, fiziksel ve kimyasal bazı parametreler esas alınarak değerlendirilebilir. Bu amaçla baz alınan öncelikli fiziksel parametreler; askıdaki katı maddeler, yüzücü maddeler, koloidal maddeler, bulanıklık, renk, tat, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik olarak sıralanabilir. Askı halindeki organik maddenin çok küçük bir kısmı zemin erozyonundan kaynaklanır. Önemli bir bölümü ise bitki artıkları, humus, doğal gübreler ile evsel ve endüstriyel atık sulardan oluşur (1).

Yüzeysel sularının yüzeyinde bulunan kirletici maddeler ise katı veya sıvı şeklinde olabilirler. Her iki tür de genellikle organik kökenlidir. Katı maddeler; su bitkileri, ölmüş hayvanlar ve bitkiler, arıtılmamış atık sulardan kaynaklanan fekül maddeler ve biyo-endüstri atıklarından oluşur. Sıvılar ise, öncelikle mineral kökenli yağlardan ve kimyasal endüstri atıklarından meydana gelir. Sulardaki bulanıklık, ışığın su içerisine geçişini engeller ve ışığın yansıtılması sonucunda renkli görüntü arz eder. Bulanıklığa su içinde asılı halde bulunan organik veya inorganik maddeler neden olur. Yüzeysel sularının, bulanıklıktan kaynaklanan kirliliğin giderilmeden kullanılması uygun değildir. Yüzeysel suları taşıdıkları çözünmüş veya askıda maddelerin türüne bağlı olarak renk açısından farklılık gösterirler. Örneğin hünik asit ve hümatlar, tanin, lignin vb. maddeler ile demir bileşikleri suya renk verirler. Sulardaki doğal renk çoğunlukla negatif yüklü koloidal partiküllerden ileri gelmektedir (2).

Yüzeysel sularında sıcaklık önemli bir değişkendir. Su sıcaklığı ortamda gerçekleşen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayı etkiler. Bu etkileme çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) gibi birçok kalite parametresinin değerinde belirleyici rol oynar. Diğer yandan sıcaklığın, su ortamı için doğrudan önemi de vardır. Örneğin suda yaşayan balık türleri, bu sulardan kazanılan içme suyunun özellikleri, akarsu civarındaki sislerin oluşumu ve sıcaklığı gibi birçok olay suyun sıcaklığı ile yakından ilişkilidir. Bu yüzden yüzeysel sularının kalitesi incelenirken, sıcaklık ihmal edilmeyecek kadar önemli bir faktördür. Bütün bu parametrelere ilave olarak elektriksel iletkenlik, tat ve koku gibi başka faktörlerden de söz edilebilir.

2. SU KARAKTERİSTİKLERİ

pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Suların pH'ı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir. Sudaki karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini artırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asitler suyun asitliğini artırır. Asidik sular bazik sulara göre daha az yaygındır. Asidik maden işletmeleri sularının drenajı ve nötrleştirilmemiş endüstriyel atıksular, suların pH'ını düşürür (3). Çoğu doğal suyun pH'ı karbondioksit - bikarbonat - karbonat denge sistemi tarafından kontrol edilir.

Sertlik, su içinde çözünmüş (+2) değerlikli iyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} vb), varlığının sonucudur. Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunluklu sertlik, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilir. Diğer iyonlar genellikle kompleks formda oldukları için sertliğe fazla bir katkıları olmaz.

Bir suyun alkalitesi, o suyun asitleri nötrleştireme kapasitesi olarak tanımlanır. Doğal suların alkalitesi, zayıf asitlerin tuzların ileri gelir. Bunların başında yer alan

bikarbonatlar alkalitenin en önemli şeklidir. Bikarbonatlar karbondioksitin topraktaki bazik maddeler üzerindeki faaliyetleri sonucu oluşurlar. Doğal sularda ayrıca bolatlar, silikatlar, fosfatlar gibi diğer zayıf asit tuzları küçük miktarlarda mevcut olabilir. Ayrıca biyolojik parçalanmaya dayanıklı olan hümitik asit gibi bazı çok rastlanan organik asit tuzları suda hidrolize olup alkaliniteye katkıda bulunabilir.

Elektriksel iletkenlik (kondüktivite), suyun elektrik akımını iletme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Su analiz sonuçları verilirken mikrosiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$, mhos/cm) cinsinden 25 °C sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilir. Suların elektriksel iletkenliği, iyonların suda varlığına, toplam derişimine, hareketliliklerine (mobilite), değerliklerine, görelî değişimlerine ve sıcaklığa bağlıdır.

Sıcaklık organizmaların sulardaki dağılımını etkilemektedir. Çünkü, sıcaklık sucul organizmaların tüm yaşamsal aktivitelerini etkileyerek fizyolojilerinin değişmesine sebep olur. Diğer taraftan sıcaklığın organizmaların solunum, besin tüketimi, sindirim, özümleme ve davranışları üzerine önemli etkileri vardır.

Askı maddeleri suların estetik, içme, endüstriyel kullanım gibi çeşitli amaçlar için yararlanılmasını doğrudan etkiler. Doğal sularda, ışık geçirgenliğini azaltıp dip birikintilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarını etkiler. Kanallarda ve arıtma sistemlerinde önlem alınması ihtiyacını ortaya koyar. Bu özellikleri ile AKM yüzey suları ve atık sularda önemli bir parametredir. Toplam çözünmüş madde (TDS), suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli bir parametredir.

Su ortamında çeşitli yapı ve boyutta organik, inorganik ve çözünmüş maddeler vardır. Bu maddelerin miktarına bağlı olarak suyun bulanıklığı değişim gösterir. Işık ışınları suyun içerisinde hem absorpsiyon hem de dağılma yoluyla kayba uğrar ve ancak belirli derinliklere kadar inebilir. Bulanıklık "tubinimetre" ile ölçülebildiği gibi "seki diski" de büyük su kütlelerinde saydamlığı ölçmede kullanılabilir. Seki diskinin gözden kaybolduğu derinlik bulanıklığın başladığı derinliktir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullanılan materyal 1996 yılında yaptırılan fizibilite çalışması neticesinde su kaynağı olarak şehre 15 km mesafedeki Seyhan Nehri üzerinde inşa edilen Çatalan Barajı rezervuarındaki göl suyudur (Resim 1).

3.1. Araştırma Alanının Tanımı

Yapılan çalışma 35° doğu boylamı ile 37° kuzey enlemi arasında kalan Çatalan Baraj Gölü sularını içermektedir. Yıllık ortalama debisi 5.219 milyar m³ olan minimum 115, maksimum 125 kotlarında tutulan, Toros Dağları'nda herhangi bir kirlenmeye maruz kalmadan gelen sulardır. Cazibeyle su alma yapısından arıtma tesisine, buradan da isale hattı ile kente ulaştırılan su ve 65 m kotlarını da içeren 1. basınç bölgesi (Adana nüfusunun %61'i) hiçbir enerji ve abonelere hidrofor kullanımı olmaksızın beslenmektedir.

3.2. Numune Alma

Su kalitesi tayini için alınan numuneler, 1 litrelik özel olarak hazırlanmış numune alma kaplarıyla alınmıştır. Çatalan Baraj gölü suyundan her 5 m de bir alınan aylık numuneler analiz edilmiştir.

Alınacak numune ile numune kabı 2 - 3 defa çalkalanıp dökülmüştür. İçlerinde birikimlerin ve biyolojik büyümelerin oluşmasını önlemek için numune alma araç geçeri ve şişeleri önceden temizlenmiştir.

Numune alma programı hazırlanırken TS 5089/Mart 1987, Su Kalitesi-Numune Alma Kısım 1: Numune Alma Programlarını Hazırlama Kurallarına uyulmuştur.



Resim 1. Çatalan Barajı

3.3. Metod

Numunelerin sıcaklık ölçümü ve bulanıklık tayini aynı anda yapılmıştır. pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik parametrelerine Çevre Mühendisliği laboratuvarında bakılmıştır. Deneysel çalışmalar sırasında pH , elektriksel iletkenlik ve çökelmiş katı madde miktarları Hanna Instruments Conductivity Metre ile ölçülmüştür. Bu ölçümler metotlara uygun olarak yapılmıştır (Standart methods, 1985).

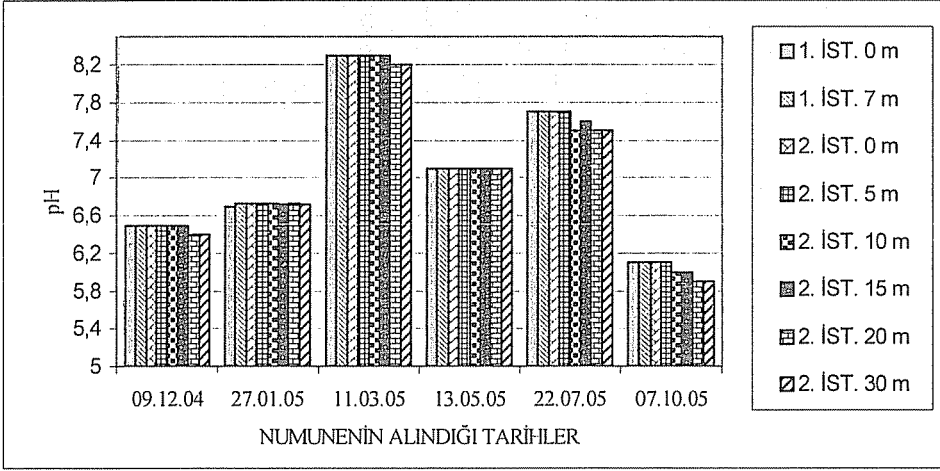
Alkalinite tayini numunenin, fenol fitaleyn indikatörü kullanılarak 0,02 N'lik sülfürik asit (H_2SO_4) ile volumetrik titrasyonu esasına dayanmaktadır. Toplam alkalinite sonuçları numunenin, amonyak ve E-Schwards indikatörü ilavesi ve 0,01 N'lik EDTA çözeltisi ile volumetrik titrasyonu yapılarak elde edilmiştir. Tüm deneylerde hata payını en aza indirmek için iki defa tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Rüzgar hızı, rüzgar gücü ile numune alma işlemi sırasında tespit edilmiştir. Işık geçirgenliği Seki diski ile numune alma işlemi sırasında tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

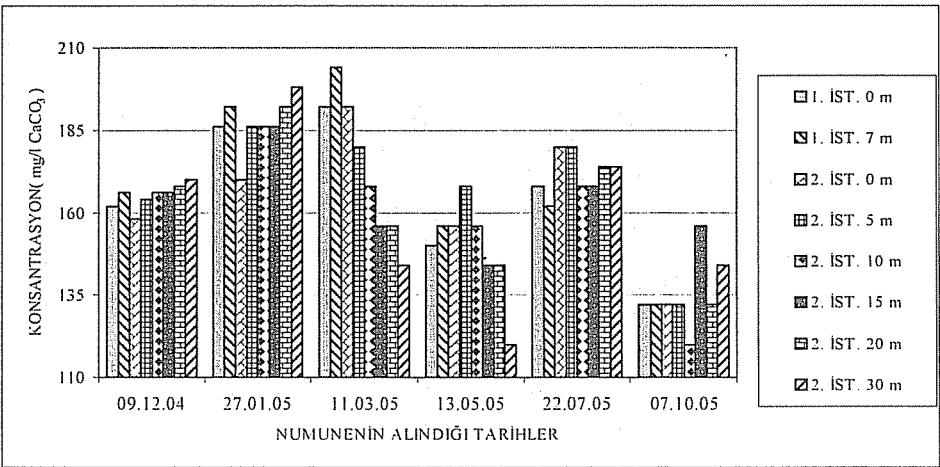
Bu çalışmada yıllık su miktarı $240.000.000 m^3$ /yıl olan Adana Çatalan Baraj Gölü su alma yapısı önünden 0 m ve 7 m derinlikten; su alma yapısının 500 m açığından 0,

5, 10, 15, 20, ve 30. m'lerden alınan su numunelerinin su kalite parametreleri araştırılmıştır. Eylül 2004-Temmuz 2005 tarihleri arasında 2 istasyondan alınan 8 su numunesi analiz edilmiştir.

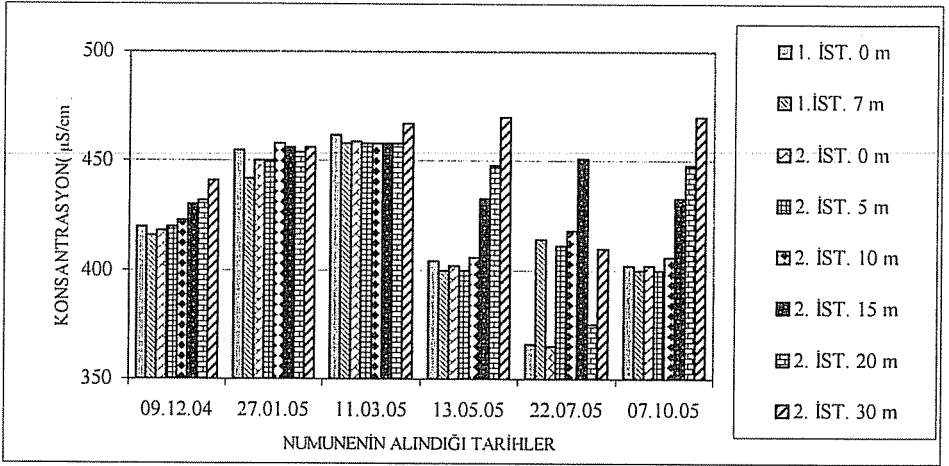
1. istasyon su alma yapısının 5 m önünde olup toplam 7 m derinliğindedir. 2. istasyon su alma yapısının önünden 500 m uzaklıkta olup toplam derinliği ortalama 30 m civarındadır. 1. ve 2. İstasyondan alınan su numunelerinde Şekil 1- 8 de su kalitesinin derinliğe bağlı değişimleri verilmiştir.



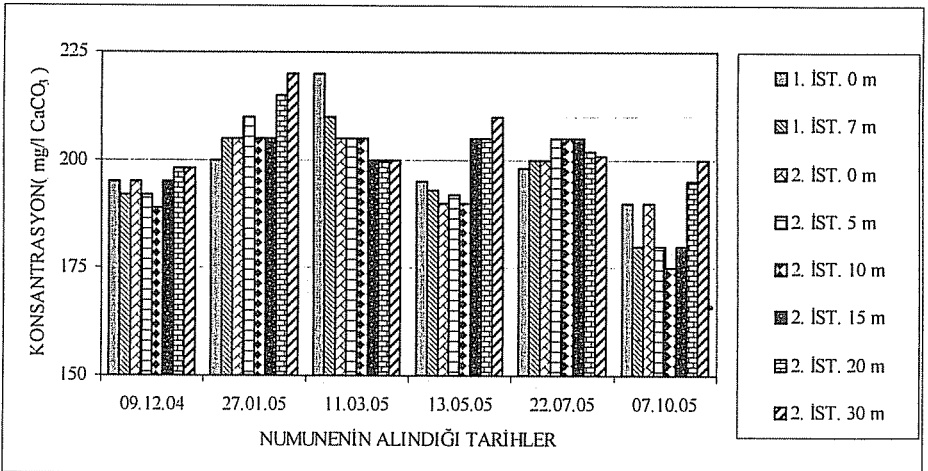
Şekil 1. 1. ve 2. İstasyonda pH'ın Aylık Değişimi



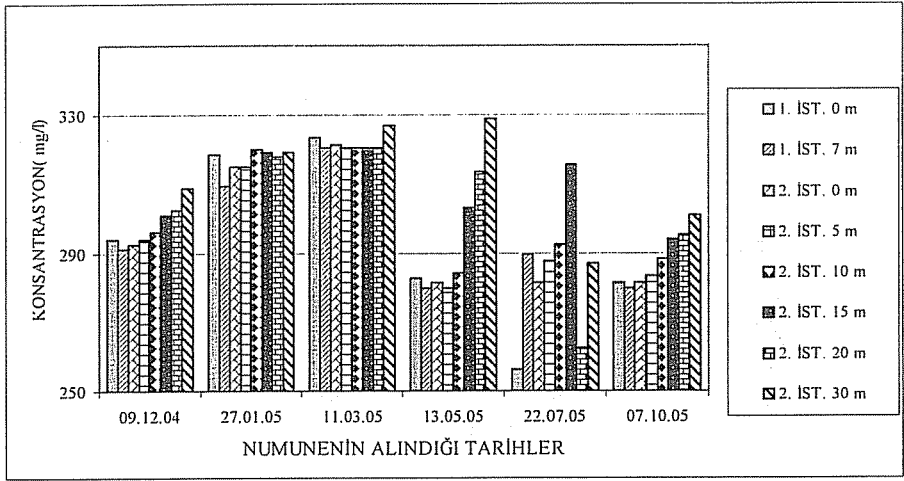
Şekil 2. 1. ve 2. İstasyonda Alkalinitenin (mg/l CaCO₃) Aylık Değişimi



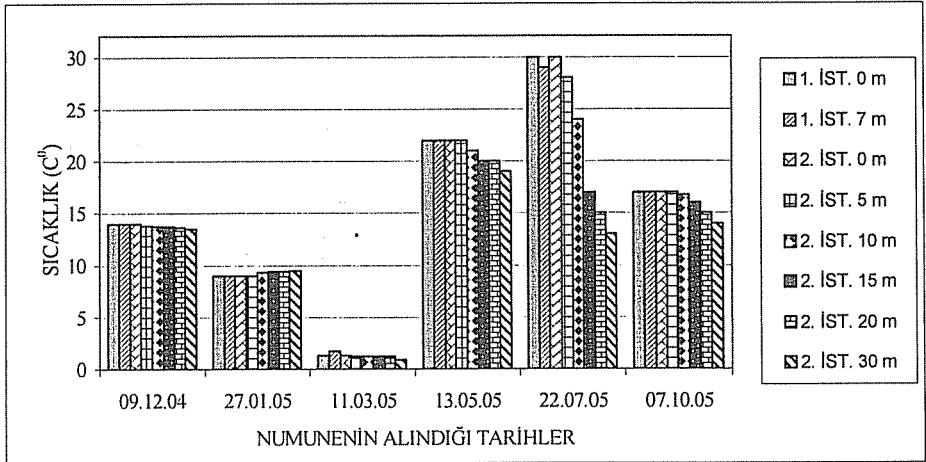
Şekil 3. 1. ve 2. İstasyonda Elektriksel İletkenliğin ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Aylık Değişimi



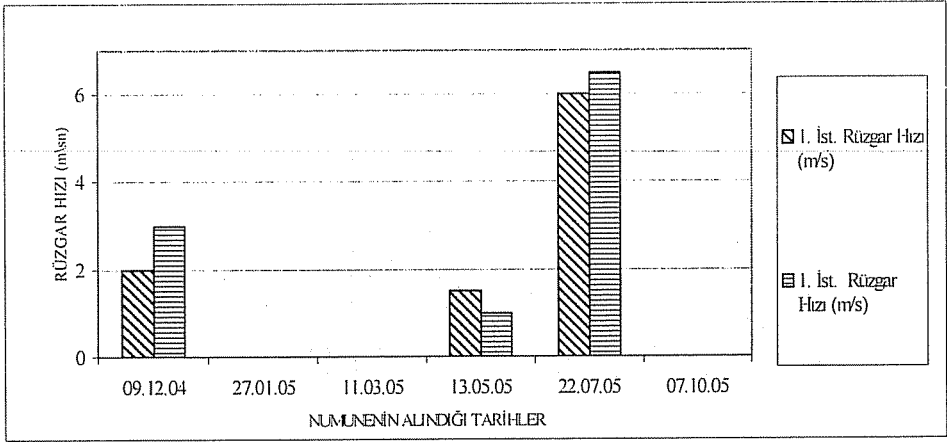
Şekil 4. 1. ve 2. İstasyonda Toplam Sertliğin ($\text{mg}/\text{l CaCO}_3$) Aylık Değişimi



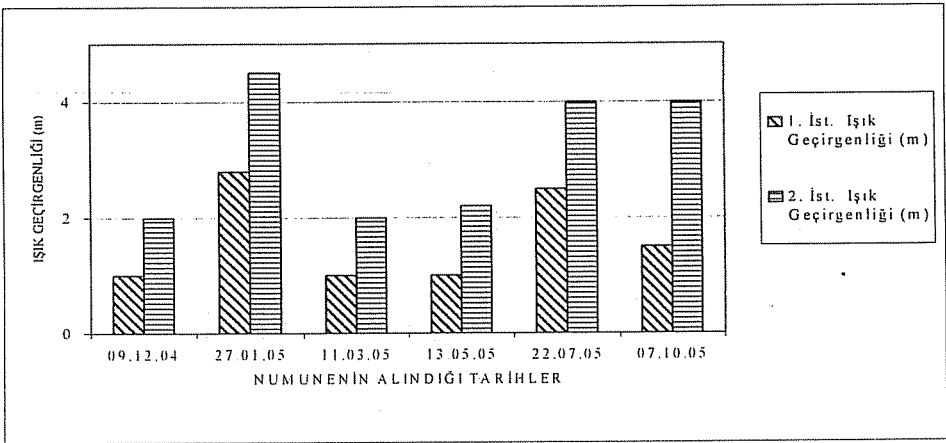
Şekil 5. 1. ve 2. İstasyonda ÇKM' nin (mg/lt) Aylık Değişimi



Şekil 6. 1. ve 2. İstasyonda Su Sıcaklığının (C°) Aylık Değişimi



Şekil 7. Numune Alma Noktalarındaki Rüzgar Hızının Aylık Değişimi



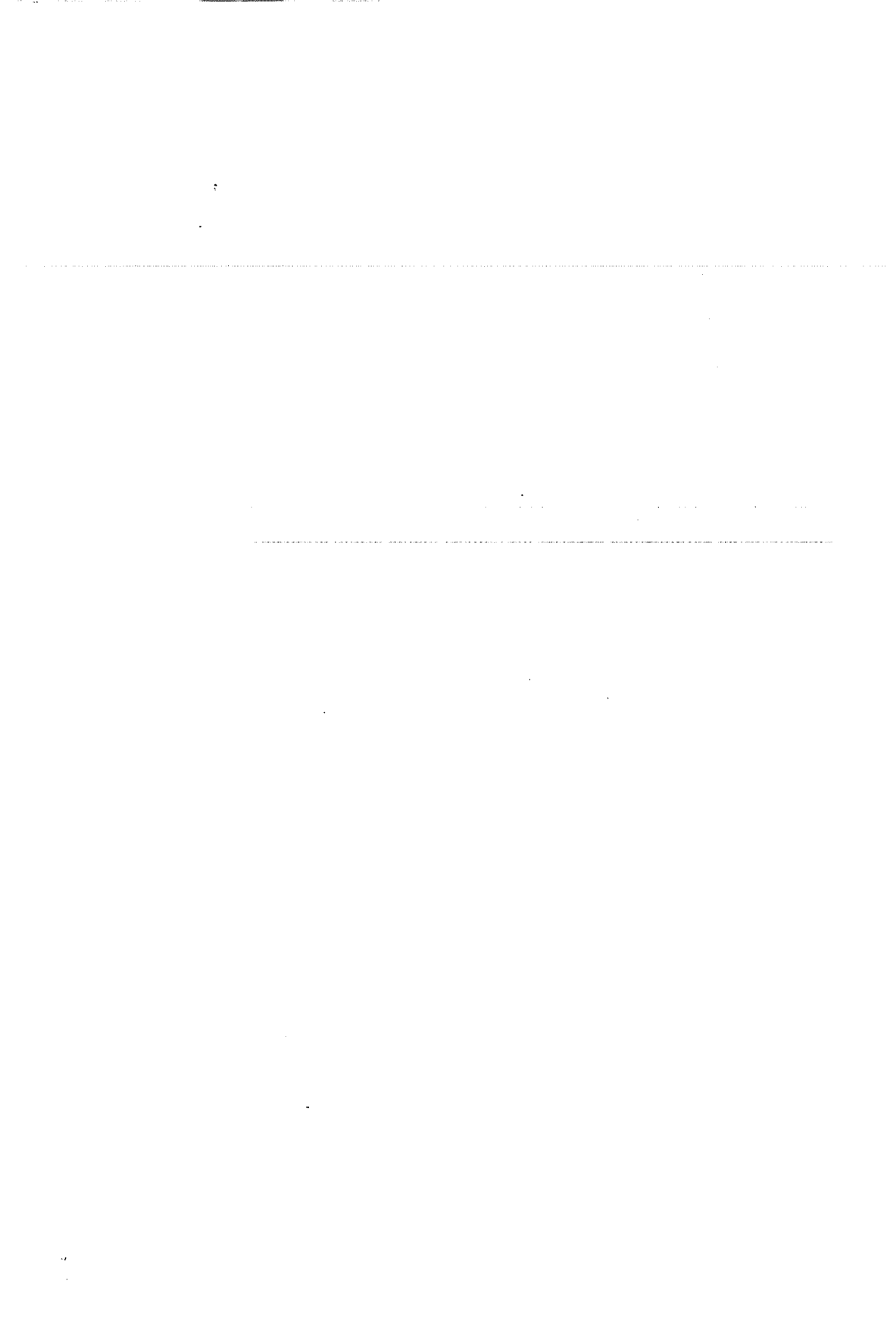
Şekil 8. Numune Alma Noktalarındaki Işık Geçirgenliğinin Aylık Değişimi

5. SONUÇ

Çatalan Barajı göl suyu numunelerinin pH, elektriksel iletkenlik, sıcaklık, alkalinite, sertlik, ışık geçirgenliği ve çökelmiş katı madde miktarlarının su derinliğine bağlı mevsimlik değişimi incelenmiş ve standart değerler arasında olduğu ve numune alma noktaları arasında fazla farkın olmadığı belirlenmiştir. pH değişiminin asidite ve alkaliniteye bağlı olarak değiştiği göz önüne alınırsa sulardaki bazikliğin (alkalinitenin) arttığı derinliklerde ve mevsimlerde pH' ın da arttığı gözlenmiştir. Elektriksel iletkenlik derinlikle beraber arttığı gözlenmiştir. Göl suyunun sıcaklığı derinlikle birlikte azalırken elektriksel iletkenlikte artış gözlenmiştir. Bunun nedeni göl suyunda iyon derişiminin artmasıdır. Derinliğin artışı ile birlikte toplam sertlikte de az miktarda artışlar gözlenmiştir. Bu da derinlikle beraber Ca^{+2} ve Mg^{+2} az miktarda arttığının bir göstergesidir. ÇKM değerleri derinlikler birlikte arttığı gözlenmiştir. Çökelpmenin derinliğin artışı ile birlikte artması çözünmüş organik madde ve anorganik tuzlarda artış olduğunun bir göstergesidir. Gölün farklı kısımlarındaki ışık geçirgenliği ölçümlerin farklı değerde olması göl içinde bulanıklığa sebep olacak bir kirleticinin dışarıdan göle sürüklendiği şeklinde yorumlanabilir. Yapılan çalışmada, sıcaklıkta herhangi bir olağanüstülük görülmemiş, değerler mevsimsel olarak azalıp artmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Srinivasan,P.T. and Viraraghavan,T., "Characterization and Concentration Profile of Aluminum during Drinking-Water Treatment", *Water SA*, 28(1), 99-106, 2002.
2. Pepe,M., Giardino,C., Borsani,G., Cardoso,A.C., Chiaudani,G., Premazzi,G., Rodari,E. ve Zilioli,E., "Relationship Between Apparent Optical Properties and Photosynthetic Pigments in The Sub-Alpine Lake Iseo", *Science of the Total Environment*, 268(1-3), 31-45, 2001.
3. Mcneely,R.N., Neimanis,V.P., Dwyer,L., "Water Quality Sourcebook- A Guide to Water Quality Parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch", 88 p., Ottawa, Canada, 1979.



METAL SANAYİ ATIK ÇAMURLARINDAN AĞIR METAL GİDERİMİNDE FARKLI LIÇ YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI

Bülent SARI ve Belgin BAYAT

Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, metal sanayi atık çamurlarından ağır metal gideriminde asit liç, kimyasal liç ve tam karışumlu-kesikli reaktörde biyoliç yöntemleri kullanılmıştır. Uygulanan her bir yöntem için pH, katı yükleme oranı ve bekletme süresinin liç işlemi üzerine etkisi araştırılmıştır. Aynı zamanda, ağır metal çözünürlüklerine göre her bir yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır. Uygulanan liç yöntemlerinde, pH'nun azalması ve bekletme süresinin uzamasıyla ağır metal çözünürlüğü artarken, katı yükleme oranının artmasıyla metal çözünürlüğü azalmıştır. Ağır metal çözünürlükleri; asit liç işleminde %73 Zn, %58 Cd, %60 Pb, %15 Cr, %70 Ni, %69 Cu, kimyasal liç işleminde %90 Zn, %70 Cd, %65 Pb, %25 Cr, %77 Ni, %85 Cu ve tam karışumlu-kesikli reaktörde yapılan biyoliç işleminde %97 Zn, %80 Cd, %85 Pb, %34 Cr, %93 Ni, %96 Cu olarak bulunmuştur. Her bir ağır metal için en yüksek reaksiyon hız katsayısı (k , gün⁻¹) değerleri tam karışumlu-kesikli reaktörde yapılan biyoliç işleminde elde edilmiştir. Bu elde edilen k değerleri Zn, Cd, Pb, Cr, Ni ve Cu için sırasıyla 0,1734, 0,0595, 0,0832, 0,0214, 0,1267 ve 0,1762 gün⁻¹ olarak tespit edilmiştir.*

THE USE OF DIFFERENT LEACHING METHODS TO REMOVE HEAVY METALS FROM METAL INDUSTRY WASTE SLUDGE

ABSTRACT : *In this study, the methods of acid leaching, chemical leaching and bioleaching in completely-mixed batch reactor were used to remove heavy metals from a metal industry waste sludge. The effect of pH, solids loading rate and detention time on the leaching process were investigated. The percent solubility of heavy metals increased with a decrease in pH and solids loading rate and an increase in detention time for all leaching applications. The solubility of heavy metals were found as: 73% Zn, 58% Cd, 60% Pb, 15% Cr, 70% Ni, 69% Cu for acid leaching; 90% Zn, 70% Cd, 65% Pb, 25% Cr, 77% Ni, 85% Cu for chemical leaching; and 97% Zn, 80% Cd, 85% Pb, 34% Cr, 93% Ni, 96% Cu for the bioleaching in a completely-mixed batch reactor.*

The highest values of rate constant (k) (day⁻¹) for the solubility of heavy metals obtained from the bioleaching experiments results were determined as 0,1734, 0,0595, 0,0832, 0,0214, 0,1267, 0,1762 day⁻¹ for Zn, Cd, Pb, Cr, Ni and Cu respectively.

* Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir (Proje No: FBE.2001.D90)

1. GİRİŞ

Sayıları gün geçtikçe çoğalan atıksu arıtma tesislerinden açığa çıkan çamur miktarları son yıllarda dikkate değer bir şekilde artmaktadır. Oluşan bu çamurlarda, atıksu içerisindeki Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin yoğunlaşması nedeniyle bu çamurların tarımda ve ormancılıkta kullanımı sınırlandırılmaktadır. Çamurda yoğunlaşan bu metaller toprak, bitki ve yeraltı suyuna girişim yaparak besin zincirine girmekte ve halk sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır. Arıtma çamurlarının nihai bertarafı için en ekonomik yol olan araziye yayma yönteminin uygulanabilmesi için öncelikle bu ağır metallerin çamurdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Arıtma çamurlarından metal kirleticilerin uzaklaştırılması için asit liç, kimyasal liç ve biyoliç gibi yöntemler kullanılmaktadır (1-6). Katı maddelerden metallerin çözündürülmesi için çok eskilerden beri uygulanan asit liç ve kimyasal liç işlemleri, maliyetlerinin yüksek olması ve çevresel riskleri bakımından problem teşkil etmektedir. Biyoliç prosesi ise her tür kalitedeki cevher yada atık malzemeye uygulanabilmesi, doğada zaten var olan su, hava ve bakteri gibi bileşenleri kullanması, toz ve kükürtdioksit emisyonu oluşturmaması, atmosfer basıncında ve ortam sıcaklığında basit ve ekonomik bir şekilde işletilmesi gibi avantajlara sahiptir (7-8). Buna karşı, biyoliç işlemi çevresel açıdan faydaları ve düşük maliyeti ile ilgi çekmesine rağmen, günlerle ifade edilen uzun bekleme sürelerine gereksinim duymasıyla da ticari uygulamalar açısından insanların kafasında soru işareti oluşturmaktadır (9).

Bu çalışmada, özellikle ağır metal içeriği yüksek metal sanayi arıtma çamurlarından Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin uzaklaştırılmasında asit liç, kimyasal liç ve biyoliç gibi farklı liç yöntemlerinin etkisi tespit edilerek, karşılaştırmaları yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Metal Sanayi Atık Çamuru

Farklı liç yöntemlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada kullanılan metal sanayi atık çamuru, elektroliz yöntemi ile bakır, nikel ve krom kaplama yapan bir metal sanayinden alınmıştır. Atık çamur tane boyutu ıslak eleme yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Atık çamurun %9,78'i 0,125 mm'nin üzerinde tane boyutuna sahip iken, %90,22'si ise 0,125 mm'nin altında tane boyutuna sahiptir. Metal sanayi atık çamurunun ağır metal içeriklerini tespit etmek için uygulanan çamur parçalama işlemi "EPA Metod 3050: Toprak, Çamur ve Sedimentlerin Asidik Parçalanması" yöntemi kullanılarak yapılmıştır (10). Metal sanayi atık çamurunun ve biyoliç reaktöründen alınan numunelerin ağır metal içerikleri (Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr) Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (Perkin Elmer 3100 AAS) ile ölçülmüştür. Metal sanayi atık çamurunun özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2. Asidofilik Mikroorganizmalar ve Kültürlenmesi

Asidofilik mikroorganizmalar, Horzum Yaylası'nda (Adana) bulunan kurşun ve çinko maden işletmesinden alınan asidik maden drenaj sularından izole edilmiştir. İzole edilen mikroorganizmalar saf kültür olmamakla beraber, yoğun olarak *Thiobacillus* ve *Leptospirillum* cinslerine ait olduğu, ortamdaki Fe⁺²'nin Fe⁺³'e oksidasyonu ile tespit edilmiştir (11). Karışık asidofilik mikroorganizma kültürü (1x10⁵ koloni/ml asidik maden drenaj suyu), steril olmayan koşullarda, tam karışım ve havalandırılmalı, FeSO₄

ile zenginleştirilmiş 2 L 9K besi ortamı (3 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,5 g/L K_2HPO_4 ; 0,5 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,1 g/L KCl ; 0,014 g/L $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ve 44,2 g/L $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (12) içeren 3 L hacimli reaktöre 200 mL eklenerek aşılama yapılmıştır. Kültür ortamının sıcaklığı asidofilik mikroorganizmaların optimum büyüme sıcaklığı olan 25 ± 2 °C' ye ayarlanmıştır. Kültür ortamının başlangıç pH' sı 10 N H_2SO_4 kullanılarak pH 2,5-3 aralığında tutulmuştur.

Çizelge 1. Metal Sanayi Atık Çamurunun Özellikleri

Parametre	Değer (mg/kg kuru çamur)
Cu	658
Zn	22940
Cr	211
Cd	333
Pb	839
Ni	665
Kuru Madde Miktarı (%)	4,53
pH	9.23

2.3. Liç İşlemleri

2.3.1. Asit Liç

25 ± 2 °C' de, 250 ml' lik erlenmeyerler içerisinde ve 120 d/d hızda karıştırma yapan yatay çalkalayıcı (Elektro-mag M-200) kullanılarak yapılan H_2SO_4 ile asit liçi deneyleri, biyoliç işlemi ile karşılaştırılmak amacıyla yapılmıştır. Deneysel çalışmanın bu aşamasında, pH 2 ile pH 6 arasında değişen ortamlarda, %2-24 arasında değişen katı yükleme oranlarında ve 3-54 saat arasında değişen bekleme sürelerinde metal sanayi atık çamuruna H_2SO_4 ile liç işlemi uygulanmıştır.

2.3.2. Kimyasal Liç

Fe^{+3} ile kimyasal liç deneyleri, 25 ± 2 °C' de, 250 ml' lik erlenmeyerler içerisinde ve 120 d/d hızda karıştırma yapan yatay çalkalayıcı (Elektro-mag M-200) kullanılarak biyoliç işlemi ile karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır. Deneysel çalışmanın bu aşamasında, H_2SO_4 ile asit liçi deneylerinde olduğu gibi, pH 2 ile pH 6 arasında değişen ortamlarda, % 2-24 arasında değişen katı yükleme oranlarında ve 3-54 saat arasında değişen bekleme sürelerinde metal sanayi atık çamuruna Fe^{+3} ile kimyasal liç işlemi uygulanmıştır. Bunun yanında, uygulanan Fe^{+3} dozunun metal çözünürlüğü üzerindeki etkisini görmek amacıyla 500 mg/L ile 5000 mg/L arasında değişen dozlarda Fe^{+3} kullanılmıştır. Fe^{+3} ile kimyasal liç deneylerinde, liç ortamının pH' sı sürekli olarak takip edilerek, gerekli durumlarda 10 N H_2SO_4 veya 10 N NaOH ilavesiyle ortam pH' ı istenilen seviyeye getirilmiştir.

2.3.3. Biyoliç

Biyoliç deneyleri 25 ± 2 °C'de, 250 ml'lik erlenmayerler içerisinde ve 120 d/d hızda karıştırma yapan yatay çalkalayıcı (Elektro-mag M-200) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yatay çalkalayıcı kullanılarak yapılan biyoliç işlemlerinde, içerisinde 100 ml 9K besi ortamı, %10 (v/v) asidofilik bakteri kültürü ve metal sanayi atık çamuru bulunan 250 mL hacimli erlenmayer kullanılmıştır. Erlenmayerler içerisinde ve çalkalayıcıda yapılan biyoliç deneyleri üç aşamada yapılmıştır. Başlangıçta %2 katı yükleme oranı ve 6 gün bekleme süresi sabit tutularak pH 2 ile pH 7 arasında değişen ortamlarda pH'nın, İkinci aşamada sabit pH'da (pH 2), sabit bekleme süresinde (16 gün) ve %2 ile %24 arasında değişen katı yükleme oranlarının, üçüncü aşamada ise %2 katı yükleme oranında, pH 2'de ve 2 ile 20 gün arasında değişen bekleme sürelerinin bakteriyel aktivitenin ve buna bağlı olarak elde edilen metal çözünürlüğünün değişimine etkisi gözlemlenmiştir.

2.4. Analizler

Biyoliç deneylerinde kullanılan metal sanayi atık çamurunun ve biyoliç reaktöründen alınan numunelerin ağır metal içerikleri (Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr) Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (Perkin Elmer 3100 AAS) ile ölçülmüştür. Biyoliç reaktörlerinde ortam pH'ı ve oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP) ölçümleri WTW 330i pH metre ile yapılmıştır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu YSI 55 oksijen metre kullanılarak ölçülmüştür.

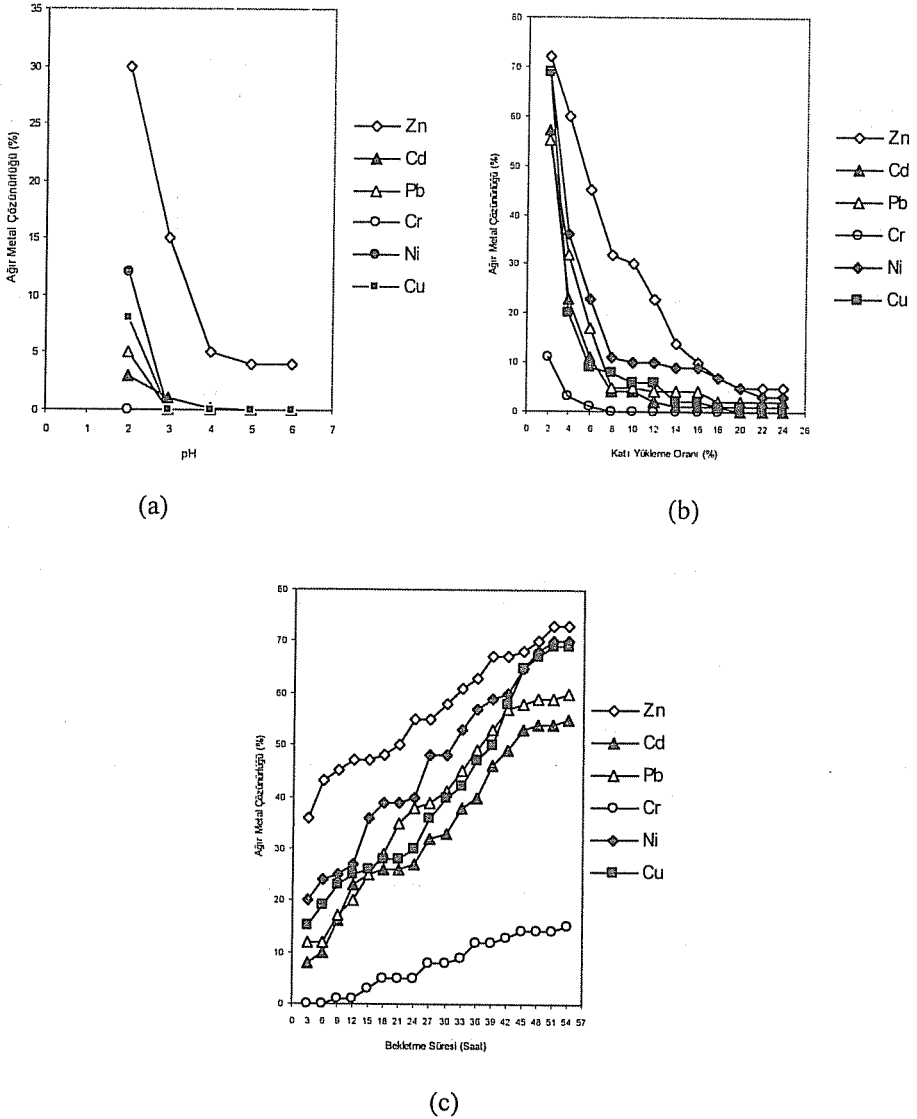
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Asit Liç

H₂SO₄ ile asit liçi deneylerinde, kullanılan metal sanayi atık çamurunun değişik konsantrasyonları ile hazırlanan süspansiyonların başlangıç pH'larının 7,23 ile 8,74 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Brombacher ve ark.'nın bildirdiğine göre atık çamurlardaki metallerin çözünürlüğü alkali şartlarda son derece düşüktür (13). Çünkü pH 8 karbonatların tamponlanmasına, pH 4 ise potasyum ve alüminyum'un tamponlanmasına karşılık gelen pH değerleridir. pH 2 ise muhtemelen asit liç işleminin tam olarak gerçekleştiği pH değeridir. Bundan dolayı, bu çalışmada yapılan asit liç işlemlerinde pH 2 ile pH 6 arasında değişen liç ortamlarında metal çözünme verimlilikleri araştırılmıştır.

Farklı pH ortamları, değişen katı yükleme oranları ve bekleme sürelerinde elde edilen metal çözünürlükleri Şekil 1'de verilmiştir.

H₂SO₄ ile yapılan liç işlemlerinde en yüksek metal çözünürlükleri pH 2'de, %2'lik katı yükleme oranında ve 54 saat bekleme süresinde elde edilmiştir. Bu azami şartlarda elde edilen Zn, Cd, Pb, Cr, Ni ve Cu çözünürlükleri ise sırasıyla %73, %58, %60, %15, %70 ve %69 olarak tespit edilmiştir. H₂SO₄ ile yapılan liç işlemlerinde elde edilen ağır metal çözünürlüklerinin karşılaştırılması Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. H₂SO₄ ile Asit Liçinde, Ağır Metal Çözünürlüğü Üzerine pH (a), Katı Yükleme Oranı (b) ve Bekletme Süresinin (c) Etkisi

Çizelge 2’de görüldüğü gibi H₂SO₄ liçi ile elde edilen metal çözünürlükleri, yapılan çalışmalarda oldukça farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu durumun, asit liç işlemlerinde kullanılan malzemelerin ve bu malzemelerin içerdikleri metal konsantrasyonlarının değişken olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 2. H₂SO₄ ile Asit Liç İşlemlerinde Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

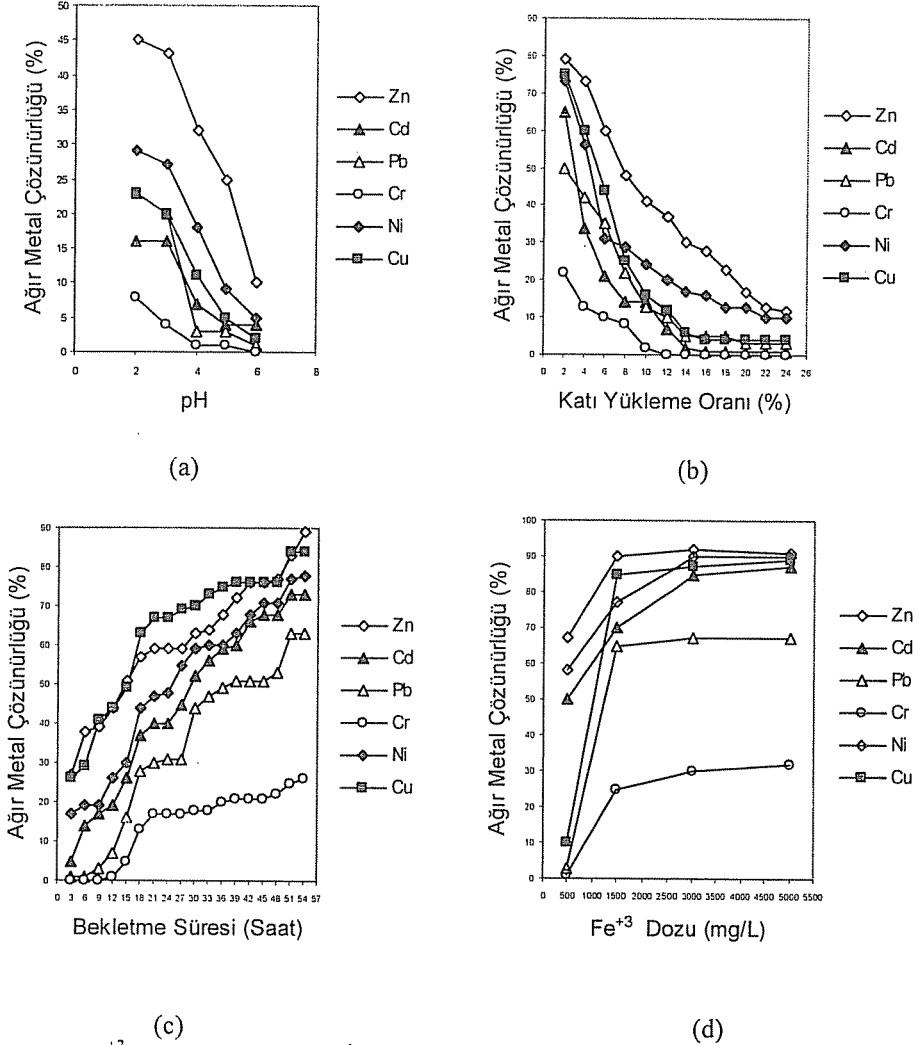
Yapılan Çalışma	Materyal	Deneş Şartları	H ₂ SO ₄ (ml)	Metal Çözünürlükleri (%)					
				Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	Cu
Jenkins ve ark. (14)	-	-	-	34	6	-	-	-	1
Blais ve ark. (15)	-	-	-	65	70	-	-	-	40
Seidel ve ark. (16)	Sediment	100 d/d pH 3 28 gün 30 °C	-	47,3	47,2	0	0	28,3	0
Brombacher ve ark. (13)	Uçucu kül	pH 2	311	100	89	-	11	22	88
Bu çalışma	Metal sanayi atık çamuru	120 d/d pH 2 25± 2 °C 54 saat	123	73	58	60	15	70	69

Çizelge 2’de dikkat çeken bir diğer nokta ise; bu çalışmadaki asit tüketimi ile Brombacher ve ark. tarafından yapılan çalışmadaki asit tüketimi arasındaki büyük farktır (13). Zira, Brombacher ve ark’ nın asit liç işleminde kullandığı malzeme uçucu küldür ve kullanılan uçucu külün büyük oranda inorganik karbondan (karbonatlardan) oluştuğu belirtilmiştir (13).

Ayrıca, H₂SO₄ ile yapılan liç işlemleri sırasında deneşsel çalışmanın her aşamasında kontrol deneyleri de yapılmıştır. Yapılan kontrol deneylerinde çamurda bulunan ağır metallere Zn’ nin %0,1 oranında çözüldüğü, diğer ağır metallere (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr) ise hiç çözünmediği tespit edilmiştir.

3.2. Kimyasal Liç

Fe⁺³ ile yapılan kimyasal liç deneyleri sonucunda, Şekil 2’de görüldüğü gibi en yüksek metal çözünürlükleri pH 2’de elde edilmiştir. pH’nın artmasıyla metal çözünürlükleri azalırken, benzer şekilde katı yükleme oranı arttıkça da metal çözünürlükleri azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 2.b). 3 ile 54 saat arasında değişen bekleme sürelerinde yapılan liç deneylerinde, bekleme süresinin artması ile metal çözünürlüğü artmıştır (Şekil 2.c). Sonuç olarak Fe⁺³ ile yapılan kimyasal liç deneylerinde en yüksek metal çözünürlükleri pH 2’de, %2’lik katı yükleme oranında ve 54 saat bekleme süresinde elde edilmiştir. Bu şartlarda elde edilen ağır metal çözünürlükleri, %90 Zn, %70 Cd, %65 Pb, %25 Cr, %77 Ni ve %85 Cu olarak tespit edilmiştir.



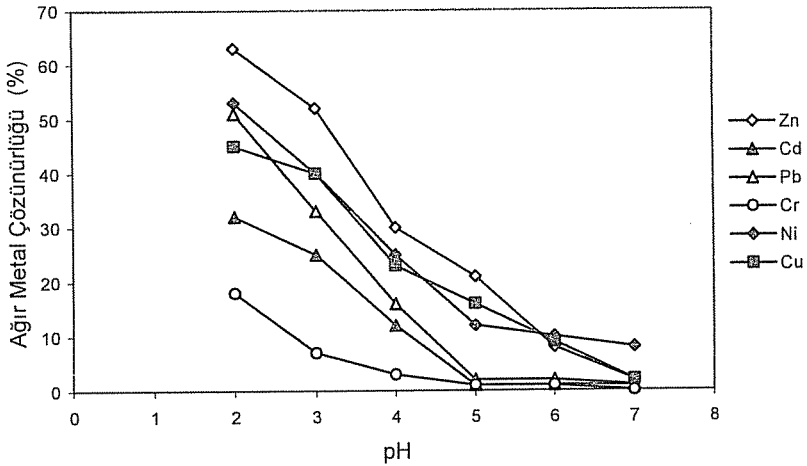
Şekil 2. Fe⁺³ ile Kimyasal Liç İşleminde, Ağır Metal Çözünürlüğü Üzerine pH (a), Katı Yükleme Oranı (b), Bekletme Süresi (c) ve Fe⁺³ Dozunun (d) Etkisi

Fe⁺³ ile yapılan kimyasal liç deneylerinde 500 mg/L ile 5000 mg/L arasında değişen Fe⁺³ dozları kullanılmıştır. Şekil 2.d'de görüldüğü gibi uygulanan 1500 mg/L Fe⁺³ dozunda optimal ağır metal çözünürlükleri elde edilmiştir. Fowler ve ark., bakterisiz ortamda, piritin Fe⁺³ ile kimyasal liçinde, Fe⁺³ dozunun artmasıyla piritin çözünme hızı ve oranının arttığını bildirmiştir (17). Benzer şekilde Boon ve Heijnen'de piritin kimyasal liçinde, ortamda Fe⁺³ konsantrasyonunun artmasıyla pirit oksidasyon hızının arttığını bildirmiştir (18). Bu çalışmada ise 1500 mg/L' nin üzerinde uygulanan Fe⁺³ dozlarında metal çözünürlüğü açısından önemli bir artış görülmemiştir (Şekil 2.d).

Veglio ve ark.'nın bildirdiğine göre Fe^{+3} ile yapılan kimyasal liç, mikroorganizmaların yokluğunda gerçekleşen dolaylı biyoliç mekanizmasına benzerdir (19). Ancak, sadece oksijenin kimyasal oksidasyonu ile gerçekleşen Fe^{+2} oksidasyon hızı, dolaylı biyoliçteki Fe^{+2} oksidasyon hızından daha düşüktür. Ito ve ark, anaerobik olarak parçalanmış evsel atıksu çamuru ve demir(III) sülfat kullanarak yaptıkları kimyasal liç deneylerinde; pH 3' ün altında ve %2'lik katı yükleme oranında %80'den fazla Zn, Cd ve Cu çözünürlüğü elde edildiğini bildirmiştir (6). Bu çalışmada ise %90 Zn, %70 Cd ve %85 Cu çözünürlüğü elde edilmiştir. Elde edilen bu bulgular Ito ve ark (2000)'ni doğrular niteliktedir. Bulgulardaki farklılıkların her iki çalışmada kullanılan farklı çamur türleri ve uygulanan pH'lardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.3. Biyoliç

Erlenmayerler içerisinde ve çalkalayıcıda yapılan biyoliç deneylerinde %2 katı yükleme oranı ve 6 gün bekleme süresi sabit tutularak pH 2 ile pH 7 arasında değişen ortamlarda karışık asidofilik bakteri kültürünün aktivitesi ve bunun sonucu olarak da metal çözünürlükleri takip edilmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Çalkalayıcıda Yapılan Biyoliç Deneylerinde, Ağır Metal Çözünürlüğü Üzerine pH'nın Etkisi (Deney şartları: 100 mL 9K, 10 mL aşı, %2 katı yükleme oranı, 6 gün bekleme süresi).

Şekil 3'de görüldüğü gibi karışık asidofilik mikroorganizma kültürünün aktivitesi dolayısıyla ağır metal çözünürlükleri, pH'nın artmasına bağlı olarak azalmaktadır. Çalışmada en yüksek ağır metal çözünürlükleri %63 Zn, %32 Cd, %51 Pb, %18 Cr, %53 Ni ve %45 Cu olarak pH 2'de elde edilmiştir.

Das ve ark.'nın bildirdiğine göre, biyoliç ortamının pH'ı asidofilik mikroorganizmaların aktivitelerini ve büyümesini önemli oranda etkilemektedir (20). Özellikle *Thiobacillus ferrooxidans*, Fe^{+2} 'nin Fe^{+3} 'e oksidasyonu sırasında ortamdaki

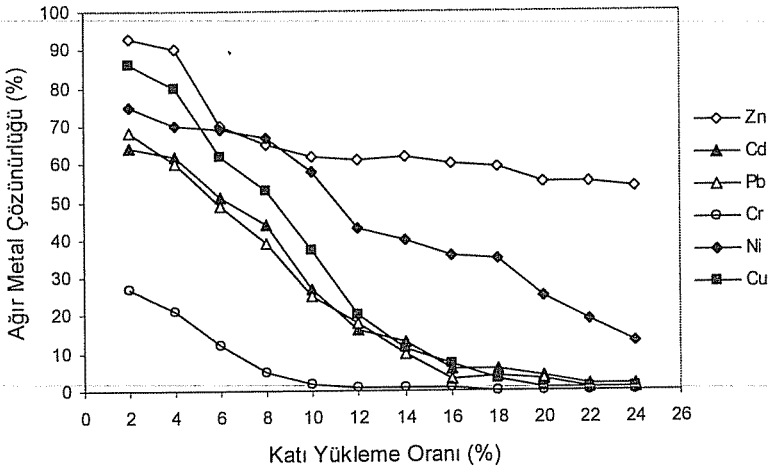
H⁺ iyonunu kullanır. Bu durumda H⁺ iyonu bakteri için temel nütrienti teşkil eder. Asidofilik mikroorganizmalar, özellikle *Thiobacillus ferrooxidans*, pH 3'den daha yüksek ortamlarda Fe⁺² üzerinde büyüyemez. Bakterinin Fe⁺² üzerinde büyümesi oldukça düşük pH değerlerinde başlar ve büyümenin devam etmesiyle bakteriyel aktiviteyi etkilemeksizin ortam pH'sı artabilir. Bu bilgiler, çalışmada elde edilen bulgular (Şekil 3) tarafından da doğrulanmaktadır. Örneğin, Cr pH 2'de %18 oranında çözünürken, pH'nın artmasıyla çözünürlüğü azalmış ve nihayetinde pH 7'de Cr hiç çözünmemiştir. Villar ve Garcia tarafından yapılan çalışmada da buna benzer sonuçlar elde edilmiştir (21). Evsel atıksu arıtma tesisi atık çamuru kullanılarak yapılan biyoliç işlemlerinde, atık çamurda bulunan Cu ve Cr'nin pH 2-3 aralığında çözüldüğü, Ni ve Zn'nin ise pH 6-6,5 aralığında bile çözünebildiği bildirilmiştir. Ayrıca, Yahya ve Johnson'un bildirdiğine göre pH 2,5'da *Thiobacillus ferrooxidans* ve *Leptospirillum ferrooxidans*'ın prit oksidasyon hızı en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (22). Bu çalışmada elde edilen ve Şekil 3'de verilen bulgular Villar ve Garcia ile Yahya ve Johnson'u doğrular niteliktedir (21, 22). Shanableh ve Ginige tarafından yapılan benzer bir çalışmada ise, pH 2'de ve 6 günlük bekletme süresinde %45 Zn, %30 Cd, %82 Pb, %50 Cr, %79 Ni ve %24 Cu çözünürlüğü elde edilmiştir (23). Ağır metallerin çözünme oranları bu çalışmada elde edilen bulgularla farklılıklar göstermektedir. Bunun nedeni, her iki biyoliç işleminde kullanılan atık çamurun farklı kaynaklardan elde edilmiş olmasıdır.

Biyoliç işleminde, liç edilecek maddenin mineral kompozisyonu ve miktarı birinci derece önem arz eden bir husustur. Yüksek karbonat içeriğine sahip atıklar liç sıvısının pH'ını yükselterek bakteriyel aktiviteyi inhibe etmektedir. Ayrıca, biyoliç işleminde liç hızı kullanılan atık malzemenin toplam yüzey alanı ile de yakından ilişkilidir (24). Bu çalışmada kullanılan metal sanayi atık çamuru, ağır metal içerikleri (Çizelge 1) ve %9,78'i 0,125 mm'nin üzerinde, %90,22'si ise 0,125 mm'nin altında tane boyutu ile biyoliç için oldukça uygun bir özellik göstermektedir.

Çalışmada ayrıca %2 ile %24 arasında değişen katı yükleme oranlarında bakteriyel aktivitenin ve buna bağlı olarak elde edilen metal çözünürlüğünün değişimi gözlemlenmiştir. Deneysel çalışmalar pH 2'de ve 16 gün bekletme süresi sabit tutularak, erlen mayer içerisinde 100 ml saf su, 10 mL asidofilik karışık bakteri kültürü ve %2 ile %24 arasında değişen oranlarda metal sanayi atık çamuru kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 4'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada elde edilen en yüksek ağır metal çözünürlükleri %93 Zn, %64 Cd, %68 Pb, %27 Cr, %75 Ni ve %86 Cu olup, bu bulgular pH 2'de, %2'lik katı yükleme oranında ve 16 gün bekletme süresinde elde edilmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi katı yükleme oranının artmasına paralel olarak, metal sanayi atık çamurundan ağır metallerin çözünme yüzdeleri azalmaktadır. Özellikle %6'dan daha yüksek katı yükleme oranlarında ağır metallerin çözünme oranlarının hızla azaldığı tespit edilmiştir. Gomez ve ark., benzer şekilde sülfürlü cevherler üzerinde yaptıkları çalışmada %5'den yüksek katı yükleme oranlarında ağır metal çözünme yüzdelerinin azaldığını bildirmişlerdir (25). Chen ve Lin ise yaptıkları çalışmada sadece %1 ile %7 arasında değişen katı yükleme oranlarını kullanmışlardır (26). Çünkü, katı yükleme oranının artmasıyla; pH'nın yükselmesi, ortamdaki oksijen ve CO₂'nin kullanılabilirliğinin azalması, ağır metal seviyelerinin mikroorganizmalar için toksik düzeylere ulaşması ve

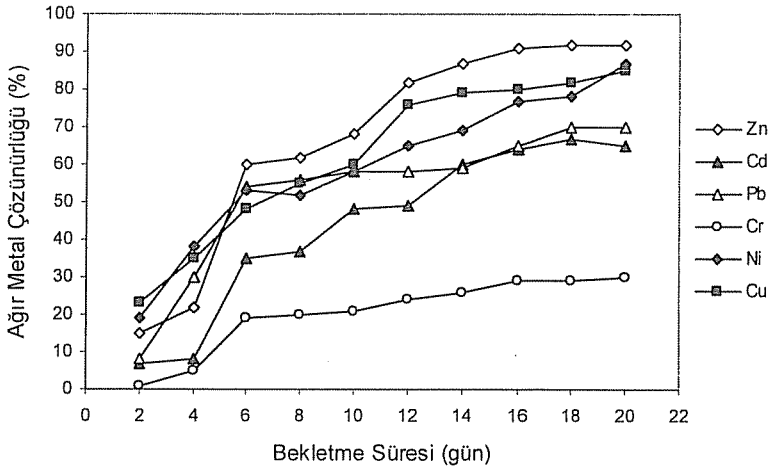
tüm bunlara bağılı olarak mikrobiyal aktivitenin azalması gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır (26).



Şekil 4. Çalkalayıcıda Yapılan Biyoliç Deneylerinde, Ağır Metal Çözünürlüğü Üzerine Kati Yükleme Oranı'nın Etkisi (Deney şartları: 100 mL 9K, 10 mL aşı, pH 2, 16 gün bekletme süresi).

Ayrıca Chen ve Lin tarafından sülfür oksitleyen *Thibacillus thiooxidans* ve *Thibacillus thioparus* bakterileri kullanılarak yapılan biyoliç deneylerinde, kati yükleme oranının etkisi araştırılmıştır (27). Nehir dip çamurunda bulunan bazı minerallerin tamponlama kapasitesi nedeniyle, kati yükleme oranının artmasıyla pH' nın azalma eğiliminin yavaşladığı bildirilmiştir. Kati yükleme oranı ile tamponlama kapasitesi arasında lineer bir ilişki tespit edilmiştir. Çalışmada, %1 ile %10 arasında değişen kati yükleme oranlarında %82-95 Cu, %58-70 Zn, %55-73 Mn, %35-65 Ni, %33-72 Pb ve %9-20 Cr giderimi elde edilmiştir. Kati yükleme oranının artması sonucu biyoliç prosesinde metal çözünürlükleri azalmıştır. Bu çalışmada, %2 lik kati yükleme oranında elde edilen ağır metal çözünürlükleri, Chen ve Lin'in bulguları ile karşılaştırıldığında, sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir (27).

Biyohidrometalurjik bir yöntem olan biyoliç işlemi çevresel açıdan faydaları ve düşük maliyeti ile ilgi çekmesine rağmen, günlerle ifade edilen uzun bekletme sürelerine gereksinim duymasıyla da ticari uygulamalar açısından insanların kafasında soru işareti oluşturmaktadır (9). Bu konuda yapılan çalışmalarda; Picher ve ark. (28) ile Chen ve Lin (27) 30 gün, Filali-Meknasi ve ark. (4) 20 gün ve Lizama ve ark. (29) 28 gün gibi uzun bekletme sürelerinde biyoliç sistemini etkileyen değişkenleri ve biyoliç verimliliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada ise çalkalayıcı kullanılarak yapılan biyoliç deneylerinde maksimum bekletme süresi 20 gün olarak seçilmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Çalkalayıcıda Yapılan Biyoliç Deneylerinde Ağır Metal Çözünürlüğü Üzerine Bekletme Süresi' nin Etkisi (Deney şartları: 100 mL 9K, 10 mL aşı, % 2 katı yükleme oranı, pH 2).

Şekil 5'de görüldüğü gibi bekletme süresi arttıkça metal sanayi atık çamurundan ağır metallerin çözünme yüzdesi artmaktadır. Ancak, özellikle 16. günden sonra, bekletme süresi artmasına rağmen, metal çözünme yüzdelerinin artış hızı azalmaktadır. Bu nedenle çalışmada maksimum bekletme süresi olarak 20 gün seçilmiştir. %2 katı yükleme oranında, pH 2'de ve 20 günlük biyoliç işlemi sonucunda %93 Zn, %65 Cd, %70 Pb, %30 Cr, %87 Ni ve %86 Cu çözünürlüğü elde edilmiştir. Chen ve Lin tarafından nehir dip çamuru kullanılarak yapılan biyoliç işleminde, pH 2'de ve %2 lik katı yükleme oranında, 6.günde %63 Zn, %54 Pb, %17 Cr, %48 Ni ve %90 Cu çözüldüğü tespit edilmiştir (26). Ağır metal çözünürlüklerinin bu çalışmada elde edilen bulgulara göre düşük olması, daha kısa bekletme süresi uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, Chen ve Lin'nin elde ettiği bulgular, bu çalışmada elde edilen 6. gündeki ağır metal çözünme yüzdeleri ile karşılaştırıldığında (%63 Zn, %51 Pb, %18 Cr, %53 Ni ve %45 Cu), Cu dışında diğer metaller için çözünme yüzdelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir (26). Brombacher ve ark. ise %5 lik katı yükleme oranı, 6 günlük bekletme süresi ve uçucu kül kullanarak yaptıkları biyoliç çalışmasında %81 Zn, %100 Cd, %12 Cr, %64 Ni ve %89 Cu çözünürlüğü elde etmişlerdir (13). Daha yüksek katı yükleme oranı uygulanmasına rağmen ağır metal çözünme oranlarının hem bu çalışmaya hem de Chen ve Lin tarafından yapılan çalışmaya göre yüksek oluşu dikkat çekicidir (26). Ağır metal çözünme yüzdeleri arasındaki bu farkın, çalışmalarda kullanılan malzemelerinin ve liç şartlarının değişkenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dikkat çekici bir diğer nokta ise hem Chen ve Lin (26) hem de Brombacher ve ark. (13) tarafından yapılan çalışmada elde edilen Cu çözünme oranının (sırasıyla %90 ve %89) bu çalışmada elde edilenden (%45) oldukça yüksektir. Bu durumun, deneylerde kullanılan liç malzemelerinin

içeriğindeki bakırın farklı yapılarda bulunmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

3.4. Liç Yöntemlerinin Kinetik Değerlendirme ile Karşılaştırılması

Çeşitli atık malzemelere uygulanan farklı liç yöntemlerinde, ağır metallerin çözünme hızları I. derece reaksiyon kinetiği ile ilişkilendirilerek Eşitlik 1 ile ifade edilmiştir (25-27-30).

$$-\frac{dM}{dt} = k(M_s - M) \quad (1)$$

Bu eşitlikte, k, hız sabitini (gün⁻¹); M_s, çamurdaki başlangıç metal konsantrasyonunu (mg); M ise liç çözeltisindeki metal konsantrasyonunu (mg) ifade etmektedir. Eşitlik 1, M=M_s den M=M ye ve t=0 dan t=t ye sınır şartları için integre edilirse;

$$\ln \left[\frac{M_s}{M_s - M} \right] = kt \quad (2)$$

2 eşitliği elde edilir. ln(M_s/M_s-M) ifadesi zamana karşı (t) grafiğe geçirildiğinde, eğimi k' ya eşit olan bir doğru elde edilir.

Bu çalışmada ağır metallerin liç hızının katı yükleme oranının artmasıyla azaldığı tespit edilmiştir. Uygulanan en düşük katı yükleme oranında (%2) ve pH'da (pH 2) en yüksek ağır metal çözünürlükleri elde edilmiştir. Bu çalışmada, uygulanan farklı liç yöntemlerinde ve %2' lik katı yükleme oranında ve pH 2'de elde edilen hız sabitleri (k) ile lineer regresyon katsayıları (R²) Çizelge 3'de verilmiştir.

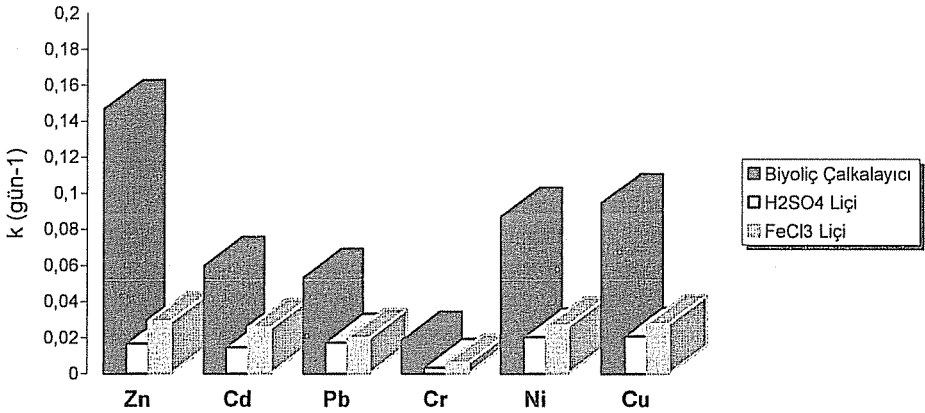
Çizelge 3. Uygulanan Farklı Liç Yöntemlerinde Ağır Metallerin Çözünme Hızı Sabitleri (k) ve Lineer Regresyon Katsayıları (R²)

Ağır Meta l	Liç Yöntemleri					
	H ₂ SO ₄ Asit Liçi		FeCl ₃ Kimyasal Liçi		Biyoliçi	
	k (gün ⁻¹)	R ²	k (gün ⁻¹)	R ²	k (gün ⁻¹)	R ²
Zn	0,0168	0,981	0,0292	0,9238	0,1469	0,9665
Cd	0,0147	0,9712	0,0256	0,9913	0,0598	0,9226
Pb	0,0174	0,9854	0,02	0,9657	0,0533	0,8407
Cr	0,0036	0,9744	0,0061	0,8921	0,0185	0,8715
Ni	0,0204	0,9833	0,0266	0,9823	0,0872	0,9532
Cu	0,0209	0,9189	0,0279	0,9349	0,0948	0,9694

Çizelge 3'de görüldüğü gibi H₂SO₄ ile yapılan asit liçinde çözünme hızı en yüksek olan ağır metal Cu olarak tespit edilmiştir ve bunu sırasıyla Ni, Pb, Zn, Cd ve Cr takip etmektedir. FeCl₃ ile yapılan kimyasal liçde ağır metallerin çözünme hızları Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>Cr şeklinde sıralanırken, biyoliçi deneylerinde bu sıralama Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>Cr şeklinde tespit edilmiştir. Bu tespitler dikkate alınığında, uygulanan tüm liç yöntemlerinde özellikle Zn, Cu ve Ni' in çözünme hızlarının diğer metallere göre yüksek olduğu söylenilebilir. Bunun yanında yine uygulanan tüm liç

yöntemlerinde çözünme hızı en düşük olan ağır metal Cr olarak tespit edilmiştir. Villar ve Garcia (21) ile Shanableh ve Ginige (5)'nin bildirdiğine göre atık çamurda bulunan Cr, pH 2-3 aralığında çözünebilirken, Ni ve Zn ise pH 6-6,5 aralığında bile çözünebilmektedir. Bu çalışmada uygulanan liç yöntemlerinde elde edilen en yüksek metal çözünürlükleri pH 2-3 aralığında elde edilmiştir. Dolayısıyla metal çözünme hızlarının özellikle Zn ve Ni için yüksek olması normal olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında atık çamurlarda Cr, Cr⁺³ formunda, çözünmemiş oksitler yada hidroksitlerden oluşur ve çözünürlüğü oldukça düşüktür (5). Uygulanan tüm liç yöntemlerinde kromun çözünme hızının düşük olmasının, çalışmada kullanılan metal sanayi atık çamurunda bulunan kromun büyük oranda Cr⁺³'den oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ağır metallerin çözünme hızları uygulanan liç yöntemlerine göre karşılaştırıldığında, tüm ağır metaller için en yüksek çözünme hızlarının biyoliç işleminde gerçekleştiği görülmektedir. Uygulanan liç yöntemlerine göre ağır metallerin çözünme hızlarının karşılaştırılması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Uygulanan Liç Yöntemlerine göre Ağır Metallerin Çözünme Hızlarının Karşılaştırılması

Şekil 6'da görüldüğü gibi uygulanan biyoliç yöntemlerinde elde edilen ağır metal çözünme hızları, hem H₂SO₄ ile asit liçi hem de FeCl₃ ile kimyasal liç işlemine göre daha büyüktür. Fowler ve ark., pirit çözünme hızının biyoliç prosesinde daha yüksek, Fe⁺³ ile kimyasal liç işleminde ise daha düşük olduğunu bildirmiştir (17). Boon ve Heijnen ise piritin kimyasal liçinde, ortamda Fe⁺³ konsantrasyonunun artmasıyla pirit oksidasyon hızının arttığını bildirmiştir (18). Ancak, ortamda artan Fe⁺² konsantrasyonu piritin kimyasal oksidasyon hızını inhibe etmektedir. Piritin kimyasal ve bakteriyel liç hızları karşılaştırıldığında; bakteriyel liç hızının kimyasal liç hızından 10-20 kat daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgularda da (Şekil 6) metal sanayi atık çamurundan ağır metallerin çözünme hızlarının, biyoliç prosesinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yine Şekil 6'da görüldüğü gibi FeCl₃ ile yapılan

kimyasal liç işleminde elde edilen ağır metal çözünme hızları, H_2SO_4 ile yapılan asit liçine oranla daha yüksektir. Elde edilen bu bulgular önceki çalışmalarda elde edilen bulguları doğrular niteliktedir. Çünkü, Ito ve ark. tarafından Fe^{+3} kullanılarak elde edilen metal çözünme hızlarının H_2SO_4 ile elde edilen metal çözünme hızlarından daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (6).

4. SONUÇLAR

Metal sanayi atık çamurlarından ağır metal gideriminde farklı liç yöntemlerinin kullanılmasını öngören bu çalışmada pH, bekleme süresi ve katı yükleme oranı gibi değişkenlerin H_2SO_4 ile asit liçi, Fe^{+3} ile kimyasal liç ve biyoliç işlemleri üzerine etkisi tespit edilmiş ve uygulanan bu liç işlemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Uygulanan üç farklı liç yönteminde de pH'nın azalması ve bekleme süresinin artmasıyla metal sanayi atık çamurundan çözünen ağır metal yüzdelere arttığı tespit edilmiştir. Buna karşılık yine uygulanan liç yöntemlerinde katı yükleme oranının artmasıyla metal çözünme yüzdelere azalmıştır.

H_2SO_4 ile asit liçi çalışmasında %73 Zn, %58 Cd, %60 Pb, %15 Cr, %70 Ni ve %69 Cu çözünürlüğü, pH 2'de, %2 katı yükleme oranında ve 54 saat bekleme süresinde elde edilmiştir. Fe^{+3} ile kimyasal liç çalışmasında ise %90 Zn, %70 Cd, %65 Pb, %25 Cr, %77 Ni ve %85 Cu çözünürlüğü, pH 2'de, %2 katı yükleme oranında, 54 saat bekleme süresinde ve 1500 mg/L Fe^{+3} dozunda elde edilmiştir. Metal sanayi atık çamuru kullanılarak yapılan biyoliç deneylerinde pH 2' de, % 2 lik katı yükleme oranında ve 20 gün bekleme süresi sonunda %93 Zn, %65 Cd, %70 Pb, %30 Cr, %87 Ni ve %86 Cu çözünürlüğü elde edilmiştir.

Metal sanayi atık çamuruna uygulanan üç farklı liç işleminin kinetik değerlendirilmesi sonucunda, en yüksek metal çözünme hızları (k) biyoliç işleminde elde edilmiştir. Biyoliç işleminde elde edilen k değerleri Zn için $0,1734 \text{ gün}^{-1}$, Cd için $0,0595 \text{ gün}^{-1}$, Pb için $0,0832 \text{ gün}^{-1}$, Cr için $0,0214 \text{ gün}^{-1}$, Ni için $0,1267 \text{ gün}^{-1}$ ve Cu için $0,1762 \text{ gün}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Biyoliç işleminin diğer liç yöntemlerine göre daha uzun bekleme süreleri gerektirmesine rağmen, daha yüksek metal çözünme hızı sağlaması, daha çevre dostu ve ekonomik bir proses olması nedeniyle, metal sanayi atık çamurlarından ağır metal gideriminde etkili bir yöntem olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Metal sanayi atık çamuruna biyoliç işleminin uygulanmasıyla çamurdaki ağır metal konsantrasyonları önemli oranda azalmıştır. Böylelikle metal sanayi atık çamurundaki ağır metallerin alıcı ortam üzerindeki toksik etkileri engellenerek, çamurun depolanması daha kolay ve ekonomik bir hale getirilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Sreekrishnan, T.R., Tyagi, R.D., "A Comparative Study of the Cost of Leaching Out Heavy Metals from Sewage Sludges", *Process Biochemistry*, 31 (1): 31-41, 1996.
2. Sreekrishnan, T.R., Tyagi, R.D., "Sensitivity of Metal Bioleaching Operation to Process Variables", *Process Biochemistry*, 30 (1): 69-80, 1995.
3. Fournier, D., Lemieux, R., Couillard, D., "Essential Interactions between *Thiobacillus Ferrooxidans* and Heterotrophic Microorganisms during a Wastewater Sludge Bioleaching Process", *Environmental Pollution*, 101: 303-309, 1998.

4. Filali-Meknasi, Y., Tyagi, R.D., Narasiah, K.S., "Simultaneous Sewage Sludge Digestion and Metal Leaching: Effect of Aeration", *Process Biochemistry*, 36: 263-273, 2000.
5. Shanableh, A., Gimige, P., "Acidic Bioleaching of Heavy Metals from Sewage Sludge", *J. Mater Cycles Waste Management*, 2: 43-50, 2000.
6. Ito, A., Umita, T., Aizawa, J., Takachi, T., Morinaga, K., "Removal of Heavy Metals from Anaerobically Digested Sewage Sludge by a New Chemical Method Using Ferric Sulfate", *Wat. Res.* 34 (3): 751-758, 2000.
7. Lundgren, D.G., Valkova-Valchanova, M., Reed, R., "Chemical Reactions Important in Bioleaching and Bioaccumulation", *Biotechnology and Bioengineering Symp.*, 16: 7-21, 1986.
8. Billiton, "Recent Bioleaching Developments: Creating Value Through Innovation *Biotechnology in Mining*", 1-11, 2000.
9. Poulin, R., Lawrence, R.W., "Economic and Environmental Niches of Biohydrometallurgy", *Minerals Engineering*, 9 (8): 799-810, 1996.
10. Epa Test Methods Evaluating Solid Waste, "Method 3050: Acid Digestion of Sediments, Sludge and Soils", *Volume IA: Laboratory Manual Physical/Chemical Methods*, Office of Solid Waste and Emergency Response, U. S. Environmental Protection Agency, DC 20460, Washington, 1986.
11. Standard Methods, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition", APHA, AWWA, WEF. ISBN 0-87553-235-7, 1998.
12. Bojinova, D.Y., Velkova, R.G., "Bioleaching of Metals from Mineral Waste Product", *Acta Biotechnol.* 21 (3): 275-282, 2001.
13. Brombacher, C., Bachofen, R., Brandl, H., "Development of Laboratory-Scale Leaching Plant for Metal Extraction from Fly Ash by *Thiobacillus* Strains", *Applied and Environmental Microbiology*, 64 (4): 1237-1241, 1998.
14. Jenkins et al. (1981) from Ito, A., Umita, T., Aizawa, J., Takachi, T., Morinaga, K., "Removal of Heavy Metals from Anaerobically Digested Sewage Sludge by a New Chemical Method Using Ferric Sulfate", *Wat. Res.* 34 (3): 751-758, 2000.
15. Blais, J.F., Tyagi, R.D., Auclair, J.C., "Comparison of Acid and Microbial Leaching for Metal Removal from Municipal Sludge", *Water Sci. Tech.* 12 (1-2): 197-206, (from Ito et al. (2000)), 1992.
16. Seidel, H., Ondruschka, J., Morgenstern, P., Stottmeister, U., "Bioleaching of Heavy Metals from Contaminated Aquatic Sediments using Indigenous Sulfur Oxidizing Bacteria: A Feasibility Study", *Water Science and Technology*, 23 (7): 123-131, 1998.
17. Fowler, T.A., Holmes, P.R., Crundwell, F.K., "Mechanism of Pyrite Dissolution in the Presence of *Thiobacillus ferrooxidans*", *Applied and Environmental Microbiology*, 65 (7): 2987-2993, 1999.
18. Boon, M., Heijnen, J.J., "Chemical Oxidation Kinetics of Pyrite in Bioleaching Processes", *Hydrometallurgy*, 48: 27-41, 1998.
19. Veglio, F., Beolchini, F., Nardini, A., Toro, L., « Bioleaching of Pyrrhotite Ore by *Sulfooxidans* Strain: Kinetic Analysis", *Chemical Engineering Science*, 55: 783-795, 2000.
20. Das, T., Ayyappan, S., Chaudhury, G.R., "Factors Affecting Bioleaching Kinetics of Sulfide Ores Using Acidophilic Micro-Organisms", *BioMetals*, 12: 1-10, 1999.

21. Villar, L.D., Garcia, O.Jr., "Solubilization Profiles of Metal Ions from Bioleaching of Sewage Sludge as a Function of pH. *Biotechnology Letters*", 24: 611-614, 2002.
22. Yahya, A., Johnson, D.B., "Bioleaching of Pyrite at Low pH and Low Redox Potentials by Novel Mesophilic Gram-positive Bacteria", *Hydrometallurgy*, 35: 168-176, 2001.
23. Shanableh, A., Ginige, P., "Impact of Metals Bioleaching on the Nutrient Value of Biological Nutrient Removal Biosolids", *Water Science and Technology*, 39 (6): 175-181, 1999.
24. Bosecker, K., "Bioleaching: Metal Solubilization by Microorganisms", *FEMS Microbiology Reviews*, 20: 591-604, 1997.
25. Gomez, C., Blazquez, M.L., Ballester, A., "Bioleaching of Spanish Complex Sulphide Ore Bulk Concentrate", *Minerals Engineering*, 12 (1): 93-106, 1999.
26. Chen, S.Y., Lin, J.G., "Bioleaching of Heavy Metals from Sediments: Significance of pH", *Chemosphere*, 44: 1093-1102, 2001^a.
27. Chen, S.Y., Lin, J.G., "Influence of solid Content on Bioleaching of Heavy Metals from Contaminated Sediment by *Thiobacillus* spp", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 75: 649-656, 2000.
28. Picher, S., Drogui, P., Guay, R., Blais, J.F., "Wastewater Sludge and Pig Manure Used as Culture Media for Bioleaching of Metal Sulphides" *Hydrometallurgy*, 65: 177-186, 2002.
29. Lizama, H.M., Fairweather, M.J., Dai, Z., Allegretto, T.D., "How does Bioleaching Start? *Hydrometallurgy*", 69: 109-116, 2003.
30. Chen, S.Y., Lin, J.G., "Effect of Substrate Concentration on Bioleaching of Metal-Contaminated Sediment", *Journal of Hazardous Materials*, B82: 77-89, 2001^b.

İŞLETMELERİN TS- ISO 14000 STANDARTLARINI UYGULAMA KARARLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ *

Hatice Kübra TAÇ ve Fuat BUDAK

Ç. Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada işletmelerin ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarını uygulama yada uygulamama kararlarına etki eden faktörlerin lojistik regresyon modeli yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda işletmeler, ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standartları'nı uygulayan işletmeler ve uygulamayan işletmeler olarak ele alınmıştır. Araştırma anket çalışmasına dayanmaktadır. Elde edilen veriler χ^2 testi ile analiz edilerek işletmelerin standartları uygulama kararlarına etki eden istatistiksel olarak anlamlı faktörler belirlenmiş ve bu faktörler için lojistik regresyon modeli uygulanmıştır. İşletmelerin standartları uygulama kararlarında etkili olan faktörler; işletmelerin ISO 9000 standartlarını uygulama durumu, yabancı ortakların istekleri, tedarikçilerin baskısı, müşteri memnuniyeti, atık ayrımı, işletme büyüklüğü, proses iyileştirme çalışmaları ve çevre dostu ürünler sunma isteği olarak belirlenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *ISO 14000, Çevre Yönetim Sistemi, Lojistik Regresyon, Baskı Unsurları*

THE DETERMINATION OF THE FACTORS THAT AFFECT THE IMPLEMENTATION DECISIONS OF THE TS- ISO 14000 STANDARDS OF THE COMPANIES

ABSTRACT : *This paper employs logistic regression analysis to test a model that predicts the factors the implementation or non-implementation of Environmental Management Systems Standards (EMSSs). To this extent, two groups of organizations were surveyed. The first group of companies that were surveyed had implemented EMS standards, similarly we surveyed the second group of companies which had not implemented EMS Standards. The research is based on a questionnaire survey. The statistically significant factors that effect the implementation decisions of the standards of the companies are determined by the χ^2 test that analyse the obtained datas and the logistic regression model is applied for this factors. The variables which are effective for the implementation decision standards of the companies are that ISO 9000 series standards implementation, foreign shareholders requests, suppliers pressure, customer pleasure, waste segregations, firm size, process redesign implementation and produce environmental firendly products.*

Key Words: *ISO 14000, Environmental Management System, Logistic Regression, Motivations*

* Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: MMF2005YL21

1. GİRİŞ

Çevre kalitesinin sürekli olarak geliştirilmesi hususundaki ilgi ve hassasiyetin artmasından ve buna bağlı ilgili tarafların baskılarından dolayı büyüklükleri ve türleri ne olursa olsun bütün kuruluşlar, dikkatlerini artan bir şekilde, faaliyetlerinin, ürünlerinin ve hizmetlerinin çevre üzerindeki etkilerine çevirmektedirler. Bu etkileri en aza indirmek isteyen işletmeler üçüncü şahısların da desteği ile hem çevresel faaliyetlerinden oluşan zararları en aza indirmek hem de bu faaliyetlerini denetim altında tutarak sorumluluklarını azaltmak için çevresel standartları uygulamaya başlamışlardır. Çevre Yönetim Sistemleri Standartları işletmelerin çevreye olan etkilerinin azaltılmasını ve market pozisyonlarını geliştirmelerini ve korumalarını kolaylaştırmaktadır (1,2).

Günümüzde dünyada bir çok şirket veya organizasyonun Çevre Yönetim Sistemleri (ÇYS) uygulamalarına başladıkları veya ISO 14001 belgesi aldıkları görülmektedir. 2003 yıl sonu itibariyle 113 ülkede toplam 66.070 organizasyon ISO 14001 belgesine sahip iken; bu oran %37' lik bir artış göstererek 2004 yıl sonu itibariyle belge alan ülke sayısı 127' ye ve belgeli işletme sayısı 90.569'a yükselmiştir. 2004 yıl sonu itibariyle dünyada ISO 14001 belgelendirme sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir (3).

Çizelge 1. 2004 Yılı İtibariyle ISO 14001 Belgelendirme Sonuçları (3)

	Aralık 1999	Aralık 2000	Aralık 2001	Aralık 2002	Aralık 2003	Aralık 2004
Toplam	14 106	22 897	36 765	49 449	66 070	90 569
Toplam artış	6 219	8 791	13 868	12 684	16 621	24 499
Ülke sayısı	84	98	112	117	113	127
Türkiye	66	91	91	135	240	338

Türkiye' de ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarının gelişimine bakıldığında ise; 1999 yıl sonu itibariyle belgeli işletme sayısı 66 iken; bu oran 2003 yılı sonunda 240 ve 2004 yılı sonunda 338'e yükselmiştir (3).

Bu çalışmada, ülkemizdeki işletmelerin her geçen yıl artan oranlarda ISO 14001 belgesine sahip olmalarındaki nedenlerin/ faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışma, ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarını uygulayan ve uygulamayan işletmeler arasındaki farklılıkları tespit etmek için yapılan karşılaştırmalı bir çalışmadır. Bu amaçla anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada işletmeler 2 grupta incelenmiş ve ISO 14000 ÇYS belgeli işletmelerle ISO 14000 ÇYS belgesine sahip olmayan işletmelerin uygulama veya uygulamama kararlarına etki eden faktörlerin analizi lojistik regresyon modeli yardımıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

Dünyada ISO tarafından her yıl yapılan istatistiki değerlendirmelere bakıldığında, Türkiye' de ve diğer ülkelerde her yıl artan oranlarda değişik özellikteki işletmelerin ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarını uyguladıkları gözlemlenmiştir. Çeşitli ülkelerde yapılan araştırmalara bakıldığında, uluslar arası pazarlara girme isteği,

yatırım sahiplerinin baskısı, müşteri talepleri, çevreyi korumada diğer kuruluşlara öncülük etme gibi faktörlerin uygulama kararlarında etkili faktörleri oluşturduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada Türkiye'deki işletmelerin ISO 14000 ÇYS Standartlarını uygulama yada uygulamama kararlarına etki eden faktörler belirlenmiştir. Bu amaçla anket araştırması yapılmıştır.

Anket araştırması kapsamında işletmelerin ISO 14000 ÇYS Standartlarını uygulama yada uygulamama kararlarına etki eden faktörleri ve sağladıkları veya sağlayacağını düşündükleri faydaları değerlendirmeye yönelik soruları içeren anket formu hazırlanmış, deneyimli yönetici görüşlerine başvurulmuş ve test edilmiştir. Hazırlanan anket formları TS EN ISO 14001 ÇYS belgesine sahip 150 işletmenin tamamına ve ISO 14001 ÇYS belgesi olmayan çeşitli sektör ve büyüklükte tesadüfi seçilmiş 350 işletmeye posta yoluyla gönderilmiştir. İşletmelerle ilgili bilgiler Türk Standartları Enstitüsü (TSE), İstanbul Sanayi Odası (ISO) ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB)'nden temin edilmiştir.

Anket formlarının gönderilmesi ve geri gelmesi Mart 2006- Haziran 2006 tarihleri arasında olmuştur. Anket araştırmasında 179 işletmeden geri dönüş sağlanmış ancak yanıtlanan anket formlarının 4 tanesi veri eksikliğinden dolayı araştırmaya dahil edilmemiş, 175 işletme değerlendirmeye alınmıştır. Anket geri dönüş oranı % 36,4'tür. Anket formu gönderilen ve TS EN ISO 14001 ÇYS belgeli işletmelerden % 43,3 oranında geri dönüş sağlanırken; anket formu gönderilen ve TS EN ISO 14001 ÇYS belgesi olmayan işletmelerden % 33,3 oranında geri dönüş sağlanmıştır.

Verilerin analizinde frekans ve yüzde teknikleri kullanılmış, ayrıca ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standartlarını uygulama yada uygulamama kararlarına etki eden faktörlerin istatistiksel olarak anlamlılıklarını belirlemek için de Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Ayrıca χ^2 testi sonucunda işletmelerin uygulama yada uygulamama durumları arasında anlamlı düzeyde farklılık gösteren faktörler için lojistik regresyon modeli uygulanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

3.1. Firma Profili

Araştırmaya katılan işletmelerin % 96'sı özel teşebbüs ve yalnız % 4'lük bir kısmı kamu kuruluşudur.

Araştırmaya katılan firmaların % 5,71'inin 1- 10 yıl arasında, % 73,1'inin 11- 50 yıl arasında ve % 21,1'inin ise 51 yıl ve daha fazla yıl deneyimleri bulunmaktadır (Çizelge 2). Sonuçlardan anketi yanıtlayan firmaların önemli bir kısmının deneyimli firmalardan oluştuğu gözlenmektedir.

Çizelge 2. Araştırmaya Katılan İşletmelerin İş Deneyimleri

İşletme Yaşı (Yıl)	ISO 14001 ÇYS Belgeli İşletmeler		Belgesi Olmayan İşletmeler	
	Frekans	Yüzde (%)	Frekans	Yüzde (%)
0- 10	3	3.1	7	9.1
11- 50	73	74.5	55	71.4
51 ve üzeri	22	22.4	15	19.5
Toplam	98	100	77	100

Araştırmaya katılan firmalarla ilgili diğer bir bilgi de işletmelerin % 20.6'sının yabancı sermayeli olmasıdır. Anketi yanıtlayan yabancı sermayeli işletmelerin % 64'ü ISO 14001 ÇYS belgesine sahiptir. ISO 14001 ÇYS belgeli işletmelerin % 23.5'i ve belgesi olmayan işletmelerinse % 16.9'u yabancı sermayelidir.

3.2. İşletme Büyüklüğü

Araştırmada işletmeler çalışan sayısına göre sınıflandırılmış ve sınıflandırmada Avrupa Birliği (AB) tanımı kabul edilmiştir. Avrupa Birliği' ne göre 50 kişiden az yıllık çalışan istihdam eden işletmeler küçük ölçekli işletmeler, 250 kişiden az çalışan sayısına sahip işletmeler orta ölçekli ve 250 kişiden fazla yıllık çalışan istihdam eden işletmeler de büyük ölçekli işletmeler olarak tanımlanmıştır (4).

Anketi cevaplandırılan işletmeler büyüklüklerine göre değerlendirildiğinde firmaların % 17.7'sinin küçük işletme, % 33.7'sinin orta ölçekli ve % 48.6'sının büyük ölçekli işletmelerden oluştuğu görülmektedir. Çizelge 3'te araştırmaya katılan her iki işletme türünün çalışan sayısına göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 3. İşletmelerin Büyüklüklerine Göre Dağılımı

Çalışan Sayısı (kişi)	ISO 14001 ÇYS Belgeli İşletmeler		ISO 14001 ÇYS Belgesi Olmayan İşletmeler	
	Frekans	Yüzde (%)	Frekans	Yüzde (%)
0- 49	11	11.2	20	26.0
50- 249	34	34.7	25	32.5
> 250	53	54.1	32	41.5
Toplam	98	100	77	100

3.3. Faaliyet Sektörü

Ülkemizde işletmelerin faaliyet sektörlerine göre sınıflandırmasında Avrupa Birliği Ekonomik Faaliyetler Sınıflandırması (NACE)'nin yapmış olduğu sınıflandırma kabul edilmektedir (5). Araştırmaya katılan işletmeler NACE sektör sınıflandırmasına göre sınıflandırılıp gruplandırılmış ve Çizelge 4'de verilmiştir.

Belgeli işletmelerin % 76.5'i imalat sanayinde, % 15.3'ü ise hizmet sektöründe faaliyet göstermektedir. İşletmelerin sektörel dağılımlarına bakıldığında hizmet sektöründeki işletmelerin ISO 14000 ÇYS belgelendirmesinde diğer sektörlerde faaliyet gösteren işletmelere göre daha yüksek uygulama olasılığı gösterdiği görülmektedir.

3.4. Yönetim Sistemleri

Araştırmanın bu kısmı, işletmelerin bünyelerinde uygulanan ve standartlaştırılan diğer yönetim sistemlerini belirlemeye yöneliktir. Araştırmaya katılan işletmelerin % 89.1'i ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemlerini uygulamaktadır. Yine araştırmaya katılan ISO 14001 ÇYS belgeli işletmelerin neredeyse hepsi (%97'lik bir kısmı) ve belgesi olmayan işletmelerinse % 79'u ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemlerini uygulamaktadır.

Çizelge 4. İşletmelerin Faaliyet Sektörlerine Göre Dağılımı

Faaliyet Sektörü (NACE Sektör Kodlarına Göre)	ISO 14001 ÇYS Belgeli İşletmeler		ISO 14001 ÇYS Belgesi Olmayan İşletmeler	
	Frekans	Yüzde(%)	Frekans	Yüzde(%)
-Gıda Maddeleri ve İçecekler	15	15.3	13	16.9
-Tekstil ve Tekstil Malzemeleri	7	7.1	11	14.3
-Makinalar, Motorlu Taşıt, Parçaları ve İlgili Ürünler	14	14.3	12	15.6
-Diğer İmalat Sanayi	39	39.8	31	40.2
-İnşaat ve İnşaat İşleri	8	8.2	5	6.5
-Sosyal, Toplumsal ve Kişisel Hizmet Faaliyetleri	15	15.3	5	6.5
Toplam	98	100	77	100

3.5. Etki Eden Paydaşlar

Anket formunda işletmelerin ISO 14001 ÇYS Standartları uygulama kararlarında etkili olan paydaşları belirlemek amacıyla, işletmelere önceki çalışmalarda önemli görülen, etkisi olacağı düşünülen paydaşlar sıralanmıştır (6-9). Çizelge 5'te etki eden paydaşlar ve yüzde değerleri verilmiştir.

Çizelge 5. İşletmelerin Uygulama Kararlarına Etki Eden Paydaşlar

Etki Eden Paydaşlar	ISO 14001 ÇYS Belgeli İşletmeler		ISO 14001 ÇYS Belgesi Olmayan İşletmeler	
	Etkisi Yok	Etki Ediyor	Etkisi Yok	Etki Ediyor
Müşteriler	34.7	65.3	50.6	49.4
Yabancı Ortaklar	88.8	11.2	98.7	1.3
Tedarikçiler	88.8	11.2	97.4	2.6
Şirket Yönetimi	18.4	81.6	29.9	70.1
Çalışanlar	56.0	44.0	71.4	28.6
Sivil Toplum Kuruluşları	89.8	10.2	89.6	10.4

Ayrıca araştırmaya katılan işletmelerin ISO 14001 ÇYS Standartlarını uygulama kararlarına yukarıda bahsedilen kişiler dışında etkisi olan ya da olabilecek paydaşları belirtmeleri istenmiştir. Yanıtlayıcıların belirttiği diğer paydaşlar; İl Çevre Müdürlükleri, Çevre Bakanlığı, yabancı finans kuruluşları, resmi kuruluşlar ve rakip firmalardır.

3.6. Etki Eden Faktörler

Bu bölüm; önceki çalışmalardan da yararlanılarak hazırlanmış işletmelerin uygulama kararlarında etkili olabilecek 14 maddeden oluşmaktadır (10-12). Değerlendirmede 5'li likert ölçeğinden yararlanılmıştır. İşletmelerin ilgili ifadeleri; 1: çok önemsiz, 2: önemsiz, 3: kararsız 4: önemli ve 5: çok önemli olarak değerlendirmeleri istenmiştir. Çizelge 6'da etki eden faktörler, ortalama ve standart sapmaları verilmiştir.

Çizelge 6. İşletmelerin Uygulama Kararlarına Etki Eden Faktörler

Etki Eden Faktörler	ISO 14000 ÇYS Belgeli İşletmeler		ISO 14000 ÇYS Belgesi Olmayan İşletmeler	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
Pazar payını artırma	3.61	1.34	3.44	1.46
İhracat oranını artırma	3.64	1.25	3.52	1.35
Uluslararası pazarlara girme	3.72	1.21	3.39	1.47
Pazarlama/ reklamcılık imkanlarını artırma	3.34	1.26	3.19	1.31
Çevresel zararları/ riskleri azaltma	4.33	1.31	3.96	1.39
Çevre dostu ürünler sunma isteği	4.13	1.12	3.53	1.45
Çevreye duyarlı üretim yapılması	4.26	1.16	3.92	1.37
Firma imajında iyileşme	4.09	1.16	3.69	1.44
Rekabet avantajı sağlama	3.73	1.26	3.40	1.50
İşletme karlılığında artış sağlama	3.36	1.18	3.13	1.35
Müşteri memnuniyeti	3.87	1.43	3.73	1.48
Yasalara uyumluluk	4.18	1.33	3.75	1.60
Sivil toplum kuruluşlarının baskısı	2.56	1.30	2.82	1.50
Yabancı ortakların isteği	2.39	1.71	2.03	1.51

1: çok önemsiz, 2: önemsiz, 3: kararsız, 4: önemli, 5: çok önemli

Araştırmaya katılan işletmeler anket formunda ifade edilen 14 madde dışında standartları uygulama kararlarına etki eden yada etki edebilecek faktörler dışında şu faktörleri de belirtmişlerdir. Bunlar;

- Örnek işletme olma isteği
- Yabancı finans kuruluşlarının desteği
- Diğer firmalara öncü olma
- Çevresel faaliyetlerin kayıt altına alınması
- Toplam maliyeti azaltma
- Çevre bilincinin tedarikçilere, müşterilere gösterilmesi

3.7. Regresyon Analizinde Kullanılacak Değişkenlerin Tanımlanması

Değerlendirmede regresyon analizinde kullanılmak üzere Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarının uygulamasına etki eden/ edebilecek faktörlerden istatistiksel olarak önemli olan açıklayıcı değişkenler Kruskal- Wallis testi yardımıyla belirlenmiştir. Uygulama kararlarına etki eden yada edebilecek faktörler, χ^2 değerleri ve önem dereceleri Çizelge 7'de gösterilmiştir.

3.8. İşletmelerin ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarını Uygulama Kararlarına Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi

χ^2 testi sonucunda işletmelerin uygulama yada uygulamama durumları arasında anlamlı düzeyde farklılık gösteren faktörler için lojistik regresyon modeli uygulanmıştır. Lojistik regresyon analizi sonuçları Çizelge 8' de verilmiştir.

Lojistik regresyon değerlendirmesinde iki model kullanılmıştır. Birinci modelde; χ^2 testinden elde edilen açıklayıcı değişkenler kullanılarak işletmelerin standartları uygulama kararlarına etki eden/ edebilecek değişkenlerin tahmini yapılmıştır. Bu modelin doğru tahmin oranı % 74.3' tür. Modelde kullanılan açıklayıcı değişkenler; işletme büyüklüğü, işletme yaşı, ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemlerinin varlığı, müşteriler, yabancı ortaklar, tedarikçiler, atık ayrımı yapılması, çevre dostu ürünler sunma isteği, firma imajında iyileşme sağlama, prosese bağlı geliştirmeler, yasalara uyumun gösterilmesidir.

Modelden elde edilen logit form:

$\text{logit} [\text{Pr}(Y= 1)] = \beta_0 + \beta_1 \text{ büyüklük} + \beta_2 \text{ müşteri} + \beta_3 \text{ yabancı ortak} + \beta_4 \text{ tedarikçi} + \beta_5 \text{ ISO 9000} + \beta_6 \text{ atık} + \beta_7 \text{ proses} + \beta_8 \text{ çevre dostu} + \beta_9 \text{ yaş} + \beta_{10} \text{ yasalar} + \beta_{11} \text{ imaj}$

İkinci model ise önceki çalışmalarda ISO 14000 ÇYS standartlarını uygulama kararlarına etki eden yada edeceği düşünülen faktörler ve χ^2 değerlendirmelerinde öne çıkan olası açıklayıcı değişkenler dikkate alınarak kurulmuştur. Doğru tahmin oranı % 73.7' dir. Açıklayıcı değişkenler; işletme büyüklüğü, müşteriler, yabancı ortaklar, tedarikçiler, ISO 9000 Kalite Yönetim sistemlerinin varlığı, atık ayrımı, proses değişimleri ve çevre dostu ürünler sunma isteği olarak sıralanabilir. İstatistiksel olarak anlamlı görülen 8 açıklayıcı değişken için modelden elde edilen logit form aşağıda gösterildiği gibidir.

$\text{logit} [\text{Pr}(Y= 1)] = \beta_0 + \beta_1 \text{ büyüklük} + \beta_2 \text{ müşteri} + \beta_3 \text{ yabancı ortak} + \beta_4 \text{ tedarikçi} + \beta_5 \text{ ISO 9000} + \beta_6 \text{ atık} + \beta_7 \text{ proses} + \beta_8 \text{ çevre dostu}$

Birinci modelin anlamlılığı $\chi^2 = 57.1451$ ve anlamlılık derecesi $p = 0.000$ ve ikinci modelin $\chi^2 = 56.0714$ ve anlamlılık derecesi $p = 0.000$ ' dir.

Araştırmada ayrıca standartları uygulama olasılığının uygulamama olasılığına olan yüzde farkı da (artış yada azalma) $e^{\beta_i} - 1$ hesaplanmıştır. Büyüklük katsayısı 0.423, bu değer $e^{\beta_i} = 1.526$ ve $e^{\beta_i} - 1 = 0.526$. Bunun anlamı işletme büyüklüğü arttıkça işletmelerin ISO 14000 ÇYS Standartlarını uygulama olasılığı da % 52.6 artmaktadır. Aynı şekilde müşteriler için $e^{\beta_i} = 1.789$ ve $e^{\beta_i} - 1 = 0.789$. Bunun anlamı müşterilerin işletmelerin ISO 14000 ÇYS Standartlarını uygulama kararlarını % 78.9 oranında olumlu yönde etkilediği yönündedir. Hesaplamalar diğer açıklayıcı değişkenler için de aynı şekilde yapılmıştır.

Çizelge 7. Olası Açıklayıcı Değişkenler

	χ^2	Önem derecesi
İşletme büyüklüğü	4.892	0.027
İşletme yaşı	2.329	0.127
Yabancı sermaye	1.138	0.286
İlk 500 büyük firma	4.362	0.037
ISO 9000 KYS varlığı	13.906	0.000
Müşteriler	4.489	0.034
Yabancı ortaklar	6.613	0.010
Tedarikçiler	4.640	0.031
Şirket yönetimi	3.162	0.075
Çalışanlar	4.302	0.038
Sivil toplum kuruluşları	0.002	0.968
Pazar payını artırma	0.434	0.510
İhracat oranını artırma	0.243	0.622
Uluslar arası pazarlara girme	1.761	0.184
Pazarlama imkanlarını artırma	0.437	0.510
Çevresel zararları/ riskleri azaltma	5.581	0.018
Çevre dostu ürünler sunma isteği	7.920	0.005
Çevreye duyarlı üretim yapılması	2.120	0.145
Firma imajında iyileşme sağlama	3.301	0.069
Rekabet avantajı sağlama	1.657	0.198
İşletme karlılığında artış sağlama	1.000	0.317
Yasalara uyumluluk	3.339	0.068
Yabancı ortakların isteği	1.785	0.182
Proses faaliyetleri	12.938	0.000
Atık ayrımı	22.063	0.000

Çizelge 8. Lojistik Regresyon Sonuçları

Değişkenler	Model I		Model II	
	Katsayı	P Değeri	Katsayı	P Değeri
Sabit	- 8.2770	0.000	- 8.0617	0.000
İşletme büyüklüğü	0.4232	0.098	0.4483	0.078
Müşteriler	0.5817	0.130	0.5358	0.155
Yabancı ortaklar	1.9624	0.076	2.1848	0.046
Tedarikçiler	2.2040	0.037	2.1495	0.037
ISO 9000	2.1182	0.004	1.9271	0.006
Atık ayrımı	0.4052	0.012	0.3896	0.015
Proses değişimi	0.3305	0.078	0.3450	0.062
Çevre dostu	0.2406	0.167	0.2092	0.147
İşletme yaşı	0.0064	0.384		
Firma imajı	-0.1113	0.532		
Yasalara uyumluluk	0.0335	0.840		
Log likelihood	- 91.4651		- 92.0020	
χ^2	57.1451		56.0714	
Doğru tahmin (%)	74.3		73.7	
N	175		175	

5. SONUÇ

Araştırma sonucunda işletmelerin standartları uygulama kararlarında etkili olan faktörler; işletmelerin ISO 9000 standartlarını uygulama durumu, yabancı ortakların etkisi, tedarikçilerin baskısı, müşteri memnuniyeti, atık ayrımı, işletme büyüklüğü, proses iyileştirme çalışmaları ve çevre dostu ürünler sunma isteği olarak belirlenmiştir.

Çevre Yönetim Sistemleri Standartlarını uygulama olasılığı büyük işletmeler için orta ve küçük ölçekli işletmelere göre daha yüksek olasılık göstermektedir. Bu tespit ÇYS standartlarını uygulama kararlarında firma büyüklüğünün önemi hakkında bir çok hipotezi desteklemektedir.

Regresyon modellerinin her ikisinde en önemli faktör olan ISO 9000 KYS standartlarının varlığının işletmelerin ISO 14000 ÇYS' ni uygulama olasılığını 0.01 anlamlılık düzeyinde arttığı gözlenmiştir. İşletmelerin ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemleri' ne katılımları; ISO 14001 ÇYS' ni uygulamasında bilgi araştırmasını ve maliyet belirleme çabalarını azaltmaktadır. Bunun nedeni her iki sistemin benzer proseslere sahip olması ile sistem geliştirme ve belgelendirme ilişkilerinin aynı olmasıdır. Önceki çalışmalardan edinilen bilgilere de göre; işletmelerin ISO 9000 KYS'

ni uygulamaları ile ISO 14001 ÇYS uygulamaları arasındaki temel ilişkinin işletmelerin ISO 9000 standartları uygulamalarından sağladıkları deneyimler ve kazançlar olduğu düşünülmektedir. Regresyon modellerinin her ikisinden işletmelerin ISO 14000 ÇYS' ni uygulama olasılığı ISO 9000 KYS standartlarının varlığı ile 0.01 anlamlılık düzeyinde artırdığı gözlenmekte ve bu hususta yapılan ön hipotez de doğrulanmaktadır.

Müşteriler, günümüzde hem çevreye zarar vermeden üretilen ürünleri kullanmak istemekte hem de çevre ve insan sağlığı açısından zararsız maddelerden üretilen ürünleri tüketmek istemektedir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde, müşterilerin büyük bir çoğunluğunun çevreci ürünler için gerekirse daha fazla ücret ödemeyi kabul ettiği gözlenmiştir. Araştırmada müşterilerin uygulama olasılığı üzerine etkisi diğer paydaşlara göre, (yabancı ortaklar ve tedarikçiler) daha az görülmektedir.

Çevresel performansın gelişiminde tedarikçilerin çoğu organizasyonda ana karar verici olmakta ve bugün artan oranlarda işletmeler ÇYS belgelendirmesinde tedarikçilerin baskısıyla karşılaşmaktadır. Tedarikçilerin de gerek yatırım gerekse ticaret yaptıkları işletmelerin çevreye duyarlı üretim yapmalarını ve çevre dostu ürünler sunmalarını istemektedir. Her iki modelde de tedarikçilerin baskısının işletmelerin uygulama olasılığında 0.05 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Yabancı ortaklar ülkedeki toplum şartlarının iyileştirilmesinde yasaların gerektirdiğinden daha üst düzeyde çevre korumacı yatırımlara meyilli olmayabilir. Bunun yanında ortaklıkları bulunan işletmelerinse çevre korumacı üretim yapmalarını ve bunu çevresel standartlarla belgelendirmelerini istemektedir. Yabancı ortakların standartları uygulama olasılığı üzerindeki etkisi birinci modelde 0.05 düzeyinde, ikinci modelde 0.01 düzeyinde anlamlılık göstermektedir.

Araştırmada regresyon analizlerinde firma imajında iyileşme için katsayılarla gözlenen negatif işaret araştırma bulgularıyla tezatlık oluşturmaktadır. Kruskal Wallis testinde 0.069 değerinde anlamlılık gösteren bu değişken regresyon analizinde istatistiksel olarak önemsiz bir değişkendir. Firma imajı üzerine kurulan ön hipotez doğruluğunu kaybetmiştir.

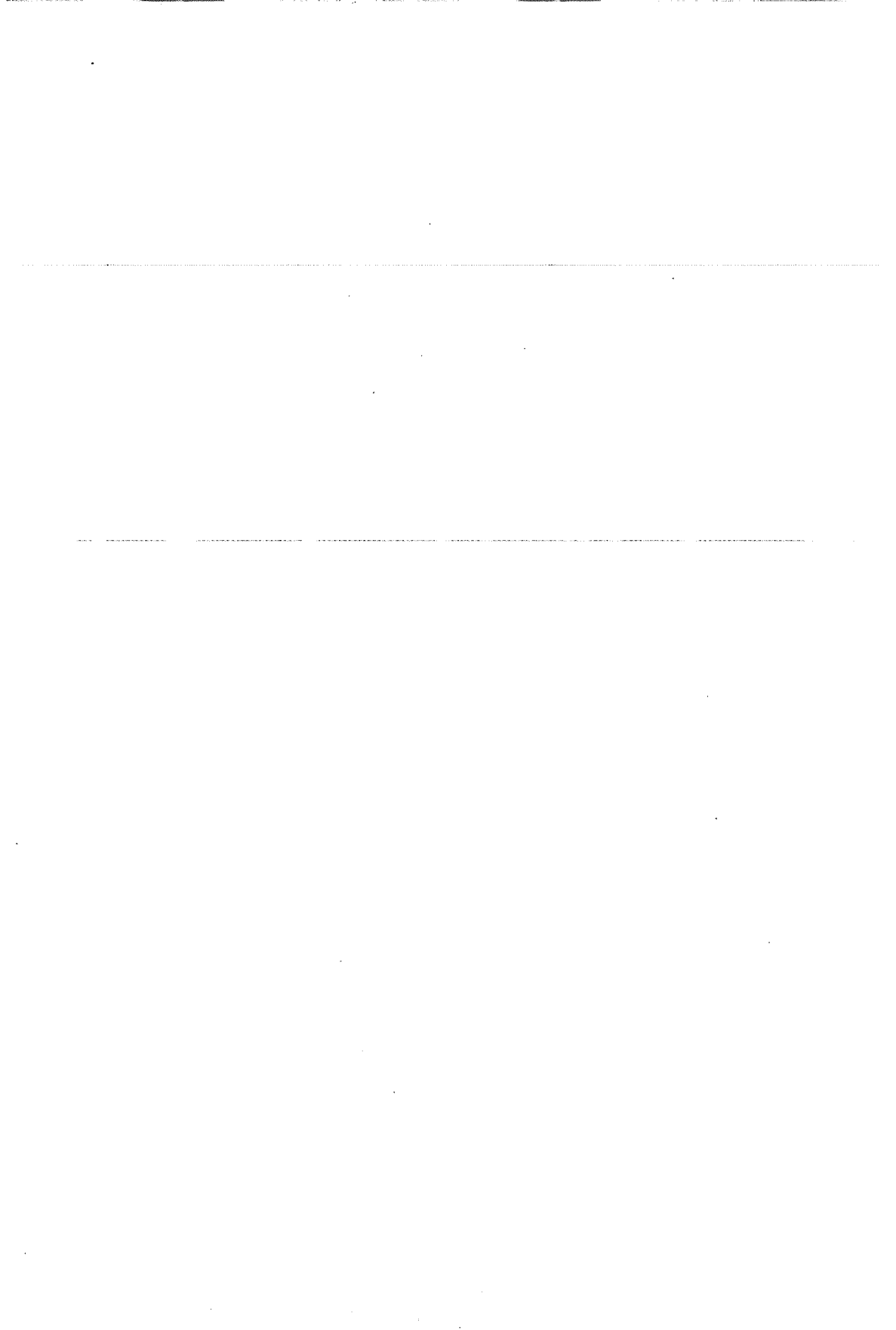
Proses değişimi, yeniden kurulumu, ekipman değişimi gibi yatırımlar çevresel performansın gelişiminde etkili olmakta ve dolayısıyla organizasyonel sorumluluk üzerindeki dışsal baskıları azaltmaktadır. Proses değişimlerinin uygulanmış olması 0.10 değerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına bakıldığında yasalara uyumluluk doğrudan bir etki göstermemiştir. Fakat aynı zamanda dolaylı olarak tedarikçiler, müşteriler, yabancı ortaklar gibi paydaşların firma üzerinde baskı kurmasını sağlayarak işletmelere çevresel faaliyetlerini denetim altına almalarına zorladığı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. TSE, 2005. *TS EN ISO 14001-Çevre Yönetim Sistemleri – Şartlar ve Kullanım Kılavuzu*, Ankara, 23.
2. TSE, 2006. *TS EN ISO 14004- Çevre Yönetim Sistemleri – Prensipler, Sistemler ve Destekleyici Tekniklere Dair Genel Kılavuz*, 47.
3. ISO, 2004. *The ISO Survey of Certifications-2004*, 35.

4. TOBB. Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmelik, 2006. Erişim: http://www.tobb.org.tr/organizasyon/sanayi/kobi/kobi_tanimi_yonetmelik.doc
5. Devlet İstatistik Enstitüsü, 2006. Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması, NACE. Erişim: <http://dieweb.die.gov.tr/diess/siniflamasatirlisteaction>.
6. Hillary,R., "Environmental Management Systems and the Smaller Enterprise", *Journal of Cleaner Production*, 2003.
7. Jiang,R. ve Bansal,P., "Seeing The Need For ISO 14001", *Journal of Management Studies* 40 (3), 1047- 1067, 2003.
8. Ammenberg,J. ve Sundin,E., "Products in Environmental Management Systems: Drivers, Barriers and Experiences", *Journal of Cleaner Production* 13, 405- 415, 2005.
9. Halkos,G., Evangelinos,K., "Determinants of Environmental Management Systems Standarts Implementation: Evidence from Greek Industry, *Business Strategy and Environment*", 11, 360- 375, 2002.
10. Melnyk,S., Sroufe,R., Calantone,R., "Assesing The Impact of Environmental Management Systems on Corporate and Environmental Performance", *Journal of Operations Management* 21, 329- 351, 2003.
11. Nakamura,M., Takahashi,T. ve Vertinsky,I, "Why Japanese Firms Choose to Certify: A Study of Managerial Responses to Environmental Issues", *Journal of Environmental Economics and Management* 42, 23- 52, 2001.
12. Zutshi,A., Sohal,A., "Environmental Management System Adoption by Australasian Organisations: Part 1: Reasons, Benefits and Impediments, *Technovation*", 2002.



ÇAMLIYAYLA (MERSİN) VE GÜNEYDOĞU'SUNUN JEOLJİK İNCELEMESİ

Ayşe KAYA ve Cavit DEMİRKOL

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Alican KOP

K.S.İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

ÖZET : İnceleme bölgesi, Mersin ilinin 30 km kuzeyinde yer alan Çamlıyayla (Namrun) ilçesi ve ilçenin güney kesimindeki yaklaşık 110 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanının temelini Alt-Orta Triyas zaman aralığında sığ denizel bir ortamda çökelmiş olan Dişdöken formasyonu oluşturmaktadır. Bu birim üzerine açısız uyumsuzlukla Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu gelmektedir. Daha üstte ise tektonik dokanakla peridotit, serpantin, gabro, radyolarit ve kireçtaşı bloklarından oluşan Fundıkpınarı karmaşığı olarak ayırtılan birim bulunmaktadır. Tersiyer yaşlı birimlerin en alt kesimini kumlu, siltli, killi kireçtaşı, marnlı, fosil içerikli ve sığ denizel ortamda çökelmiş Alt-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu oluşturmaktadır. Kaplankaya formasyonu Mesozoyik yaşlı birimler üzerinde açısız uyumsuzlukla bulunmaktadır. İnceleme alanında Kaplankaya formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişli bir ilişki sunan, Orta Miyosen yaşlı ve bol fosil içerikli resifal kireçtaşları Karaisalı formasyonu olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanındaki en genç çökelleri karasal nitelikli Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır.

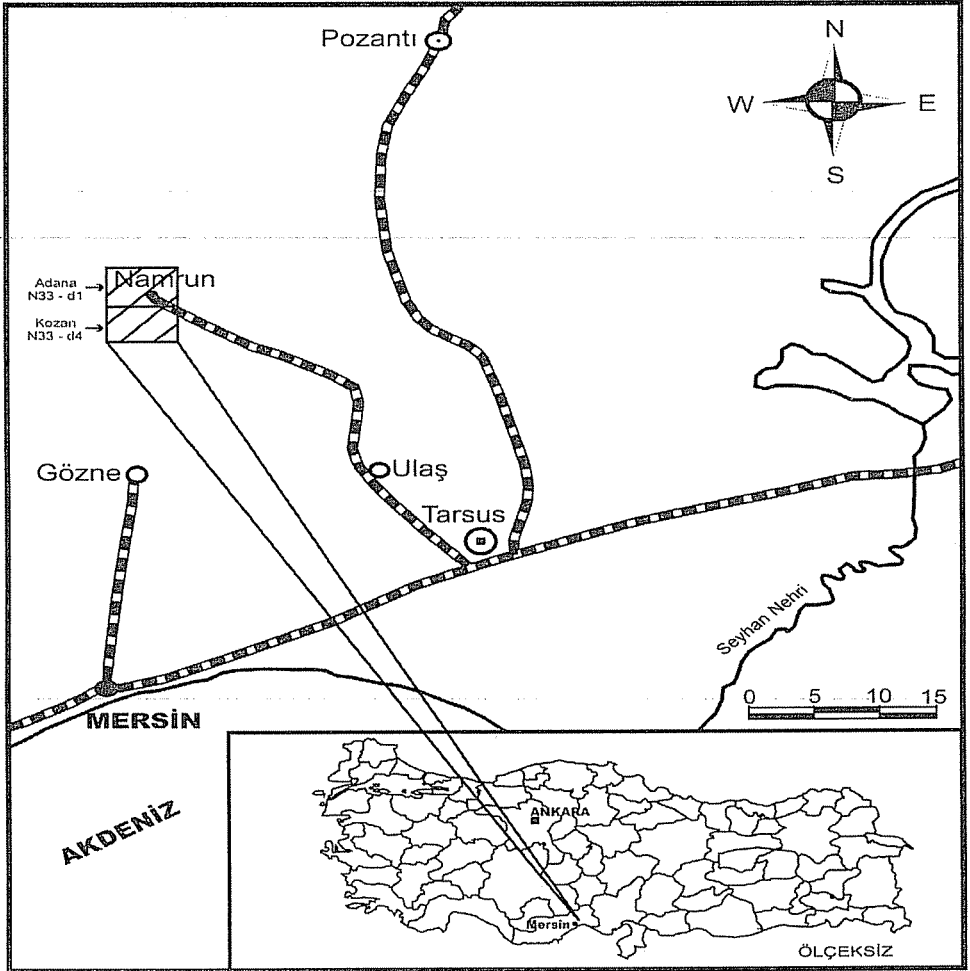
GEOLOGICAL INVESTIGATION OF ÇAMLIYAYLA (MERSİN) AND ITS SOUTH EAST

ABSTRACT : The investigated area, which is located to the 30 km north of Mersin, city, covers an area of approximately 110 square km, in the town of Çamlıyayla (Namrun) and its south. Early-Middle Triassic aged Dişdöken Formation which was deposited in a shallow marine environment, represents the oldest rock units of the study area. This unit is angular unconformably overlain by the Jurassic-Cretaceous Demirkazık Formation. Fundıkpınarı Complex composed of peridotite, serpentine, gabro, radiolarite and limestone blocks, is located tectonically on the both units. Early-Middle aged Kaplankaya Formation forms the base of Tertiary units which consists of sandstone, siltstone, marl, clayey limestone, fossiliferous and which was deposited in a shallow marine environment. Also Kaplankaya Formation overlies the Mesozoic units with angular unconformity. In the study area, Middle Miocene age reef originated fossiliferous limestone, which has lateral and vertical transitional contact relation with Kaplankaya Formation, has been distinguished as Karaisalı Formation. Quaternary terrestrial alluviums forms the youngest sediments in the study area.

1. GİRİŞ

Genel olarak, Orta Toroslar'da Mersin ilinin kuzeyinde bulunan inceleme alanı, 1/25 000 ölçekli Adana N33-d1 paftasının güney, Kozan N33-d4 paftasının ise kuzey bölümlerinde yer almakta ve yaklaşık 110 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanı ve yakın civarlarını kapsayan alanda bugüne kadar; Akman; Ünlügenç; Yetiş ve Demirkol; Keniş; Demirkol; Usta; Uçar; Avşar; Açlan; Şahinoğlu; Tekbaş; Aydoğdu; Ekingen ve Sevimli tarafından genel jeoloji amaçlı çeşitli çalışmalar yapılmıştır (1-14).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Bu çalışmanın amacı öncelikle, Çamlıyayla (Namrun) civarının 1/25 000 ölçekli detay jeoloji haritasının oluşturulması suretiyle bölgenin stratigrafik konumunun ve bu

konunun tektonikle ilişkisinin belirlenmesi ve inceleme alanının jeolojik evriminin ortaya konmasıdır.

2. BÖLGESEL JEOLJİ VE STRATİGRAFİ

Bu çalışmada inceleme alanının jeolojik konumunun ortaya konabilmesi amacıyla öncelikle arazi incelemeleri ve gözlemleri yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında stratigrafinin tektonik ile olan ilişkisi belirlenmeye çalışılmış, arazide gözlemlenen tüm yapısal unsurlar ölçümler yapılarak jeoloji haritasına işlenmiştir. Yapılan bu çalışmada inceleme alanında Mesozoyik-Senozoyik zaman aralığını temsil eden altı farklı formasyon belirlenerek tanımlanmıştır. Bu formasyonlar yaşlıdan genç doğru sırasıyla; Alt-Orta Triyas yaşlı Dışdöken formasyonu, Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu, Üst Kretase yaşlı Fındıklıkarı Karışığı, Alt-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 2).

ÜST SİSTEM		SİSTEM SERİ KAT		FORMASYON	KALINLIK m.	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENZOZOYİK		Kuvaterner			90		Çakıltaş - Kumtaş: Gevşek tutturulmuş, polijenik* elemanı Rosifal kireçtaş: Açık gri, kırıl beyaz, bej renkl, bol alg, mercan parçaları, gastropod içerikli, karstik erime boşluğu, orta - kalın tabakalı Killi kireçtaş: Ayırışmış yüzeyli; bej-gri, taze kırık yüzeyli; sarımsı-gri renkl, ince-orta tabakalı, orta dayanımlı, çatlaklı ve bol fosilli Silttaş: Ayırışmış yüzeyli; koyu sarı-sarı, taze kırık yüzeyli; boz-kirli sarı renkl, gastropod ve lamellibrans mikrofosil içerikli Çakıltaş-Kumtaş: İyl pekişmiş muhtelif kökenli yuvartak taneler içeren, kötü boyanmamış, kirlili sarı-boz renkl
		Tersiyer		Miyosen Langhiyen	350		
MESOZOYİK		Kretase		Fındıklıkarı Karışığı (Mik)	600		Karışık: Yeşil, açık yeşil, kırmızımsı ve mavimsi renkl, gablo, mikrogablo, radyolarit, peridotit ve kireçtaş blokları içerikli
		Jura	Üst	Demirkazık Formasyonu (Jkd)	>750		Kireçtaş: Ayırışmış yüzeyli; gri-koyu gri, taze kırık yüzeyli; açık gri renkl, mikritik dokulu, sert yapılı, çatlakları kalsit dolgulu, fosilsiz Dolomitik kireçtaş: Gri-açık gri renkl, orta-kalın tabakalı çatlaklı ve kırıklı, mikritik dokulu Dolomit: Koyu gri renkl, kalın tabakalı, çatlaklı ve kırıklı, kötü kokulu Kireçtaş: Ayırışmış yüzeyli; kırmızımsı kahverenkli, taze kırık yüzeyli; açık gri renkl, mikritik dokulu, çatlakları kalsit dolgulu, fosilsiz, oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip
		Triyas	Alt	Dışdöken Formasyonu (TRd)	<200		Marn: Ayırışmış yüzeyli; bej-sarımsı gri, taze kırık yüzeyli; mavimsi gri renkl, ince tabakalı, dayanımsız, kıvrımsı-kırıklı yapılı, lamellibrans türü bol fosilli Stratololitik kireçtaş: Ayırışmış yüzeyli; sarımsı gri, taze kırık yüzeyli; gri-açık gri renkl, ince-orta tabakalı, sert-sağlam yapılı, çatlak ve kırıkları kalsit dolgulu, mikritik dokulu

Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.

2.1. Dışdöken Formasyonu (TRd)

Orta Toroslar'ın güneyinde yüzlekler veren ve kumtaş, killi-kumlu kireçtaş ve kireçtaş içerikli birime Dışdöken formasyonu adı verilmiştir (15). Birim çalışma

alanının batı kesiminde, Ağılık T. (B9)'nin kuzeybatısındaki (A7, A8, B8) oldukça sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir (Şekil 3).

Birimin tabanını stramatolitik kireçtaşları oluşturmaktadır. Kireçtaşları gri-açık gri renkli, ince-orta tabakalı, sert-sağlam yapılı, oldukça çatlaklı ve kırıklı, çatlak ve kırıkları kalsit dolgulu olup, mikritik dokuludur. Bu düzeyin üzerinde kırmızımsı sarı-alacalı renkli, kıymiksı-kırıklı yapılı marnlar yer almaktadır. Birimin genel olarak düşük derecede metamorfizma geçirmesi nedeniyle bu düzeyde gözlenen marnlar şistli bir yapı kazanmışlardır. Daha üst seviyelerde ise marn-dolomit aralanması ve Orta Triyas yaşlı olduğu düşünülen dolomitlere geçiş gözlenmektedir. Dişdöken formasyonu üzerinde açısız uyumsuz olarak Demirkazık formasyonu yer almaktadır. Bu çalışmada Dişdöken formasyonu içerisinde herhangi bir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır. Ancak Serdar ve diğ. (3) yaptıkları çalışmada birimin yaşının Alt-Orta Triyas, çökme ortamının ise çalkantılı sığ bir deniz ortamı olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Demirkazık Formasyonu (JKd)

Başlıca dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan birim ilk kez Yetiş tarafından Demirkazık formasyonu olarak tanımlanmıştır (16). Çalışma alanımızda, Cehennemdere'nin aktığı vadi (A5, A6, C8, D9, E9, F9, G9, H8, I8, J9, J10) ve yakın civarı, Ağılık T. (B9), Kızılaş Sırtı (D9, D10, E9), Kepenek T. (F8, G8) ve Küllüm Mevkii (J8) dolaylarında yüzlekler sunmaktadır (Şekil 3).

Ayrışmış yüzeyi; kırmızımsı kahverenkli, taze kırık yüzeyi; gri-açık gri renkli, orta-kalın tabakalı, oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip, içerisinde metamorfik çakıllar gözlenen, kireçtaşları ile başlayan istif, ayrışmış yüzeyi; gri-koyu gri renkli, taze kırık yüzeyi; gri-açık gri renkli, orta-kalın tabakalı, yer yer masif görünümlü, bol kırık ve çatlaklı, çatlakları iri kalsit dolgulu, H₂S kokusu ve şekerimsi dokusu ile karakteristik dolomitlerle devam etmektedir. Daha üst seviyelerde ise dolomit miktarının azalmasıyla dolomitik kireçtaşlarına geçilmektedir. Birim tabanda Dişdöken formasyonu ile açısız uyumsuz konumlu olup, tavanda ise Fındıkpınarı karışığı tarafından tektonik dokanakra üzerlenmektedir. Bu çalışmada Demirkazık formasyonu içerisinde herhangi bir makro ve mikro fosile rastlanılmamıştır. Ancak İlker birimin, Orta Toroslar'da çok geniş bir yayılım gösterdiğini ve Jura-Kretase yaşlı karbonatlardan ibaret olduğunu belirtmiştir (17). Ayrıca Yetiş'in Demirkazık formasyonu içerisinde bulunduğu Miliolidae, *Thaumatoporella* sp. gibi fosillere göre; birimin, sığ denizel, sıcak bir şelf ortamında çökelmiş olabileceğini belirtmiştir (16).

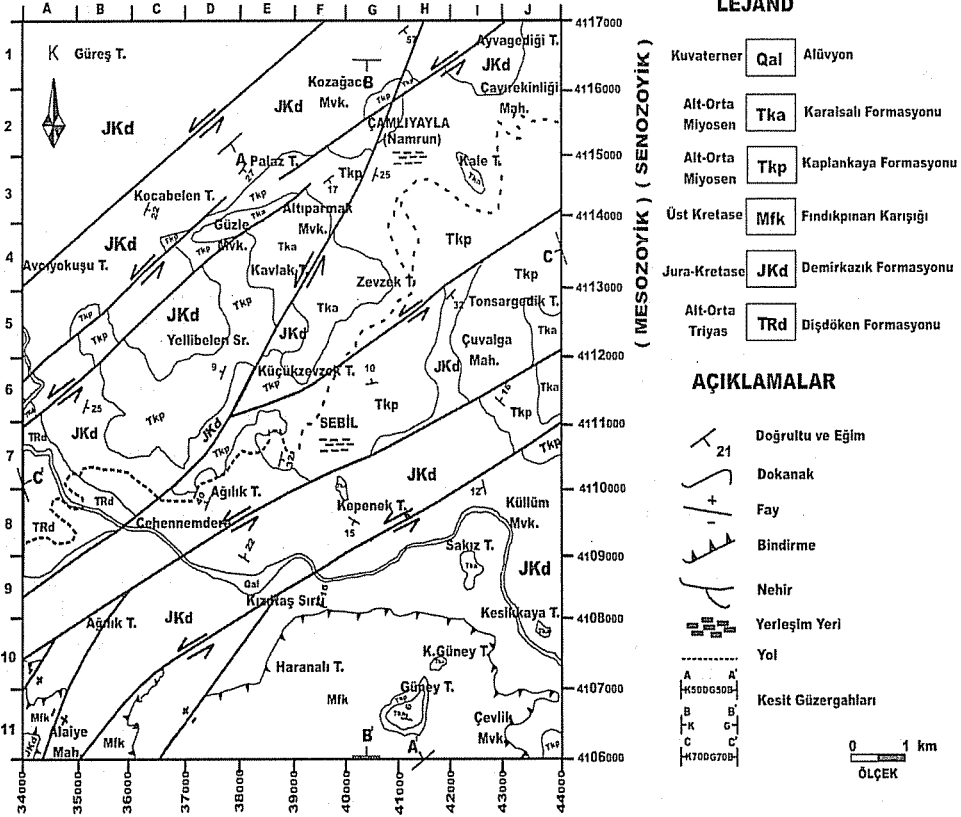
2.3. Fındıkpınarı Karışığı (Mfk)

Magmatik kaya kompleksi, Mersin ofiyoliti ve kendisinden yaşlı bloklarını içerisinde bulunduran birim Fındıkpınarı karmaşığı olarak adlandırılmıştır (9). Birim, çalışma alanının güney kesimlerinde, özellikle Haranalı T. (F10) ve Güney T. civarında (G10, G11, H10, H11, I10, I11) yüzlekler sunmaktadır (Şekil 3).

Birim genellikle ayrışmış yüzeyi yeşil, taze kırık yüzeyi yeşil, kırmızı, alacalı renkli serpantinize harzburjitler, kırmızımsı-açık kahverenkli, 5-15 cm. kalınlığında ince tabakalı, kendi içerisinde faylanmalı radyolaritler, peridotitler, gri-koyu gri renkli gabro gibi litolojiler sunmakta ve bu karmaşık litolojik yapısıyla diğer otokton birimlerden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Fındıkpınarı karışığı, Demirkazık formasyonu

üzerinde, tektonik dokanaklıdır. Üzerine ise uyumsuz bir dokanakla, Kaplankaya formasyonu ile başlayan Tersiyer çökelleri gelmektedir. Farklı litolojilerden bloklar içeren Fındıklı karışığının oluşum yaşı ile ilgili kesin bir şey söylenememekle birlikte, tektonik dokanakla bölgeye yerleşme yaşı için; üzerlediği en genç birim olan Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonundan daha genç olduğu söylenebilir.

ÇAMLIYAYLA (MERSİN) DOLAYININ JEOLJİ HARİTASI



Şekil 3. Çamlıyayla (Mersin) Dolayının Jeoloji Haritası.

2.4. Kaplankaya Formasyonu (Tkp)

Kumlu-siltli kireçtaşı, çakıllı kumtaşı ve marnlardan oluşan birim Kaplankaya formasyonu olarak adlandırılmıştır (3). Birimin çalışma alanında, Çayırekinliği mah. (J2), Çuvalga mah. (15), Çamlıyayla ilçe merkezi (H2, H3), Zevzek T. (G4, H4, G5, H5) civarı, Sebil köyü (F6, F7, G6), Yelibelen Sırtı (C6, D6 ve D4, E5)'nin güney ve kuzeydoğu kesimleri, Güney T. (H11) civarı ve Çevlik mevki doğusu (J11) gibi topoğrafyanın kısmen düz olduğu kesimlerde oldukça geniş yüzlekler sunmaktadır (Şekil 3).

Birim, gri renkli, iyi pekişmiş, sert-sağlam, karbonat çimentolu taban konglomerası ile başlayıp, kahverenkli, kötü boylanmalı, tane destekli, masif görünümlü çakıltaşı-kumtaşı ardalanması ile devam etmektedir. Çakıllar oldukça yuvarlak olup başlıca; kireçtaşı, kuvars, ofiyolit, radyolarit ve çört yapıllıdır. Üzerine ise, ayrılmış yüzeyi sarımsı-kahve, taze kırık yüzeyi sarımsı-yeşil renkli, ince-orta tabakalı, yuvarlak, iyi boylanmalı, ince-orta taneli, denizel lamellibrans, gastropod ve ekinid dikenleri içeren kumtaşı-silttaşı gelmektedir. Kumtaşı-silttaşı litolojisi içerisinde yer yer ince tabakalı linyit düzeyleri bulunmaktadır. Birimin tavanında ise yeşilimsi sarı-gri renkli, ince-orta tabakalı, orta dayanımlı, kıymıksı kırıklı marınlar ve kırıkları kalsit dolgululu killi-kumlu kireçtaşları gözlenmektedir. Birim tabanda, Demirkazık formasyonu ile uyumsuz konumlu, tavanda ise Karaisalı formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olarak gözlenmektedir. Kaplankaya formasyonu makro ve mikro fauna bakımından oldukça zengin olup, genellikle resif ile kıyı arasında kalan ortam şartlarını yansıtmaktadır.

2.5. Karaisalı Formasyonu (Tka)

Başlıca resifal kireçtaşlarından oluşan birim ilk kez Schmidt tarafından Karaisalı formasyonu olarak tanımlanmıştır (18). Birim çalışma alanında, Kale T. (Namrun Kalesi) (I3), Zevzek T. (F4, F5, F6, G4, G5), Kavlak T. (E4), Tonsargedik T. (J5, J6), Kepenek T. (F7), Sakız T. (I9), Güney T. (H11), Küçük Güney T. (H10) ve Kesikkaya T. (J10)'de yüzlekler sunmaktadır (Şekil 3).

Birimin tabanını, gri-koyu gri renkli, gevşek tutturulmuş, kötü boylanmalı çakıltaşları oluşturmaktadır. Çakıllar oldukça yuvarlak olup başlıca; kireçtaşı, kuvars ve çört yapıllıdır. Üzerine ise, az siltli biyoklastik kireçtaşı ara tabakalı, orta-kalın tabakalı ve yer yer yumrulu kireçtaşları gelmektedir. Daha üst seviyeleri ise bol alg, mercan parçaları, foraminifer, gastropod ve ekinid fosilleri içeren resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim genellikle masif görünümlü yer yer de orta-kalın tabakalıdır. Karaisalı formasyonunun yüzey kısımları, atmosferik etkiler nedeni ile yağmur ve rüzgar aşındırmaları sonucu çatlaklı ve karstik erime boşluklu bir yapı sunmaktadır. Genelde tabanda Alt Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu ile yanal ve düşey geçişli bir dokanak sunan Karaisalı formasyonu, çalışma alanının bazı bölgelerinde Demirkazık formasyonu üzerinde aşıl uyumsuz konumlu olarak gözlenmektedir; Kepenek T.(F8), Sakız T.(I9); Kesikkaya T.(J10). Karaisalı formasyonu resifal nitelikli olmasından dolayı zengin bir fosil içeriğine sahiptir. İnceleme alanındaki makro fosiller genellikle *Ostrea* kavkıları ve krinoid saplarıdır. Çalışma alanında daha önce yapılan araştırmalarda Ekingen (10), derlediği örneklerden elde edilen fosil içeriğine göre birime Burdigaliyen-Langhiyen yaşını vermiştir. Karaisalı formasyonu, sığ denizel kıyı resifi ortamında çökelmiş olmalıdır.

2.6. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında sadece Cehennemdere ırmağının aktığı vadi içerisinde eğimin düşük olduğu yerlerde alüvyon oluşumları gözlenmektedir (Şekil 3).

Birim, Kuvaternerde akarsuların taşıdığı ve eğim derecesinin iyice azalarak yataklarının genişlediği bölgelerde biriktirdiği başlıca; ofiyolit, kireçtaşı ve magmatik kayalardan türeme çakıllar ile kum, silt ve kil boyutu malzemelerden oluşmaktadır. Boyutları 1-40 cm arasında değişen çakıllar oldukça kötü boylanmalıdır.

içeren Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu gelmektedir. Birimin tabanındaki çakıllı düzey çökelimi öncesindeki bir aşınma dönemini yansıtmaktadır. Bu çalışmada belirtilen aşınma döneminin yaşına ilişkin herhangi bir bulgu elde edilememiştir. Demirkazık formasyonunun tekdüze ve düzenli litolojisi çökelme ortamın sığ denizel bir platform (şelf) niteliğinde olduğunu ve bu dönemin Kretase başlarına kadar sürdüğünü göstermektedir. Kretase sonlarında tektonik hareketliliğin oldukça artması ile birlikte bölgede biraz daha derin denizel ortam koşullarının hüküm sürdüğü düşünülmektedir. Bölgeye Üst Kretase'de (Maestrihtiyen) tektonik olarak yerleşen ofiyolitik melanj ve mağmatik malzeme bu dönemdeki tektonik aktivitenin oldukça etkin olduğunu gösteren en önemli veri olarak yorumlanabilir. Ecemiş fayı ile doğudan sınırlanan Orta Toroslar bölgesi ve Güney Orta Anadolu'daki Neotektonik dönem olayları, Anadolu'nun genelindeki olaylar ile uyumludur. Neotektonik süreçlerin başlaması ile bölge Orta-Geç Miyosen'den itibaren K-G yönlü sıkışma rejiminin etkisinde kalmış ve morfolojik olarak yükselmiştir. Bu sıkışma dönemi Toros kuşağında en son dağ oluşum (orojenez) evresini temsil etmektedir.

5. SONUÇLAR

1. Çalışma alanında altı farklı stratigrafi birimi belirlenmiştir. Bunlar yaşlıdan gence doğru sırasıyla; Alt-Orta Triyas yaşlı Dişdöken formasyonu, Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu, Üst Kretase yerleşim yaşlı Fındıkpınarı karışığı, Alt-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu, Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

2. Kaplankaya ve Karaisalı formasyonlarından oluşan Tersiyer istif tabanda Dişdöken ve Demirkazık formasyonlarından oluşan Mesozoyik istif ile Fındıkpınarı karışığını açısız uyumsuz olarak üzerlemektedir. Ayrıca Kuvaterner yaşlı alüvyonlar kendinden yaşlı tüm birimler üzerinde açısız uyumsuz konumdadır.

3. İnceleme alanında görülen Kaplankaya formasyonu ile Karaisalı formasyonunun yanal ve düşey yönden geçişli olduğu belirlenmiştir.

4. Yerleşim yaşı Üst Kretase olan ve başlıca radyolarit, serpantin ve kireçtaşlarından oluşan Fındıkpınarı karışığının tektonik dokanakra Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu üzerine yerleştiği belirlenmiştir.

5. Çalışma alanı içerisinde birbirine paralel konumlu ve genel olarak KD-GB uzanımlı çok sayıda sol yönlü doğrultu atımlı fay belirlenerek haritalanmıştır. İnceleme alanında gözlenen fayların Orta Toroslar'la Doğu Toroslar'ın sınırını oluşturan Ecemiş ve Cevizlik faylarının devamı niteliğinde olduğu sonucuna varılmıştır.

6. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmasını kapsayan bu çalışma, MMF2005YL32 nolu proje kapsamında Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Çalışmalar sırasında Jeoloji Bölüm olanaklarını sağlayan Bölüm Başkanı Prof. Dr. Fikret İŞLER'e, yazıyı değerlendirip katkılarını koyan Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ'e teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

1. Akman, Ü., "Sebil (İÇEL) Yöresinin Jeolojisi", A.Ü. Genel Jeoloji-Stratigrafi Kürsüsü, 36 s., Ankara, 1982.

2. Ünlügenç, U.C., "Kızıldağyayla (Adana) dolayının jeoloji incelemesi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71 s., Adana, 1986.
3. Yetiş, C. ve Demirkol, C., "Adana baseni batı kesiminin detay jeolojisi etüdü", 1. M.T.A. rapor no: 8037, Ankara, 1986.
4. Keniş, Ü., "Sarıkavak (Tarsus-İçel) Manyezit yataklarının jeolojisi ve metallojenezi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 58 s., Adana, 1988.
5. Demirkol, C., "Pozanti-Karsanti-Karaisalı (Doğu Toros) arasında yer alan karbonat platformunun stratigrafisi ve jeolojik gelişimi", M.T.A Dergisi, 109: 33-44, Ankara, 1989.
6. Usta, D., "Kıralan dolayının jeolojisi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 s., Adana, 1989.
7. Uçar, C., "Bucak-Çokak (Adana) alanının stratigrafisi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92 s., Adana, 1991.
8. Avcı, N., "Namrun (Mersin) Yöresinin Bentik Foraminifer Faunası", M.T.A Dergisi, 14: 127-144, Ankara, 1992.
9. Açlan, M., "Namrun Güneydoğusu (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88 s., Adana, 1993.
10. Şahinoğlu, C., "Kocayer ve Şahna (Mersin) yöresinin jeoloji ve petrografisi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71 s., Adana, 1998.
11. Tekbaş, M., "Namrun güneyi (Çapar-Parmakkurdu) arası ofiyolit diliminin jeolojisi ve petrografik incelemesi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66 s., Adana, 2000.
12. Aydoğdu, E., "Boğazpınar-Sandal (İçel) Dolayının Stratigrafisi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92 s., Adana, 2002.
13. Ekingen, S., "Çamlıyayla, Mersin yöresinin tektono stratigrafik özellikleri", Mersin Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66 s., Mersin, 2003.
14. Sevimli, U.İ., "Demirhisar (Mersin kuzeydoğusu) civarının jeolojisi ve sedimentolojik özellikleri", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66 s., Adana, 2003,
15. Serdar, H., Demir, O., Yoldemir, O., Yıldırım, L., "Aladağlar yöresinin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları", TPAO, rap. no: 2038, 1985.
16. Yetiş, C., "Çamardı (Niğde) Yakın ve Uzak Dolayının Jeoloji İncelemesi ve Ecemiş Yarılım Kuşağının Maden-Boğaz-Kamışlı arasındaki özellikleri", Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, 164 s., İstanbul, 1978.
17. İlker, S., "Adana Baseni Kuzey - Batısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları", 63 s., Ankara, (yayınlanmamış), 1975.
18. Schmidt, G.C., "Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region", Petroleum District 7. Petroleum Administration Bull., 6: 47-63, Ankara, 1961.



SEYHAN BARAJ GÖLÜ KUZEYİNDE HANDERE FORMASYONU ZEMİN TÜRÜ İNCELEMESİ

Ali GÖKOĞLU

Ç.Ü., Ceyhan Meslek Yüksekokulu, Ceyhan / Türkiye

Osman GÜNAYDIN

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

Mehmet SÖYLEMEZ

C.B.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa / Türkiye

ÖZET : Bu çalışmayla Adana ili sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Handere Formasyonu zemin türü araştırılmıştır. Bu amaçla Handere Formasyonundan alınan örnekler laboratuvarında ASTM (2003) standartlarına göre incelenmiştir. Deneyler sonucunda zeminin tane boyu, Atterberg (kavam) limitleri, özgül ağırlık ve aktivite gibi özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen indis değerleri ile Casagrande ve Polidori plastisite abağı kullanılarak Handere Formasyonun zemin türü belirlenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Handere Formasyonunun zemin türünün Casagrande plastisite abağına göre CL tipi zemin grubuna; Polidori plastisite abağına göre ML tipi zemin grubuna girdiği belirlenmiştir.

SOIL TYPE INVESTIGATION OF THE HANDERE FORMATION NORTHEAST OF SEYHAN DAM LAKE

ABSTRACT : This paper describes a study carried out on soil type of the Handere Formasyonu outcropping in the Adana region. Soil samples that were collected in the field and tested according to ASTM (2003) standards. Grain size, Atterberg Limits, specific gravity and activity values were determined. Soil type of the Handere Formation by Index values and Casagrande-Polidori Plasticity chart was determined and compared. The results showed that, the soil type of the Handere Formation was CL according to Casagrande plasticity chart CL and ML according to Polidori chart.

2. GENEL JEOLOJİ

Handere Formasyonu Adana Baseninin güney kesiminde havza ölçeğinde oldukça yaygın bir uzanıma sahip bulunmaktadır.

Formasyon Schmidt (1961) tarafından Üst Miyosen-Pliyosen yaşı ile Adana grubunun en üst birimi olarak ayırtlanmıştır. Handere Formasyonu batıda daha çok kaba kırıntılılar, doğuda ise ince kırıntılılardan oluşmaktadır. Yani batıda çakıltaşı, kaba-orta kumtaşı yüzdesi; doğuda ise ince kumtaşı-silttaşı yüzdesi daha fazladır. Birim başlıca; çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı yapıları olup, Seyhan Baraj gölü batısında alçıtaşı mercekleri kapsamaktadır. Adana Baseninin güneyinde Handere Formasyonu üzerine gelip güneye doğru Adana ovasının eski ve yeni alüvyonları ile örtülü bulunan taraça vardır (3).

3. MATERYAL VE METOD

Çalışma için gerekli numune Seyhan Baraj Gölü kuzeyinde Çatalan Baraj yolu üzerinden alınmıştır. Çalışma alanından silindirik tüplerle örselenmemiş numuneler alınmış ve ASTM standartlarına uygun olarak zeminin doğal su içeriği ve birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Zeminin doğal su içeriği ASTM D 2216-98; özgül ağırlığı ise ASTM D 854-02 standardına göre tespit edilmiştir (4, 5).

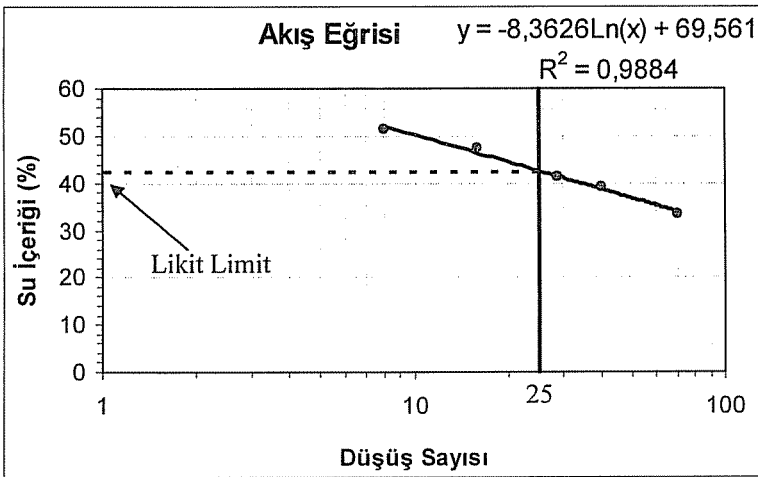
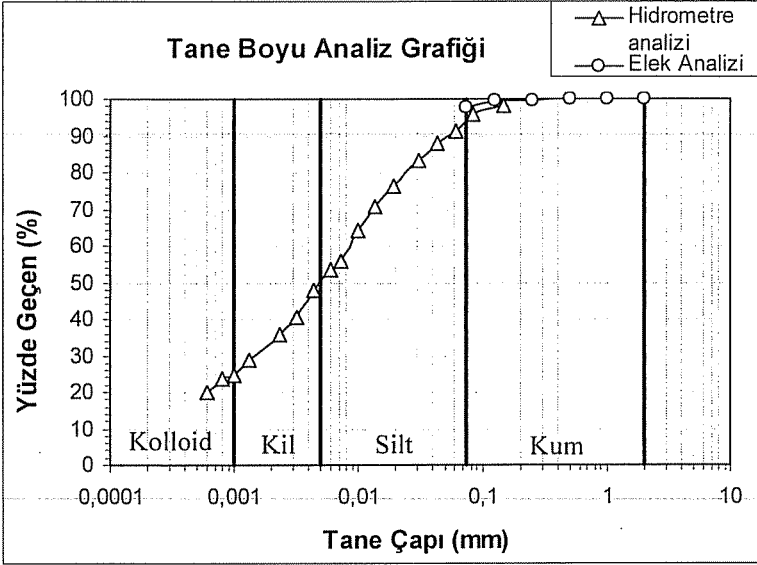
Handere Formasyonun tane boyu analizi ASTM D 422; Atterberg (kıvam) limitleri deneylerinden Likit Limit ve Plastik Limit deneyi ASTM D 4318-00; Rötire Limiti deneyi ise ASTM D 427-98 standardına göre yapılmıştır (6-8).

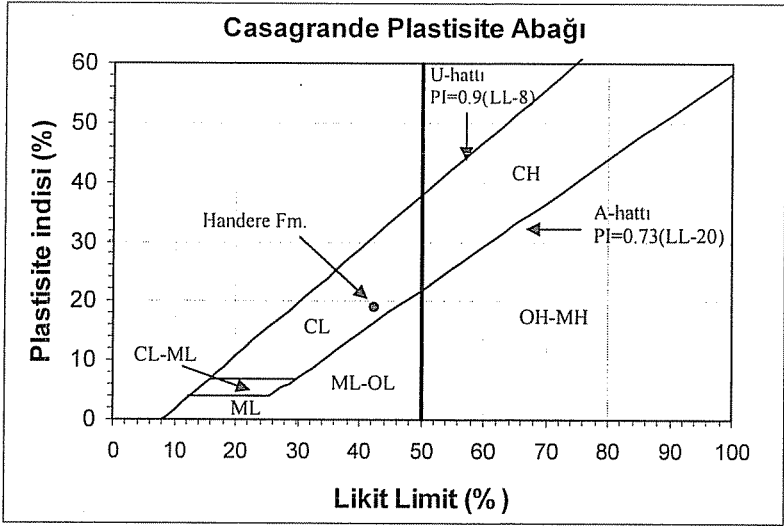
Tane boyu analizi ve kıvam limitleri deneyi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak zemin tipi belirlenmiş olup, zemin tipinin belirlenmesinde Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS) (ASTM D 2487-00 standardı) kullanılmıştır (9). Zemin tipinin belirlenmesi amacıyla Casagrande Plastisite abağı ve Polidorinin Casagrande Plastisite abağını revize ederek yapmış plastisite abağı kullanılmıştır.

4. HANDERE KİLİNİN İNDEKS ÖZELLİKLERİ

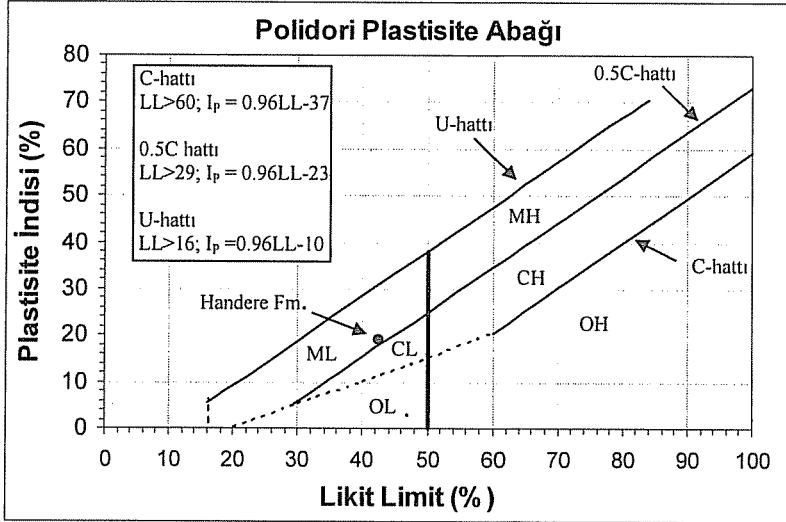
Tane boyu analizi sonucunda zeminin % 46.3 silt, % 25.0 kil, % 24 kolloid ve % 4.7 kum'dan oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Atterberg (Kıvam) limitleri deney sonucunda zemine ait Likit Limit, Plastik Limit, Rötire Limiti ve Plastisite indisi değerleri sırasıyla % 42.55, % 23.51, % 16.85, % 19.04 olarak bulunmuştur (Şekil 2, Şekil 3) (Çizelge 1).

Tane boyu analizi ve kıvam limitleri deneyi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak Handere Formasyonu zemin türünün Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS) (ASTM D 2487-00 standardına göre) Casagrande Plastisite abağına göre CL tipi zemin grubu olduğu, Polidorinin Plastisite abağına göre ML tipi zemin grubu olduğu belirlenmiştir (CL tipi zemin: düşük-orta plastisiteli inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, yağlı kil, ML tipi zemin: İnorganik silt ve çok ince kum, kaya unu, siltli veya killi ince kum veya çok az plastisiteli killi silt). Tane boyu analizi sonucunda zemindeki silt içeriğinin fazlalığı Polidorinin plastisite abağından elde edilen ML tipi zeminin varlığını desteklemektedir (Şekil 4, Şekil 5).





Şekil 4. Casagrande plastisite abağı (10)



Şekil 5. Polidori plastisite abağı (11)

Arazide kullanılan tanıma yöntemlerine göre CL tipi zeminin kuru dayanımı (ezilme karakteristikleri) "orta-yüksek", dilatansı (sarsmaya tepki) "yok-çok yavaş", sağlamlık derecesi (plastik limit yakınındaki kıvam) orta'dır. ML tipi zeminin kuru dayanımı (ezilme karakteristikleri) "yok-çok az", dilatansı (sarsmaya tepki) "çabuk-yavaş", sağlamlık derecesi (plastik limit yakınındaki kıvam) yok'dur.

Birimin likitlik indisine göre yapılan sınıflandırma sonucunda " $0 < I_L < 1$; plastik zemin" (1) grubuna girdiği belirlenmiştir. Birimin kıvamlılık indisine göre yapılan sınıflandırılması sonucunda zeminin " $0.75-1.00$; sert zemin" grubuna girdiği belirlenmiştir (11). Birimin plastisite indeksine göre yapılan sınıflandırılması sonucunda ise "plastik zemin" grubuna girdiği belirlenmiştir.

Birimin kolloid içeriği, plastisite indisi ve Rötire Limiti gözönünde bulundurularak yapılan sınıflandırma (11) sonucunda zeminin şişme derecesinin "orta" derecede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Zemine ait bazı özellikler

Doğal Su İçeriği(%), ω	26.43
Özgül ağırlık, G_s	2.74
Doğal birim hacim ağırlık (kN/m^3), γ_n	18.02
Kuru birim hacim ağırlık (kN/m^3), γ_k	14.25
Tane birim hacim ağırlık (kN/m^3), γ_s	26.86
Doygun birim hacim ağırlık (kN/m^3), γ_d	18.85
Boşluk oranı (%), e	88.49
Porozite (%), n	46.95
Doygunluk derecesi (%), S_r	81.84
Tane Boyu (%)	
Kum (%)	4.7
Silt (%)	46.3
Kil (%)	25.0
Kolloid (%)	24.0
Likit Limit (%), LL	42.55
Plastik Limit (%), PL	23.51
Rötire Limiti (%), RL	16.85
Plastisite indisi (%), I_p	19.04
Likitlik indisi, I_L	0.153
Kıvamlılık indisi, I_c	0.847
Aktivite, A	2.004
Zemin Tipi (Casagrande Plastisite Aşağına Göre)	CL
(Polidori Plastisite Aşağına Göre)	ML

Skempton bir kilin aktivitesini $A=PI / \text{kil yüzdesi}$ şeklinde tanımlamıştır (12). Aktivite, özellikle pasif ve aktif killerde bazı sınıflama ve mühendislik özelliği

korelasyonu için oldukça yararlı bir kavramdır. Ayrıca, mineral türü ile aktivite değeri arasında orta/iyi şeklinde bir korelasyon vardır. Aktivite değeri göz önünde bulundurulurken yapılan sınıflama sonucunda Handere Formasyonu içerisindeki kilin aktif killer ($A > 1.25$; aktif killer) grubuna girdiği belirlenmiştir (9). Uras ve diğ. tarafından yapılan çalışmada X-Ray analizi sonrası Handere Formasyonunun ağırlıklı olarak simektit, illit ve kaolinit killerinden oluştuğu tespit edilmiştir (13). Aktivite değerine göre yapılan sınıflandırma ve Uras ve diğ. tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar birbirini desteklemektedir (13).

5. SONUÇLAR

Elde edilen veriler ve değerlendirmeler sonucunda inceleme alanında birimin Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS); Casagrande Plastisite abağına göre CL tipi zemin grubu olduğu, Polidorinin Plastisite abağına göre ise ML tipi zemin grubu olduğu belirlenmiştir

İnceleme alanındaki zeminin silt ve kil ağırlıklı partiküllerden oluştuğu ve içerisindeki killerin aktif killer sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Birimin likitlik indisine göre yapılan sınıflandırma sonucunda plastik zemin grubuna girdiği; kıvamlilik indisine göre yapılan sınıflandırma sonucunda sert zemin grubuna girdiği belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Holtz, R.D. and Kovacs, W.D., "Geoteknik Mühendisliğine Giriş", (Çeviren: Kayabalı, T.), Gazi Kitabevi, 723s., Ankara, 2002.

2. Gökoğlu, A., "Eğlence (Karaisalı-ADANA) Heyelanı", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 86s., Adana, 2003 (yayımlanmamış).

3. Yetiş, C. ve Demirkol, C., "Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü", MTA Derleme Rapor No: 8037, s.138-146, Adana, 1986.

4. ASTM D 2216-98, "Standart Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass", In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, pp.219-223, West Conshohocken, PA, 2003.

5. ASTM D 854-02, "Standart Test Method for Specific Gravity of Soils Solids by the Water Pycnometer Method", In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, pp.93-99, West Conshohocken, PA, 2003.

6. ASTM D 422-63, "Standart Test Method for Particle-Size Analysis of Soils", In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, pp.10-17, West Conshohocken, PA, 2003.

7. ASTM D 4318-00, "Standart Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils", In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, pp.582-595, West Conshohocken, PA, 2003.

8. ASTM D 427-98, "Standart Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method", In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, pp.22-25, West Conshohocken, PA, 2003.

9. ASTM D 2487-00, "Standart Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)", In: *Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.08*, pp.248-259, West Conshohocken, PA, 2003.

10. Polidori, E., "Proposal for a new plasticity chart", *Geotechnique, Volume 53*, No:4, 397-406, 2003.

11. Ulusay, R., "Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler", *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*: 38, 385s., Ankara, 2001.

12. Skempton, A.W., "The Colloidal Activity of Clays", *Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Volume I*, pp.57-61, 1953.

13. Uras, Y., Ergül, S., Akyıldız, M. ve Yaman, S., "Üst Miyosen-Pliyosen Yaşlı Handere Formasyonu (Adana Baseni) Killi Kayaçlarının Mineralojisi ve Jeokimyası", *12. Ulusal Kil Sempozyumu, Van*, 2005.

**BALTAŞI-PALU (ELAZIĞ) TRAVERTENLERİNİN TEKNOMEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ****Selçuk ŞEN, Nil YAPICI ve Mesut ANIL**

Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *İnceleme alanı Elazığ ili, Palu ilçesinin Baltaşı köyü dolayında yer almaktadır. Bu çalışmanın bulgularına göre inşaat sektöründe bu malzemelerin yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği için bilinmesi gereken teknik özellikler analiz edilmiştir.*

Çalışma alanında, Baltaşı travertenleri Üst Miosen yaşlı olup, Üst Kretase yaşlı Guleman ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

İnceleme alanında travertenler makroskopik olarak gri renkli, az boşluklu, masif, pisolitik yapı göstermektedir. Petrografik analiz için alınan ince kesitler üzerinde yapılan çalışma sonucunda traverten örneklerinin, mikritik kalsit ve sparikalsit içerikli, yelpaze ve konsantrik, disk şekilli kristal büyümelili bir yapı kazandığı anlaşılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda Baltaşı travertenlerinin su emme oranının %2.33, özgül ağırlığın 2.61 gr/cm^3 , birim hacim ağırlığın 2.31 gr/cm^3 , görünür porozitenin %11.5, sertliğin 3.5 olduğu görülmüştür. Travertenlerin ortalama basınç mukavemeti 43.2 MPa, eğilme mukavemeti 8.9 MPa, darbe mukavemeti 0.6 Nmm/mm^3 , ortalama don kaybı %0.9, sürtünme ile aşınma kaybı $18.3 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, nokta yük dayanımı, 2.7 MPa, dolaylı çekme dayanımı 4.7 MPa olarak bulunmuştur. Travertenin kalitesi ve özellikleri TSE standartlarına göre uygun koşulları sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Traverten, Mermer, Teknomekanik, Laboratuvar, Elazığ(Palu).

**DETERMINATION TECHNOMECHANIC PROPERTIES OF BALTAŞI
VILLAGE (PALU-ELAZIĞ) TRAVERTEN MARBLES**

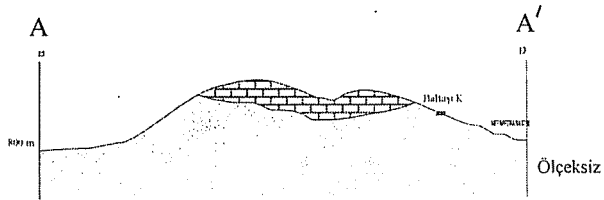
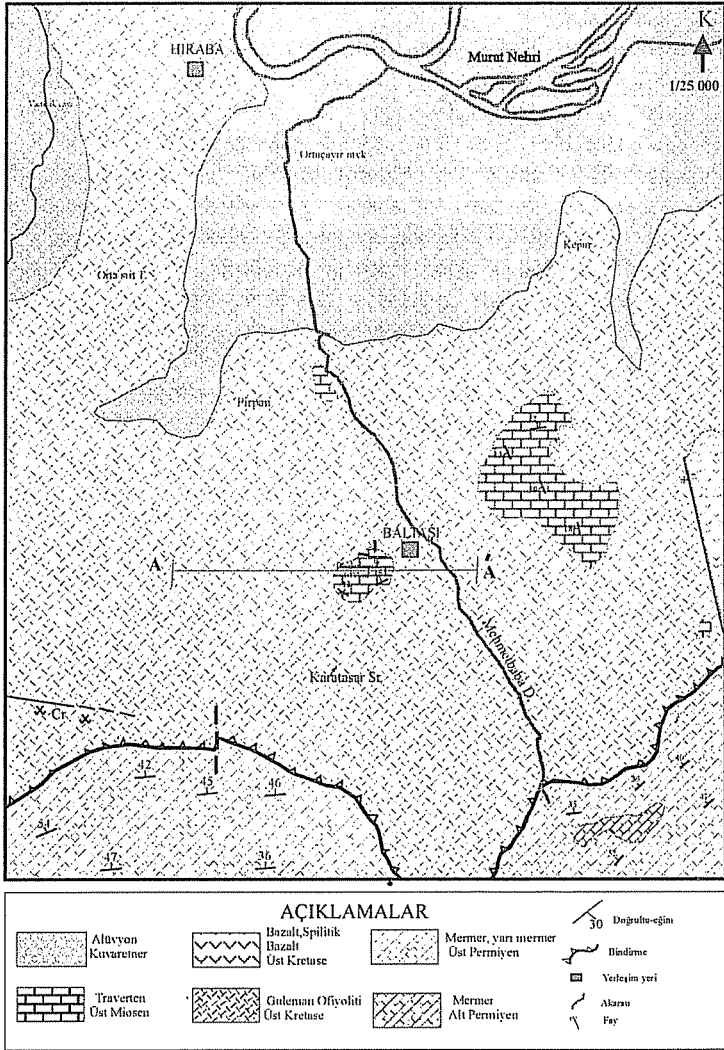
ABSTRACT : *The study area is located Baltaşı town (Palu/Elazığ). In these studies, the technical properties required to know for using them as a structural and a facing stone in building industry were presented in detail. Upper Miocene age travertine unconformably overlies the Guleman ophiolite rocks. The rocks age Upper Cretaceous.*

The travertine in this study area are grey colour, massive, psolitic and porouse. Travertine samples are showed micrite, sparit, disc and fan structure.

According to investigation results of Baltası travertine, it was seen water absorbtion of the sample %2.33, specific gravity 2.61 gr/cm^3 , unit weight values of the sample 2.31 gr/cm^3 , 11.5 % porosity, hardness 3.5, UCS of 43.208 MPa, bending strength of 8.9 MPa, blow strength of 0.6 Nmm/mm^3 , freez - thaw (loss) %0,9, abrossivity of $18.3 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, point load index 2.7 MPa, splitting (Brasilian) tensile strength 4.7 MPa. It is concluded that the Stone has good mechanical properties and condition according to TSE standart.

Key Words: Traverten, Marble, Technomechanic, Laboratory, Elazığ(Palu).

BALTAŞI-PALU (ELAZIĞ) TRAVERTENLERİNİN
TEKNOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ



Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Soykal, 1999'dan revize edilmiştir) ve yatay kesiti.

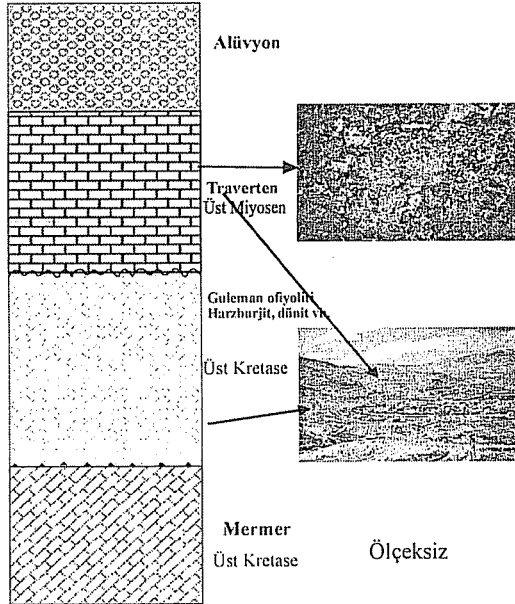
2. BÖLGE JEOLJİSİ

Çalışma alanında, Karbonat yapıllı travertenler, Üst Miosen yaşlı olup, Guleman ofiyolitleri üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Ofiyolitik seviye bölgede km'lerce yayılmıştır. Bu ultramafik-mafik kayalar topluluğu, tektonik dilimlenmeyle parçalanmış eksik dizi bir ofiyolit topluluğu olarak tanımlanmış ve 'Guleman Ofiyoliti' diye adlanmıştır (4). Tersiyer sürüklenme kuşağı (5,6) içinde yer alan ofiyolitik kütlelerden biridir. Traverten oluşuklar ofiyolitler arasında cepler şeklinde bulunmaktadır. Ofiyolitik istif, başlıca dunit-harzburgit ardalanmasından oluşan ultramafik kayalardan oluşmuştur. Baltaşı Köyünün güneyinde ofiyolitik seviye, bindirme ile Permian yaşlı mermer, kristalize kireçtaşı birimlerinin üzerine gelmektedir. Kuzeyinde Mehmet baba deresinin getirmiş olduğu farklı orijinli agregalardan oluşan alüvyonal seviye bulunmaktadır. Bölgede travertenler ile diğer litolojik birimleri gösteren jeoloji haritası ve üzerinde alınmış yatay stratigrafik kesit Şekil 2'de düşey stratigrafik kesit Şekil 3'de verilmiştir.

3. TRAVERTEN OCAKLARININ STRATİGRAFİSİ VE PETROGRAFİSİ

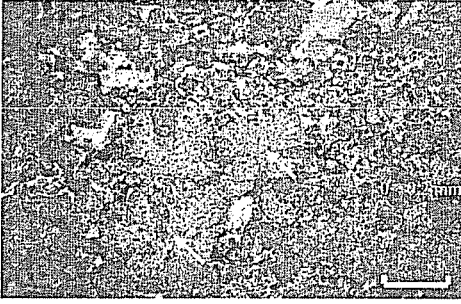
Değişik çökme şartlarında depolanmış travertenler renk, görünüm, tabakalanma, gözenek, doku ve bileşim farklılıkları gösterirler. Elazığ İli, Palu İlçesi, Baltaşı Beldesi-Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla 30 adet ince kesit yaptırılmış ve bunlar polarizan mikroskopta incelenmiştir.

İncelemeler sonucunda örneklerin sparikalsit ile zemini oluşturan mikritik kalsit kristallerinden olduğu belirlenmiştir. Fazla miktarda boşluklu yapı gözlenmemiştir. Örneklerin büyük bir kısmında düşey yönde aşağıdan yukarı genişleyen ve büyüme göstermiş kalsit kristallerine rastlanılmıştır.

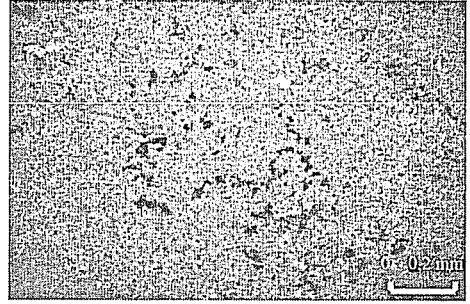


Şekil 3. Çalışma alanının basitleştirilmiş dikme kesiti.

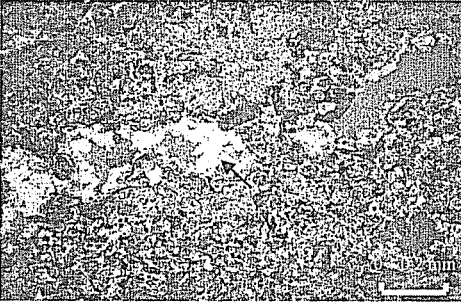
Bu doku spar ve mikrit kristallerinin bir arada değişik biçimlerde düzenlenmesi şeklinde gelişmiştir (Şekil 4). Kesitlerin bir kısmı ise sadece mikritik kalsit kristallerinden oluşmuştur. Yer yer opak mineral (FeO) etkileri, kırmızımsı renk tonuyla belirgindir (Şekil 5). Şekil 6'da damar dolgusu şeklinde yarı özşekilli spari kalsit kristalleri görülmektedir. Travertenlerin petrografik özelliklerine göre, hangi litofasiyese sahip oldukları, çökeltme ortamlarının nerede olduğu gibi sorulara yanıt verilebilir. Örneğin elipsoidal veya disk şeklinde bir görünüm sunan taneler, pizolitli traverten fasiyesini temsil etmektedir. Bu fasiyes ise, yamaçlar üzerinde bulunan küçük ölçekli çöküntü havuzlarını işaret etmektedir. Palu traverten örneklerinde de bu tip dokusal özellikler gözlenmiştir (Şekil 7).



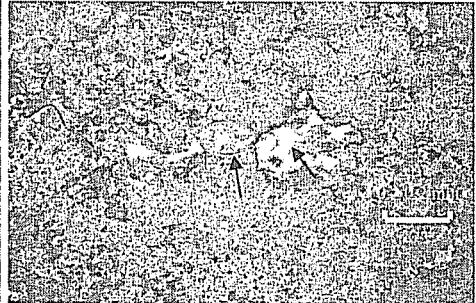
Şekil 4. Yelpeze Şeklinde Büyüme Gösteren Spar ve Mikritik Kalsit (// N).



Şekil 5. Travertenlerin İnce Kesit Görünümünde Mikritik Kalsit Kristalleri (// N).



Şekil 6. Damar Dolgusu Şeklinde Spari Kalsit Kristalleri Yarı Öz Şekilli Bir Görünüm Sunmaktadır (// N).



Şekil 7. Yelpeze ve Disk şekilli Spari ve Mikritik Kalsit Kristalleri (// N).

İnce kesit çalışmalarında, bitki parçalarına pek rastlanılmamıştır ve tüm kesitlerin mikritik kalsit ağırlıklı olarak, spari kalsit beraberliğinde bir doku sunmaları, boşluk oranlarının düşük olması, bu travertenlerin petrografik olarak da sağlam bir dokuya sahip olduklarını göstermektedir.

4. TRAVERTEN MERMERLERİNİN FİZİKSEL VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Ocaktan alınan traverten bloklardan T.S.E. 699'a (7) uygun numuneler hazırlanarak, deneyler yapılmış ve TS 11143'(10) deki değerlerle karşılaştırılmıştır.

4.1. Su Emme Oranı

Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaş da olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadır. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Mermerlerin, su emme katsayısı, mermerin cinsi, kristalleşme derecesi ve porozitesine göre değişmektedir. TS 11143'e (7) göre kütlerce su emme %3'den fazla olmamalıdır. Yapılan deney sonuçlarına göre Ortalama Su Emme Oranı (%) 2.33 bulunmuştur.

4.2. Özgül Ağırlık

Traverten örneklerinin, önce öğütülerek boşlukları düşülmüş ardından piknometre ile özgül ağırlık tayinleri yapılmıştır. Deney sonucunda travertenlerin ortalama özgül ağırlık değerleri 2.61 gr/cm^3 olarak bulunmuştur.

4.3. Birim Hacim Ağırlık

TS 11143'e (10) göre kullanılacak travertenin birim hacim kütlesi 2.30 gr/cm^3 'den az olmamalıdır. Traverten ocağından alınan ve laboratuarda yapılan deneyler sonucu bulunan 2.31 gr/cm^3 'lük ortalama değer standartlar içerisinde olduğu görülmüştür.

4.4. Görünür Porozite

TS 1910'a göre doğal yapı taşlarında gözeneklilik %2'yi, travertenlerde ise %12'yi geçmemelidir.

Baltaşı Köyü traverten mermerlerinin porozitesi % 11.5 olarak bulunmuştur

4.5. Sertlik

Sertlik, mermerlerin aşınmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Elazığ'ın Palu İlçesi Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin sertlik değerleri Schmidth sertlik ölçüm aleti kullanılarak bulunan değerlerin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

* I. Grupta alınan 25 değer içerisinde en büyük 15 değerlerin ortalaması, Shore Schleroscope sertlik değeri 45.8 olarak bulunmuştur.

*II. Grupta alınan 25 değer içerisinde en büyük 15 değerlerin ortalaması, 42.86 olarak bulunmuştur.

*III. Grupta alınan 25 değer içerisinde en büyük 15 değerlerin ortalaması, 41.13 olarak bulunmuştur.

Schmidth Sertlik Ölçüm aleti kullanılarak;

Alınan 30 değer içerisinde en büyük 20 değerlerin ortalaması, 35.9 olarak bulunmuştur.

4.6. Renk

Sahada çıkan mermerin rengi açık sarı ve sarı rengindedir. Renk dağılımı homojendir. Ayrıca kayacın çökeltme rejimini gösteren su yolları mevcuttur. Bu da kayaca farklı bir desen özelliği kazandırmaktadır.

4.7. Paslanma Özelliği

28 günlük deney sonunda örnek yüzeylerinde sarımsak bir rengin belirdiği görülmüştür. Bu renk değişikliği deneye tabi tutulmayan kuru parçalar ile mukayese sonucunda tespit edilmiştir. Renkte gözlenen değişiklik aşırı olmadığı için kayacın bünyesinde fazla demirin olmadığı söylenebilir.

4.8. Parlaklık

Yüzey parlaklığının ölçülerek sayısal hale getirilmesinin temel amacı, mermerlerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik farklılıklarını göz önünde bulundurularak yeni cila maddelerinin ve cilalama işlemlerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktır. TS 10449'a göre suni mermer plakların 35 gloss, mozaik ve dikme plakların parlaklığı da 14 gloss'tan aşağı olmamalıdır. Çalışma alanından 15cmx30 cm'lik plakalar mermer işleme fabrikasında parlatılmış ve JG-100 model Tasco marka Glass Meter ile ölçülmüş ve 27-45 gloss'luk bir parlaklık bulunmuştur. Bu da Palu travertenlerinin oldukça iyi parlatılabileceğini göstermiştir.

4.9. Asitlere Dayanım Özelliği

Bu deney tabii yapıtaşlarının baca gazları ile havada bulunan diğer zararlı gazların, havanın nemi ile birleşerek oluşturacakları asitlere dayanıklı olup olmadıklarının tayini amacı ile yapılır.

Bu asitler, baca gazları ve havada bulunan diğer gazların, havanın nemi ile birleşmesi sonucu oluşmaktadır. Uzun süreli temas halinde, asitler mermerin dış yüzeyini etkilemektedir. Mermerin ana rengini değiştirmektedir. Koruyucu kullanılarak asitlere karşı dayanıklılık sağlanabilir.

Örnekler, toplam 28 gün süre ile asitlerle temas halinde bekletilmiş bu süre sonunda karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak Baltaşı traverten örneklerinin deney sonucunda önemli reaksiyonlar göstermediği görülmüştür.

4.10. Cilalanabilme ve Parlayabilme Özelliği

Araştırma konusu travertenlerin cila tutma yeteneği çok iyidir. Kayacın yüzeyindeki gözenekler temizlendikten sonra, dolgu malzemesi kullanılarak gözeneklerin yeniden doldurulması ile, düzgün ve parlak bir yüzey elde etmek mümkündür.

4.11. Açık Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Özelliği

Bilhassa sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu yerleşim bölgelerinde dış kaplama olarak kullanılan mermerlerin çeşitli dış etkenlerden zarar görmemesi güçtür. Ancak bazı mermerler bu etkilere karşı çok hassas olurken, bazıları da oldukça uzun süre direnebilir. Çalışma alanından hazırlanan 5'er adet deney örnekleri üzerinde %1'lik HCl ve %1'lik sülfürik asit denemelerinde renk değişimi gözle görülür bir şekilde sarımsak- kahverengimsi olmuştur.

4.12. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Mermerlerin basınç dayanımı belirli ve farklı doğrultulardan etkiyen gerilme karşısındaki davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı için TS 699 ve ISRM standartları kullanılmaktadır. Baltaşı Köyü traverten ocağından alınan 8 adet silindirik numune tek eksenli basınç deneyine tabi tutulmuş ve bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır. Mermerlerin ortalama basınç mukavemetini $43.2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ bulunmuştur. TS 11143 (10) standardına göre; Travertenin Basınç Mukavemeti (Tek Eksenli Basınç Mukavemeti) değeri, döşeme, zemin ve benzeri yük taşıyıcı mekanlarda kullanılacaklar için $48 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ ' den, dekorasyon, süs ve duvar kaplamasında kullanılacak traverten için $30 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 'den az olmamalıdır.

4.13. Darbe Mukavemeti

Baltaşı Beldesi Kayaönü Köyü Traverten Mermerlerinin ortalama darbe mukavemetleri yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda 0.56 Nmm/mm^3 olarak tespit edilmiştir.

TS 11143'e (7) göre, Travertenin darbeye karşı mukavemet değeri, döşeme, zemin ve benzeri darbeye maruz mekanlarda kullanılacak travertenler için 0.6 Nmm/mm^3 'den; dekorasyon, süs, duvar kaplama vb., amaçla kullanılacak traverten için 0.4 Nmm/mm^3 'den az olmamalıdır.

4.14. Eğilme Mukavemeti

Standart boyuttaki levhanın belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Bölge travertenlerinin Ortalama Eğilme Mukavemeti 8.9 MPa olarak bulunmuştur.

4.15. Sürtünme İle Aşınma Kaybı (Böhme)

Yapılan sürtünme ile aşınma kaybı deneyi sonucunda Traverten ocağına ait numunelerin ortalama aşınma kaybı $18.3 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olarak bulunmuştur. TS 11143'e göre, döşeme zemin vb. yük taşıyıcı mekanlarda kullanılacaklar için en çok $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, ve dekorasyon, süs ve duvar kaplamasında kullanılacak travertenler için en çok $20 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olmalıdır.

4.16. Nokta Yük Dayanımı

Kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yükü dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. Buna göre beş örnek ortalaması 2.69 MPa olarak bulunmuştur.

4.17. Dolaylı Çekme Mukavemeti

Ortalama çekme dayanımı 4.67 MPa olarak bulunmuştur.

4.18. Sodyum Sülfat Don Kaybı

Numuneler üzerinde, standartlara uygun olarak, Sodyum Sülfat Çözeltisi ile yapılan don kaybı deneyleri sonucunda, ortalama don kaybı değeri $\%0.897$ olarak bulunmuştur.

5. KİMYASAL ANALİZ

Palu / Baltaşı traverten mermerlerinin kimyasal bileşiminin belirlenmesi amacı ile alınan örneklerin kimyasal analizi yapılmış ve bulunan sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Baltaşı travertenlerinin kimyasal içerikleri

Kimyasal Bileşik (%)	
Fe ₂ O ₃	0.16
Al ₂ O ₃	-
SiO ₂	0.32
CaCO ₃	97.09
MgO	0.79

TS 10449 (Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan)'a göre mermer %95'ten fazla CaCO₃ içermelidir.

6. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME

Palu/Baltaşı bölgesinde Üst Kretase yaşlı Guleman ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak yüzlek veren traverten oluşumları, karstik ve hidrotermal sular tarafından oluşturulmuş olup, yatay tabakalıdır. Alpin yapısal olaylarından sonra çökme olduğundan tektonizmadan etkilenmemişlerdir. Açık gri, beyazımsı renkte, gözenekli, orta kalın katmanlı yapısıyla ayırt edilirler. Petrografik analiz için alınan ince kesitler üzerinde yapılan çalışma sonucunda traverten örneklerinin, mikritik kalsit ve sparikalsit içerikli, boşluk oranı az, yelpaze ve konsantrik, disk şekilli kristal büyümeli bir görünüm sunduğu gözlenmiştir.

Çizelge 2. Palu travertenlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin TS 2513, 1910, 11143, 10449'a göre değerlendirilmesi.(8-11).

Test	Baltaşı Traverten	TS 2513	TS 1910	TS 11143	TS 10449
Basınç Dayanımı (MPa)	43.2	>50	>50	Döşeme>50 Kaplama>30	Döşeme>50 Kaplama>30
Böhme Aşınma Direnci (cm ³ /50 cm ²)	18.3	<15	<15	Döşeme<15 Kaplama<20	Döşeme<15 Kaplama<25
Eğilme Dayanımı (MPa)	8,9	>5	>5	-	>6
Darbe Dayanımı (Nmm/mm ³)	0.6	>0,6	-	Döşeme>0,6 Kaplama>0,4	Döşeme>0,6 Kaplama>0,4
Don Sonrası Ağırlık kaybı (%)	0.9	<5	<5	<1	<1
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2.3	>2,55	>2,55	>2,30	-
Su Emme (%)	%2.33	<1,80	<0,75	<3	<0,40
Porozite (görünen) (%)	11.5	-	<2	<12	-

Yapılan deneyler sonucunda Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin ortalama su emme oranının %2.33, özgül ağırlık değerleri ortalama 2.61 gr/cm^3 , Birim Hacim Ağırlık 2.31 gr/cm^3 , porozitesi % 11.5, Shore Schleroscope sertlik değeri 45.8, Travertenlerin ortalama basınç mukavemeti 43.2 MPa bulunmuştur.

Darbe mukavemeti, 0.56 Nmm/mm^3 , Ortalama Eğilme Mukavemeti 8.9 MPa , Traverten ocağına ait numunelerin ortalama aşınma kaybı $18.3 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$, ortalama don kaybı %0.897, Nokta Yük Dayanımı 2.69 MPa , Ortalama Çekme Dayanımı 4.67 MPa olarak bulunmuştur. Çizelge 2’de bu deney sonuçlarının bazılarının TS 2513, TS1910, TS 11143 VE TS 10449’a göre değerlendirilmesi verilmiştir.

Yapılan kimyasal analiz sonucu CaCO_3 oranının %97.09 olduğu görülmüştür. Bu oran %95’den fazla olduğu için standartlara uymaktadır.

Sonuç olarak, yukarıda elde edilen verilere göre Baltası/Palu travertenleri, duvar kaplamasında, kuşak, bordür ve iç mekanlarda başarıyla kullanılabilir. Darbe dayanımı sınır değere yakın çıkmış olmasına rağmen iyi dolgu yapılarak yer döşemelerinde de sınırlı olarak kullanılmasında sakınca yoktur.

7. KAYNAKLAR

1. Karaca,Z., “Mermerlerin Yataklanma Şekilleri”, Mermer Meslek İçi Eğitim Semineri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 74, s.82-93., 13-19, 2003.
2. Şentürk,A., Gündüz,L., Tosun,Y. ve Saruşık,A., “Mermer Teknolojisi”, Süleyman Demirel Üni. Mühendislik Mimarlık Fak. Yayınları, Isparta, 1996.
3. Mesta, “Palu Bölgesi Mermer Rezerv Raporu”, s.30, Ankara, 2005.
4. Özkan,Y.Z., “Guleman (Elazığ) Ofiyolitinin jeolojisi ve petrolojisi”, İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi, Doktora tezi, 1982 (yayınlanmamış).
5. Perinçek,D. ve Çelikdemir,M.E., “Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları”, TPAO Raporu, 1361, 1979 (yayınlanmamış).
6. Soykal,A., “MTA Raporları”, Ankara, 1999.
7. T.S.E. 699, “Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metodları”, Ankara, 1978.
8. T.S.E. 1910, “Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Yapı Taşları”, Ankara, 1977.
9. T.S.E. 2513, “Kayaçların Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi için Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri”, Ankara, 1975.
10. T.S.E. 11143, “Travertenlerin Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi İçin Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, Ankara, 2004.
11. T.S.E. 10449, “Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan”, Ankara, 1992.
12. T.S.E. 699, “Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metodları”, Ankara, 1987.

YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleri ile ilgili başka hiçbir yerde yayınlanmamış, orijinal bir araştırma niteliğinde olmalıdır. Çeviri ve derleme makaleler kabul edilemez. Yazı dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergi ofset tekniği ile basıldığından makaleler IBM uyumlu bilgisayarla Microsoft Word'97 ve yukarı programda yazılmış, biri orijinal, ikisi fotokopi olmak üzere üç nüsha olarak gönderilmelidir.

Makalelerin incelemesi yapıldıktan sonra düzeltmeler yazarlar tarafından yapılmalı, tüm şekil ve grafikler yerleştirilmiş olarak, düzeltilmiş nüshaya ait disket ile birlikte 15 gün içerisinde geri gönderilmelidir. Makalenin başlığı metne uygun, kısa ve açık ifadeli olmalıdır. Başlık, büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Makale 1 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1 aralık bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları unvan belirtilmeden, başlığın 1 cm altına sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Yazar sayısı birden çok ise, hepsi alt alta yazılmalıdır. Yazar adresi (Üniversite, Fakülte, Bölüm, Şehir) makale başlığının altına yazılmalıdır.

Makaleler çizelge, şekil ve fotoğraflarla en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınlatılmış kağıda veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraf kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalıdır.

Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk sayfanın altına * işaretini takip edecek şekilde dipnot olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1., 1.2., vb. numaralandırılıp, alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime baş harfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),... vb. şeklinde numaralandırılmalı ve numaralar sayfanın en sağına yerleştirilmelidir. Daktiloda bulunmayan işaretler, siyah çini mürekkep ve şablon kullanılarak (veya elle çok düzgün bir şekilde) yazılmalıdır.

Makalenin bölümleri aşağıdaki sıraya göre olmalıdır : Türkçe başlık, özet, İngilizce başlık ve özet, metin, teşekkür (gerekli ise) ve kaynaklar. Özetler en az beş, en fazla on satır olmalıdır. Özetten sonra makalenin İngilizce başlığı büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılıp, bunun altına da "Abstract" İngilizce olarak verilmelidir. Metinde mutlaka giriş ve sonuç bölümleri bulunmalıdır. Ara bölümler materyal ve metod, deneysel çalışma, teorik esaslar gibi başlıklar veya alt başlıklar şeklinde düzenlenebilir. Metin içinde kaynaklara atıfta bulunmak istenildiğinde, yazar adı verilerek veya verilmeksizin kaynak numarası parantez içinde gösterilmelidir. Numaralandırma metinde veriliş sırasına göre yapılmalıdır. İki'den fazla yazar sayısı durumunda ilk iki yazar adı yazılıp, Türkçe kaynaklarda "ve diğ." Yabancı kaynaklarda "et.al." ibaresi eklenir. Kaynak makale ise, önce yazar adı baş harfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde yılı ve en sona da başlangıç ve bitiş sayfaları tire ile ayrılarak verilmelidir. Kaynak bir kitap ise yazar adının ilk harfi, soyadı, kitap adı (kelime harfleri büyük), yayınevi, yayın yeri, yayın yılı ve sayfa numarası verilmelidir.

Dergiye gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

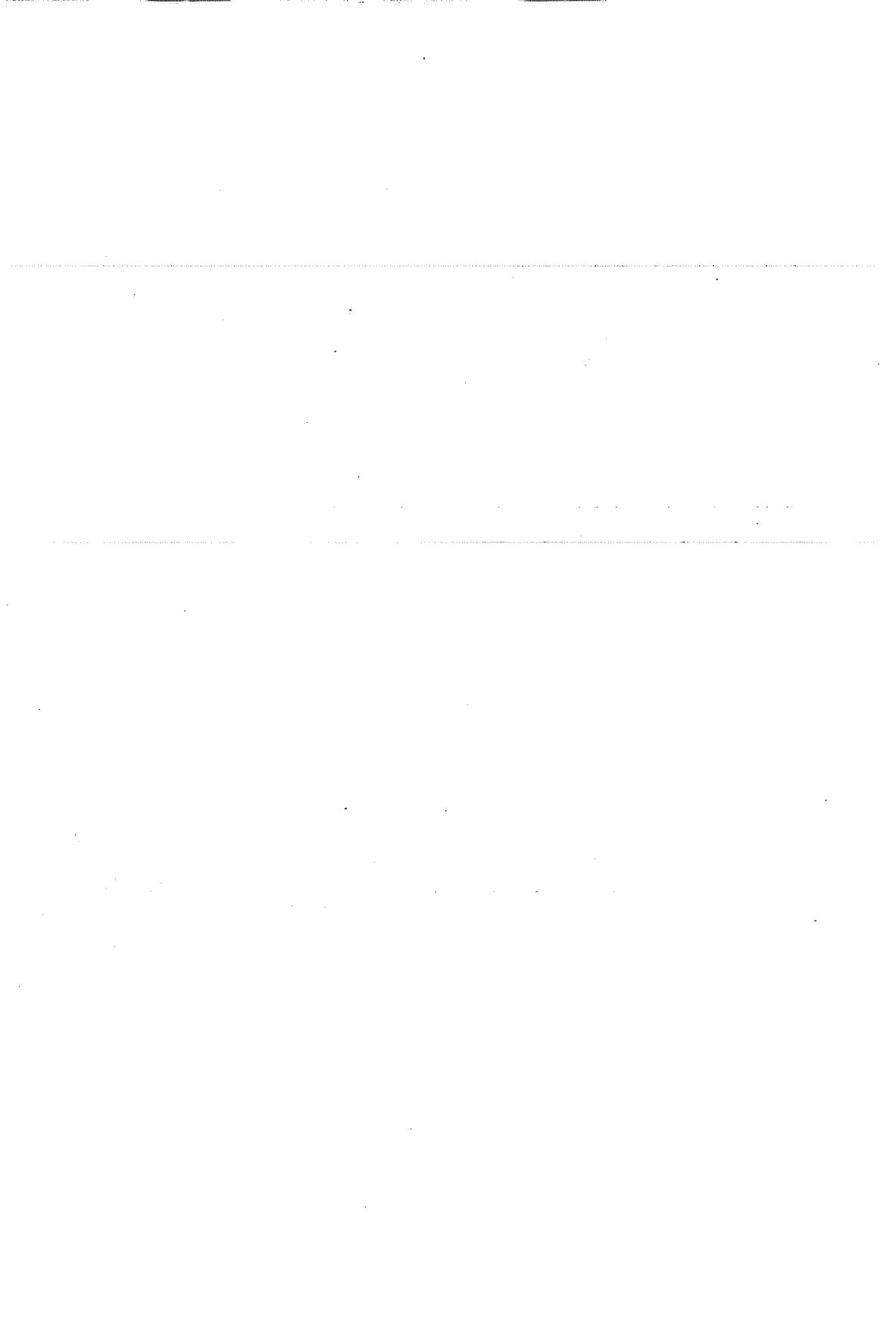
Yayınlaması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilir:

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı

01330 Balcalı-ADANA

Tel : (322) 338 63 57 Fax : (322) 338 61 26



Su Alma Yapılarında Batık Kanatlarla Sediment Kontrolü <i>Sediment Management with Submerged Vanes at Water Intakes</i> Fikret KOCABAŞ, Burhan ÜNAL, Murat ÇOBANER, Serap ÜNAL.....	269
Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Değişik Dizayn Yöntemlerinin Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Different Design Methods for Ground Source Heat Pumps</i> İsmail KILIÇ.....	279
Suriye ve Türkiye'de Üretilen Pamuk Liflerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması İncelenmesi <i>A Comparable Investigation on the Properties of Cotton Fibers Produced in Syria and Turkey</i> Khalil ALHALABİ, Emel Ceyhun SABİR.....	291
Dokuma İşletmelerinde Proses Kontrol <i>Process Control in Weaving Mills</i> H.Mehtap BULUKLU, Emel Ceyhun SABİR.....	303
Basic Blue 41 Boyar Maddesinin İnaktif Sucul Bitki <i>Myriophyllum Spicatum</i> Tarafından Biosorpsiyonunun Yalancı İzotermere Uygulanması <i>Application of Pseudo Izotermes on the Biosorption of Basic Blue 41 Submerged Aquatic Plant (Myriophyllum Spicatum)</i> Mesut BAŞIBÜYÜK, Serpil SAVCI, Olcayto KESKİNKAN.....	317
Kahramanmaraş Kenti Toplu Konut Uygulamalarının Kullanım Sonrası Değerlendirilmesi <i>The Post Occupancy Evaluation of Mass Housing Application of Kahramanmaraş City</i> Mustafa YEGİN, Zahide Fatma ERŞAN.....	325
Aşağı Seyhan Nehri Sedimentlerinde Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı <i>Seasonal Distribution of Heavy Metals in Sediments of Lower Seyhan River</i> Orkun İ. DAVUTLUOĞLU, Turan YILMAZ, Galip SEÇKİN, Ahmet YÜCEER.....	341
Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri <i>The Effects of Depth in Getting Water from Dam Lakes on Water Quality</i> Demet DURHASAN, Zeliha SELEK.....	353
Metal Sanayi Atık Çamurlarından Ağır Metal Gideriminde Farklı Liç Yöntemlerinin Kullanılması <i>The Use of Different Leaching Methods to Remove Heavy Metals from Metal Industry Waste Sludge</i> Bülent SARI, Belgin BAYAT.....	363
İşletmelerin TS-ISO 14000 Standartlarını Uygulama Kararlarına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi <i>The Determination of the Factors That Affect the Implementation Decisions of the TS-ISO 14000 Standards of the Companies</i> Hatice Kübra TAÇ, Fuat BUDAK.....	379
Çamlıyayla (Mersin) ve Güneydoğu'sunun Jeolojik İncelemesi <i>Geological Investigation of Çamlıyayla (Mersin) and It's South East</i> Ayşe KAYA, Cavit DEMİRKOL, Alican KOP.....	391
Seyhan Baraj Gölü Kuzeyinde Handere Formasyonu Zemin Türü İncelemesi <i>Soil Type Investigation of the Handere Formation Northeast of Seyhan Dam Lake</i> Ali GÖKOĞLU, Osman GÜNAYDIN, Mehmet SÖYLEMEZ.....	401
Baltaşı-Palu (Elazığ) Travertenlerinin Teknomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi <i>Determination Technomechanic Properties of Baltaşı İillage (Palu-Elazığ) Traverten Marbles</i> Selçuk ŞEN, Nil YAPICI, Mesut ANIL.....	409

Farklı Su Bağlayıcı Oranında Hazırlanan Harçlarda Numune Boy Değişiminin Basınç Dayanımı ve Birim Kısalma Üzerindeki Etkisi <i>Influence of Sample Length Change on the Compressive Strength and Strain at Compressive Strength of Mortars Made with Various Water-Binder Ratio</i> Cengiz Duran ATIŞ, Kubilay AKÇAÖZOĞLU.....	115
Seyhan Havzasının Bölgesel Taşkın Frekans Analizi <i>Regional Flood Frequency Analysis for Seyhan River Basin</i> Neslihan SEÇKİN, Recep YURTAL.....	123
Çelik Lif Katkılı Normal ve Yüksek Mukavemetli Betonların Mekanik Davranışlarının İncelenmesi <i>Mechanical Properties of Steel Fiber Content of Normal and High Strength Concrete</i> İsmail H.ÇAĞATAY.....	137
Çelik Lif Katkılı Yüksek Mukavemetli Betonarme Kirişlerin Deneysel Olarak İncelenmesi <i>Experimental Investigation of High Strength Reinforced Concrete Beams with Steel Fibers</i> İsmail H.ÇAĞATAY.....	149
İki Boyutlu Elastostatik Problemlerin Sınır Eleman Metodu ile Formülasyonu <i>Formulation of Two Dimensional Elastostatic Problems with Boundary Element Method</i> İbrahim Ö.DENEME, Hüseyin R.YERLİ.....	163
Türk Deprem Yönetmeliğine Göre A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi <i>Investigation of A2 Irregularity Condition According to Turkish Earthquake Code</i> Mustafa Y.ÖZDEMİR, İbrahim Ö.DENEME, Hüseyin R.YERLİ.....	181
Savak Arkasında Boşluk Oluşumunun Sayısal Olarak İncelenmesi <i>Numerical Investigation of the Cavity Formation Behind a Weir</i> Selahattin KOCAMAN, Hatice ÖZMEN ÇAĞATAY, Hasan GÜZEL.....	191
Eğri Yüzeyle Kıyı Duvarlarında Dalga Basınçlarının Deneysel İncelenmesi <i>Experimental Investigation of Wave Pressures on Curved Seawalls</i> Mustafa MAMAK, Hasan GÜZEL.....	199
Deterministik Yaklaşım ile Yapı Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması <i>Determination of Structural Earthquake Reliability By Deterministic Approach and Comparison of Strengthening Methods</i> M.Hakan SEVERCAN, Soner KÖSE, İbrahim Ö.DENEME.....	217
Probabilistik Yöntem Kullanılarak Yapı Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması <i>Determination of Structural Earthquake Reliability using Probabilistic Approach and Comparison of Strengthening Methods</i> M.Hakan SEVERCAN, Soner KÖSE, İbrahim Ö.DENEME.....	233
Kontrol Yapıları Arkasındaki Açık Kanal Akımlarının Sayısal ve Deneysel Analizi <i>Numerical and Experimental Analyses of Open Channel Flows Behind Control Structures</i> M.Sami AKÖZ, Talat ŞEKER, Mustafa DEMİRCİ.....	245
5083-O, 5186-H111 ve 5083-H111 Alüminyum Alaşımlarının Sürtünme Karıştırma Kaynak Yöntemiyle Birleştirilmesi <i>Joining of 5083-O, 5186-H111 and 5083-H111 Aluminum Alloys by Friction Stir Welding</i> Murat DİLEK, Durmuş Ali BİRCAN, Abdulkadir EKŞİ.....	255