



İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

- Analysis of Multi-Bay Coupled Shear Walls by Continuous Connection Method
Çok Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Sürekli Bağlantı Yöntemi ile Analizi
Orhan AKSOĞAN, Cahit ÖĞÜNÇ, H.Murat ARSLAN 1
- Yarı-Rijit Bağlantılı Düzlemsel Çelik Kafes Sistemlerin Analiz ve Tasarımı İçin Bir Bilgisayar Programı
A Computer Program for the Analysis and Design of Planar Steel Truss Systems with Semi-Rigid Connections
A.Kamil TANRIKULU, Semiha KAYA..... 15
- Deprem Etkisindeki 3 Boyutlu Sistemlerin Alt Yapı Metodu ile Yapı-Zemin Etkileşim Analizi
Soil-Structure Interaction Analysis of 3 Dimensional Systems Subjected to Earthquake Excitation by Substructure Method
Hüseyin R.YERLİ, Erhan KIRAL 33
- İki Boyutlu Yapı-Zemin Etkileşimi Problemlerinin Sonlu ve Sonsuz Elemanlar ile Dinamik Analizi
Dynamic Analysis of Two Dimensional Soil-Structure Interaction Problems with Finite and Infinite Elements
Hüseyin R.YERLİ, Erhan KIRAL 43
- Statistical Analysis and Data Modelling for Laboratory Researchers
Laboratuvarında Çalışan Araştırmacılar İçin İstatistiksel Veri Analizi ve Modelleme
C.Duran ATIŞ 55
- Presyometre Verilerinden Yararlanarak Tek Tabakalı Zeminlere Oturan Yüzeysel Temellerin Bilgisayar Yardımı ile Tasarımı
Design of Shallow Foundations Resting on One Layered Soils by Pressumeter Test Data Using a Computer
A.Azım YILDIZ, Mustafa LAMAN..... 75

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ

Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture

Sahibi

Hamit SERBEST
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Editör

Mesut ANIL

YAYIN KURULU

Mesut ANIL **Yusuf GÜRCİNAR**
Beşir ŞAHİN **Hasan ÇETİN**
Recep YURTAL

YAZI İNCELEME KURULU (Editorial Board)

(SÜREKLİ)

İ.Deniz AKÇALI (Ç.Ü.)	Nur AKIN (İ.T.Ü.)
Ergin ARIOĞLU (İ.T.Ü.)	Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)
Ahmet AYHAN (G.Y.T.E.)	Ergüzer BİNGÖL (Ç.Ü.)
A.Feyzi BİNGÖL (F.Ü.)	Baki CANİK (A.Ü.)
Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.)	İlhan ERHAN (M.S.Ü.)
Ayhan ERLER (O.D.T.Ü.)	Veysel EROĞLU (İ.T.Ü.)
Okay EROSKAY (İ.Ü.)	Aziz ERTUNÇ (Ç.Ü.)
Cahit HELVACI (D.E.Ü.)	M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)
Erdal KEREY (A.İ.B.U.)	Erhan KIRAL (Ç.Ü.)
Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)	Erdem KOÇ (Ç.Ü.)
Engin MERİÇ (İ.Ü.)	Güven ONAL (İ.T.Ü.)
Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)	Kazım PIHTILI (F.Ü.)
Senai SALTOĞLU (İ.T.Ü.)	Hamit SERBEST (Ç.Ü.)
Vedia TOKER (A.Ü.)	Bedri TUÇ (G.Ü.)
İbrahim UZMAY (E.Ü.)	Servet YAMAN (Ç.Ü.)
Tahir YAVUZ (K.T.Ü.)	Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.)
Yücel YILMAZ (İ.T.Ü.)	Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)

(Bu Sayıda Görüşlerinden Yararlanılan Diğer Hakemler)

N.Çaykun ALPASLAN (Y.T.Ü.)	Niyazi AVŞAR (Ç.Ü.)
Osman BABAARSLAN (Ç.Ü.)	Melih BAYRAMOĞLU (Ç.Ü.)
A.Kadir BİLİŞİK (Ege Ü.)	Yüksel BURDURLU (S.Ü.)
Orhan BÜYÜKALACA (Ç.Ü.)	Hasan ÇETİN (Ç.Ü.)
Cengiz DÜNDAR (Ç.Ü.)	Necdet GEREN (Ç.Ü.)
Tamer GÖK (Ç.Ü.)	Tefaruk HAKTANIR (E.Ü.)
O.Zeki HEKİMOĞLU (H.Ü.)	Vacit İMAMOĞLU (O.D.T.Ü.)
Bekir KARA (E.Ü.)	Erhan KIRAL (Ç.Ü.)
Halil KÖŞE (Ege Ü.)	Yalçın MENGİ (O.D.T.Ü.)
Tuğrul OĞULATA (Ç.Ü.)	A.Hakan ONUR (Ç.Ü.)
Zeliha SELEK (Ç.Ü.)	Ali İhsan SÖNMEZ (G.anteop Ü.)
Beşir ŞAHİN (Ç.Ü.)	Ahmet ŞENTÜRK (S.D.Ü.)
Kamil TANRIKULU (Ç.Ü.)	Naki TÖTÜNCÜ (Ç.Ü.)
Hüseyin YAPICI (E.Ü.)	Çetin YILMAZ (O.D.T.Ü.)

YAZIŞMA ADRESİ

Ç.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı

01330 Balcalı / ADANA

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

ÖNSÖZ

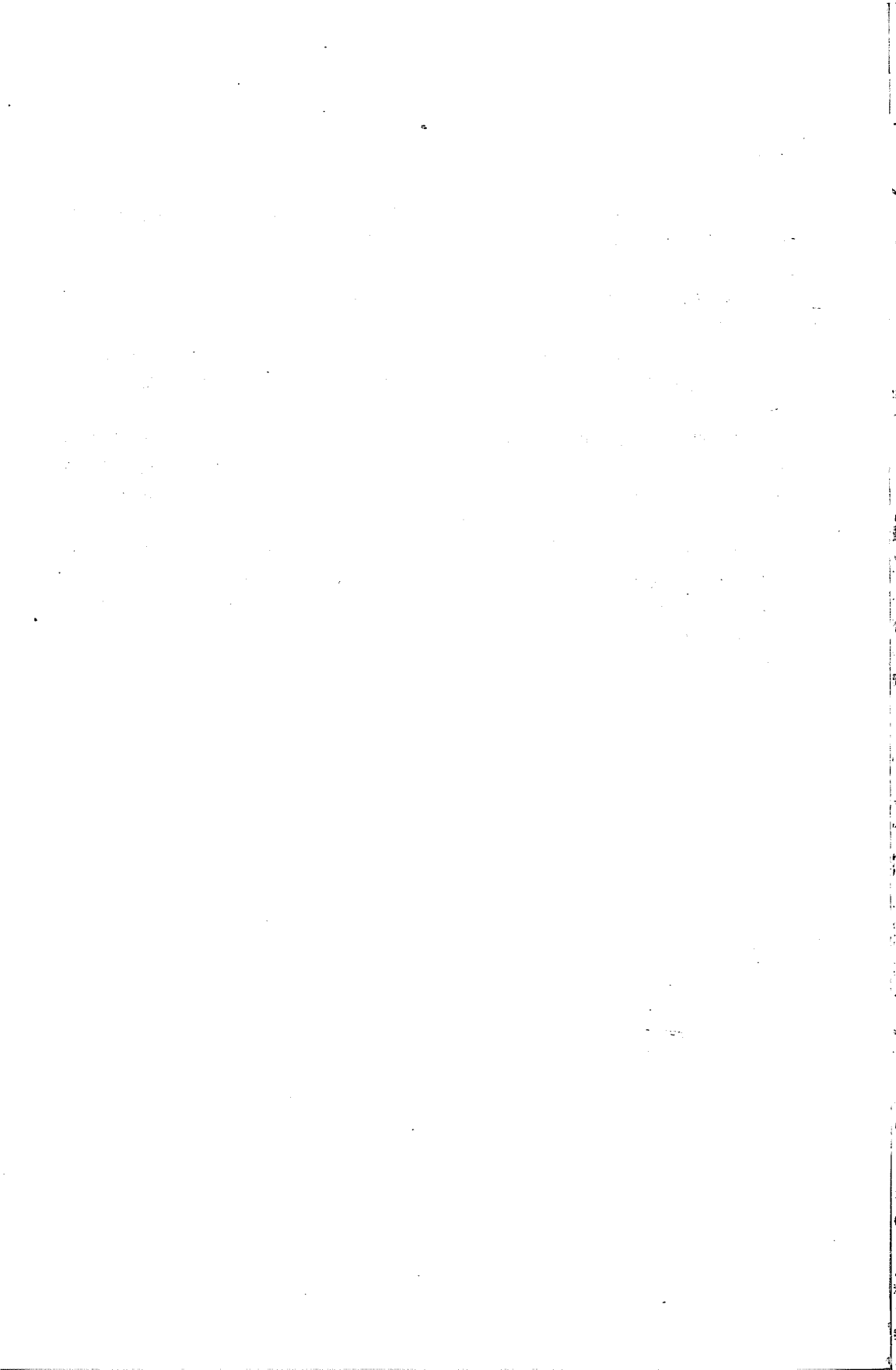
Çeşitli olumsuz şartlar sebebiyle Fakülte Dergimizin 11.cilt 2.sayısını yine gecikmeyle yayınlamış bulunuyoruz. Bu sebeble uzunca bir süre makalesi Yayın Kurulu'nda bekletilen yazarlarımızdan özür dileriz.

Bu sayıda toplam 25 makaleye yer verilmiştir. Daha önceki sayımızda da belirttiğimiz gibi Fakülte Kurulu'nca alınan karar gereğince 12. ciltten itibaren master ve doktora tezlerinden çıkarılmış yayınlara öncelik tanınacaktır. Münferit çalışmaların daha sınırlı yayınlanacağı yeni sayılarımıza da gösterilen büyük ilginin devam etmesini diliyoruz.

Bu sayıda duyurmayı istediğimiz bir konu da Ç.Ü. Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Güçlendirme Vakfı bünyesinde kurulan Yayıncılık ve Fuarçılık (YA-FU) işletme biriminin faaliyete geçirilmiştir. 12. ciltten itibaren Fakülte Dergisi YA-FU tarafından yayınlanacaktır.

Bu sayımızın yayınlanmasına katkıda bulunan yazarlara, olumsuz bütçe olanaklarına rağmen maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Dekanımız Sayın Prof.Dr.A.Hamit Serbest'e, dizgi ve mizampajları yapan Fakültemiz Yayın Bürosu görevlisi Filiz Karabıyık'a ve basımı gerçekleştiren Üniversitemiz Matbaası yetkililerine teşekkür etmeyi görev biliriz.

Yayın Kurulu





CİLT 11
VOL

SAYI 2
NO

ARALIK 1996
DECEMBER

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

- Analysis of Multi-Bay Coupled Shear Walls by Continuous Connection Method
Çok Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Sürekli Bağlantı Yöntemi ile Analizi
Orhan AKSOĞAN, Cahit ÖĞÜNÇ, H.Murat ARSLAN 1
- Yarı-Rijit Bağlantılı Düzlemsel Çelik Kafes Sistemlerin Analiz ve Tasarımı İçin Bir Bilgisayar Programı
A Computer Program for the Analysis and Design of Planar Steel Truss Systems with Semi-Rigid Connections
A.Kamil TANRIKULU, Semiha KAYA..... 15
- Deprem Etkisindeki 3 Boyutlu Sistemlerin Alt Yapı Metodu ile Yapı-Zemin Etkileşim Analizi
Soil-Structure Interaction Analysis of 3 Dimensional Systems Subjected to Earthquake Excitation by Substructure Method
Hüseyin R.YERLİ, Erhan KIRAL 33
- İki Boyutlu Yapı-Zemin Etkileşimi Problemlerinin Sonlu ve Sonsuz Elemanlar ile Dinamik Analizi
Dynamic Analysis of Two Dimensional Soil-Structure Interaction Problems with Finite and Infinite Elements
Hüseyin R.YERLİ, Erhan KIRAL 43
- Statistical Analysis and Data Modelling for Laboratory Researchers
Laboratuvarda Çalışan Araştırmacılar İçin İstatistiksel Veri Analizi ve Modelleme
C.Duran ATIŞ 55
- Presyometre Verilerinden Yararlanarak Tek Tabakalı Zeminlere Oturan Yüzeysel Temellerin Bilgisayar Yardımı ile Tasarımı
Design of Shallow Foundations Resting on One Layered Soils by Pressumeter Test Data Using a Computer
A.Azım YILDIZ, Mustafa LAMAN..... 75

Yapı Maliyetinin Hesabı İçin Bir Bilgisayar Programı <i>A Computer Program to Calculate Cost of a Construction</i> M.Emin ÖCAL, Halil DURUK	89
Teknoloji ve Yeni Mekansal Organizasyonları <i>Technology and It's New Spatial Organizations</i> Levin ÖZGEN.....	105
Yaşam Çevrelerinde Kentsel Kimliğin Sağlanması <i>Provision of Urban Identity in Living Environments</i> Tamer GÖK, Onur KARAGENÇ.....	129
Isı Kazancı Olarak Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonunun Hesaplanması <i>Calculation of Total Solar Radiation Transmitted Through Window as Heat Gain</i> Tuncay YILMAZ, Hüsamettin BULUT, Muammer ÖZGÖREN.....	133
Buğdayın Düşey Borularda Pnömatik Taşınması İçin Tasarım İlkeleri <i>Desing Principles for the Pneumatic Transportation of the Weat in Vertical Pipe</i> Tuncay YILMAZ, Vebil YILDIRIM, Beşir ŞAHİN.....	147
Turbomakinalarda Bir İç Akış Modelleme Yönteminin Analizi <i>Analysis of a Method for Modelling of Through Flows in Turbomachines</i> Saim KOÇAK, H.Ali HAMARAT	163
Bilgisayar Yardımıyla Otomatik Kesici ve Tutucu Seçimi <i>Computer Aided Automated Cutting Tool and Tool Holder Selection</i> M.Cengiz KAYACAN, İ.Hüseyin FİLİZ	177
Computer Aided Aggregate Scheduling of Machining and Assembly Systems by Using Directed Graphs <i>Bilgisayar Yardımı ile İmalat ve Montaj Sistemlerinde Küme Çizelgelemesinin Yönlendirilmiş Grafiklerle Çözümü</i> A.İhsan SÖNMEZ, Adil BAYKASOĞLU	187
The Effect of Manipulator Dynamics on Force Control Parameters <i>Manipülator Dinamiğinin Kuvvet Kontrol Parametrelerine Etkisi</i> İbrahim UZMAY, Hürvet SARIKAYA	199
Tekstilde İplik Üretim Teknolojisindeki Gelişmeler ve Otomasyon <i>Developments of the Yarn Production Technology in Textile and Automation</i> Osman BABAARSLAN.....	211

Yatırım Teşvikleri, Ana İlkeler, Sektörel Dağılımlar ve Tekstil Endüstrisinde Durum <i>Investment Encouragements, Basic Rules, Decompositions in Sectors and the State of the Textile Industry</i> Erdem KOÇ, R.Tuğrul OĞULATA	223
Türk Tekstil Endüstrisinde Yatırımların Yönü ve Yaratılan İstihdam <i>Investment Trends in the Turkish Textile Industry and the Employments Created</i> R.Tuğrul OĞULATA, Erdem KOÇ	239
Çukurova Bölgesinde Güneş Pili ile Elektrik Üretiminin Denenmesi <i>Testing Photovoltaic Electricity Production in Çukurova Region</i> Orhan BÜYÜKALACA, Mustafa KARAÇORLU	255
Okyanusların Jeomorfolojisi ve Tektoniği <i>Geomorphology and Tectonics of the Oceans</i> Selim ÖZALP, M.Gürhan YALÇIN	269
Yozgat-Sorgun-Küçükköşne Linyitlerinde Fizibilite Etüdü ve Kârlılığın Belirlenmesi <i>The Feasibility Project and Economical Analysis of Yozgat-Sorgun- Küçükköşne Lignite Deposit</i> Hüseyin VAPUR, Mesut ANIL	289
Yeraltı Metal Maden İşletmelerinde Optimum Mekanizasyon Derecesinin Belirlenmesi <i>The Determining of Optimum Mechanisation Degree in Underground Metallic Mining</i> M.Suat DELİBALTA	303
Adana İçmesularında Flor Konsantrasyonlarının İncelenmesi <i>Investigation of Fluoride Concentration in Adana Drinking Waters</i> Ahmet YÜCEER, Turan YILMAZ	315
Barış Amaçlı Patlamaların Gerçekleştirildiği Bir Reaktör Tesisinde Nükleer Silahlarının Elektrik Enerjisine Dönüştürülmesi <i>Conversion to Electrical Energy of Nuclear Weapons Using Peaceful Nuclear Explosive Reactors</i> Sebahattin ÜNALAN, Veysel ÖZCEYHAN, İlyas ÇÜRÜTTÜ	323
Çeşitli Moderatör Malzemelerinin (D,T) Füzyon Nötronları Karşısında Nötronik Performansı <i>Investigation of Neutronic Performance of Moderatör Materials for (D,T) Fusion Neutrons</i> Sebahattin ÜNALAN, İlyas ÇÜRÜTTÜ, Veysel ÖZCEYHAN	337



**ANALYSIS OF MULTI-BAY COUPLED SHEAR WALLS
BY CONTINUOUS CONNECTION METHOD****Orhan AKSOĞAN, Cahit ÖĞÜNÇ and H.Murat ARSLAN***University of Çukurova, Department of Civil Engineering, Adana / Türkiye*

ABSTRACT : *In this study, a method has been proposed for the analysis of multi-bay shear walls, on rigid foundations, by the continuous connection technique and after carrying out a closed form solution for two-bay shear walls, a computer program has been prepared in FORTRAN77 language. After reviewing the assumptions of the continuous connection technique, a method has been developed to analyze multi-bay shear walls making use of this technique. In this method, the connecting beams are treated as continuous laminae and the functions of the shear flows in them as the fundamental unknowns. As an application of this method a closed form solution has been carried out for two-bay shear walls. Finally, some examples selected from literature have been solved both by the computer program prepared in this study and by the computer programs SAP90 and PAFEC. The results of all three computer programs are in perfect agreement.*

**ÇOK SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN
SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

ÖZET : *Bu çalışmada, rijit temeller üzerine oturmuş, çok sıra boşluklu perdelerin sürekli analizi için bir yöntem önerilmiş ve simetrik olmayan iki sıra boşluklu perdeler için kapalı çözümler yapıldıktan sonra FORTRAN77 dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Önce, sürekli bağlantı tekniğinin kabulleri gözden geçirildikten sonra, bu teknikten yararlanılarak çok sıra boşluklu perdelerin analizini yapmak için, bağlantı kirişlerini sürekli bağlantı ortamlarına çeviren ve bunların birim boylarındaki kesme kuvveti fonksiyonlarını temel bilinmeyenler olarak alan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin uygulaması olarak simetrik olmayan iki sıra boşluklu perdeler için kapalı çözüm yapılmıştır. Daha sonra da, literatürden seçilen bazı örnekler hem hazırlanan bilgisayar programı ile hem de SAP90 ve PAFEC adlı bilgisayar programları ile çözümlenerek sonuçların çok uyumlu olduğu görülmüştür.*

1. INTRODUCTION

In high-rise buildings due to the increase in the number of stories higher horizontal loads are encountered. Consequently, columns which are designed primarily for vertical forces cannot resist the bending moments evoked by these horizontal forces. Hence, to enhance the resistance of buildings to horizontal forces, shear walls are employed due to their relatively high bending stiffnesses compared to columns.

Presently, due to their superiority to columns both in resistance to horizontal forces and from the architectural point of view, shear walls are being used more frequently than before. On the other hand, shear walls are inevitably perforated by windows, doors and corridors. Hence, more often than not shear walls are encountered in design as coupled shear walls. These structural elements, which are most elegantly treated by the continuous connection technique, evoke great difficulties in closed form solutions, especially when two or more rows of openings are introduced. To circumvent the forgoing difficulty, research in the past has generally been restricted to one row of openings or two symmetric rows of openings in one and the same wall. However, shear walls sometimes inevitably involve two or more nonsymmetrical rows of openings.

In the present study, a general method has been proposed, for the analysis of shear walls with two or more rows of openings, that uses the continuous connection technique. After carrying out the closed form solution for a shear wall with two nonsymmetrical rows of openings, a pertinent computer program has been prepared in FORTRAN77 language.

The pioneering work in the forgoing field of study is that of Rosman (1) in which the author has treated the cases of one nonsymmetric and two symmetric rows of openings. Coull and Puri (2) have found the solution for a shear wall with variations in cross-sectional area and have compared their analytical results with those of experimental works.

Coull and Subedi (3) have treated the case of shear walls with two rows of nonsymmetrical and three rows of symmetrical openings by the continuous connection technique. They also compared their results with those of their experimental work on models.

Hussein (4) has proposed a matrix orthogonalization method for the solution of the system of differential equations obtained for shear walls with two or more rows of openings.

Elkholy and Robinson (5) used a completely different approach, namely finite difference method, to solve the forgoing problem. Moreover, they did also handle the feature of elastic foundation. However, in their approach each and every discrete one dimensional member was treated as a discrete member and this increased the number of unknowns considerably.

Later, Koo and Cheung (6) formulated the nonsymmetrical shear wall problem with

two or more rows of openings using a coordinate functions technique, i.e. approximating the distribution of stress in the horizontal cross-sections by chosen coordinate functions multiplied by coefficients which are in turn determined to satisfy some equilibrium and compatibility conditions. However, the selection of the coordinate functions has not been described in any manner.

2. CONTINUOUS CONNECTION TECHNIQUE

The method proposed in this study depends completely on the widely used continuous connection technique. In this technique, perforated shear walls are considered as connected shear walls and the properties of the connecting beams are assumed to be same throughout the height of the building. Consequently, these beams are represented by a continuous connecting medium with equivalent bending stiffness. However, a more important feature of this technique, is that the axial deformation of the connecting beams is ignored, rendering the horizontal deflections of the connected walls equal. This, in turn, renders the slopes and curvatures of the connected walls equal at a given height. Hence, the structure, discrete in two directions, to start with, turns into a continuous one in the vertical direction. Thus, the problem is greatly simplified. This technique will be described in the sequel and a general method will be proposed for the problem of shear walls with two or more nonsymmetrical rows of openings. Finally, this method will be applied for the closed form solution of a shear wall with two rows of openings.

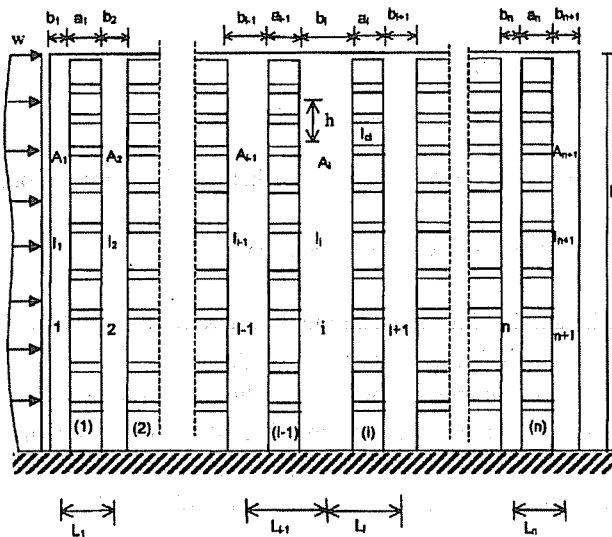


Fig.1. The notation for multi-bay coupled shear walls.

3. GENERAL FORMULATION

A laterally loaded shear wall with any number of rows of openings is seen in Fig.1 with the notation to be used in the following formulation. Parallel to the ones made for coupled shear walls, the assumptions made for shear walls with any number of rows of openings, are the following:

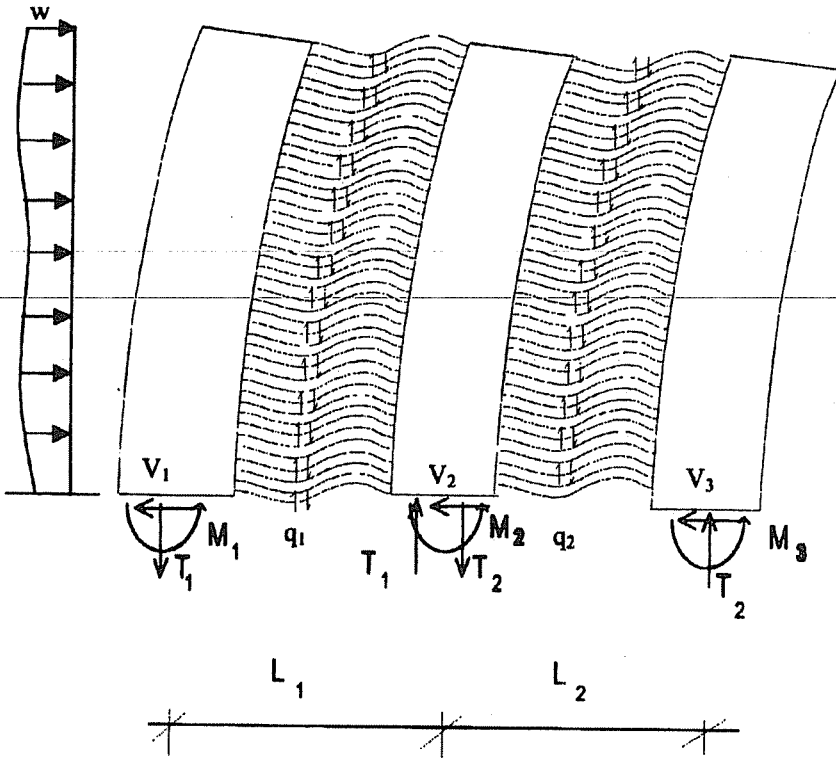


Fig.2. The behaviour of a two-bay coupled shear wall under horizontal loads.

- 1- The properties of each and every wall and row of openings do not change with height.
- 2- The connecting beams having EI_{ci} bending stiffness are replaced by a continuum of equivalent bending stiffness, i.e. EI_{ci}/h per unit height.
- 3- Connecting beams are assumed to be rigid in the axial direction. Consequently, all deflections, slopes and curvatures at the same height are equal for all piers and this renders their bending moments proportional to their moments of inertias.
- 4- Plane cross-sections perpendicular to the axes of the piers and the connecting beams remain planes and perpendicular to the pertinent axes after deformation.
- 5- There are no loads on the connecting beams, which together with assumption 3 renders their midpoints points of contraflexure. In every span the discrete shear forces

in the connecting beams at points of contraflexure are replaced by an equivalent shear force function, q_i , per unit height.

The forgoing analysis will be carried out by introducing an auxiliary quantity T to express the axial forces of the piers. For this purpose, the wall in Fig.2 with two rows of openings should be observed. It can be seen that consecutive pairs of vertical forces T_i forming a couple result from the shear forces in span i . This is best understood by assuming a cut through the midpoints of laminae (their points of contraflexure) and expressing the shear force per unit length of the connecting medium by q_i . Thus, one can show that (see Fig.3),

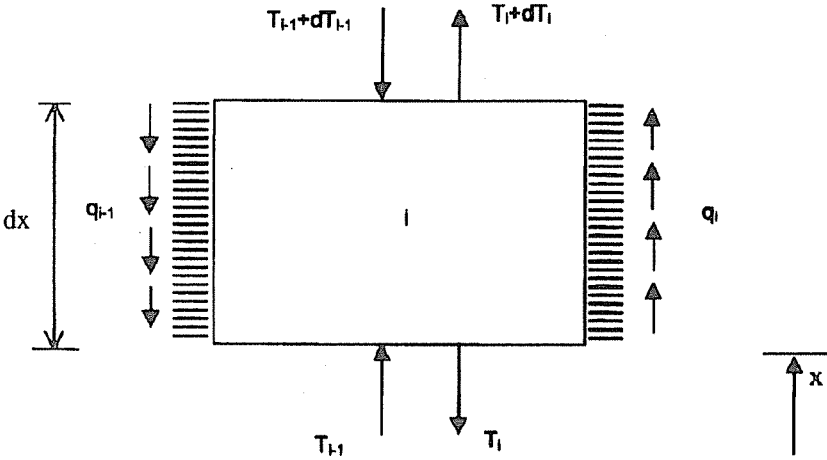


Fig.3. The vertical forces acting on a differential element.

$$\frac{dT_{i-1}}{dx} - \frac{dT_i}{dx} = q_i - q_{i-1} \quad i = 1, 2, \dots, n + 1 \quad (1)$$

where it should be noted that

$$T_0 = T_{n+1} = q_0 = q_{n+1} = 0 \quad (2)$$

Upon integration of the shear forces, which are seen in Fig.3, from the cross-section at height x to the top of the shear wall, one can easily see that

$$T_i - T_{i-1} = \int_x^H [q_i(x) - q_{i-1}(x)] dx \quad (3)$$

It should be noted that expression (3) is nothing but the axial tensile force in pier i . Hence, the contribution of shear forces in one span to the axial forces of the piers on the two sides of it is

$$T_i = \int_x^H q_i dx \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

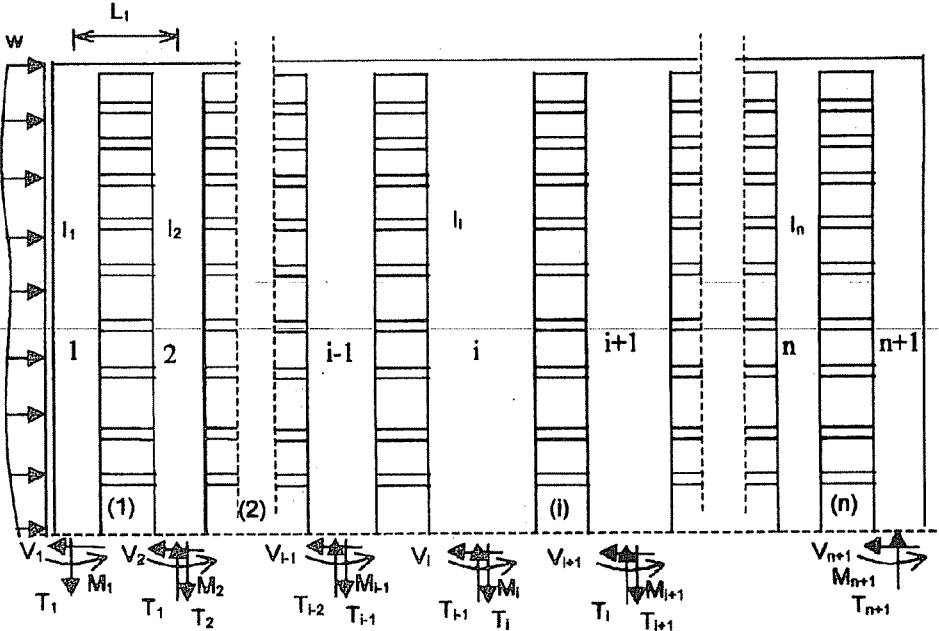


Fig.4. The freebody diagram of a coupled shear wall above cross-section x.

The moment equilibrium equation, for the upper section of the shear wall above any height x, can be written down using moment-curvature relations of each and every pier as follows (see Fig.4)

$$\sum_{i=1}^{n+1} (EI_i \frac{d^2y}{dx^2}) = M_c - \sum_{i=1}^n T_i \times L_i \quad (5)$$

where M_c is the moment of the external forces about a point at height x. Substituting (4) into (5) and calling the sum of the moments of inertia of all the piers I

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M_c - \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\int_x^H q_i dx \right) L_i \right\} \quad (6)$$

This equation can be considered as the moment-curvature relation for a multi-bay coupled shear wall.

The compatibility equation for the vertical displacement of the contraflexure points of an assumed lamina, computing its value from the neighbouring two piers, can be written as follows,

$$L_i \frac{dy}{dx} - \frac{ha_i^3}{12EI_{ci}} q_i - \frac{1}{E} \int_0^x \int_{\eta}^H \left\{ \frac{1}{A_i} (q_i - q_{i-1}) + \frac{1}{A_{i+1}} (q_i - q_{i+1}) \right\} d\lambda d\eta = 0 \quad (7)$$

where the three terms on the left are the contributions of the rotations of the piers, the cantilever deflections of the two halves of the connecting lamina due to shear forces and the axial deformations of the two neighbouring piers, respectively.

Differentiating (7) with respect to x and making substitutions from (4) and (6)

$$\frac{L_i}{EI} \left(M_c - \sum_{i=1}^n T_i \times L_i \right) - \frac{ha_i^3}{12EI_{ci}} \frac{dq_i}{dx} - \frac{1}{EA_i} T_i + \frac{1}{EA_i} T_{i-1} - \frac{1}{EA_{i+1}} T_i + \frac{1}{EA_{i+1}} T_{i+1} = 0 \quad (8)$$

Rearranging this equation, once more differentiating with respect to x and making substitutions from the derivative of (4) and simplifying, one finally gets the differential equation pertaining to one of the spans of a multi-bay coupled shear wall, which after applying to each and every span gives the following matrix equation,

$$[q]_{n \times 1}'' - [\alpha]_{n \times n} [q]_{n \times 1} = [\beta]_{n \times 1} M_c' \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

where,

$$\begin{aligned} \beta_i &= \frac{12L_i I_{ci}}{ha_i^3 I}, & (i = 1, 2, \dots, n) \\ \alpha_{ij} &= \beta_i \left[\frac{I}{L_i} \left(\frac{1}{A_i} + \frac{1}{A_{i+1}} \right) + L_i \right], & (i = j) \\ \alpha_{ij} &= \beta_i \left[L_{i+1} - \frac{I}{L_i A_{i+1}} \right], & (i = j - 1) \\ \alpha_{ij} &= \beta_i L_j, & (i < j - 1) \\ \alpha_{ij} &= \beta_i \left[L_{i-1} - \frac{I}{L_i A_i} \right], & (i = j + 1) \\ \alpha_{ij} &= \beta_i L_j, & (i > j + 1) \end{aligned} \quad (10)$$

and a prime expresses a differentiation with respect to x .

The integration constants that appear during the solution of the system of differential equations are found making use of the boundary conditions at the top and bottom of the wall. Since M_e and T_i are all zero at the top of the wall it is obvious from (8) that the boundary conditions at the top of the wall are

$$\frac{dq_i}{dx} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

For rigid foundation, the slope being zero, from (7) it can be seen obviously that the boundary conditions are

$$q_i = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Once the system of differential equations (9) is solved with the boundary conditions (11-12), the axial forces in the piers can be found using (3) and the bending moments using (5) since the curvatures of all piers are equal at a given height. Lateral deflections can be determined in a straightforward manner by integrating the curvature, the expression obtained from (5), twice and applying the zero slope and deflection at the bottom of the wall.

4. FORMULATION

In Fig.2 is seen a coupled shear wall with two bays. If the notation concerning the geometry is like that of Fig.4 we can proceed with this analysis accordingly. Hence, writing in matrix form

$$[q]_{2 \times 1}'' - [\alpha]_{2 \times 2} [q]_{2 \times 1} = [\beta]_{2 \times 1} M_e \quad (13)$$

where the coefficient matrix α and the coefficient vector β are found in a straightforward manner from (10). The loading considered is a concentrated force P at the top and a uniform load w throughout the total height. Hence, (13) for this case gives

$$\begin{aligned} \frac{d^2 q_1}{dx^2} - \alpha_{11} q_1 - \alpha_{12} q_2 &= -\beta_1 [w(H-x) + P] \\ \frac{d^2 q_2}{dx^2} - \alpha_{21} q_1 - \alpha_{22} q_2 &= -\beta_2 [w(H-x) + P] \end{aligned} \quad (14)$$

Using an operator method (7), the solution of this system of equations can be found as follows,

$$\begin{aligned}
 q_1 &= D_1 \text{Sinh} \mu_1 x + D_2 \text{Cosh} \mu_1 x + D_3 \text{Sinh} \mu_2 x + D_4 \text{Cosh} \mu_2 \\
 &\quad + \frac{K_3}{K_2} [w(H-x) + P] \\
 q_2 &= \frac{(\mu_1^2 - \alpha_{11})}{\alpha_{12}^2} [D_1 \text{Sinh} \mu_1 x + D_2 \text{Cosh} \mu_1 x] + \frac{(\mu_2^2 - \alpha_{11})}{\alpha_{12}^2} [D_3 \text{Sinh} \mu_2 x] \\
 &\quad + \frac{(\mu_2^2 - \alpha_{11})}{\alpha_{12}^2} [D_4 \text{Cosh} \mu_2 x] + \frac{1}{\alpha_{12}} \left(\beta_1 - \frac{K_3}{K_2} \alpha_{11} \right) [w(H-x) + P]
 \end{aligned} \tag{15}$$

where

$$\begin{aligned}
 \mu_{1,2} &= \sqrt{\frac{K_1 \pm \sqrt{K_1^2 - 4K_2}}{2}} \\
 K_1 &= \alpha_{11} + \alpha_{22} \\
 K_2 &= \alpha_{11} \alpha_{22} - \alpha_{12} \alpha_{21} \\
 K_3 &= \beta_1 \alpha_{22} - \beta_2 \alpha_{12}
 \end{aligned} \tag{16}$$

Applying the boundary conditions (11-12) the integration constants in (15) are found in a straightforward manner as

$$\begin{aligned}
 D_1 &= - \left\{ \frac{(wH + P) \text{Tanh} \mu_1 H}{\mu_1^2 - \mu_2^2} + \frac{w}{\mu_1 (\mu_1^2 - \mu_2^2) \text{Cosh} \mu_1 H} \right\} \left(\frac{K_3}{K_2} \mu_2^2 - \beta_1 \right) \\
 D_2 &= \frac{(wH + P)}{\mu_1^2 - \mu_2^2} \left(\frac{K_3}{K_2} \mu_2^2 - \beta_1 \right) \\
 D_3 &= - \left\{ \frac{(wH + P) \text{Tanh} \mu_2 H}{\mu_2^2 - \mu_1^2} + \frac{w}{\mu_2 (\mu_2^2 - \mu_1^2) \text{Cosh} \mu_2 H} \right\} \left(\frac{K_3}{K_2} \mu_1^2 - \beta_1 \right) \\
 D_4 &= \frac{(wH + P)}{\mu_2^2 - \mu_1^2} \left(\frac{K_3}{K_2} \mu_1^2 - \beta_1 \right)
 \end{aligned} \tag{17}$$

Shear flow functions having been determined axial forces in the piers can be determined by substituting them in (3). The bending moments in the piers, being proportional to their moments of inertia, can be found making use of (5) as

$$M_i = \left[\frac{w}{2} (H-x)^2 + P(H-x) - T_1 L_1 - T_2 L_2 \right] \frac{I_i}{I} \quad i = 1, 2, 3 \tag{18}$$

The lateral deflection expression can be found by using (5), integrating the curvature twice with respect to x and applying the zero slope and deflection at the bottom of the wall.

5. NUMERICAL RESULTS AND DISCUSSION

The analytical results having been implemented by a computer program in FORTRAN77 language, the next target was to check the numerical results with those of commercial finite element programs called SAP90 (8) and PAFEC (9). Moreover, some comparisons were to be made with the results of Coull and Subedi (3).

Example 1:

In this example, a coupled shear wall was chosen for a first check with SAP90 and PAFEC computer programs with the following properties:

$$H=33.60 \text{ m}, h=2.80 \text{ m}, I_{c1}=I_{c2}=0.008575 \text{ m}^4, b_1=3.00 \text{ m}, b_2=1.38 \text{ m}, b_3=2.00 \text{ m}, a_1=a_2=0.90 \text{ m}, t=0.30 \text{ m}, E=2 \times 10^7 \text{ kN/m}^2, P=150 \text{ kN}$$

where t is the wall thickness. The problem was solved by SAP90 as an equivalent frame and by PAFEC as a plane stress problem. However, in both applications the assumption of equal displacements for the axes of the piers was realized by constraints. The results for the lateral displacements are presented in Fig.5.

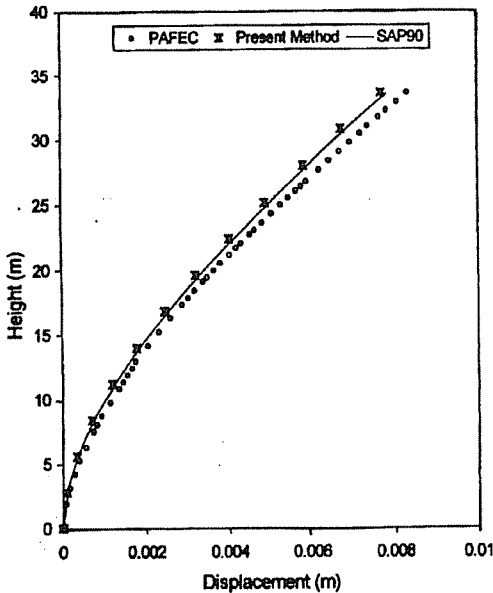


Fig.5. Comparison of lateral displacements in Example 1, found by different methods.

Example 2:

In this example, a coupled shear wall model studied experimentally by Coull and Subedi (3), was handled both by the present method and by SAP90 computer program as an equivalent frame and the results are presented in Fig.6. The properties and the loading are given below:

$H=21$ in, $h=1$ in, $I_{c1}=I_{c2}=8.14 \times 10^{-4}$ in⁴, $b_1=3$ in, $b_2=2$ in, $b_3=2$ in, $a_1=a_2=2$ in, $t=0.625$ in, $E=4.6 \times 10^6$ lb/in², $P=1$ lb

The comparatively larger displacements of the experimental work can be explained by the unconfined lateral displacements of the axes of different piers.

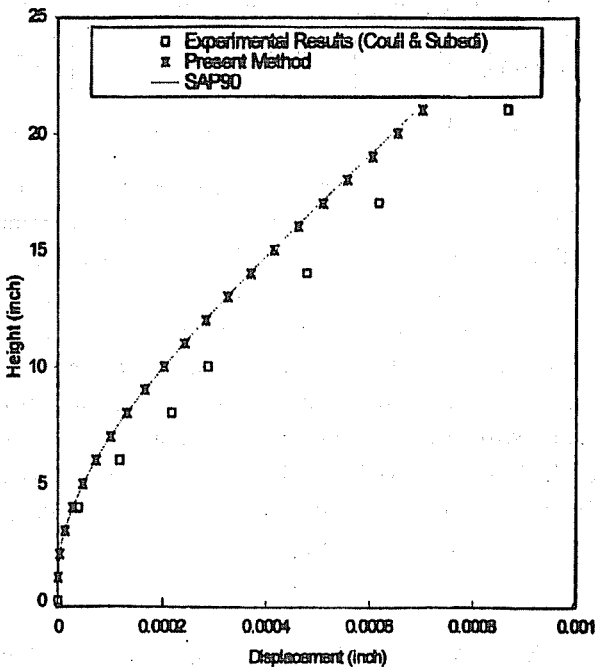


Fig.6. Comparison of lateral displacements in Coull and Subedi model, found by different methods.

Example 3:

In this example, a coupled shear wall with connecting beams of different heights has been solved both by the present method and by SAP90 computer program as an equivalent frame. Following properties were assigned to the coupled shear wall of this example:

$H=75$ m, $h=3$ m, $I_{c1}=0.014933$ m⁴, $I_{c2}=0.006300$ m⁴, $b_1=6$ m, $b_2=3$ m, $b_3=5$ m, $a_1=4$ m, $a_2=2.8$ m, $t=0.35$ m, $E=2 \times 10^7$ kN/m², $P=1500$ kN, $w=20$ kN/m

Table 1. Comparison of some results with those of SAP90 in Example 3.

QUANTITY	PIER	PRESENT METHOD	SAP90
AXIAL FORCE (kN)	1	9185.96	9165.65
	2	-625.51	-625.36
	3	-8560.45	-8539.79
BENDING MOMENT (kN-m)	1	19051.59	19244.07
	2	2381.45	2403.63
	3	11025.23	11127.92
TOP DEFLECTION (m)		0.1154	0.1150

As it can be seen from the three examples above, the results of the present method compares perfectly with the results of two commercial computer programs which have proved their validity through years. However, during these comparisons, an unclear point is the degree to which the assumption of ignoring the axial deformation of connecting beams can be justified. The consistency of the results of different methods follows from the fact that all three methods enforce the displacements of the piers to be equal. On the other hand, the logical reasoning behind the forgoing assumption is the enhancement of the axial stiffness of the connecting beams by the involvement of an appreciable section of the floors at story levels. In this respect, the forgoing assumption needs further verification. However, in the meantime, this method is perfectly acceptable for the purpose of preliminary design.

6. REFERENCES

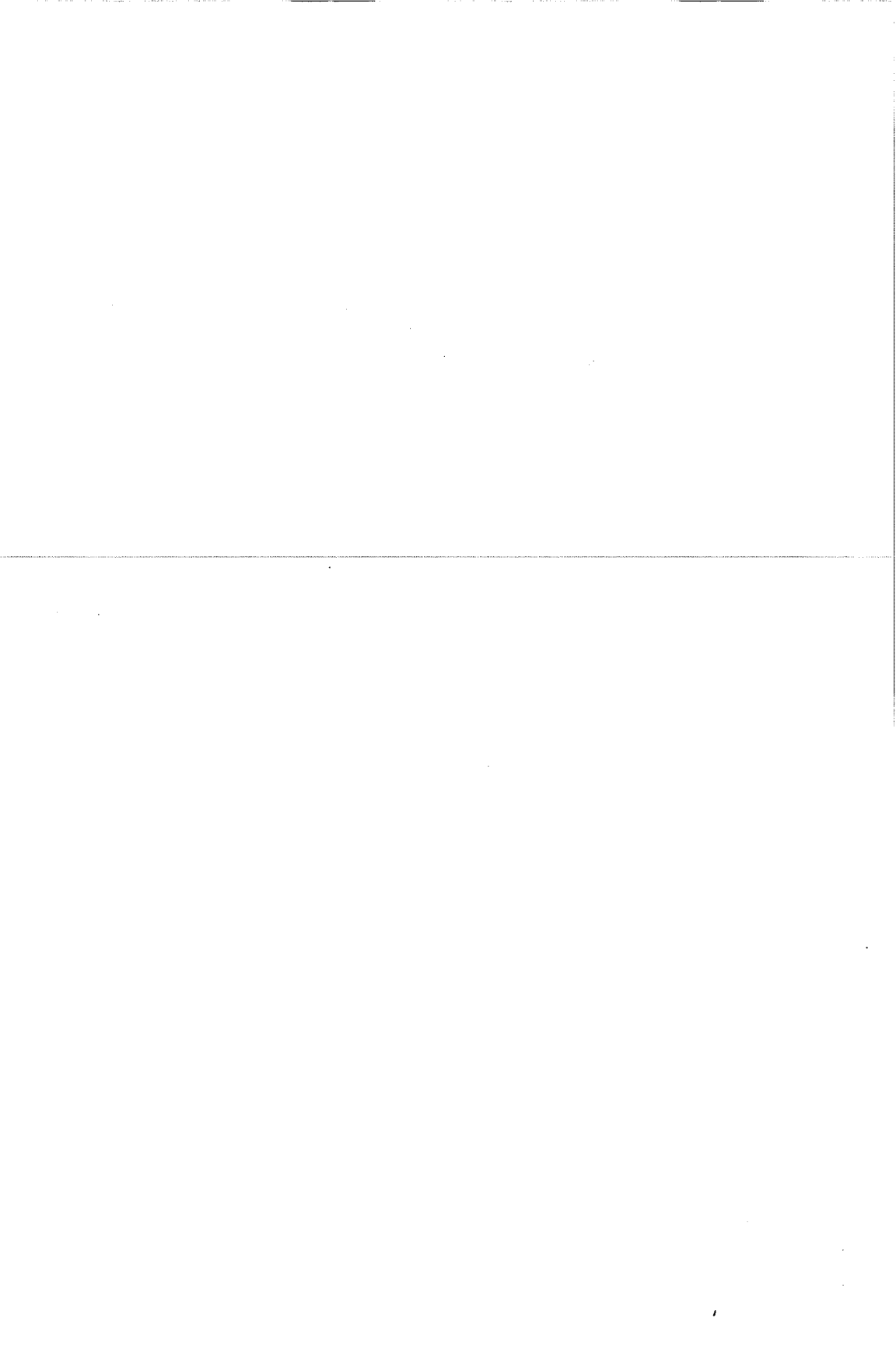
1. Rosman,R., "Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads", *Journal of the American Concrete Institute*, Vol:61(6), pp 717-732, June, 1964.
2. Coull,A. and Puri,R.D., "Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-section", *Build. Science*, Vol:2, pp 313-320, 1968.
3. Coull,A. and Subedi,N.K., "Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings", *Build. Science*, Pergamon Press, Vol:7, Great Britain, pp 81-86, 1972.
4. Hussain,W., "Analysis of Multi - bay Shear Wall Structures by the Shear Connection Method", *Build. Science*, Vol:69(7), pp 69-73, 1972.
5. Elkholy,N.S. and Robinson,N., "Analysis of Multi - bay Coupled Shear Walls", *Build. Science*, Pergamon Press, Vol:8, Great Britain, pp 153-157, 1973.

6. Koo, K.K. and Cheung, Y.K., "The Static Analysis of Multi - bay Coupled Shear Walls", *Building and Environment*, Vol:19(2), pp 93-99, 1984.

7. Ross, S.L., "Differential Equations", Blaisdell Publishing Comp., London, 594, June, 1964.

8. Habibullah, A. and Wilson, E.L., "SAP90 Structural Analysis User Manual", Computers and Structures Inc., Berkeley, California, 1992.

9. PAFEC 75 Data Preparation Manual, Pafec Ltd., Nottingham, 1978.



YARI-RİJİT BAĞLANTILI DÜZLEMSEL ÇELİK KAFES SİSTEMLERİN ANALİZ VE TASARIMI İÇİN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI

A.Kamil TANRIKULU ve Semiha KAYA

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

ÖZET : *Kafes sistemlerde, kafesi oluşturan elemanlar, düğüm noktalarına mafsalı olarak bağlı varsayımına uygun davranmazlar. Kafes sistemi oluşturan elemanlar, düğüm noktalarına kaynak, bulon, veya perçin ile, yarı-rijit olarak bağdırlar. Analizde bu bağlantı şeklinin gözönüne alınması, sistem davranışının daha gerçekçi olarak belirlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca, tasarım sırasında çubukların tek tek ele alınıyor olması ve basınç çubuklarının ancak iteratif yöntemler yardımıyla boyutlandırılıyor olması, bilgisayar destekli tasarımı zorunlu kılmaktadır.*

Bu çalışmada, yarı-rijit bağlantılı düzlemsel kafes sistemlerin analiz ve tasarımı için genel amaçlı bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

A COMPUTER PROGRAM FOR THE ANALYSIS AND DESIGN OF PLANAR STEEL TRUSS SYSTEMS WITH SEMI-RIGID CONNECTIONS

ABSTRACT : *In truss systems, members that form trusses do not behave in accordance with the assumption of pinned connections. These members are connected to the nodes by means of "semi-rigid" connections using welds, bolts or rivets. Consideration of this type of connections in the analysis is important for a more realistic determination of the behaviour of the system. Moreover, the facts that members are designed one by one and compression members have to be dimensioned by means of iterative methods renders the use of computer aided design unavoidable.*

In this study, a general purpose computer program is developed for the analysis and design of planar truss systems with semi-rigid connections.

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde, esas taşıyıcısı çelik elemanlar ile teşkil edilmiş yapı sistemlerine sıklıkla rastlanmaktadır. Türkiye'de ise betonarmeye göre çok pahalı olması nedeniyle çelik yapı üretimi çok alt düzeydedir. Bununla beraber, atelye, spor salonu, fabrika ve hal binaları gibi büyük açıklıklar içeren yapıların çatıları düzlemsel veya uzaysal çelik kafes sistemleri ile oluşturulmaktadır. Dolayısıyla çelik kafes sistemlerinin analizi ve tasarımı, ülkemiz inşaat mühendislerinin önemli konularından birisidir.

Bilindiği üzere, kafes sistemlerin analizinde düğüm noktalarının mafsallı olduğu kabulü yapılmaktadır. Gerçekte durum böyle değildir. Kafes sistemi oluşturan çubuklar, düğüm noktalarına, kaynak, bulon veya perçin aracılığı ile "yarı rijit" olarak bağlıdır. Analizde bu tür bağlantının dikkate alınması, kafes sistem davranışının daha gerçekçi olarak belirlenmesine yardımcı olmaktadır. "Yarı rijit" bağlantı, çubuk elemanların uçlarında var olduğu kabul edilen "dönel yaylar" ile modellenenmektedir.

Bu çalışmada, uçlarında dönel yaylar bulunan çubuklardan oluşan düzlemsel kafes sistemlerin analiz ve tasarımı için genel amaçlı bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Literatürde uçlarında dönel yaylar bulunan çubuklardan oluşan sistemleri inceleyen çalışmalar mevcuttur (1,2,3,4). Ancak bu çalışmalarda geliştirilen bilgisayar programları sadece analize yönelik olup, tasarımcı mühendislerin ihtiyacına cevap verememektedir. Bu çalışmada geliştirilen programın en önemli amacı, söz konusu ihtiyacı bir ölçüde karşılayabilmektir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Rijitlik Matrisi Yöntemi

Taşıyıcı bir sistemin düğüm noktalarına etkiyen statik yükler ile düğüm deplasmanları arasında,

$$[P] = [K] [D] \quad (1)$$

denklemini ifade edilen bir bağıntı mevcuttur. Burada $[P]$, sisteme etkiyen yükleri temsil eden yük vektörü; $[D]$, taşıyıcı sisteme ait bilinmeyen düğüm deplasmanlarını içeren deplasman vektörü; $[K]$ ise, "sistem rijitlik matrisi" olarak adlandırılan ve sistemin yüklere karşı direncini temsil eden bir kare matristir. Sistemde n adet bilinmeyen deplasman olduğu varsayılırsa $[P]$, $[K]$, $[D]$ sırasıyla $n \times 1$, $n \times n$ ve $n \times 1$ boyutlu olurlar.

$[K]$ sistem rijitlik matrisi, sistemi oluşturan her bir elemana ait, "eleman rijitlik matrisi"nin "kodlama tekniği" ile kombinasyonu sonucunda elde edilmektedir. "Eleman rijitlik matrisi", herhangi bir elemanın uç deplasmanları ile uç kuvvetlerini birbirine bağlayan ve en genel halde 12×12 boyutunda olan bir matristir. $[P]$ sistem yük vektörü ise düğüm noktalarına bilinmeyen düğüm deplasmanları doğrultusunda etkiyen direk

tekil kuvvet ve momentler ile ara yüklerin düğüm noktasına etkiyen eşdeğerlerinden oluşur.

2.1.1. Eleman Rijitlik Matrisinin Oluşturulması

Eleman rijitlik matrisleri taşıyıcı sistemi oluşturan çubukların uç deplasmanları ile uç kuvvetleri arasındaki bağıntıların katsayılarından oluşur.

Bir çubuk elemanın i ve j uçlarındaki kuvvet ve deplasman kolon vektörleri sırasıyla alt alta getirilirse aralarındaki bağıntı,

$$\begin{bmatrix} p_i \\ p_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{ii} & k_{ij} \\ k_{ji} & k_{jj} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_i \\ d_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_i \\ f_j \end{bmatrix} \quad (2)$$

veya

$$[p] = [k] [d] + [f] \quad (3)$$

sembolik formunda elde edilir. (3) denkleminde,

[p] : Eleman uç kuvvetleri kolon vektörü,

[k] : Eleman rijitlik matrisi,

[d] : Eleman uç deplasmanları kolon vektörü,

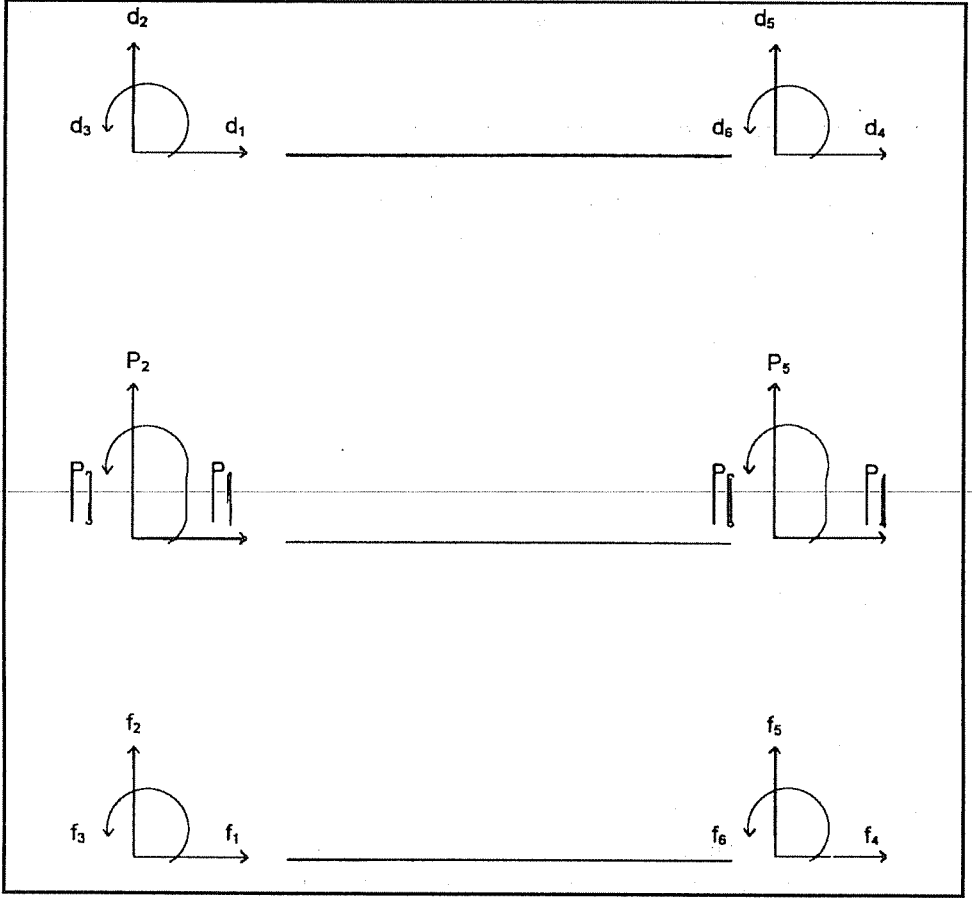
[f] : Eleman ankastrelik uç kuvvetleri kolon vektörüdür.

Belirli bir doğrultuda birim deplasman oluşması için taşıyıcı sisteme bir kuvvet uygulamak gerekir. Ancak uygulamada, oluşacak deplasmanın ve uygulanacak kuvvetin doğrultu, yön ve uygulama noktalarının açık olarak belirtilmesi gerekir. Kuvvetler ve ötelenmeler için doğru, momentler ve dönmeler için ise eğri oklar kullanılır ve bütün oklar sıra ile numaralanır (Şekil 1).

2.2. Uçlarında Dönel Yaylar Bulunan Bir Çubuğun Rijitlik Matrisi

Uçlarında dönel yaylar bulunan çubuklardan oluşan yapı sistemlerinin analizi de rijitlik matrisi yöntemi ile yapılabilir. İzlenecek yol yukarıda anlatıldığı gibidir. Burada önemli olan, dönel yayların eleman rijitlik matrisine yaptığı katkının doğru olarak belirlenmesidir. Formülasyonda:

- a) Çubuk elemanın, klasik çubuk teorisine uygun davranış gösterdiği,
 - b) Çubuk uçlarında bulunan dönel yaylara ait dönme-moment ilişkisinin lineer olduğu,
 - c) Sistem deplasman ve dönmelerinin küçük olduğu ve 1. Mertebe Teorisinin geçerli olduğu,
- kabulleri yapılmaktadır.



Şekil 1. Eleman Koordinatlarında Eleman Uç Deplasmanları, Uç Kuvvetleri ve Ankastrelik Uç Kuvvetleri

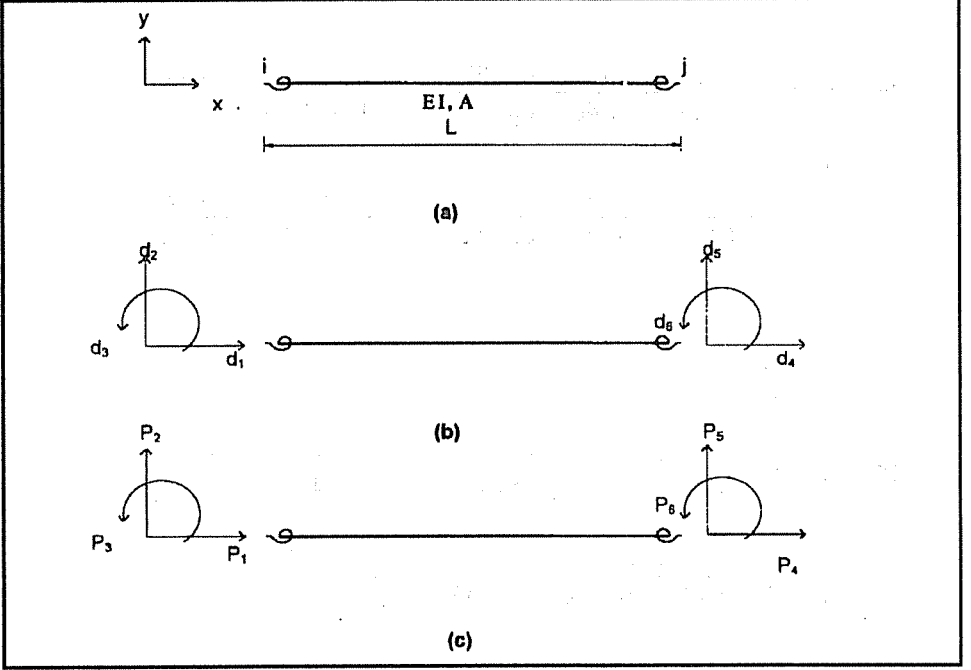
Bir taşıyıcı sistemde, sistemi oluşturan elemanlar birbirlerine tam rijit veya mafsalla bağlanmış olmayabilirler. Bu durumda çubuklar bağlantı noktalarında birbirlerine elastik bir dönel yay ile bağlanmış gibi davranırlar.

L uzunluğunda, EI eğilme rijitliğine ve A kesit alanına sahip, uçlarında dönel yaylar bulunan düzlemsel bir çubuk elemanı, bu çubuğa ait uç deplasmanları ve uç kuvvetleri sırasıyla Şekil.2 a, b ve c de görülmektedir.

Elemanın i ve j ucunda bulunan dönel yaylara ait "yay katsayıları", sırasıyla:

$$c_i = \frac{EI}{L} c_1 \quad \text{ve} \quad c_j = \frac{EI}{L} c_2 \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir. "Yay katsayısı", yayda 1 radyanlık relatif dönme meydana getirebilmek için yaya uygulanması gereken moment olarak tarif edilmektedir. (4) denklemindeki c_1 ve c_2 , sırasıyla i ve j ucundaki boyutsuz yay sabitleridir.



**Şekil 2. (a) Uçlarında Dönel Yaylar Bulunan Çubuk Elemanı
(b) Eleman Uç Deplasmanları
(c) Eleman Uç Kuvvetleri**

Söz konusu çubuk elemanına ait rijitlik matrisinin elde edilmesi için, elemana ait her bir serbestlik derecesi doğrultusunda birim deplasman meydana getirecek uç kuvvetlerinin (rijitlik etki katsayıları) belirlenmesi gerekmektedir.

Elde edilen rijitlik etki katsayıları matris formunda yazılırsa uçlarında dönel yaylar bulunan düzlemsel çubuk elemanın rijitlik matrisi; eleman yerel koordinatlarında:

$$[k] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & k_{16} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} & k_{26} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} & k_{35} & k_{36} \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} & k_{45} & k_{46} \\ k_{51} & k_{52} & k_{53} & k_{54} & k_{55} & k_{56} \\ k_{61} & k_{62} & k_{63} & k_{64} & k_{65} & k_{66} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{ii} & k_{ij} \\ k_{ji} & k_{jj} \end{bmatrix} \quad (5)$$

formunda elde edilmektedir. (5) denklemini açık olarak yazılırsa:

$$[k_{ii}] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12(c_1 + c_2 + c_1c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^3} & \frac{6c_1(2 + c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^2} \\ 0 & \frac{6c_1(2 + c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^2} & \frac{4c_1(3 + c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L} \end{bmatrix}$$

$$[k_{ij}] = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12(c_1 + c_2 + c_1c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^3} & \frac{6c_2(2 + c_1)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^2} \\ 0 & \frac{6c_1(2 + c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^2} & \frac{2c_1c_2EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L} \end{bmatrix}$$

$$[k_{ji}] = [k_{ij}]^T$$

$$[k_{jj}] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12(c_1 + c_2 + c_1c_2)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^3} & \frac{6c_2(2 + c_1)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^2} \\ 0 & \frac{6c_2(2 + c_1)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L^2} & \frac{4c_2(3 + c_1)EI}{(12 + 4c_1 + 4c_2 + c_1c_2)L} \end{bmatrix}$$

ifadeleri elde edilir. Yukarıdaki matrislerin incelenmesinden görülebileceği gibi, elemanın i ve j ucundaki c_1 ve c_2 yay sabitleri sonsuz olduğunda rijitlik matrisi bilinen rijitlik matrisi ifadesine dönüşür. c_1 ve c_2 sıfır olduğunda ise, yine iki ucu mafsallı bir çubuk için bilinen rijitlik matrisi elde edilmektedir.

2.3. Çelik Çubuk Elemanlarının Boyutlandırılması

Bu bölümde, çeşitli kesit tesirlerine maruz çelik çubukların "Emniyet Gerilmeleri Yöntemi" ile boyutlandırılmaları ile ilgili genel bilgiler verilecektir.

2.3.1. Eksenel Çekme Kuvvetine Maruz Çelik Çubukların Boyutlandırılması

Eksenel çekme kuvvetine maruz çelik çubukların enkesit alanı:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \sigma_{em} \quad (6)$$

şartı sağlanacak şekilde hesaplanmaktadır. Burada:

A : Çubuğun enkesit alanı,

N : Çubuğa etkiyen eksenel çekme kuvveti,

σ_{em} : Çeliğin çekme emniyet gerilmesidir.

Kesit alanı hesaplandıktan sonra, profil tablolarından uygun bir kesit seçilerek çekme çubuğu boyutlandırılmış olur.

2.3.2. Eksenel Basınç Kuvvetine Maruz Çelik Çubukların Boyutlandırılması

Basınç çubuklarının boyutlandırılması, "Burkulma" problemi sebebiyle, çekme çubuklarına göre daha karmaşıktır. Bu tip çubukların boyutlandırılması için yaygın olarak kullanılan yöntem, "ω Sayıları Yöntemi"dir (5). Aşağıda bu yöntem kısaca tanıtılacaktır.

2.3.2.1. Tek Parçalı Basınç Çubuklarının Sayıları Yöntemi ile Boyutlandırılması

Bilindiği üzere eksenel basınca maruz elastik tek parçalı, prizmatik bir çubuk için "Euler kritik burkulma yükü":

$$P_{kr} = \frac{\Pi^2 EI}{l_B^2} \quad (7)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada,

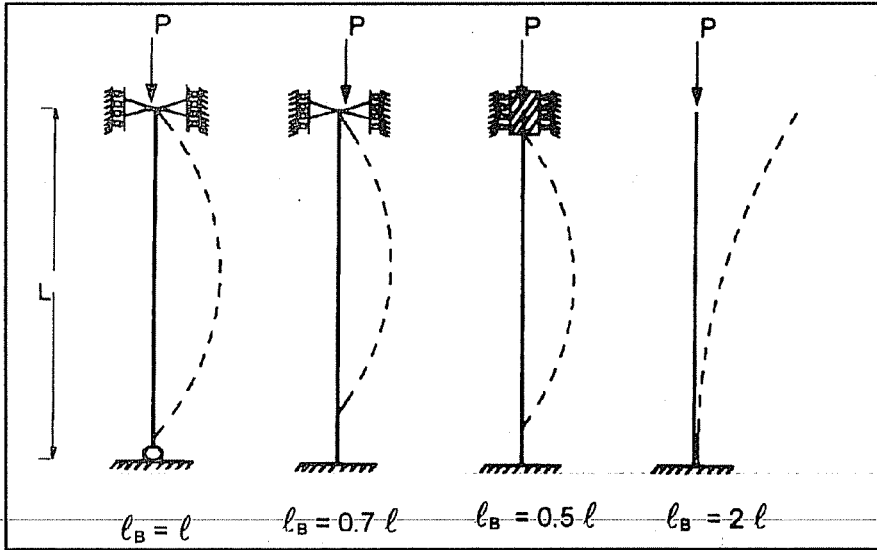
P_{kr} : Çubuğa ait Euler kritik burkulma yükünü,

E I : Çubuğun eğilme rijitliğini,

l_B : Çubuğun burkulma boyunu,

göstermektedir.

l_B burkulma boyu, çubuk uçlarının mesnetlenme durumu ile ilgilidir. Şekil 3'de çeşitli mesnetlenme durumları için burkulma boyları görülmektedir.



Şekil 3. Burkulma Boyları

Çubuğun iki asal ekseninde burkulması için farklı mesnetlenme biçimleri söz konusu olabileceği gibi bu iki eksen etrafındaki eğilme rijitlikleri de büyük bir olasılıkla birbirinden farklı olacaktır. Dolayısıyla herhangi bir basınç çubuğu için:

$$P_{kr}^1 = \frac{\Pi^2 EI_x}{l_{Bx}^2}, \quad P_{kr}^2 = \frac{\Pi^2 EI_y}{l_{By}^2} \quad (8)$$

şeklinde iki farklı burkulma yükü hesaplamak gerekmektedir.

(8) denklemlerinde:

P_{kr}^1, P_{kr}^2 : Çubuğun sırasıyla x ve y eksenleri etrafındaki burkulması için kritik burkulma yükleri,

I_x, I_y : Çubuk kesitinin sırasıyla x ve y eksenlerine göre atalet momentleri,

l_{Bx}, l_{By} : Çubuğun sırasıyla x ve y eksenleri etrafındaki burkulması için burkulma boylarıdır.

Kritik yük değerine karşılık gelecek "kritik gerilme" değerleri ise:

$$\sigma_{kr}^1 = \frac{P_{kr}}{A} = \frac{\Pi^2 EI_x}{l_{Bx}^2 A}, \quad \sigma_{kr}^2 = \frac{P_{kr}}{A} = \frac{\Pi^2 EI_y}{l_{By}^2 A} \quad (9)$$

formülleri ile hesaplanabilir.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad , \quad i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad , \quad \lambda_x = \sqrt{\frac{l_{Bx}}{i_x}} \quad , \quad \lambda_y = \sqrt{\frac{l_{By}}{i_y}}$$

tanımları yapılırsa (9) denklemleri:

$$\sigma_{kr}^1 = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2} \quad , \quad \sigma_{kr}^2 = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2} \quad (10)$$

şeklinde yazılabilir. Burada :

i_x, i_y : Çubuk enkesitinin sırasıyla x ve y eksenine göre atalet yarıçapları,

λ_x, λ_y : Çubuğun sırasıyla x ve y eksenini etrafındaki burkulma için "Narinliği"dir.

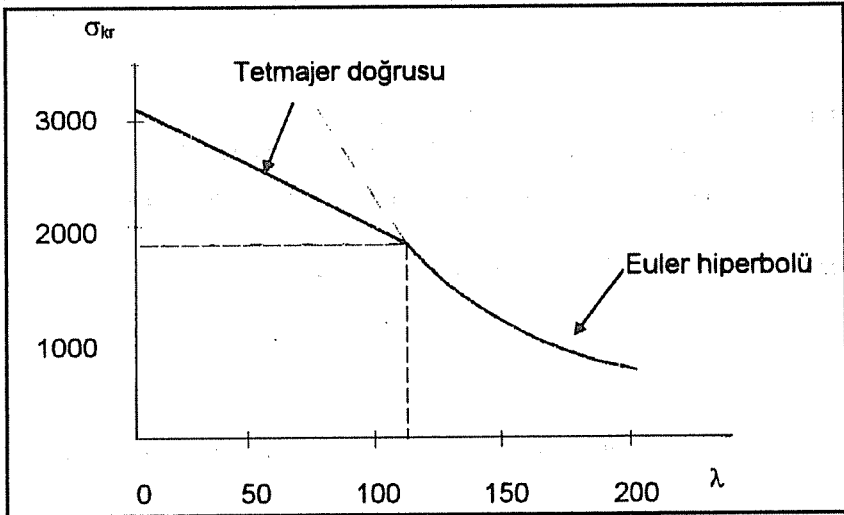
Hesaplarda gözönüne alınması gereken kritik gerilme değeri:

$$\sigma_{kr} = \min(\sigma_{kr}^1, \sigma_{kr}^2) \quad (11)$$

ifadesi ile belirlenmelidir. Yukarıdaki denklemlerin incelenmesinden görüleceği üzere kritik gerilme tamamen çubuk geometrik ve fiziksel özelliklerine bağlı olup, aksenal basınç yükünden bağımsızdır.

Çelik malzeme, gerilme orantılı sınırın altında kaldığı sürece Hooke kanununa uyar. Euler kritik yük formülünün kullanılabilmesi için $\sigma_{kr} \leq \sigma_p$ olmalıdır. Şartnamelerde σ_p orantılı sınırı, akma sınırının 0.8 katı olarak alınır.

$\lambda > \lambda_p$ olması halinde Euler formülü geçerli $\lambda > \lambda_p$ olması halinde ise geçersizdir. Malzemenin elasto plastik özellik gösterdiği $\lambda > \lambda_p$ bölgesinde kritik gerilmelerin hesabında Tetmajer ve Engesser formüllerinden yararlanılır. Şekil 4'de Tetmajer doğrusunun ve Euler hiperbolünün geçerli olduğu bölgeler görülmektedir.



Şekil 4. Tetmajer Doğrusu ve Euler Hiperbolü

Basınç çubuklarının boyutlandırılması sırasında çubuk enkesitinde meydana gelecek normal gerilme değerinin, (11) denklemi ile bulunan σ_{kr} değerinden belirli bir oranda küçük kalması şartı aranmaktadır:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \frac{\sigma_{kr}}{n_{kr}} = \sigma_{d,em} \quad (12)$$

(12) ifadesinde:

N : Çubuğa etki eden aksel basınç kuvveti

σ : Çubuk enkesitinde meydana gelen normal gerilme

n_{kr} : Şartnamelerde tanımlanan emniyet katsayısı (> 1)

$\sigma_{d,em}$: Her bir çubuk için hesaplanması gereken, çubuk basınç emniyet gerilmesidir.

$$\omega = \frac{\sigma_{em}}{\sigma_{d,em}} \quad (13)$$

tarifi yapılırsa, (12) ifadesi:

$$\frac{\omega N}{A} \leq \sigma_{em} \quad (14)$$

şekline dönüşür. (13) denklemi dikkatlice incelenirse, ω ifadesinin, malzeme Elastisite modülü (E), çekme emniyet gerilmesi (σ_{em}) ve narinlik (λ) değerine bağlı olduğu görülebilir. Dolayısıyla çeşitli λ değerlerine ve malzeme özelliklerine göre ω değerlerini önceden tabloştürmek ve boyutlandırma sırasında bu tabloları kullanmak mümkündür.

Boyutlandırmanın, " ω sayıları yöntemi" denilen bu yöntemle yapılması halinde işlem basamakları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a) Çubuğa etkiyen aksel basınç kuvveti (N) bulunur.

b) Çubuk için bir kesit tipi ve profil tablosu seçilir.

c) Tablodan, ilk deneme için, tahmini bir profil numarası alınır. (İlk deneme için genellikle kesit alanı $A_0 \geq \left| \frac{N}{\sigma_{em}} \right|$ şartını sağlayan en küçük profil alınır.)

d) Çubuğun x ve y eksenini etrafındaki narinlik dereceleri:

$$\lambda_x = \frac{l_{Bx}}{r_x} \quad \text{ve} \quad \lambda_y = \frac{l_{By}}{r_y}$$

formülleri ile hesaplanır.

e) $\lambda = \max(\lambda_x, \lambda_y)$ değerine karşılık, ω sayıları tablosundan ω değeri okunur.

f) $\frac{\omega N}{A} \leq \sigma_{em}$ şartı kontrol edilir. Eğer şart sağlanırsa seçilen profilin uygun olduğu

anlaşılır. Eğer sağlanmaz ise, tablodan, daha büyük numaralı yeni bir profil seçilir ve (d) adımına dönlür. İşleme (f)'deki şart sağlanıncaya kadar devam edilir.

2.3.2.2. Çok Parçalı Basınç Çubuklarının ω Sayıları Yöntemi İle Boyutlandırılması

Bu tip basınç çubuklarının ω sayıları yöntemi ile boyutlandırılması, tek parçalılarda olduğu gibidir. Ancak burada y "malzemesiz eksen"i etrafında "hayali narinlik" hesaplamak gerekmektedir. Basınç çubuğunu meydana getiren parçaların l_1 aralıklarla birbirlerine bağlanmış olması halinde çubuğun y-ekseni etrafındaki hayali narinliği:

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} \quad ; \quad \lambda_1 = \frac{l_1}{(i_1)_{\min}} \quad (15)$$

formülü yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

m : parça sayısını,

$(i_1)_{\min}$: tek bir parçanın minimum atalet yarıçapını göstermektedir.

2.3.3. Eksenel Kuvvet + Eğilme Momenti Etkisindeki Çubukların Boyutlandırılması

Eksenel çekme (N) ve eğilme momenti (M) etkisindeki kesitlerin boyutlandırılmasında:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq \sigma_{em} \quad (16)$$

şartının sağlanması gerekmektedir. (16) denkleminde

W : Çubuk kesitinin mukavemet momentidir.

Eksenel basınç (N) ve eğilme momenti (M) etkisindeki kesitlerin boyutlandırılmasında ise:

$$\frac{\omega N}{A} \pm 0.9 \frac{M}{W} \leq \sigma_{em} \quad (17)$$

şeklinde verilmektedir (5).

Basınç çubuklarının boyutlandırılması sırasında, x ve y eksenine etrafındaki burkulma için burkulma boylarının belirlenmesi önemli bir konudur. Bu çalışmanın konusunu teşkil eden düzlemsel kafes sistemler için x ve y eksenine etrafındaki burkulma, sırasıyla düzlem içi ve düzleme dik burkulmaya karşılık gelmektedir.

Düzlemsel kafes içerisinde yer alan her hangi bir basınç çubuğunun düzlem içi burkulma boyu olarak çubuk boyunun alınması ($l_{BX} = l$), emniyetli yönde kalmak bakımından uygun olmaktadır. Bu burkulma boyu değeri, çubuğun her iki ucunun mafsallı olması haline karşılık gelmektedir.

Aynı çubuğun düzlem dışı burkulma boyu ise, kafes sistemin düzlem dışı hareketinin ne ölçüde sınırlanmış olduğuna bağlı olup, her problem için farklılık arz edebilmektedir. Düzlem dışı burkulma boyu olarak, çubuk boyunun belirli bir katının kullanılması uygun görülmektedir:

$$l_{By} = \alpha l, \alpha \geq 1 \quad (18)$$

2.4. Kaynak Hesabı

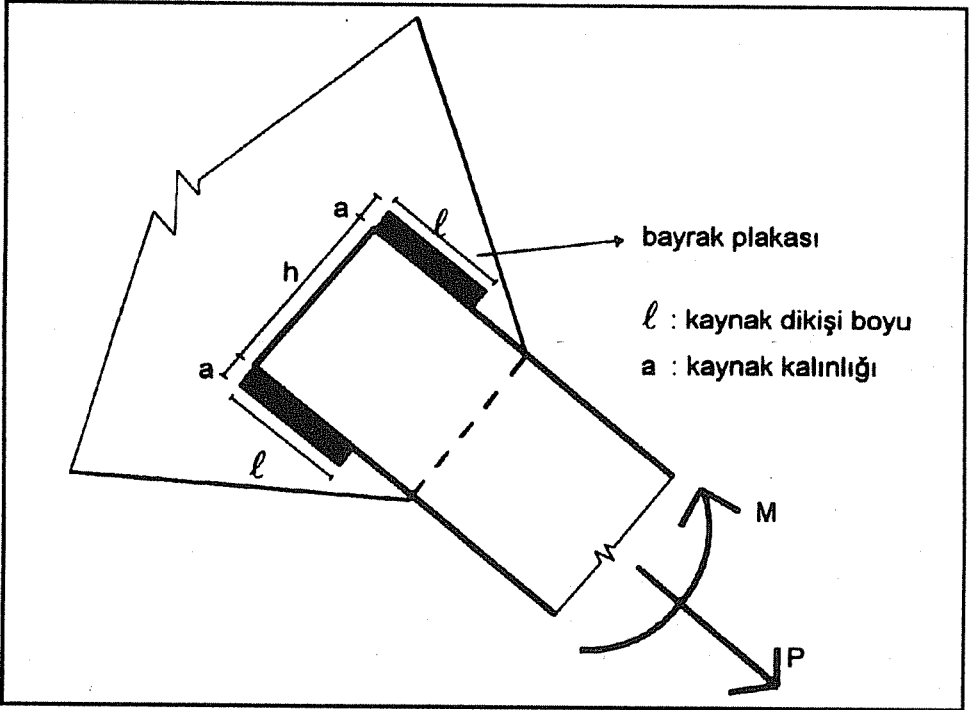
Çubukların, düğüm noktalarında bulunan "bayrak plakası"na kaynak ile bağlanacağı kabul edilmektedir.

Çubuğun düğüm noktasındaki bayrak plakasına bağlantısı eşit boy ve kalınlıkta iki veya dört kaynak dikişi ile yapılmaktadır (Şekil 5).

TS 648'de kaynak kalınlığı için:

$$a_{\min} = 3 \text{ mm}, a_{\max} = 0.7 t_{\min} \quad (19)$$

sınırları öngörülmüştür. Burada t_{\min} , birleştirilecek çelik parçalardan en incisinin kalınlığıdır. Kaynak kalınlığı bu sınırlar arasında kalacak şekilde tasarımcı tarafından seçilmektedir.



Şekil 5. Çelik Çubuğun Bayrak Plakasına Kaynak İle Bağlanması

Kaynak dikışı boyu, a ise,

$$\frac{\left| \frac{N}{2} \right| + \left| \frac{M}{h} \right|}{\frac{F_k}{2}} \leq \tau_{k,em} \quad (20)$$

şartı sağlanacak şekilde bulunmaktadır. (20) denkleminde:

$\tau_{k,em}$: Kaynak için kayma emniyet gerilmesi

F_k : Toplam kaynak alanı (Σa) dir. İki kaynak dikışı için $F_k = 2a$, dört kaynak dikışı için $F_k = 4a$ değerine eşit olur.

2.5. İki Boyutlu Kafes Sistemlerin Analiz ve Tasarımı İçin Bir Bilgisayar Programı

Bu çalışmada, uçlarında dönel yaylar bulunan çubuklardan oluşan düzlemsel kafes sistemlerin analizi ve tasarımı için bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Program FORTRAN 77 dili kullanılarak yazılmıştır. Mevcut hali ile program, en fazla 150 düğüm ve 300 eleman içeren düzlemsel kafes sistemler için çözüm yapmaktadır.

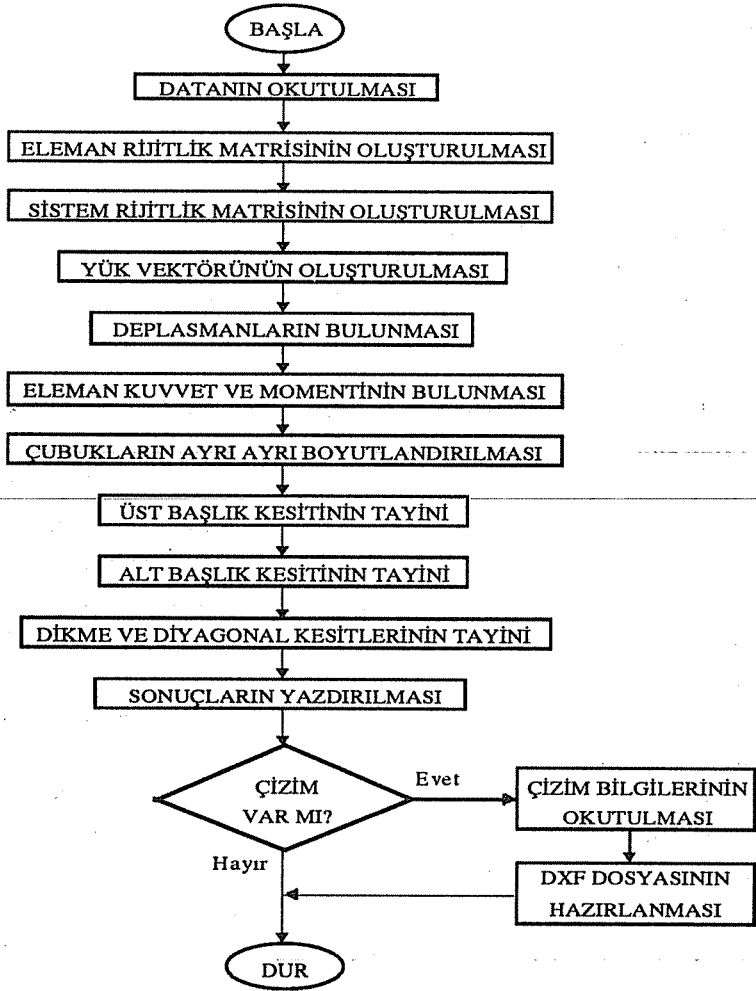
Hazırlanan program, önceki bölümlerde verilen kabullere ilave olarak aşağıdaki kabulleri içermektedir:

- a) Yükler, düğüm noktalarına etkimektedir. Pratikteki kafes sistem uygulamaları gözönüne alındığında, bu kabulün gerçekçi olduğu anlaşılmaktadır.
- b) Kafes sistem tasarımı, boyutlu büyüklükler içeren tablolar kullanılarak yapıldığından, çözülecek problemle ilgili yük, koordinat, malzeme özelliği gibi tüm bilgiler "ton" ve "cm" cinsinden verilmektedir.
- c) Kullanılacak malzeme, "St37" veya "St52" çeliğidir.
- d) Çok parçalı basınç çubuklarında parçalar 50 cm aralıklarla birbirine bağlanmıştır.

Program önce çubuk kuvvetlerini bulup, daha sonra bu kuvvetlere göre kesit tayini yapmakta, ayrıca diyagonal ve dikme çubukları için kaynak kalınlığı ve kaynak uzunluğunu belirlemektedir.

Programın en önemli özelliklerinden biri, kafes sistem uygulama projelerinin hazırlanmasına imkan tanınmasıdır. Bunun için data dosyasına bir takım ilaveler yapmak yeterli olmaktadır. Programın akış diyagramı Şekil 6'da görülmektedir.

Kafes sistem üst başlığının tamamı, en elverişsiz üst başlık çubuğuna, alt başlığın tamamı ise, en elverişsiz alt başlık çubuğuna göre boyutlandırılmaktadır. Dikme ve diyagonaller ise, çekme veya basınç çubuğu olmalarına göre gruplandırılarak boyutlandırılmaktadır.



Şekil 6. Akış Diyagramı

2.6. Program Data Dosyasının Yapısı

Data dosyasında klasik analiz programlarına ilave olarak tasarımla ilgili bazı bilgiler verilmektedir (çelik sınıfı, yükleme ve malzemeye göre emniyet gerilmesi, bayrak plakası kalınlığı, kaynak emniyet gerilmesi, düğüm bilgileri ve eleman uç kısaltma değerleri vs.). Bu konudaki detaylı bilgi için (6) nolu kaynağa bakılmalıdır.

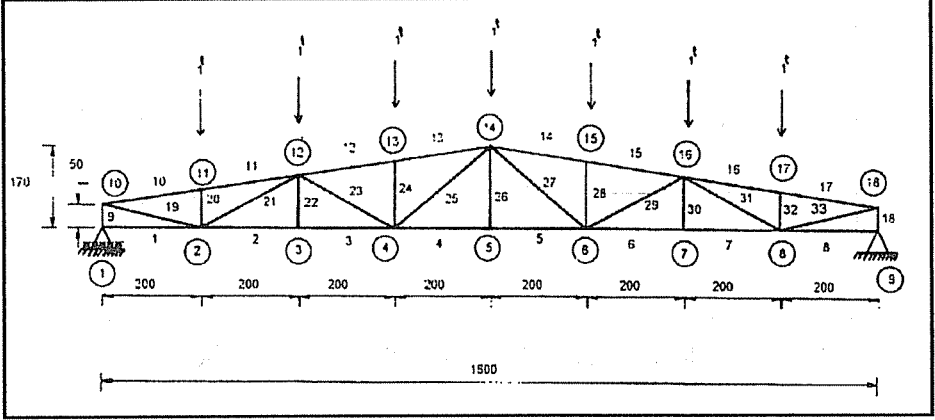
3. SAYISAL ÖRNEK

Örnek 1

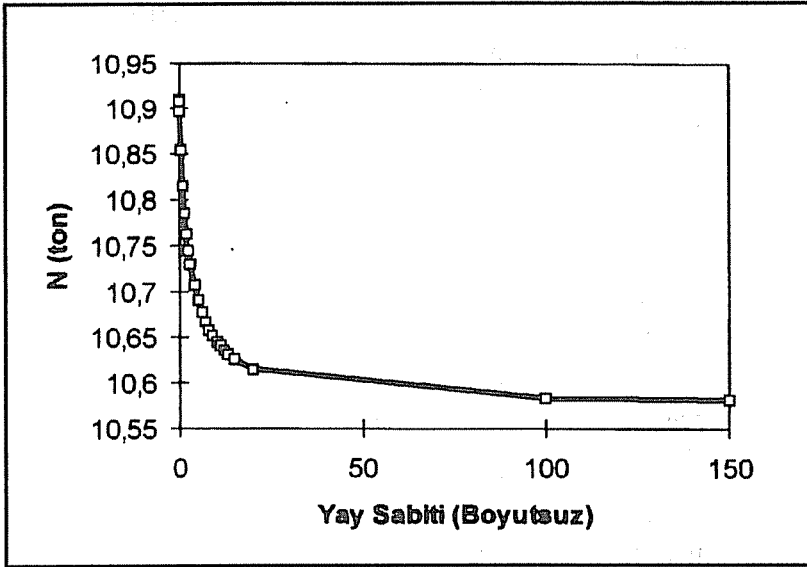
Bu örnekte, Şekil 7'de görülen düzlemsel kafes sistemin analiz ve tasarımı, önce

düğüm noktalarının mafsallı olduğu kabulü ile gerçekleştirilmiştir.

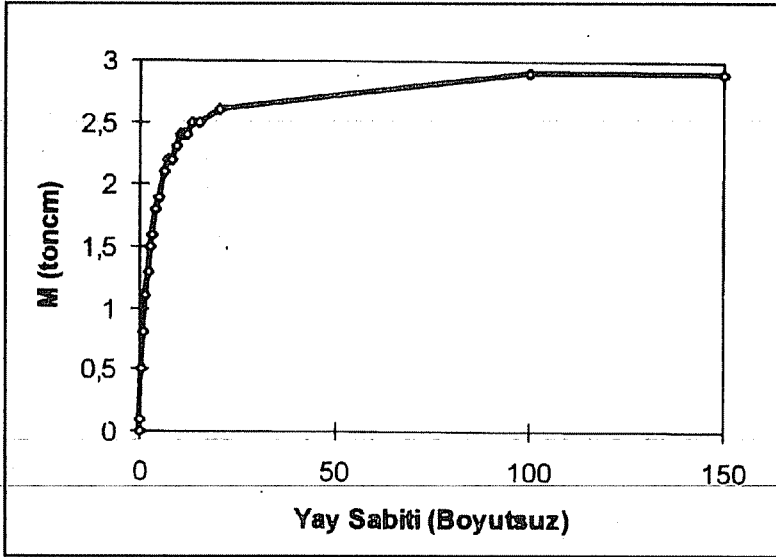
Aynı kafes sistem, çubukların düğüm noktalarına dönel yaylarla bağlı bulunduğu kabulü ile yeniden ele alınmış ve çeşitli yay sabiti değerleri için, mafsallı durumda elde edilen kesit boyutları kullanılarak çözülmüştür. Okuyucuya bir fikir vermek için sistemin 2 nolu çubuk uçlarında meydana gelen eksenel kuvvet (N) ve eğilme momenti (M)'in yay sabiti ile değişimini gösteren grafikler Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.



Şekil 7. Örnek 1 için Verilen Kafes Sistem



Şekil 8. 2 Nolu Çubuk Eksenel Kuvvetinin Yay Sabiti İle Değişimi



Şekil 9. 2 Nolu Çubuk Eğilme Momentinin Yay Sabiti İle Değişimi

Örnek 1 İçin Elde Edilen Sonuçlar

ELEMAN NO	ELEMAN KUVVETİ (ton)	MOMENT (toncm)	ELEMAN TIPI	PROFİL KESİTİ	KAYNAK KALINLIĞI (mm)	KAYNAK UZUNLUĞU (cm)
1	0.000	0.0	U	2L40.6		
2	10.909	0.0	U	2L40.6		
3	10.909	0.0	U	2L40.6		
4	9.412	0.0	U	2L40.6		
5	9.412	0.0	U	2L40.6		
6	10.909	0.0	U	2L40.6		
7	10.909	0.0	U	2L40.6		
8	0.000	0.0	U	2L40.6		
9	-3.500	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
10	-8.848	0.0	O	2L60.8		
11	-8.848	0.0	O	2L60.8		
12	-10.834	0.0	O	2L60.8		
13	-10.834	0.0	O	2L60.8		
14	-10.834	0.0	O	2L60.8		
15	-10.834	0.0	O	2L60.8		
16	-8.848	0.0	O	2L60.8		

**YARI-RIJİT BAĞLANTILI DÜZLEMSEL ÇELİK KAFES SİSTEMLERİN
ANALİZ VE TASARIMI İÇİN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI**

17	-8.848	0.0	O	2L60.8		
18	-3.500	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
19	9.019	0.0	D	2L40.5	3.0	9.0
20	-1.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
21	-2.464	0.0	D	2L45.5	3.0	5.1
22	0.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
23	-0.222	0.0	D	2L45.5	3.0	5.1
24	-1.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
25	1.709	0.0	D	2L40.5	3.0	9.0
26	0.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
27	1.709	0.0	D	2L40.5	3.0	9.0
28	-1.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
29	-0.222	0.0	D	2L45.5	3.0	5.1
30	0.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
31	-2.464	0.0	D	2L45.5	3.0	5.1
32	-1.000	0.0	V	2L40.5	3.0	5.1
33	9.019	0.0	D	2L40.5	3.0	9.0

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Düzlemsel kafes sistemlerin analiz ve tasarımına yönelik olarak yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

a) Kafes sistemlerin, uçlarında dönel yaylar bulunduğu kabulü ile analizi, sistem davranışını daha gerçekçi olarak modellemesi dolayısıyla tercih edilmelidir. Şekil 8 ve 9'un incelenmesinden görüleceği gibi, bu durum çubuk eksenel kuvvetlerine çok fazla etki etmemekle beraber, çubuklarda ihmal edilemeyecek mertebede eğilme momentlerinin doğmasına sebep olabilmektedir.

b) Hazırlanan bilgisayar programı ile hemen her türlü düzlemsel kafes sistemin analiz ve tasarımını gerçekleştirmek mümkündür. Bu sebeple program, çelik kafes sistemlerin projelendirilmesi konusundaki ihtiyaca rahatlıkla cevap verebilecek niteliktedir.

5. KAYNAKLAR

1. Aksoğan, O. and Akkaya, F., "A Computer Program for the Analysis of Flexibly Connected Frames", *Ç.Ü.J.Fac.Eng.Arch. Vol. 6, No.2, pp.25-41, 1991.*
2. Crawley, S.W., Dillon, R.M., Carter, W.O., *Steel Buildings Analysis and Design. John Wiley & Sons, Inc. USA (673 Sayfa), 1984.*
3. Monforton, A.R. and Wu T.S., "Matrix Analysis of Semi-Rigidly Connected Frames", *Journal of Structural Division, ASCE, Vol.89, pp.13-42, 1963.*
4. Wilson, E., Habibullah, A., *SAP90, A Series of Computer Programs for the Finite Element Analysis of Structures. Computers and Structures Inc., Berkeley, California, 1990.*

5. Uluğ,T.N., Odabaşı,Y., Ahşap ve Çelik İnşaat Hesapları. Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1984.

6. Kaya,S., Yarı - Rijit Bağlantılı Düzlemsel Çelik Kafes Sistemlerin Analiz ve Tasarımı İçin Bir Bilgisayar Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1996.

DEPREM ETKİSİNDEKİ 3 BOYUTLU SİSTEMLERİN ALT YAPI METODU İLE YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİM ANALİZİ

Hüseyin R. YERLİ ve Erhan KIRAL
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Deprem etkisi altındaki üç boyutlu sistemlerin yapı-zemin etkileşim analizleri, genel olarak iki farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlardan birincisi direkt metod, diğeri ise alt yapı metodudur. Direkt metodda yapı ve zemin birlikte gözönüne alınarak analiz yapılırken, alt yapı metodunda yapı ve zemin ayrı ayrı ele alınmaktadır. Alt yapı metodunda, zemine ait impedans ilişkisi kullanılarak sadece yapı ele alınmakta ve bu şekilde zeminin mevcudiyeti gözönüne alınmaktadır. Ayrıca, bir örnek üzerinde, zeminin yapının davranışına olan etkisi incelenmektedir.

SOIL-STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS OF 3 DIMENSIONAL SYSTEMS SUBJECTED TO EARTHQUAKE EXCITATION BY SUBSTRUCTURE METHOD

ABSTRACT : In general, soil-structure interaction analysis of three dimensional systems subjected to earthquake excitation is investigated with two different methods. One of them is the direct method, and the other is the substructure method. In the direct method, soil and structure are analyzed together. On the other hand, in the substructure method, soil and structure are considered separately. In this method, structure is analyzed alone by using interaction forces due to impedance relations of the soil medium, so that influence of soil is taken into account. A sample problem is solved by the substructure method presented in this study.

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliği açısından, deprem etkisi altındaki yapıların davranışının hesaplanması önemli bir konuyu teşkil etmektedir. Güvenilir bir uyarı sisteminin geliştirilememiş olması nedeniyle, yapıların, depreme karşı dayanıklı ve sağlam tasarlanarak korunması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Genellikle, pratik mühendislik uygulamalarında, yapı temelinin zemine ankastre bağlandığı kabul edilmekte ve yapı ile zemin arasındaki etkileşim gözardı edilmektedir. Bu durumda, deprem hareketinden dolayı zeminde meydana gelen deplasman, olduğu gibi yapının tabanına etki ettirilmekte ve yapının davranışı incelenmektedir.

Gerçekte, herhangi bir deprem esnasında, yapı ile zemin daima bir etkileşim içinde birlikte hareket etmektedirler. Yapı ile zemin arasındaki bu etkileşim, hem zeminin hemde yapının rijitliğine bağlı olarak değişmektedir. Etkileşimin gözönüne alınması, yapının davranışında değişiklikler meydana getirmektedir (1).

Yer hareketi (deprem) durumunda, üç boyutlu yapı-zemin etkileşim problemleri iki şekilde ele alınabilmektedir. Bunlardan birincisi, yapı ve zeminin birlikte düşünülerek direkt analiz yapılmasıdır. İkinci metotta ise, sadece yapı gözönüne alınmakta, yapı ile zeminin birleştiği noktalarda impedans ilişkisi kullanılarak, zeminin mevcudiyetinin yapı davranışına etkisi incelenmektedir. Bu metod, alt yapı yöntemi (Substructure Method) olarak adlandırılmaktadır (2, 3).

2. ALT YAPI YÖNTEMİ

Bu çalışmada, deprem etkisindeki üç boyutlu yapı-zemin sistemleri ele alınmakta ve alt yapı yöntemi kullanılırken bazı kabuller yapılmaktadır. Bunlar, *i*) yapının, kesme tipi bir bina olduğu, *ii*) yapının, yüzeysel rijit bir temel vasıtasıyla zemine oturduğu, ve *iii*) deprem kaydının yapının yakınında ölçüldüğü kabulleridir (1).

Alt yapı metodunda, yapı ile zemin ayrı ayrı ele alınarak etkileşim analizi gerçekleştirilmektedir. Önce, zemin ortamı tek başına ele alınarak impedans analizi yapılmakta ve zemine ait impedans matrisi hesaplanmaktadır. Daha sonra, impedans ilişkisi ve etkileşim kuvvetleri kullanılarak, sadece yapı gözönüne alınmakta ve bu şekilde yapı-zemin etkileşimi problemi çözümlenmektedir. Burada, yapının davranışı incelenirken, formülasyon Laplace dönüşüm uzayında yapılmaktadır (1, 4).

2.1. İmpedans Analizi

İmpedans analizi yapılırken, sadece zemin ve etkileşim kuvvetleri gözönüne alınmaktadır. Burada amaç, yapının zemine temas ettiği noktalardaki etkileşim deplasmanlarıyla kuvvetleri arasındaki ilişkiyi belirleyen impedans matrisinin hesaplanmasıdır. Bu durumda, zemine ait impedans ilişkisi,

$$F = S u \quad (1)$$

şeklinde dir. Yukarıdaki denklemde, \underline{F} ve \underline{u} sırasıyla etkileşim kuvvetleri ve deplasmanlarını gösterirken, \underline{S} ise impedans matrisini temsil etmektedir. İmpedans matrisi, birim yükleme metodu ile hesaplanmaktadır. Bunun için (1) denkleminin tersi yazılacak olursa,

$$\underline{u} = \underline{C} \underline{F} \quad ; \quad \underline{C} = \underline{S}^{-1} \quad (2)$$

bağıntısı elde edilir. Burada, \underline{C} kompleyans matrisi olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda, yapı ile zeminin birbirlerine temas ettiği noktalarda sırasıyla birim yüklemeler yapılarak, öncelikle kompleyans matrisinin elemanları hesaplanmaktadır. Daha sonra, kompleyans matrisinin tersi alınarak impedans matrisi bulunmaktadır (4). Ayrıca, istendiği takdirde birim deplasman metodu kullanılarak impedans matrisinin elemanları direkt olarak ta hesaplanabilir.

Bu şekilde, zemine ait impedans ilişkisi bulunduktan sonra, modifiye edilerek kullanılması gerekmektedir. Herhangi bir deprem esnasında, yapı yok iken, etkileşim noktalarındaki deplasmanın, deprem hareketine bağlanması gerekmektedir. Bu durumda, sadece zemin ortamı ve deprem etkisi gözönüne alınarak etkileşim noktalarındaki deplasmanlar (serbest alan deplasmanları, \underline{u}^f) hesaplanmaktadır. Daha sonra impedans ilişkisi,

$$\underline{F} = \underline{S} (\underline{u} - \underline{u}^f) \quad (3)$$

formunda modifiye edilmekte ve bu şekilde yapıya etki ettirilmektedir.

2.2. Hareket Denkleminin Elde Edilmesi

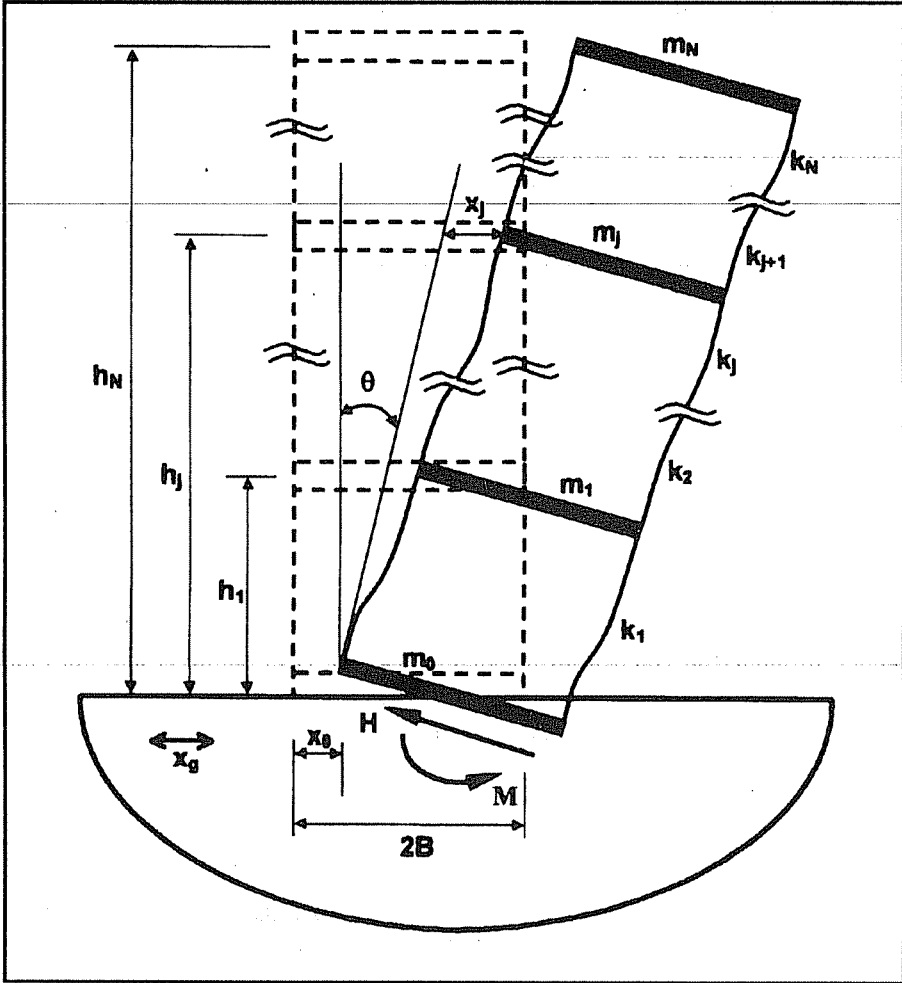
Yer hareketi etkisinde, N katlı kesme tipi bir bina gözönüne alınarak relatif deplasman cinsinden formülasyon gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). Özel olarak kesme tipi binalar gözönüne alındığından, sadece kat hizalarında yatay deplasmanlar meydana gelmektedir. Bu durumda, kesme tipi binanın dinamik davranışını idare eden denklemin,

$$[M] \{\ddot{\underline{X}}^t\} + [C] \{\dot{\underline{X}}\} + [K] \{\underline{X}\} = 0 \quad (4)$$

şeklinde olduğu yapı dinamiğinden bilinmektedir. Yukarıda görülen $\{\ddot{\underline{X}}^t\}$, toplam deplasmanlardan elde edilen ivme vektörü olup, herhangi bir j ninci katın toplam deplasmanı,

$$x_j^t = x_0 + x_j + h_j \theta \quad (5)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada x_0 ve θ rijit temelin toplam yatay deplasmanı ve dönmesini gösterirken, h_j ve x_j ise j ninci katın yerden yüksekliğini ve temele göre relatif yatay deplasmanını ifade etmektedir. (4) hareket denklemindeki sistem matrislerinin mertebesi ($N \times N$) dir. Fakat sistemde toplam $N+2$ adet bilinmeyen bulunmaktadır (N adet kat deplasmanı ile birlikte temelin deplasmanı ve dönmesi). Bu nedenle sadece üst yapı gözönüne alınarak toplam yatay kuvvet ve tabana göre moment denge denklemleri yazılmaktadır.



Şekil 1. Deprem etkisinde N katlı kesme tipi bina.

Şekil 1 yardımıyla üst yapının denge denklemleri,

$$\sum_{j=1}^N m_j \ddot{x}_j + m_0 \ddot{x}_0 + H = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^N m_j h_j \ddot{x}_j + I_t \ddot{\theta} + M = 0$$

olarak bulunmaktadır. Burada, I_t temel ve yapının kütleli atalet momentlerinin toplamıdır. H ve M ise yapının tabanına etkiyen, yapı ile zemin arasındaki etkileşim kuvvetleridir. (5) denklemi ile verilen toplam deplasman tarifi, (4) ve (6) denklemlerinde yazılırsa,

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} + [M]\{1\}\ddot{x}_0 + [M]\{h\}\ddot{\theta} = 0$$

$$\{1\}^T [M]\{\ddot{X}\} + m_T \ddot{x}_0 + d_T \ddot{\theta} + H = 0 \quad (7)$$

$$\{h\}^T [M]\{\ddot{X}\} + d_T \ddot{x}_0 + I_T \ddot{\theta} + M = 0$$

şeklinde $N+2$ adet denklemden oluşan sistem denklem takımı elde edilir. Burada, $\{1\}$ tüm elemanları 1 olan vektörü, $\{h\}$ ise katların yerden olan yüksekliklerini gösteren vektördür. Ayrıca, (7) denklemlerinde görülen m_T , d_T ve I_T aşağıdaki gibi tarif edilmektedir.

$$m_T = \sum_{j=0}^N m_j \quad ; \quad d_T = \sum_{j=1}^N m_j h_j \quad ; \quad I_T = I_t + \sum_{j=1}^N m_j h_j^2 \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemlerde görülen H yatay kuvveti ve M momenti, yapı ile zemin arasındaki impedans ilişkisinden elde edilmektedir. Yapı ile zemin arasındaki etkileşimi sağlayan impedans ilişkisi modifiye edilmiş olarak,

$$\begin{Bmatrix} H \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HM} \\ S_{MH} & S_{MM} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_0 - x_g \\ \theta \end{Bmatrix} \quad (9)$$

şeklinde verilmektedir. Bu ifadeler açık yazılırsa aşağıdaki bağıntılar bulunur.

$$\begin{aligned} H &= S_{HH}(x_0 - x_g) + S_{HM}\theta \\ M &= S_{MH}(x_0 - x_g) + S_{MM}\theta \end{aligned} \quad (10)$$

Başlangıç şartları sıfır kabul edilerek (7) denklemlerinin Laplace dönüşümü alınıp, (10) da verilen impedans denklemleri kullanılarak,

$$\begin{aligned}
& (s^2[M] + s[C] + [K])\{\bar{X}\} + s^2[M]\{1\}\bar{x}_0 + s^2[M]\{h\}\bar{\theta} = 0 \\
& s^2\{1\}^T[M]\{\bar{X}\} + (s^2m_T + S_{HH})\bar{x}_0 + (s^2d_T + S_{HM})\bar{\theta} = S_{HH}\bar{x}_g \\
& s^2\{h\}^T[M]\{\bar{X}\} + (s^2d_T + S_{MH})\bar{x}_0 + (s^2I_T + S_{MM})\bar{\theta} = S_{MH}\bar{x}_g
\end{aligned} \quad (11)$$

şeklinde lineer, cebrik denklem takımı elde edilmektedir. Burada, Laplace dönüşüm parametresi, $s=a+i\omega$ şeklinde olup, impedansların bu ω değerine karşılık gelen ifadeleri kullanılmaktadır. Yukarıda görülen (11) denklemleri Laplace dönüşüm uzayında sistem hareket denklem takımını oluşturmaktadır. Bu ifadeler matris notasyonunda aşağıdaki şekilde düzenlenmektedir.

$$\begin{bmatrix} (s^2[M] + s[C] + [K]) & s^2[M]\{1\} & s^2[M]\{h\} \\ s^2\{1\}^T[M] & s^2m_T + S_{HH} & s^2d_T + S_{HM} \\ s^2\{h\}^T[M] & s^2d_T + S_{MH} & s^2I_T + S_{MM} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\bar{X}\} \\ \bar{x}_0 \\ \bar{\theta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{0\} \\ S_{HH}\bar{x}_g \\ S_{MH}\bar{x}_g \end{Bmatrix} \quad (12)$$

Yukarıda görülen [C], sönüm matrisi olup bu çalışmada, sistemde viskoz sönüm olduğu kabulü yapılmaktadır. Bu nedenle, elastik - viskoelastik analogisi yardımıyla $(s[C]+[K])$ ifadesi yerine $(1+gs)[K]$ ifadesi kullanılarak, sistemdeki sönüm gözönüne alınmaktadır.

Kesme tipi binalar için [K] sistem rijitlik matrisi üçlü diyagonal formda ve [M] sistem kütle matrisi ise diyagonal formda aşağıda görüldüğü gibi elde edilmektedir.

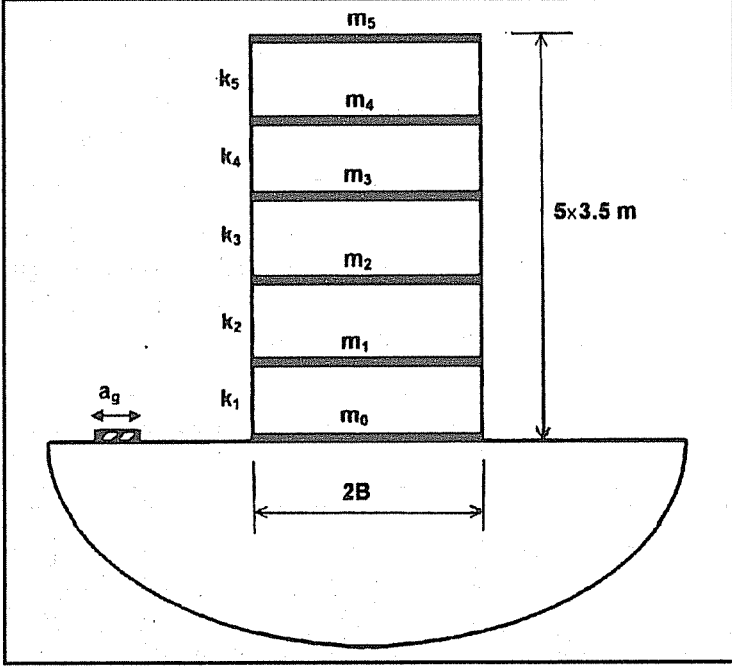
$$[M]_{(N \times N)} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & m_j & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & m_N \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$[K]_{(N \times N)} = \begin{bmatrix} (k_1 + k_2) & -k_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -k_3 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & (k_j + k_{j+1}) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & k_N \end{bmatrix} \quad (14)$$

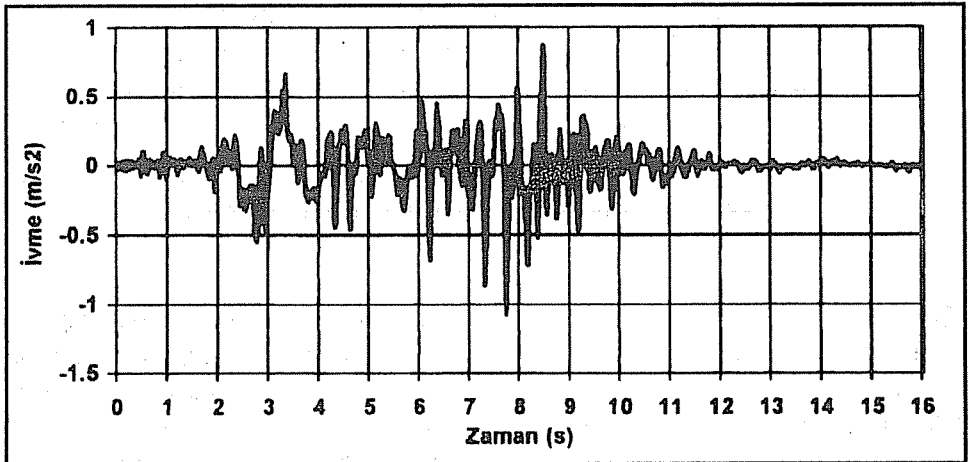
Yer hareketinin Laplace dönüşümü kullanılarak, kat deplasmanları bir dizi Laplace dönüşüm parametresi için elde edilmektedir. Daha sonra, ters dönüşüm alınarak bu büyüklüklerin zaman uzayındaki değerleri hesaplanmaktadır (1).

3. SAYISAL UYGULAMA

Aşağıda görülen, rijit kare temele oturmuş 5 katlı kesme tipi binanın, "PACOIMA" deprem kaydı etkisi altında yapı-zemin etkileşim analizi yapılmaktadır (Şekil 2). PACOIMA depremi esnasında kaydedilen ivmenin zamanla değişimi Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. 5 katlı kesme tipi bina.

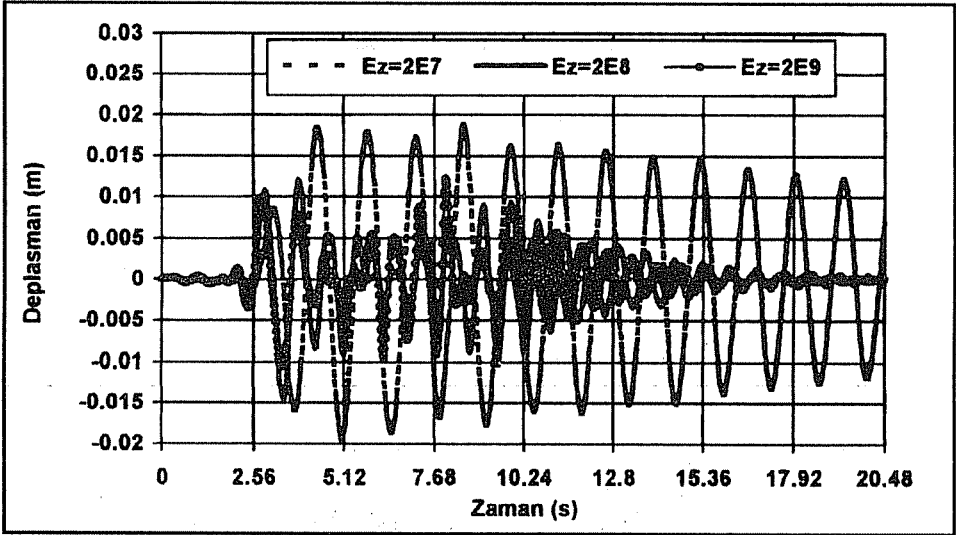


Şekil 3. PACOIMA depremi ivme kaydı.

Problemde kullanılan malzeme özellikleri aşağıda görüldüğü gibi seçilmiştir.

YAPI	TEMEL	ZEMİN
$m_j = 15000 \text{ kg}$	$B = 1.75 \text{ m}$	$\rho = 1700 \text{ kg/m}^3$
$k_j = 15000 \text{ kN/m}$	$m_0 = 30000 \text{ kg}$	$\nu = 1/3$
$I_j = 15000 \text{ kg-m}^2$	$I_0 = 30000 \text{ kg-m}^2$	$E_{z1} = 2 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
$h_j = 3.5x_j \text{ m}$		$E_{z2} = 2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
		$E_{z3} = 2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

Zemin rijitliğinin davranışı nasıl etkilediğini araştırmak için, üç değişik zemin özelliği kullanılarak 5. katın yatay deplasmanının zamanla değişimi hesaplanmıştır (Şekil 4). Çözüm yapılırken, yapıda $g=0.01$ kadar viskoz sönüm olduğu kabul edilmiştir. Zemin sertleştikçe deplasmanların küçüldüğü grafikten gözlenmektedir.



Şekil 4. Yatay deplasmanın zeminin rijitliği ile değişimi.

4. SONUÇLAR

Şekil 4'ten görüldüğü üzere, zeminin mevcudiyetinin gözönüne alınması yapının davranışını etkilemektedir. Bununla birlikte, zemin sertleştikçe kat deplasmanlarında, maksimum değerler açısından azalmalar meydana geldiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, kat kolonlarındaki kesme kuvvetlerinde de azalma olmaktadır. Bu nedenle, binaların deprem etkisi altında davranışları incelenirken, zeminin mevcudiyetinin

gözönüne alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu durumdan hareketle, çok hassas yapılarda (nükleer santraller, barajlar vb.) yapı-zemin etkileşiminin gözönüne alınarak analiz gerçekleştirilmelidir.

Ayrıca, yapı-zemin etkileşimi problemlerinde, alt yapı yönteminin, direkt metoda göre daha etkin olarak kullanılabilmesi gözlenmektedir. Şöyle ki, yapı özelliklerinin değişmesi durumunda, direkt metotta her seferinde tüm sistemin çözülmesi gerekmektedir. Diğer taraftan, alt yapı metodunda, zemin bir defa çözümlü impedans matrisi bulunduktan sonra, yapının özelliklerinin (malzeme, kat sayısı, rijitlik vb.) değişmesiyle sadece yapının analizini tekrarlamak yeterli olmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Yerli,H.R., *İki ve Üç Boyutlu Dinamik Yapı-Zemin Etkileşimi Problemlerinin Sonlu ve Sonsuz Elemanlar Kullanılarak Analizi*, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1998.
2. Gutierrez,J.A. and Chopra,A.K., *A Substructure Method for Earthquake Analysis of Structures Including Structure-Soil Interaction*. *Earthquake Engrg. Struc. Dyn.*, 6: 51-69, 1978.
3. Wu,W. and Smith,H.A., *Efficient Modal Analysis for Structures with Soil-Structure Interaction*, *Earthquake Engrg. Struc. Dyn.*, 24: 283-299, 1995.
4. Tanrıku,A.H. ve Yerli,H.R., *Deprem Etkisi Altındaki Yapılar İçin Yapı-Zemin Etkileşim Analizi*. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 10 (1-2): 51-59, 1995.



İKİ BOYUTLU YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ PROBLEMLERİNİN SONLU VE SONSUZ ELEMANLAR İLE DİNAMİK ANALİZİ

Hüseyin R. YERLİ ve Erhan KIRAL
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : İki boyutlu, düzlem elastisite veya eksenel simetrik, yapı-zemin etkileşimi problemleri, yakın bölgelerde standart sonlu ve uzak bölgelerde ise sonsuz elemanlar kullanılarak analiz edilmektedir. Harmonik ve keyfi yükleme halleri ayrı ayrı ele alınmaktadır. Harmonik yükleme halinde formülasyon kompleks uzayda, keyfi yükleme halinde ise Laplace dönüşümü uzayında yapılmaktadır. Ayrıca, sonlu-sonsuz eleman formülasyonu ile bulunan çözümlerin, literatürde mevcut sonuçlarla uyumlu oldukları gösterilmiştir.

DYNAMIC ANALYSIS OF TWO DIMENSIONAL SOIL-STRUCTURE INTERACTION PROBLEMS WITH FINITE AND INFINITE ELEMENTS

ABSTRACT : Two dimensional, plane elasticity or axially symmetric, soil-structure interaction problems are analyzed by discretizing the near field with standard finite elements and the far field with infinite elements. Harmonic and arbitrary transient loading cases are considered separately. For the case of harmonic loading, formulation is done by using complex algebra, for the case of transient loading it is performed in the Laplace transform domain. Solutions of example problems obtained by the finite and infinite element formulation are shown to be in good agreement with those available in the literature.

1. GİRİŞ

Sayısal çözüm teknikleri kullanılarak yarı sonsuz ortamların modellenmesi, dinamik yapı-zemin etkileşimi problemlerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bina, liman yapıları, barajlar ve özellikle nükleer santral temellerinin zeminle olan etkileşimleri örnek olarak verilebilir. Yarı sonsuz zemin üzerinde bulunan yapılar, trafik ve rüzgar yükleri ile yeryüzünde meydana gelen titreşim, zemin içinde yayılan çeşitli tipte dalgalar meydana getirmektedir: Yeraltı iletişim hatları, tüneller, kanalizasyonlar, hassas cihazların yerleştirildiği kanallar, nükleer artıkların depolanması gibi sebeplerle, yeraltında bazı yapılar inşa edilmektedir. Yeryüzünde oluşan titreşimden dolayı, yeraltında bulunan bu yapıların ne ölçüde etkilendiğinin hesaplanması gerekmektedir. Benzer olarak, yeraltında meydana gelen patlamalardan dolayı da yeryüzünde mevcut bulunan yapılar etkilenmektedir.

Yapı-zemin etkileşimi problemlerinde esas olarak iki bileşen bulunmaktadır. Bunlar, sonlu bir boyuta sahip olan yapı ve yarı sonsuz zemindir. Bu tip sistemler sonlu elemanlar metodu kullanılarak ele alınabilmektedir (1). Bu metodla, homojen ve/veya heterojen ortamlar ile lineer veya nonlineer problemler incelenebilmektedir. Dinamik yapı-zemin etkileşimi problemleri ele alınırken, kaynağa yakın bölgelerde sonlu elemanlar, sonsuza uzanan bölgelerde ise sonsuz elemanlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sonsuz ortamda yayılan ve sönen dalga özelliklerini içeren sonsuz elemanlar kullanılmaktadır (1,2,3). Böylece, standart sonlu eleman formülasyonu uygulanarak, sistem matrislerinin simetri ve bant tipi özellikleri korunmaktadır. Sonsuz eleman rijitlik ve kütle matrislerindeki sonsuz integraller Newton-Cotes integrasyon metodu ile hesaplanmaktadır (1).

Bu çalışmada, düzlem elastisite ve eksenel simetrik problemler ele alınmaktadır. Sisteme etkileyen yüklemeler olarak, harmonik veya zamanla değişimi keyfi olan (transient) yüklemeler durumu ayrı ayrı ele alınmaktadır. Harmonik yüklemeler için formülasyon kompleks uzayda gerçekleştirilirken, transient yüklemeler için formülasyon Laplace dönüşüm uzayında yapılmakta ve daha sonra Durbin'in sayısal ters Laplace dönüşüm yöntemiyle zaman uzayına geçilmektedir (1).

2. TRANSIENT YÜKLEME DURUMUNDA HAREKET DENKLEMİ

Burada, formülasyon düzlem elastisite hali için anlatılmaktadır. Düzlem elastisitede hareket denklemleri, elemanter bir elemana etki eden kuvvetlerin dengesinden yararlanılarak aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + f_x - \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + f_y - \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Burada, f_x ve f_y sırasıyla x ve y doğrultularındaki hacim kuvvetlerini, ρ ise malzemenin kütleli yoğunluğunu göstermektedir. Uzama oranları ile deplasmanlar arasında aşağıdaki bağıntılar mevcuttur.

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \quad (2)$$

Malzemenin lineer elastik veya viskoelastik, homojen ve izotrop olduğu kabul edilmektedir. Cismin içinde herhangi bir noktanın bünye denklemi (gerilmeler ve uzama oranları arasındaki ilişki) aşağıdaki gibidir.

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 \\ D_{21} & D_{22} & 0 \\ 0 & 0 & D_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

D_{ij} malzeme matrisinin elemanları, düzlem gerilme durumunda,

$$D_{11} = D_{22} = \frac{E}{(1-\nu^2)} \quad ; \quad D_{12} = D_{21} = \frac{\nu E}{(1-\nu^2)} \quad ; \quad D_{33} = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (4a)$$

şeklinde iken, düzlem şekil değiştirme halinde ise,

$$D_{11} = D_{22} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad ; \quad D_{12} = D_{21} = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad ; \quad D_{33} = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (4b)$$

olur. Burada, E elastisite modülünü gösterirken, ν Poisson oranını temsil etmektedir. Cismin yüzeyinde bulunan herhangi bir noktadaki sınır şartları, aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} t_x &= \sigma_x n_x + \tau_{xy} n_y \\ t_y &= \tau_{xy} n_x + \sigma_y n_y \end{aligned} \quad (5)$$

2.1. Laplace Uzayında Hareket Denkleminin İntegral Formu

Ağırlıklı artıklar yönteminde, diferansiyel denklem Ψ ağırlık fonksiyonu ile çarpılarak eleman üzerinde integralinin alınmasıyla, integral forma geçilmektedir. Bu durumda, (1) hareket denklemlerinden birincisinin Laplace dönüşümü alınarak ağırlıklı artıklar yöntemi uygulandığında,

$$W_1 = h_e \int_{A_e} \Psi_1 \left(\frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\tau}_{xy}}{\partial y} + \bar{f}_x - \rho s^2 \bar{u} \right) dA_e = 0 \quad (6)$$

elde edilir. A_e ve h_e elemanın alanını ve kalınlığını, s ise Laplace transform parametresini göstermektedir. W_1 ifadesinde, Galerkin metodu kullanılarak ağırlık fonksiyonu olarak $(\delta \bar{u})$ seçilip kısmi integrasyon uygulanırsa, (6) ifadesi,

$$\begin{aligned}
W_1 = h_c \int_{A_c} \left(-\frac{\partial(\delta\bar{u})}{\partial x} \bar{\sigma}_x - \frac{\partial(\delta\bar{u})}{\partial y} \bar{\tau}_{xy} + (\delta\bar{u}) \bar{f}_x - (\delta\bar{u}) \rho s^2 \bar{u} \right) dA_c \\
+ h_c \oint_{S_c} (\delta\bar{u}) \bar{t}_x dS_c = 0
\end{aligned} \quad (7)$$

haline dönüşür. Benzer işlemler, (1) hareket denklemlerinin ikincisi içinde yapılırsa,

$$\begin{aligned}
W_2 = h_c \int_{A_c} \left(-\frac{\partial(\delta\bar{v})}{\partial x} \bar{\tau}_{xy} - \frac{\partial(\delta\bar{v})}{\partial y} \bar{\sigma}_y + (\delta\bar{v}) \bar{f}_y - (\delta\bar{v}) \rho s^2 \bar{v} \right) dA_c \\
+ h_c \oint_{S_c} (\delta\bar{v}) \bar{t}_y dS_c = 0
\end{aligned} \quad (8)$$

eşitliği bulunur. $W=W_1+W_2$ ifadesi oluşturulup, düzenlemeler yapıldıktan sonra, Laplace dönüşüm uzayında diferansiyel denklemlerin integral formu aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
h_c \int_{A_c} \{ \delta \bar{e} \}^T \{ \bar{\sigma} \} dA_c + s^2 h_c \int_{A_c} \rho \left\{ \begin{matrix} \delta \bar{u} \\ \delta \bar{v} \end{matrix} \right\}^T \left\{ \begin{matrix} \bar{u} \\ \bar{v} \end{matrix} \right\} dA_c = \\
h_c \int_{A_c} \left\{ \begin{matrix} \delta \bar{u} \\ \delta \bar{v} \end{matrix} \right\}^T \left\{ \begin{matrix} \bar{f}_x \\ \bar{f}_y \end{matrix} \right\} dA_c + h_c \oint_{S_c} \left\{ \begin{matrix} \delta \bar{u} \\ \delta \bar{v} \end{matrix} \right\}^T \left\{ \begin{matrix} \bar{t}_x \\ \bar{t}_y \end{matrix} \right\} dS_c
\end{aligned} \quad (9)$$

(9) eşitliği Laplace dönüşüm uzayında virtüel iş ilkesini ifade etmektedir. Eşitliğin sol tarafı iç kuvvetlerin yaptığı virtüel işi, sağ tarafı ise dış kuvvetlerin yaptığı virtüel işi göstermektedir.

2.2. Sonlu Eleman Formülasyonu

Elemanın (sonlu veya sonsuz) herhangi bir noktasının deplasmanlarının birbirinden bağımsız olduğu kabul edilerek, her iki deplasman bileşeni (u , v) için interpolasyon şekil fonksiyonları kullanılarak sonlu eleman yaklaşımı yapılmaktadır.

$$\begin{aligned}
\bar{u} = \sum_{i=1}^n \bar{N}_i \bar{u}_i \\
\Rightarrow \{ \bar{u} \} = [\bar{N}] \{ \bar{u}_d \} \\
\bar{v} = \sum_{i=1}^n \bar{N}_i \bar{v}_i
\end{aligned} \quad (10)$$

Düğüm deplasmanlarının varyasyonu ise,

$$\{ \delta \bar{u} \} = [\bar{N}] \{ \delta \bar{u}_d \} \Rightarrow \{ \delta \bar{u} \}^T = \{ \delta \bar{u}_d \}^T [\bar{N}]^T \quad (11)$$

olarak bulunur. Şekil değiştirme vektörü matris notasyonunda,

$$\{\bar{\epsilon}\} = \begin{Bmatrix} \bar{\epsilon}_x \\ \bar{\epsilon}_y \\ \bar{\tau}_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{u} \\ \bar{v} \end{Bmatrix} = [L] \{\bar{u}\} \quad (12)$$

şeklindedir. (10) ifadesi (12) de yazılırsa,

$$\{\bar{\epsilon}\} = [\bar{B}] \{\bar{u}_d\} \quad [\bar{B}] = [L] [\bar{N}] \quad (13)$$

olarak şekil değiştirmeler ile düğüm deplasmanları arasındaki ilişki bulunur. (3) te görülen gerilme ifadesinde, (13) tanımı yerine yazılırsa gerilmelerin düğüm deplasmanları cinsinden ifadesi elde edilir.

$$\{\bar{\sigma}\} = [D] [\bar{B}] \{\bar{u}_d\} \quad (14)$$

Deplasman, uzama oranı ve gerilmeler için elde edilen eşitlikler, (9) denkleminde yerlerine yazıldığında,

$$\begin{aligned} & \{\delta \bar{u}_d\}^T \left(h_c \int_{A_e} [\bar{B}]^T [D] [\bar{B}] dA_e + s^2 h_c \int_{A_e} \rho [\bar{N}]^T [\bar{N}] dA_e \right) \{\bar{u}_d\} \\ & = \{\delta \bar{u}_d\}^T \left(h_c \int_{A_e} [\bar{N}]^T \begin{Bmatrix} \bar{f}_x \\ \bar{f}_y \end{Bmatrix} dA_e + h_c \oint_{S_e} [\bar{N}]^T \begin{Bmatrix} \bar{t}_x \\ \bar{t}_y \end{Bmatrix} dS_e \right) \end{aligned} \quad (15)$$

bağıntısı bulunur. (15) ten, eleman rijitlik ve kütle matrisleri ile yük vektörleri,

$$[\bar{k}] = h_c \int_{A_e} [\bar{B}]^T [D] [\bar{B}] dA_e \quad ; \quad [\bar{m}] = h_c \int_{A_e} \rho [\bar{N}]^T [\bar{N}] dA_e \quad (16a)$$

$$\{\bar{f}\} = h_c \int_{A_e} [\bar{N}]^T \begin{Bmatrix} \bar{f}_x \\ \bar{f}_y \end{Bmatrix} dA_e \quad ; \quad \{\bar{t}\} = h_c \oint_{S_e} [\bar{N}]^T \begin{Bmatrix} \bar{t}_x \\ \bar{t}_y \end{Bmatrix} dS_e \quad (16b)$$

olarak tariflenmektedir. Buna göre,

$$\left([\bar{k}] + s^2 [\bar{m}] \right) \{\bar{u}_d\} = \{\bar{f}\} + \{\bar{t}\} \quad (17)$$

şeklinde, Laplace dönüşüm uzayında eleman hareket denklemi elde edilir. Benzer işlemler tüm elemanlar için yapıлып uygun bir şekilde birleştirildikten sonra (kodlama tekniği veya benzeri bir metodla) sistem hareket denklemi elde edilir.

$$([\bar{K}] + s^2[\bar{M}]) \{\bar{U}_d\} = \{\bar{P}\} \quad (18)$$

Burada, $[\bar{K}]$ ve $[\bar{M}]$ sırasıyla sistem rijitlik ve kütle matrislerini, $\{\bar{U}_d\}$ ve $\{\bar{P}\}$ ise sırasıyla sistem deplasman ve yük vektörlerini temsil etmektedir.

3. HARMONİK YÜKLEME DURUMUNDA HAREKET DENKLEMİ

Harmonik yükleme durumunda formülasyonun tamamı kompleks uzayda yapılmaktadır. Yapı dinamiğinden bilindiği üzere, sönümün ihmal edildiği durumlarda sistem hareket denklemi aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$[M]\{\ddot{U}\} + [K]\{U\} = \{F(t)\} \quad (19)$$

Harmonik yükleme durumunda, sistem yük vektörü,

$$\{F(t)\} = \{F_0\} e^{i\omega t} \quad (20)$$

formundadır. Burada, $\{F_0\}$ harmonik yüklemenin genlik vektörünü, ω yüklemenin frekansını ve i ise kompleks sayıyı ($\sqrt{-1}$) göstermektedir. Bununla birlikte, sisteme ait deplasmanların çözümünde aynı frekansla harmonik olduğu kabul edildiğinden,

$$\{U\} = \{U_0\} e^{i\omega t} \quad (21)$$

şeklinde yazılmaktadır. $\{U_0\}$ deplasman genlik vektörüdür. Sistemde sönüm (histeretik sönüm) varsa, elastik-viskoelastik analogisi ile (20) ve (21) kullanılarak,

$$((1 + 2iz)[K] - \omega^2[M])\{U_0\} = \{F_0\} \quad (22)$$

şeklinde, harmonik yükleme durumu için sistem hareket denklemi elde edilir. Görüldüğü gibi sistem denklemi diferansiyel denklem takımı yerine; lineer, cebrik denklem takımına dönüşmektedir. Burada, z histeretik sönüm oranını temsil etmektedir.

4. SONLU VE SONSUZ ELEMANLAR

Bu çalışmada iki boyutlu yapı-zemin sistemleri incelenirken, yakın bölgelerin modellenmesinde, standart 8 düğümlü, izoparametrik, kuadratik sonlu eleman kullanılmaktadır (1). Uzak bölgeler ise sonsuz elemanlar ile modellenmektedir. Sonsuz elemanların formülasyonu, harmonik yükleme durumu için kompleks uzayda yapılırken, transient yükleme için ise Laplace dönüşüm uzayında yapılmaktadır.

4.1. Harmonik Sonsuz Eleman

Harmonik yükleme durumunda kaynaktan uzak bölgeler, 5 düğümlü ve azalan fonksiyonlu sonsuz elemanlar ile modellenmektedir (Şekil 1). Şekildende görüldüğü gibi bu elemanda bir doğrultu sonsuza giderken (ξ -yönü, $0 \leq \xi \leq \infty$), diğer doğrultu

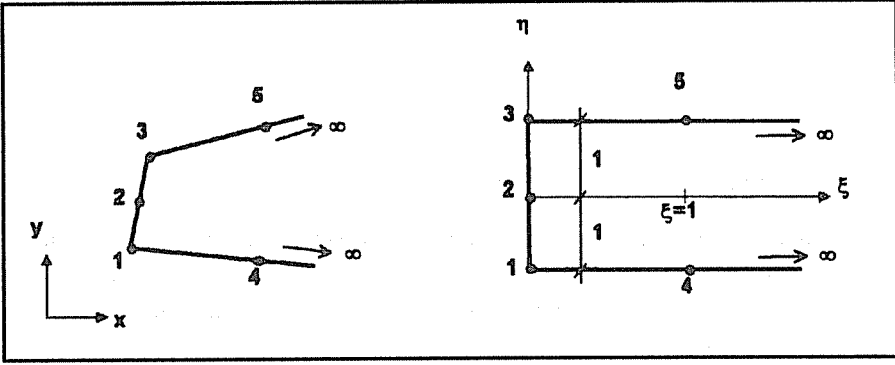
sonlu bir boyuta sahiptir (η -yönü, $-1 \leq \eta \leq +1$). Gerçek eleman ile referans elemanı arasında geometrik dönüşüm,

$$x = \sum_{i=1}^5 M_i x_i \quad y = \sum_{i=1}^5 M_i y_i \quad (23)$$

ile tarif edilmekte ve M_i geometrik şekil fonksiyonları,

$$\begin{aligned} M_1 &= \frac{1}{2}(1-\xi)(1-\eta) \quad ; \quad M_2 = 0 \quad ; \quad M_3 = \frac{1}{2}(1-\xi)(1+\eta) \\ M_4 &= \frac{1}{2}\xi(1-\eta) \quad ; \quad M_5 = \frac{1}{2}\xi(1+\eta) \end{aligned} \quad (24)$$

olarak verilmektedir (3).



Şekil 1.5 5 düğümlü sonsuz eleman.

Şekilde görülen sonsuz elemanın herhangi bir noktasındaki deplasmanlar,

$$u = \sum_{i=1}^3 N_i u_i \quad v = \sum_{i=1}^3 N_i v_i \quad (25)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Burada kullanılan interpolasyon şekil fonksiyonları,

$$\begin{aligned} N_1(\xi, \eta, \omega) &= P(\xi, \omega) \left[\frac{1}{2} \eta (\eta - 1) \right] \\ N_2(\xi, \eta, \omega) &= P(\xi, \omega) [1 - \eta^2] \\ N_3(\xi, \eta, \omega) &= P(\xi, \omega) \left[\frac{1}{2} \eta (\eta + 1) \right] \end{aligned} \quad (26)$$

olarak alınmaktadır. (26)'da görülen $P(\xi, \omega)$ ifadesi, deplasman yayılma fonksiyonu olarak adlandırılmakta ve ξ -doğrultusunda sonsuza uzanan bir elemanda aşağıdaki formda seçilmektedir.

$$P(\xi, \omega) = e^{-(\alpha+i\beta)\xi} \quad \beta = \frac{\omega}{c} L \quad (27)$$

Burada, α , β ve c sırasıyla deplasman genlik azaltma parametresi, dalga sayısı ve dalga hızını (c_p , c_s veya c_R) temsil etmektedir. L ise karakteristik boy olup, sonsuz elemanın sonsuza uzanan kenarında bulunan düğümler arasındaki mesafedir. Sonsuz elemana ait eleman rijitlik ve kütle matrisleri, (16a)'da verildiği formdadır. Bu durumda, düzlem elastisite problemleri için eleman matrisleri,

$$[k]_{(6 \times 6)} = h_c \int_{-1}^{+1} \int_0^{\infty} [B] [D] [B]^T |J| d\xi d\eta \quad (28a)$$

$$[m]_{(6 \times 6)} = h_c \int_{-1}^{+1} \int_0^{\infty} \rho [N] [N]^T |J| d\xi d\eta$$

şeklinde elde edilirken, aksinel simetrik problemler için,

$$[k]_{(6 \times 6)} = 2\pi \int_{-1}^{+1} \int_0^{\infty} [B] [D] [B]^T r |J| d\xi d\eta \quad (28b)$$

$$[m]_{(6 \times 6)} = 2\pi \int_{-1}^{+1} \int_0^{\infty} \rho [N] [N]^T r |J| d\xi d\eta$$

şeklinde bulunmaktadır. Burada, $|J|$ Jacobian matrisinin determinantıdır. (28a) ve (28b)'de görülen sonsuz eleman matrislerinin sayısal hesabı için, sonlu yönde Gauss-Legendre integrasyon yöntemi, sonsuz yönde ise Newton-Cotes integrasyon yöntemi kullanılmaktadır (1).

4.2. Transient Sonsuz Eleman

Keyfi yükleme durumu için de, Şekil 1'de görülen sonsuz eleman modeli kullanılmaktadır. Gerçek eleman ile referans elemanı arasındaki geometrik dönüşüm için yine (23) bağıntısı ve (24) geometrik şekil fonksiyonları kullanılmaktadır. Keyfi yükleme durumunda hareket denklemleri Laplace dönüşüm uzayında elde edildiğinden, sonsuz elemanların deplasman yaklaşımında Laplace dönüşüm uzayında,

$$\bar{u} = \sum_{i=1}^3 \bar{N}_i \bar{u}_i \quad \bar{v} = \sum_{i=1}^3 \bar{N}_i \bar{v}_i \quad (29)$$

şeklinde seçilmektedir. Burada kullanılan interpolasyon şekil fonksiyonları,

$$\begin{aligned} \bar{N}_1(\xi, \eta, s) &= \bar{P}(\xi, s) \left[\frac{1}{2} \eta(\eta - 1) \right] \\ \bar{N}_2(\xi, \eta, s) &= \bar{P}(\xi, s) [1 - \eta^2] \\ \bar{N}_3(\xi, \eta, s) &= \bar{P}(\xi, s) \left[\frac{1}{2} \eta(\eta + 1) \right] \end{aligned} \quad (30)$$

olarak alınmaktadır (1). $\bar{P}(\xi, s)$ Laplace dönüşüm uzayında deplasman yayılma fonksiyonu olup, harmonik sonsuz eleman modeli baz alınarak, aşağıdaki formda olduğu kabul edilmiştir.

$$\bar{P}(\xi, s) = e^{-(\alpha+\beta)\xi} \quad \beta = \frac{s}{c} \quad (31)$$

Seçilen bu tipteki şekil fonksiyonları kullanılarak eleman rijitlik ve kütle matrisleri, düzlem elastisite halinde (28a) ve aksel simetrik durumda (28b) bağıntılarında verildiği gibi elde edilmektedir. Sonsuz elemana ait rijitlik ve kütle matrisleri yine sayısal olarak, sonlu yönde Gauss-Legendre, sonsuz yönde ise Newton-Cotes integrasyon metodu ile hesaplanmaktadır (1).

5. SAYISAL UYGULAMALAR

Burada, formülasyonu yukarıda anlatılan sonsuz eleman modellerinin kontrolünün yapılması amacıyla, birer adet harmonik ve keyfi yükleme problemi ele alınmaktadır. Eleman matrislerinin hesabında, sonlu integraller için 3 noktalı Gauss-Legendre, sonsuz integraller için ise 12 noktalı Newton-Cotes integrasyon yöntemleri kullanılmaktadır (1).

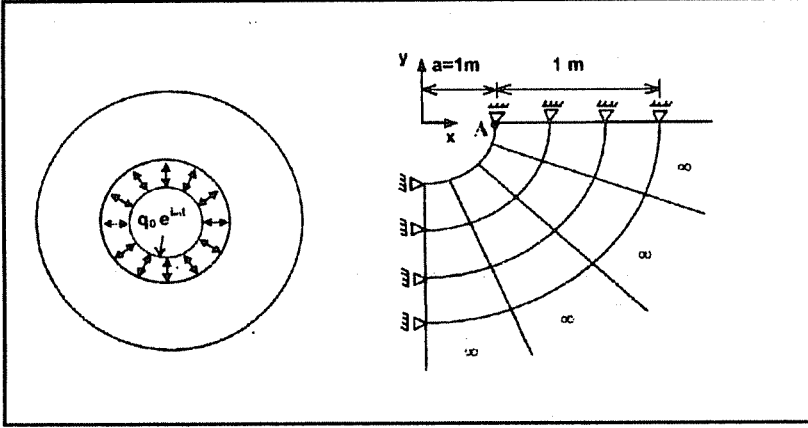
5.1. Harmonik İç Basınca Maruz Küresel Oyuk

Bu problemde, elastik sonsuz ortamda küresel bir oyuk içindeki patlamadan dolayı, oyuk yüzeyinde bir noktanın radyal doğrultudaki deplasman (kompleyans) değerleri aranmaktadır. Ortamın ve yüklemenin özelliği nedeniyle bu problem aksel simetrik olarak ele alınabilmektedir. Zemine ait malzeme özellikleri, $E=2 \times 10^{10}$ N/m², $\nu=0$ ve $\rho=2000$ kg/m³ olarak seçilmektedir. Probleme ait yükleme ile sonlu-sonsuz eleman ağı aşağıda verilmektedir (Şekil 2). Radyal doğrultudaki kompleyansın (A noktasındaki deplasmanın genliği) analitik ifadesi,

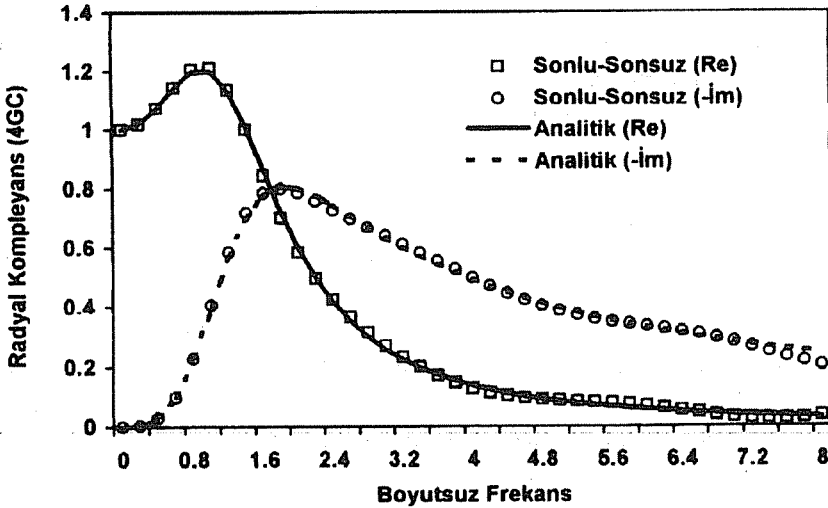
$$C = \frac{a}{G} \frac{(1 + ia_0)}{\left(4 + 4ia_0 + \frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}(ia_0)^2\right)} ; \quad a_0 = \frac{\omega a}{c_p} \quad (32)$$

bağıntısı ile verilmektedir (4). Burada, a_0 boyutsuz frekansı ve a ise küresel oyuğun yarıçapını göstermektedir.

Sonlu-sonsuz eleman modeli ile bulunan sonuçlarla, analitik sonuçlar Şekil 3'te verilmektedir. Sonlu-sonsuz eleman modeli ile elde edilen sonuçlarla, analitik ifadede bulunan sonuçların birbirine yakın oldukları görülmektedir.



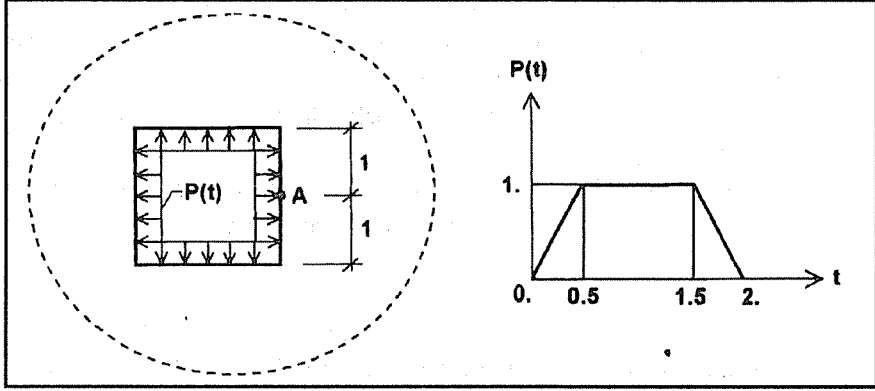
Şekil 2. İçerisinde küresel oyuk bulunan sonsuz zemin.



Şekil 3. Radyal komplemansın boyutsuz frekansla değişimi.

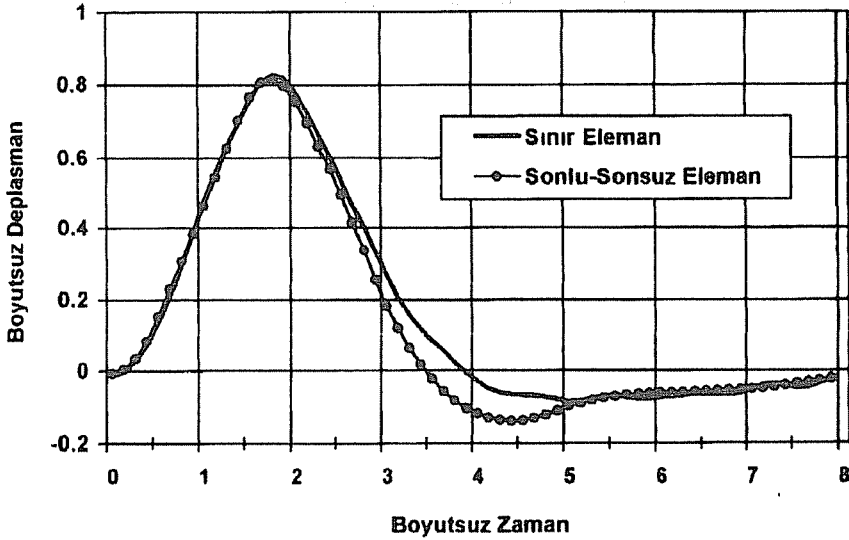
5.2. Ortasında Kare Delik Bulunan Sonsuz Levha

Elastik sonsuz bir levha içinde bulunan kare şeklindeki delik, Şekil 4'te görüldüğü gibi bir yükleme etkisindedir. Bu uygulama, geometrisi ve yüklemesinden dolayı bir düzlem gerilme problemi olup, boyutsuz büyüklükler kullanılarak ele alınmaktadır. Boyutsuz malzeme özellikleri, $\bar{E} = 2.5$, $\nu = 0.25$, $\bar{\rho} = 1$ ve $\bar{t} = 1$ olarak seçilmiştir. İki eksene göre simetri nedeniyle, dörtte bir bölge gözönüne alınıp, 95 elemandan oluşan ağ (75 sonlu, 20 sonsuz eleman) üzerinde çözüm yapılmıştır. Ayrıca, azaltma parametresi $\alpha=0.69$ olarak seçilmiştir.



Şekil 4. Ortasında kare delik bulunan sonsuz levha.

Burada, A noktasının yatay deplasmanının zamanla değişimi aranmaktadır. Bu problem ayrıca, sınır eleman metodu ile, kare delik çevresi 36 sınır elemanına bölünerek çözülmüştür (5). Sonlu-sonsuz eleman modeliyle bulunan sonuçların, sınır eleman metodu ile bulunanlarla uyumlu olduğu da gözlenmektedir.



Şekil 5. A noktasındaki yatay deplasmanın zamanla değişimi.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, formülasyonu anlatılan sonsuz elemanların kontrolü için ele alınan problemlerden, sonlu-sonsuz eleman modelinin güvenle kullanılabileceği

görülmektedir. Harmonik yükleme probleminin sonuçları karşılaştırılacak olursa, Şekil 3'ten görüldüğü gibi analitik komplekans değerleri ile sonlu-sonsuz eleman modeliyle bulunan komplekanslar çok yakın çıkmıştır. Keyfi yükleme problemi karşılaştırıldığında ise, sınır eleman metodu sonuçları ile transient sonsuz elemanlarla bulunan sonuçlar oldukça yakındır.

Buradan, iki boyutlu dinamik yapı-zemin etkileşimi problemlerinde, sonlu ve sonsuz elemanların güvenilir bir şekilde kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Yerli,H.R., *İki ve Üç Boyutlu Dinamik Yapı-Zemin Etkileşimi Problemlerinin Sonlu ve Sonsuz Elemanlar Kullanılarak Analizi. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1998.*
2. Bettess,P., *Infinite Elements. Int. J. Num. Meth. Engrg., 11: 53-64, 1977.*
3. Chuhan,Z. and Chongbin,Z., *Coupling Method of Finite and Infinite Elements for Strip Foundation Wave Problems. Earthquake Engrg. Struc. Dyn., 15: 839-851, 1987.*
4. Wolf,J.P., *Soil-Structure Interaction Analysis in Time Domain. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 446s., 1988.*
5. Mengi,Y., Tanrıkulu,A.H. and Tanrıkulu,A.K., *Boundary Element Method for Elastic Media - An Introduction. ODTÜ Basım İşliğı, Ankara, 130s., 1994.*

**STATISTICAL ANALYSIS AND DATA MODELLING
FOR LABORATORY RESEARCHERS****C.Duran ATIŞ***Ç.Ü.,Civil Engineering Department, Adana / Türkiye*

ABSTRACT : *In this paper, a computer program is presented. The program is written for the purpose of statistical analysis and mainly for data modelling. Present computer program fits a given function or model to a given data set obtained from experimental work. It also determines the correlation coefficient of function fitted and it test goodness of fit by several test method such as t test, F test, and some non-parametric correlation methods. The program is coded in Mathematica Language and assumes that given model-function is a non-linear function. It fits the given function by using the least square method, therefore, the equation system obtained as a result of the least square method are also assumed to be non-linear which is dependent on given model-function and they would be solved using Newton-Rapson iterative non-linear equation solution method. Multiple regression analysis and non-linear curve fitting which are important for the laboratory researchers in terms of establishing a relation between certain parameters can be carried out using present computer program.*

**LABORATUVARDA ÇALIŞAN ARAŞTIRMACILAR İÇİN İSTATİSTİKSEL
VERİ ANALİZİ VE MODELLEME**

ÖZET : *Bu makalede istatistiksel data analizi ve veri modelleme amacı için Mathematica dilinde hazırlanmış bir bilgisayar programı tanıtılmaktadır. Yazılan bu program araştırma veya laboratuvar çalışması sonucu elde edilen bir veri takımına kullanıcı tarafından tanımlanan bir fonksiyon ya da modeli oturtmaktadır. Ayrıca program, bulunan fonksiyon ile elde mevcut olan veri takımı arasındaki korelasyon*

katsayısını hesaplamakta ve bulunan bu ilişkinin güvenilirliğini *t* testi, *F* testi, ve bazı parametrik olmayan korelasyon metodları ile test etmektedir. Mathematica dilinde yazılmış olan bu program kullanıcı tarafından verilen model fonksiyonunun non-linear olduğu kabulü ile genel olarak yazılmıştır. Program veri takımı üzerine oturtulacak model-fonksiyonunu en küçük kareler metodunu kullanarak hesaplamaktadır. Fonksiyonun non-linear kabulünden dolayı ve en küçük kareler metodunun sonucu olarak elde edilen denklem takımı da non-linear kabul edilmesi gerektiğinden çözümünde Newton-Rapson iterative non-linear denklem çözme metodu kullanılmaktadır. Belli parametreler arasında ilişki kurabilmek açısından laboratuvar çalışanları için önem taşıyan çoklu regresyon analizi veya linear olmayan eğri oturtma, burada verilen bilgisayar programı ile gerçekleştirilebilir.

1. INTRODUCTION

In civil engineering material unit, as far as author is concerned, almost all researchers are occupied with mix design, testing material and so on. Unfortunately, they have not got any interest with the fundamentals of analysis of data since they have got a lot to do in laboratory. Those who forgot the significance of how to analyse the data obtained as a result of their laboratory work, rely on computers since very sophisticated computer program packages are released by many of software producers (1,2).

It is the scope of this paper that, to remind the researchers to combine the basic knowledge of some fundamentals of statistical science and mathematics as well as numerical techniques which are already existed in their database of mind.

2. THE LEAST SQUARES METHOD

Let us consider a system of data set obtained from experimental work are given below in the matrix form.

Data No.	U	X1	X2	X3	Xm
1	U_1	$X1_1$	$X2_1$	$X3_1$	Xm_1
2	U_2	$X1_2$	$X2_2$	$X3_2$	Xm_2
3	U_3	$X1_3$	$X2_3$	$X3_3$	Xm_3
n	U_n	$X1_n$	$X2_n$	$X3_n$	Xm_n

$X1, X2, X3, \dots, Xm$ are the independent variables or factors that will influence the U which is assumed to be a result of laboratory measurement. For example, in civil engineering material unit, $X1, X2, X3, \dots, Xm$ can be time, temperature, relative humidity, water/cement ratio etc., and U can be compressive strength, flexural strength, porosity, permeability or degree of hydration etc.

It is required to fit a model to given data. It has to be highlighted that by the term model used here is that a function would be fitted to the existed data. Model-function can be written in compact form as below and it is dependent on given independent variables as well as unknown parameters which are required to find.

$$U_c = F(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}, X_1, X_2, X_3, \dots, X_m)$$

Here only unknown parameters are a_j , because X 's are known from experimental work. When the given model is evaluated at any point (say i_{th}) for $X_{1i}, X_{2i}, X_{3i}, \dots, X_{mi}$ which are known from data set then U_{ci} will be obtained from given model. Let's go back to data point at which the U_c is evaluated, has the measured result which is U_i . In theory, when the given model is exact function which governs the phenomenon then the difference between this two values must be zero. In practice, it is difficult to know the governing equation of the phenomenon, consequently given model is usually an approximation and valid in the given interval of measured data. Therefore, the difference between these two values would not be zero, which means error. In this stage, it has to be highlighted that there is not one data point, there are n data measured, therefore one error at one point, hence the total error is defined. It is desired that the total error should be minimum, however, it is known that error is a difference between two values thus it can be negative value which will influence the total error. Here, the least squares method suggest that not the total error be minimum but the total of squares of error which will provide always-positive value.

When the least square method (LSM) applied for the given model. It could be written as below;

$$\sum_{i=1}^n (U_{ci} - U_i) = \min$$

Its derivatives have to be zero with respect to its unknown parameters which are a_j .

$$\frac{\partial \left\langle \sum_{i=1}^n (U_{ci} - U_i) \right\rangle}{\partial a_j} = 0 \quad (j = 1, 2, 3, \dots, N_{\text{coef}})$$

This expression yield N_{coef} equation and it depends on the given function whether the equation system non-linear or linear. The equations system can be written in implicit form as in the following.

$$\sum_{i=1}^n (U_{ci} - U_i) \cdot \frac{\partial \sum_{i=1}^n U_{ci}}{\partial a_1} = F_1(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (U_{c_i} - U_i) \cdot \frac{\partial \sum_{i=1}^n U_{c_i}}{\partial a_2} = F_2 (a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (U_{c_i} - U_i) \cdot \frac{\partial \sum_{i=1}^n U_{c_i}}{\partial a_3} = F_3 (a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (U_{c_i} - U_i) \cdot \frac{\partial \sum_{i=1}^n U_{c_i}}{\partial a_{N_{\text{coef}}}} = F_{N_{\text{coef}}} (a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

3. NEWTON-RAPSON NON-LINEAR EQUATION SOLUTION SYSTEM

Under this topic, one of non-linear equation system solutions technique is discussed rather than linear equation solution because it covers linear equation solution in itself. Let us consider a system of Non-linear equation system (NLE) given below which is written in the same form of equation obtained from LSM therefore linking would be easier;

$$F_1(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

$$F_2(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

$$F_3(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

$$F_{N_{\text{coef}}}(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{N_{\text{coef}}}) = 0$$

In compact form (matrix form) this equation system would be;

$$\underline{F}(\underline{a}) = \underline{0}; \quad () \text{ indicates matrix or vector.}$$

The root or solution of equation has the form;

$$\underline{r} = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_{N_{\text{coef}}}) \text{ which satisfies equation.}$$

Let $\underline{a}_0 = (a_{10}, a_{20}, a_{30}, \dots, a_{N_{\text{coef}}0})$ be an initial approximation to \underline{r} .

Let $\underline{h} = (h_1, h_2, h_3, \dots, h_{N_{\text{coef}}})$ be a correction to \underline{r} so that;

$$\underline{r} = \underline{a}_0 + \underline{h}$$

when \underline{r} is substituted into the $\underline{F}(\underline{a}) = \underline{0}$

$$\underline{F}(\underline{r}) = \underline{F}(\underline{a}_0 + \underline{h}) = \underline{0}$$

when the Taylor's expansion of $\underline{F}(\underline{a}_0 + \underline{h})$ about \underline{a}_0 is written;

$$\underline{F}(\underline{r}) = \underline{F}(\underline{a}_0 + \underline{h}) = \underline{F}(\underline{a}_0) + \frac{\partial \underline{F}}{\partial \underline{a}}(\underline{a}_0) \cdot \underline{h} + \dots + \text{HOT} = \underline{0}$$

The HOT is high order term that includes high order derivatives of given function and correction of \underline{h} . Here the hot term is ignored.

\underline{A} is the Jacobean matrix which is defined as below;

$$\underline{A}_{ij} = \frac{\partial F_i}{\partial a_j}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, \text{Ncoef}; j = 1, 2, 3, \dots, \text{Ncoef})$$

in implicit form matrix A can be shown as follows

$$\underline{A} = \begin{vmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial a_{\text{Ncoef}}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_{\text{Ncoef}}}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial F_{\text{Ncoef}}}{\partial a_{\text{Ncoef}}} \end{vmatrix}$$

When the value of the Jacobean matrix at $\underline{a}=\underline{a}_0$ is calculated numerically which will be called \underline{A}_0 shown below;

$\underline{A}_0 = \underline{A}(\underline{a}=\underline{a}_0)$ therefore,

$$\underline{E}_0 + \underline{A}_0 \times \underline{h} = \underline{0} \quad \text{or} \quad \underline{A}_0 \times \underline{h} = -\underline{E}_0 \tag{1}$$

where

\underline{E}_0 is a vector which contains the value of given equation system at $\underline{a}=\underline{a}_0$

\underline{A}_0 is a matrix which contains the value of Jacobean matrix A at $\underline{a}=\underline{a}_0$

\underline{h} is the correction value of root or solution which will be calculated.

The linear equation system found (1) can be solved by using any method such as Gaussian elimination or LU decomposition (Press et. al., 1992) and so on therefore \underline{h} is determined. The \underline{h} is then added to first approximation of \underline{r} which, therefore, will be;

$\underline{r} = \underline{a}_0 + \underline{h} = \underline{a}_1$	This will be assumed next approximation to \underline{r} .
$\underline{a}_2 = \underline{a}_1 + \underline{h}_1$	next approximation, \underline{h}_1 will be calculated from $\underline{A}_1 \times \underline{h}_1 = -\underline{E}_1$,
$\underline{a}_3 = \underline{a}_2 + \underline{h}_2$	next approximation, \underline{h}_2 will be calculated from $\underline{A}_2 \times \underline{h}_2 = -\underline{E}_2$,
$\underline{a}_{i+1} = \underline{a}_i + \underline{h}_i$	next approximation, \underline{h}_i will be calculated from $\underline{A}_i \times \underline{h}_i = -\underline{E}_i$

This process will be done until satisfactory result of \underline{r} is obtained.

Newton-Rapson method can be applied to the equations which are obtained by least squares method for a given model. Therefore, the unknown coefficient of function could be solved.

4. CORRELATION COEFFICIENT

where;

\bar{Y} = Average of total Y,

$Y - \bar{Y}$ = Variation

$Y - Y_c$ = Unexplained Variation

$Y_c - \bar{Y}$ = Explained Variation

Explained sum of squares = $\sum (Y_c - \bar{Y})^2$

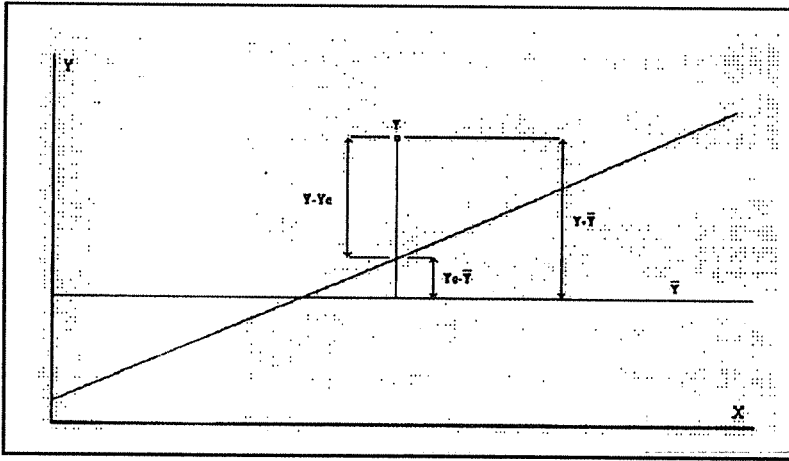


Figure 1. Partitioning the total error at a point

Total sum of squares = $\Sigma(Y-\bar{Y})^2$

Correlation coefficient (r^2) is defined as the ratio of explained sum of squares to total sum of squares (3). Therefore (r^2) would be as below;

$$r^2 = \frac{\Sigma(Y_c - \bar{Y})^2}{\Sigma(Y - \bar{Y})^2}$$

Correlation coefficient (r^2) can be written in another form as given below (3).

$$r^2 = 1 - \frac{\Sigma(Y - Y_c)^2}{\Sigma(Y - \bar{Y})^2}$$

When the sample size is small, r^2 computed in the manner described above leads to be positively biased. To correct for this bias, computed correlation coefficient divided by the appropriate degrees of freedom which is defined below.

$$r^2 = 1 - \frac{\Sigma(Y - Y_c)^2 / (n - N_{coef})}{\Sigma(Y - \bar{Y})^2 / (n - 1)}$$

5. TESTING GOODNESS OF FITTING

Testing the goodness of fitting can be done in several different ways such as student's t test, F test, Kendal's tau and Spearman non-parametric correlation method. Although these methods are included in computer program, here only the description of student's t and F test are given. Details can be found in the numerical Recipes (4).

F test and student's t are given as below;

$$F = \frac{\text{Total Explained Variance} \times \mu}{\text{Total Unexplained Variance} \times \eta}$$

$$t = \sqrt{\frac{\mu \times r^2}{1 + r^2}}$$

$$CLF = (1 - \text{Beta}(z, \mu/2, \eta/2)) \times 100$$

$$CLt = (1 - \text{Beta}(p, \mu/2, 1/2)) \times 100$$

where;

CLF is Confidence level of F test,

CLt is Confidence level of t test,

z and p are given as below (4).

$$z = \mu / (\mu + \eta F)$$

$$p = \mu / (\mu + t^2),$$

$\eta = (N_{\text{coef}} - 1)$ and $\mu = (N_{\text{data}} - N_{\text{coef}})$ are defined as degrees of freedom (3).

Beta is incomplete beta function. Formulation and programming of Kendal's tau is well established in Numerical Recipes (4). Formulation of Spearman rank order correlation is well defined and explained in Yamane's (5) book.

6. COMPUTER PROGRAM CODED BY MATHAMETICA LANGUAGE

A computer program which is based on least squares method to fit a given model to a given data is coded in Mathematica language for the educational purpose of civil engineering material unit. In this program given model is assumed to be non-linear, therefore given model can be chosen as any function. It is attempted to make the program more general, theoretically, there is no limitation for the number of variables and number of coefficient and number of data as long as given model is sensible and other numbers are provided. It can be seen from the Newton-Rapson solution method that an accuracy limitation user supplied is needed therefore solution will stop when it reaches this accuracy.

Working precision, accuracy, number of data, number of coefficient, number of variables or factors can be given as in the following example. U or the measurement or dependent variable can be given in any column of data matrix and its column number should be provided in a variable.

Computer program is given in Appendix 2. It is described in Appendix 1 what to do when data file is prepared. Data file preparation is explained in the following examples.

7. EXAMPLES

Here a few examples are given. With first and second examples, it is attempted to introduce to the reader how to make their data to be recognised by the computer

program. Third example is taken from the literature.

Data file has to be prepared in ASCII code (as text file), on top of the data file <<newdev.m has to be written, because when data file is called by Mathematica, this line calls the main program which will make all the determination. In the other lines, working precision, accuracy, number of data, number of variables, number of coefficient, number of column in which U will be given, and data matrix should be provided. After data matrix, the model or function to be fitted to data set shall be given and initial approximation to unknown coefficient of model shall be provided. Therefore, computer program shall be called and process would start, program itself first controls the data whether be provided properly and whether be suitable its format if so it proceeds. If data set is not given in appropriate form then program will report the data set is not given adequately and it stops, otherwise it will continue and results will be displayed on screen.

Introductory example

For the recognition of program, the data matrix in which independent variables and dependent variable are given as columns should be coded as given in general example in the following. Let's consider that there are one dependent (U) and Xm independent variables, this data matrix would be as follows,

$$\begin{aligned}
 \text{Udata} = \{ & \{X1_1, & X2_1, & X3_1, & XM_1, & U_1\}, \\
 & \{X1_2, & X2_2, & X3_2, & XM_2, & U_2\}, \\
 & \{X1_3, & X2_3, & X3_3, & XM_3, & U_3\}, \\
 & \{ . & . & . & . & . \}, \\
 & \{ . & . & . & . & . \}, \\
 & \{X1_{Ndata}, & X2_{Ndata}, & X3_{Ndata}, & XM_{Ndata}, & U_{Ndata}\}
 \end{aligned}$$

Although for the given example the dependent variable (U) is given in the last column of data matrix, this is not obligatory therefore, it can be given any column of data matrix as long as column number is provided so that computer program can discriminate the dependent variable from independent variable.

When a data matrix is provided as above and it is desired to fit a model which could be as given in the following,

$$U = a_1 + a_2x_1 + a_3x_1^2 + a_4\sqrt{x_2}$$

This function has to be written in such a manner so that computer program recognize it and cater. For the given example above it can be written as below in mathematica language, unknown coefficient (ai) of model can be symbolised as a[i] for mathematica format and the variables of Xi can be symbolised as x[i].

$$U = a[1] + a[2] * x[1] + a[3] * x[1]^2 + a[4] * \text{Sqrt}[x[2]]$$

It should be highlighted that given model is mainly dependent on user, user should supply this model according to work which is under investigation.

When data matrix is supplied and the decision on the model is made, there will be some more information should be provided so that programme can run without trouble. Those information are desired accuracy to stop iteration, number of data, number of variables, number of unknown coefficient in the model, number of column of data matrix in which dependent is given and maximum number of iteration. Initial approximation of unknown coefficient a(i) should be provided in different variables. All this information, data matrix, model function and some obligatory information explained in appendices are written in a data file and send to the process. Those informations would be sent to process as below,

[Datamodelling accuracy, number of data, number of coefficient, number of variables, Number of column in which U is given, Data Matrix, Model Function, name of variables, name of coefficients, initial approximation to unknown coefficient, number of iteration]

The name of variables is dependent on user as long as they are provided and not confused, it is suggested for the user using the symbol in given examples below would be easier to get used to.

Example.1

With this example a data set is given in the following;

Data No	F	X1
1	0.0000	0
2	0.3112	1
3	0.4885	3
4	0.6078	7
5	0.8146	28
6	0.9610	90
7	1.0000	180

U is considered normalised compressive strength by 6 months value which is 62.85 MPa and X1 is indicates corresponding ages for each normalised compressive strength. It is desired that a function given below be fitted to this data set.

$$F = \frac{X1}{a_1 + a_2 \cdot X1}$$

Therefore unknown coefficient ai should be determined.

To solve this problem, data file can be prepared in the following form.

```
<<newdev.m
accuracy= 0.00000001; Ndata=7; Ncoef=2; Nvar=1; Nuz=2; nstep=25;
UData= {{0, 0.0000}, {1, 0.3112}, {3, 0.4885}, {7, 0.6078},
        {28, 0.8146}, {90, 0.9610}, {180,1.0000}}
Clear [ a,x ]
Shf= x[1]/(a[1]+a[2]*x[1])
ab[1]=0.1; ab[2]=0.1;
DataModelling[accuracy,Ndata,Ncoef,Nvar,Nuz,UData,Shf,x,a,ab,nstep]
```

When the data file prepared is processed by Mathematica the result will be appeared on screen of PC.

This data file is processed by author and summary of main result is given in the following.

a[1]=3.20603 and a[2]=1.03239 are determined.

$$F = \frac{X1}{3.20603 + 1.03239.X1}$$

Correlation coefficient (r^2) is 0.97
 Student's t is 1.571, significance of student's t is 79.16%,
 F is 257.6, significance of F is 99.99%,
 Significance of Kendal's Tau is 99.84%,
 Significance of Spearman non-parametric correlation is 99.99.

Graph of this solved program with the data is given in the following;

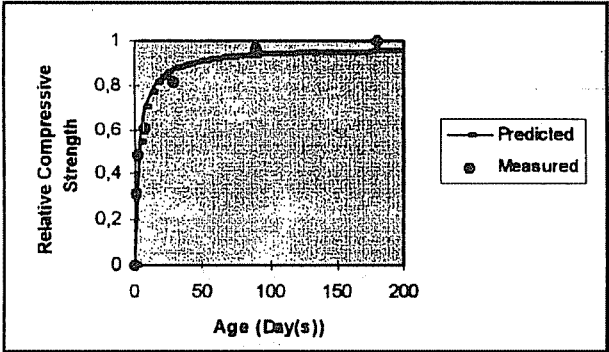


Figure 2. Fitted hyperbolic function and Data set

Example.2

This second example which is a multiple regression analysis is taken from Hughes and Grawoig's (1971) book page 365.

Data No	Y	X1	X2	X3
1	5	4	30	13
2	9	6	50	7
3	13	12	80	4
4	11	7	70	6
5	13	9	85	5
6	6	4	35	13
7	5	3	25	12
8	12	7	75	5
9	12	11	70	6
10	4	4	25	14
11	8	4	45	10
12	12	9	80	3
13	14	10	90	3
14	10	7	60	8
15	15	11	90	2
16	11	8	65	7
17	9	5	55	8
18	11	6	75	5
19	13	8	70	3
20	7	5	45	10

The function which is desired to fit the given data set is given in the following;

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4$$

For this example a data file is prepared to solve the problem by present program, data file is given as follows;

```

<<newdev.m
accuracy=0.00000001; Ndata=20; Ncoef=4; Nvar=3; Nuz=1; nstep=25;
UData={ {5,4,30,13}, { 9,6,50,7}, {13,12,80,4}, {11,7,70,6}, {13,9,85,5},
        {6,4,35,13}, {5,3,25,12}, {12,7,75,5}, {12,11,70,6}, {4,4,25,14},
        {8,4,45,10}, {12,9,80,3}, {14,10,90,3}, {10,7,60,8}, {15,11,90,2},
        {11,8,65,7}, {9,5,55,8}, {11,6,75,5}, {13,8,70,3}, {7,5,45,10} }
Clear[ a,x ]
Y=a[1] x [1]+a[2] x[2]+a[3] x[3]+a[4]
ab[1]=0; ab[2]=0; ab[3]=0; ab[4] =0;
DataModelling[accuracy,Ndata,Ncoef,Nvar,Nuz,UData,Y,x,a,ab,nstep]
    
```

When this data file is processed by Mathematica the result will be appeared on screen of PC. This data file is processed by author and summary of main result is given in the following.

$a[1]=0.178934$, $a[2]=0.0730491$, $a[3]= - 0.341356$ and $a[4]=6.74923$ are determined.

$Y=0.178 X_1+0.073 X_2-0.341 X_3+6.749$

Correlation coefficient (r^2) is 0.975,

Student's t is 2.816, significance of student's t is 99.2%,

F is 246.6, significance of F is 99.99%

Significance of Kendal's Tau is 99.99%,

Significance of Spearman non-parametric correlation is 98.76.

A comparison is made between present determination and given results by Hughes and Grawoig (1971). The same results are found as literature.

8. CONCLUSION

The present program can be used for the educational purpose. It is out of scope of this paper that whether the computer program works very efficiently when a complicated function is given, because the scope of this paper is to remind the engineer that the engineering is not only testing material but also a practice of science. When efficiency and time consuming become very significant for the user, a very sophisticated computer program package can be used or this type of computer program can be coded in another software programming language such as FORTRAN, Pascal or C which are quite fast processing.

The present program has the graphics opportunities, when the problem is two or three dimensional, it plots the graphics of calculated equation and for two-dimensional case data are also scattered on the graphics. The program itself is open to new modification such as new testing method for goodness of fitting and partial correlation coefficients can be developed.

Author hopes that the present program would be very useful particularly for those who is interested in establishing a relationship between more than one parameter and for those who is not used to use very sophisticated computer software packages such as SAS, SPSS, MINITAB.

APPENDIX 1

When the data file is prepared as illustrated in the given examples they should be filed with a file name which depends on users and here it will be assumed as "myfile". When this is done, DOS version of Mathematica software would be run on PC, therefore Mathematica will be appeared on the screen as follows;

In[1]=

In front of this line, the prepared data file name should be typed as in the following;

In[1]=<<myfile

Then enter key shall be pressed so that process would begin.

APPENDIX 2

In the following, present computer program is given. This program should be written in ASCII format to a file and name of this program has to be provided on top of data file, here file name is assumed as newdev.m. It should be stored in the same directory with the data file prepared. When data file is processed by Mathematica Software newdev.m will also be loaded by Mathematica itself and determination would begin.

```
BeginPackage ["DataModeling`"]
DataModelling::usagage=
"DataModelling[accuracy,Ndata,Ncoef,Nvar,Nuz,UData,Shf,x,a,aInitial,nstep]"
Begin["`private`"]
DataModelling[accuracy_Real,Ndata_Integer,Ncoef_Integer,Nvar_Integer,
Nuz_Integer,UData_List,Shf_,x_,a_,aInitial_Integer]:=
  DModelling[accuracy,Ndata,Ncoef,Nvar,Nuz,UData,Shf,x,a,aInitial,nstep]
DModelling[accuracy_Real,Ndata_Integer,Ncoef_Integer,Nvar_Integer,
Nuz_Integer,UData_List,Shf_,x_,a_,aInitial_Integer]:=
Block[{Cont0,Cont1,Cont2,ContEnd,Data,Uz,Uzmean,Uzvar,UzStandartdev,
  xmean,xvar,xdev,iter,erx,Mtrx,DMtrx,ff,xx,Const,fb,CorrectionH,Shf1,Shf2,ErrorSum,
  AverageOfUz,TotalVarianceOfUz,ExplainedVarianceOfUz,UnExplainedVarianceOfUz,
  Correlation1Is,CorrelationIs,ResultOfF,v1,v2,StudentT,z1,ConfidenceT,z2,ConfidenceF,
  data1,data2,Wp,imp,ListVar,i,j,k,l,xmin,xmax,Pl1,Q10,Pl0,Shw,ymin,ymax,Pl2,aa,n1=0,n2=0,
  is=0,jj,kk,a1,a2,aa3,tau,var,z,prob,tt1,tt2,wksp1,wksp2,s,jt,rank,t,d,en,en3n,aved,sf,sg,fac,
  vard,zd,probd,rs,df,probrs,ConfidenceOfSpearman,Workingp=16},
Do[aa[i]=aInitial[i],{i,1,Ncoef}];
data1=Table[0,{i,1,Ndata}]; data2=Table[0,{i,1,Ndata}];
Cont0=Last[Dimensions[UData]]==Nvar+1;
If[Cont0,
  Cont1=First[Dimensions[Dimensions[UData]]]==2;
  Cont2=First[Dimensions[UData]] == Ndata;
  ContEnd=Cont1 && Cont2;
Print["ContEnd=",ContEnd];
(If[ContEnd,
  Print["-----"];
  Print["This Program written in Mathematica code"];
  Print["The process started"];
Data=Table[0,{i,1,Ndata},{j,1,Nvar}]; Uz=Table[0,{i,1,Ndata},{j,1,1}];
Uzmean=0; Uzvar=0; Uzdev=0;
```

```

xmean=Table[0,{i,1,Nvar},{j,1,1}]; xvar= Table[0,{i,1,Nvar},{j,1,1}];
xdev= Table[0,{i,1,Nvar},{j,1,1}];
Do[(Data[[i,j ]]=UData[[i,j]]),{i,1,Ndata},{j,1,Nuz-1}];
Do[(Data[[i,j-1]]=UData[[i,j]]),{i,1,Ndata},{j,Nuz+1,Nvar+1}];
Do[(Uz[[i]]=UData[[i,Nuz]]),{i,1,Ndata}];
Do[(Uzmean=Uzmean+Uz[[i]],[i,1,Ndata]); Uzmean=Uzmean/Ndata];
Do[(Uzvar=Uzvar+(Uz[[i]]-Uzmean)^2,{i,1,Ndata}]);
Uzvar=Uzvar/(Ndata-1); UzStandartdev=Sqrt[Uzvar];
Do[(xmean[[i,1]]=xmean[[i,1]]+Data[[j,i]]),{j,1,Ndata},{i,1,Nvar}]; xmean=xmean/Ndata;
Do[(xvar[[i,1]]=xvar[[i,1]]+(Data[[j,i]]-xmean[[i,1]])^2),{j,1,Ndata},{i,1,Nvar}];
xvar=xvar/(Ndata-1); xdev=Sqrt[xvar];
iter=0; erx=1;
Mtrx=IdentityMatrix[Ncoef]; DMtrx=IdentityMatrix[Ncoef];
(Do[Do[
(DMtrx[[i,j]]=D[(Shf-Const)*D[Shf,a[i]],a[j]]), {j,1,Ncoef}], {i,1,Ncoef}]);
Print["Fitting procedure is started."];
While[ erx>accuracy,(
iter=iter+1; Print["Iteretion=",iter];
(Do[ff[k]=0,{k,1,Ncoef}]);
(Do[Mtrx[[i,j]]=0,{i,1,Ncoef},{j,1,Ncoef}]);
(SubsA= Table[a[k]->aa[k],{k,1,Ncoef}]);
Do[
(Do[xx[k]=Data[[i,k]],[k,1,Nvar]);
(SubsX=Table[x[k]->xx[k],{k,1,Nvar}]);
(SubsU={ Const->Uz[[1]]});
(Do[(ff[k]=ff[k]+(Shf-Const)*D[Shf,a[k]]);
(ff[k]=ff[k]/.SubsX);
(ff[k]=ff[k]/.SubsA);
(ff[k]=ff[k]/.SubsU);
(ff[k]=N[Simplify[ff[k]],Workingp]]),{k,1,Ncoef}]);
(Do[
Do[
(Mtrx[[i,j]]=Mtrx[[i,j]]+DMtrx[[i,j]]);
(Mtrx[[i,j]]=Mtrx[[i,j]]/.SubsX);
(Mtrx[[i,j]]=Mtrx[[i,j]]/.SubsA);
(Mtrx[[i,j]]=Mtrx[[i,j]]/.SubsU);
(Mtrx[[i,j]]=N[Mtrx[[i,j]],Workingp]);
,{j,1,Ncoef}],{i,1,Ncoef}]);
Print["Data Number:=",I];

```

```

, {1,1,Ndata}];
(fb=Table[ff[k], {k,1,Ncoef}]);
(CorrectionH= LinearSolve[Mtrx,-fb]);
(Do[aa[k]=aa[k]+CorrectionH[[k]], {k,1,Ncoef}]);
(erx=0);
(Do[erx=erx+Abs[CorrectionH[[k]]], {k,1,Ncoef}]);
If[iter>nstep,
  Print["*****"]; Print["too many iteration"]; Print["*****"];
  Quit[.];
  (Print["erx=",N[erx,16]]);
  (Print["-----"]);
)];
Print["The fitting process is completed."];
(SubsA=Table[a[k]->aa[k], {k,1,Ncoef}]);
Shf1=Simplify[Shf/.SubsA];
Print ["-----"];
Print["Total sum of squares of error is being computed."];
ErrorSum=0;
Do[
  (Do[xx[k]=Data[[1,k]], {k,1,Nvar}]);
  (SubsX=Table[x[k]->xx[k], {k,1,Nvar}]);
  (ErrorSum=ErrorSum+(Uz[[1]]-Shf1)^2/.SubsX);
  , {1,1,Ndata}];
ErrorSum=N[ErrorSum, Workingp];
AverageOfUz=Sum[Uz[[1]], {1,1,Ndata}]/Ndata;
Print ["-----"];
Print["Total variance of Uz is being commputed."];
TotalVarianceOfUz=Sum[(Uz[[1]]-AverageOfUz)^2, {1,1,Ndata}];
TotalVarianceOfUz=N[TotalVarianceOfUz, Workingp];
Print ["-----"];
Print["Explained variance of Uz is being computed."];
ExplainedVarianceOfUz=0;
Do[
  (Do[xx[k]=Data[[1,k]], {k,1,Nvar}]);
  (SubsX=Table[x[k]->xx[k], {k,1,Nvar}]);
  (ExplainedVarianceOfUz=ExplainedVarianceOfUz+(AverageOfUz-Shf1)^2/.SubsX);
  , {1,1,Ndata}];
ExplainedVarianceOfUz= N[ExplainedVarianceOfUz, Workingp];
Print["-----"];

```

```

Print[" UnExplained variance of Uz is being computed."];
UnExplainedVarianceOfUz=0;
Do[
  (Do[xx[k]=Data[[1,k]], {k,1,Nvar}]);
  (SubsX=Table[x[k]->xx[k], {k,1,Nvar}]);
(UnExplainedVarianceOfUz=UnExplainedVarianceOfUz+(Uz[[1]]-Shf1)^2/.SubsX);
,{1,1,Ndata}];
UnExplainedVarianceOfUz=N[UnExplainedVarianceOfUz,Workingp];
If[UnExplainedVarianceOfUz==0,UnExplainedVarianceOfUz=accuracy];
v2=Ndata-Ncoef;
If[Ncoef==1,v1=Ncoef,v1=Ncoef-1];
Correlation1Is=1-(ErrorSum/TotalVarianceOfUz)*(Ndata-1)/v2;
CorrelationIs=ExplainedVarianceOfUz/TotalVarianceOfUz;
ResultOfF=ExplainedVarianceOfUz/UnExplainedVarianceOfUz*v2/v1;
StudentT=Sqrt[Correlation1Is*(v2)/(1+Correlation1Is)];
z1=v2/(v2+StudentT^2); ConfidenceT=(1-Beta[z1,v2/2,1/2])*100;
z2=v2/(v2+v1*ResultOfF); ConfidenceF=(1-Beta[z2,v2/2,v1/2])*100;
Do[
  (Do[xx[k]=Data[[1,k]], {k,1,Nvar}]);
  (SubsX=Table[x[k]->xx[k],{k,1,Nvar}]);
s1=Shf1/.SubsX;
data1[[1]]=Uz[[1]];
data2[[1]]=N[s1];
,{1,1,Ndata}];
Print ["-----"];
Print["Kendal's tau is being computed"];
(*--this part calculates kendals tau more non-parametric correlation*)
Do[ Do[ a1=data1[[jj]]-data1[[kk]];
  a2=data2[[jj]]-data2[[kk]];
  aa3=a1*a2;
  If[aa3==0,
  If[a1==0, n1=n1, n1=n1+1];
  If[a2==0, n2=n2, n2=n2+1];,
  n1=n1+1; n2=n2+1;
  If[aa3>0, is=is+1, is=is-1];
  ];
  ,{kk,jj+1,Ndata}
  ,{jj,1,Ndata-1}];
tau=N[is/Sqrt[n1*n2]];

```

```

var=N[(4.0*Ndata+10.)/(9.*Ndata*(Ndata-1))];
z=tau/Sqrt[var];
prob=N[Erfc[Abs[z]/1.4142136]];
ConfidenceOfKendal=(1-prob)*100;
(*-- end of calculation of kendals tau ---*)
Print["-----"];
Print[" Spearman rank order is being computed"];
(*-----spearman none-rank corelation -----*)
ttt1=Transpose[{data1,data2}]; ttt2=Sort[ttt1];
ttt1=Transpose[ttt2]; wksp1=ttt1[[1]];
wksp2=ttt1[[2]]; j=1; s=0;
While[j<Ndata,(
  If[wksp1[[j+1]]==wksp1[[j]],
Do[If[wksp1[[jt]]==wksp1[[j]],s=s, Goto[two]],{jt,j+1,Ndata}];
jt=Ndata+1;
Label[two];
rank=0.5*(j+jt-1);
Do[wksp1[[ji]]=rank,{ji,j,jt-1}];
t=jt-j; s=s+t^3-t;
j=jt;,
wksp1[[j]]=j;
j=j+1; )]);
If[j==n, wksp1[[n]]=n, s=s];
sf=s;
(*-----*)
ttt1=Transpose[{wksp2,wksp1}]; ttt2=Sort[ttt1]; ttt1=Transpose[ttt2]; wksp2=ttt1[[1]];
wksp1=ttt1[[2]]; j=1; s=0;
While[j<Ndata,(
  If[wksp2[[j+1]]==wksp2[[j]],
  Do[If[wksp2[[jt]]==wksp2[[j]],s=s,Goto 2], {jt,j+1,Ndata}];
  jt=Ndata+1;
  Label[2];
  rank=0.5*(j+jt-1);
  Do[wksp2[[ji]]=rank,{ji,j,jt-1}];
  t=jt-j; s=s+t^3-t; j=jt;,
  wksp2[[j]]=j; j=j+1;)];
If[j==n, wksp2[[n]]=n,s=s]; sg=s;
(*-----*)
d=0.0;

```

```

Do[d=d+(wksp1[[j]]-wksp2[[j]])^2,{j,1,Ndata}];
en=Ndata;
en3n=en^3-en;
aved=en3n/6.-(sf+sg)/12.;
fac=(1.-sf/en3n)*(1-sg/en3n);
vard=((en-1.)*en^2*(en+1)^2/36.)*fac;
zd=(d-aved)/Sqrt[vard];
probd=Erfc[Abs[zd]/1.4142136];
rs=(1.-(6./en3n)*(d+(sf+sg)/12.))/Sqrt[fac];
fac=(1.+rs)*(1-rs);
If[fac>0,t=rs*Sqrt[(en-2.)/fac];
   df=en-2;
   probrs=Beta[df/(df+t^2),0.5*df,0.5], probrs=0.];
ConfidenceOfSpearman= (1-probrs)*100;
(*-----end of calculation of spearman correlation----*)
(*----- here can come another test method----*)
Print["-----"];
(*-----Now output-----*)
Print[" "];
Print["----Output of determination----"]; Print[" "];
Print["Some Statistical Values of given data set"];
Print["Average of Measured Values=",N[Uzmean]];
Print["Variance of Measured Values=",N[Uzvar]];
Print ["Standard Deviation of Measured Values=",N[UzStandartdev]];
Print["-----"];
Do[Print["Average of x[" ,i,"]:= ",N[xmean[[i,1]]],{i,1,Nvar}];
Print["-----"];
Do[Print["Variance of x[" ,i,"]:= ", N[xvar[[i,1]]],{i,1,Nvar}];
Print["-----"];
Do[Print["Standard Deviation of x[" ,i,"]:= ",N[xdev[[i,1]]],{i,1,Nvar}];
Print["-----"];
Print[" "];
Print["-----"];
Print["The choosen function is Uz=",Shf];
Print["-----"];
Print[" Calculated Coefficient of Equation"];
Do[Print["a[" ,i,"]:= ", N[aa[i,15]], {i,1,Ncoef}];
Print["-----"];
Print["After substitution the coefficient of the choosen function,"];

```



```

Print["Fitted function is given as below."];
Print["Function=",Shf1];
Print[" "];
Print["-----"];
Print["Goodness of fitting"];
Print["-----"];
(*---Print["Correlation  =",N[CorrelationIs, 4]]; ---*)
Print["Correlation1  =",N[Correlation1Is,4]];
Print["-----"];
Print["Student's t  =",N[StudentT,4]];
Print["Significance For t=" ,N[ConfidenceT,4]];
Print["-----"];
Print["ResultOfF    =",N[ResultOfF,4]];
Print["Significance for F=" ,N[ConfidenceF,4]];
Print["-----"];
Print["Significance for Kendal' s Tau =",N[ConfidenceOfKendal,5]];
Print["Significance for Spearman=" ,N[ConfidenceOfSpearman,5]];
Print["-----"];
Print["Measured Values and Predicted Values"];
Do[Print[N[data1[[1]],6], " --- " ,N[data2[[1]],6]], {1,1,Ndata}];
Print["-----"];
(*-----output as graphs if possible-----*)
If[Nvar==1,
  Do[ListVar[i]=Table[Data[[j,i]],{j,1,Ndata}},{i,1,Nvar}];
  xmin=First[Sort[ListVar[1]]];
  xmax=Last[Sort[ListVar[1]]];
  Shf2=Shf1/.{x[1]->x};
  P11=Plot[Shf2,{x,xmin,xmax},Frame->True];
  Q10=Table[{Data[[j,1]],Uz[[j]]},{j,1,Ndata}];
  P10=ListPlot[Q10,Frame->True];
  Shw=Show[P10,P11,Frame->True];,
If[Nvar==2,
  Do[ListVar[i]=Table[Data[[j,i]],{j,1,Ndata}},{i,1,Nvar}];
  xmin=First[Sort[ListVar[1]]]; xmax=Last[Sort[ListVar[1]]];
  ymin=First[Sort[ListVar[2]]];
  ymax=Last[Sort[ListVar[2]]]; Shf2=Shf1/.{x[1]->x,x[2]->y};
  P12=Plot3D[Shf2,{x,xmin,xmax},{y,ymin,ymax}];,
Print["This function is neither two nor three dimensional."];
Print["It seems to have more variable than two variable."];

```

```
Print["Therefore, no graphs would be plotted."];];];  
,Print["Data is not properly given, something missing in it."]);  
,Print["Data is not properly given, something missing in it."]);  
Shf2]  
End[ ]  
EndPackage[ ]
```

9. REFERENCES

1. *The SPSS Guide to Data Analysis for SPSS/PC+*, 2nd ed. 0-13-178443-9 by Marija Norusis.
2. *MINITAB, Statistical analysis packages.*
3. Hughes A., Grawoig, D., " *Statistics A Foundation for Analysis*", Addison Wesley Publishing Company, London, 1971.
4. Press W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P., " *Numerical Recipes in FORTRAN The Art of Scientific Computing*", Second Edition, Cambridge University Press, Printed in the USA, 1992.
5. Yamane, T., " *Statistics an Introductory Analysis*", Second Edition, Harper and Row Press, p.467, London, 1969.

**PRESYOMETRE VERİLERİNDEN YARARLANARAK
TEK TABAKALI ZEMİNLERE OTURAN YÜZEYSEL TEMELLERİN
BİLGİSAYAR YARDIMI İLE TASARIMI**

A.Azım YILDIZ ve Mustafa LAMAN

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

ÖZET : *Presyometre deneyi, üzerine temel inşa edilecek olan zemin özelliklerini belirlemek için kullanılan en gelişmiş ve güvenilir arazi deneylerindedir. Burada deneyin tanıtılması ile birlikte sonuçlarının yorumlanması ve temel tasarımında uygulanması öz olarak açıklanmaktadır. Menard yöntemi kullanılarak deney sonuçlarının yorumlandığı bir bilgisayar programı yazılmıştır. Programdan elde edilen sonuçlar ilgili yayınlardaki elle yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmaktadır.*

Anahtar Kelimeler : Net Limit Basınç, Presyometre Modülü, Taşıma Kapasitesi, Oturma, Temel Tasarımı.

**DESIGN OF SHALLOW FOUNDATIONS RESTING ON ONE LAYERED
SOILS BY PRESSUMETER TEST DATA USING A COMPUTER**

ABSTRACT : *The pressuremeter test is one of the most advanced and reliable in-situ tests to determine the characteristics of a soil on which the foundation rests. The test is described here briefly together with the interpretation of the test results and the application of these on foundation design. A computer program was written in Fortran to interpret the test results using the Menard method. The results from the program are compared with the results of hand calculations of related references.*

Key Words: Net Limit Pressure, Pressuremeter Modulus, Bearing Capacity, Settlement, Foundation Design.

1.GİRİŞ

Temellerin en uygun ve güvenilir tasarım ve inşaaı için arazideki zemin davranışının doğru olarak bilinmesi gerekir. Bu amaçla yapılacak deneyler laboratuvar ve arazi deneyleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Araziden örselenmemiş numune almak ve arazideki gerilme durumunu laboratuvarında oluşturmak çok zor olduğundan temel tasarımında arazi deneyleri daha çok tercih edilir. Bu çalışmada arazi deneyleri arasında zemin davranışını en ileri düzeyde belirleyen presyometre deneyi ile temellerin tasarımının yapılması ele alınmaktadır.

Presyometre deneyi düşünce olarak ilk defa 1954 yılında Fransada inşaat mühendisliği öğrencisi olan Louis Menard tarafından ortaya atılmıştır (1). Menard, Paris yakınlarındaki bir hava alanı inşaatında dolguların sıkışma kontrolü için bu yöntemi ilkel bir yolla kullanmıştır. Bu amaçla balon tipi bir aleti zemin içerisinde şişirerek bunun zemindeki zorluk derecesini ölçmüştür.

Günümüzde kullanılan Presyometre deney düzeneğine benzer aletlerle yapılan ilk deneyler de yine Menard tarafından Amerika'da İllinois Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Menard yaptığı deneyleri, diğer zemin mekaniği deneyleri ile karşılaştırıp temel tasarımında geleneksel deney sonuçları ile presyometre deney sonuçları arasında korelasyon yaparak aynı sonuçları elde etmenin mümkün olduğunu görmek ve böylece presyometreyi arazide zemin özelliklerini ölçmek için kullanmayı hedeflemiştir. Fakat bulduğu Mohr-Coulomb mukavemet parametreleri c ve ϕ 'yi yeterince hassas bulmadığı için bu deneyi temel sistemlerinin analiz ve tasarımına yönelik olarak geliştirmiştir. Daha sonra Fransa'da kendi şirketini kurarak 1957 yılından itibaren presyometre aletini üretmeğe başlamıştır.

2. PRESYOMETRENİN GENEL PRENSİPLERİ

Presyometre deneyi kısaca zeminde oluşturulan silindirik deliğin genişletilmesi yoluyla zeminde basınç ve deformasyon ilişkisinin ölçülmesidir (1). Uygulamada önce deneyin yapılacağı derinliğe kadar delik açılır. Sonda deliğe yerleştirilir ve basınçlı hava ile şişirilir. Sondanın şişirilmesi ile delik hacminde meydana gelen değişiklikler kaydedilir. Deney esnasında delik uzunluğunun değişmediği ve hacim artışlarının sadece deliğin radyal genişlemesi sonucu meydana geldiği kabul edilir.

2.1. Presyometrenin Ana Bileşenleri

Standart bir presyometre üç ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar sonda, kontrol ünitesi ve boru takımıdır.

a) **Sonda** : Presyometrenin, sondaj kuyusuna indirilen parçasıdır. Esnek, geçirimsiz, lastik bir hücredir ve deney sırasında deliği tam olarak doldurup onun şeklini alır. Oyuğun yüzeylerinde meydana gelen hacim değişimlerini ölçmek için kullanılan su, sondanın içerisinde tutulur. Sonda, ölçüm hücresi ve iki koruma hücresinden

oluşmaktadır. Ölçüm hücresi ile delik hacmi ölçülür. Koruma hücrelerinin görevi ise ölçüm hücresini alt ve üst tarafından destekleyerek delik hacminin tam ve doğru olarak ölçülebilmesini sağlamaktır. Lastik membran yeterince esnek olduğu için deliğin kenarlarına üniform basınç uygular.

b) Kontrol Ünitesi : Zemin yüzeyinde, sondaj kuyusuna yakın olan uygun bir noktaya yerleştirilir. Görevi, sondanın genişlemesini kontrol ve idare etmektir. Bu işlemi belli bir basıncı, aldığı komutlar doğrultusunda sondaya uygulayarak ve ölçüm hücresindeki hacim değişimlerini ölçerek yapar. Sondaya uygulanan basıncın kaynağı sıkıştırılmış gaz tüpüdür. Ölçüm hücresindeki hacim değişimleri, bu hücreye verilen suyun hacmindeki değişimlerden faydalanılarak ölçülür.

c) Boru Takımı : Kontrol ünitesi ile sonda arasında su ve gaz dolaşımını sağlar.

3. PRESYOMETRE TİPLERİ

Genel olarak presyometreler üç ayrı grupta incelenebilir (2). Bu sınıflandırma presyometrelerin donanım özellikleri ve teknik detayları esas alınarak yapılmıştır. Bunlar Menard tipi presyometreler (MP), kendi delen presyometreler (SBP) ve itmeli presyometrelerdir (PIP). MP, en çok kullanılan presyometre tipi olup her tür zemin cinsi ve şartlarında kullanılabilir. SBP'ler aletin sonda kısmına sondaj açma aleti ilave edilmesi ile MP'nin iyileştirilmiş şeklidir. PIP'ler ise denizde ve denize yakın kıyı bölgelerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş presyometrelerdir.

4. DENEYİN YAPILIŞI

Ayrıntılı bir proje için, ilk olarak yapının büyüklüğüne ve zemin şartlarına bağlı olarak sondaj sayısı ve derinliği tespit edilir ve buna göre de presyometre deney sayısı belirlenir. Deney, zemin içerisinde yapıldığından önce sondaj kuyusu açılarak istenilen derinliğe inilir. Daha sonra sonda bu derinliğe indirilir ve gerekli donanımlar yapılarak deney gerçekleştirilir.

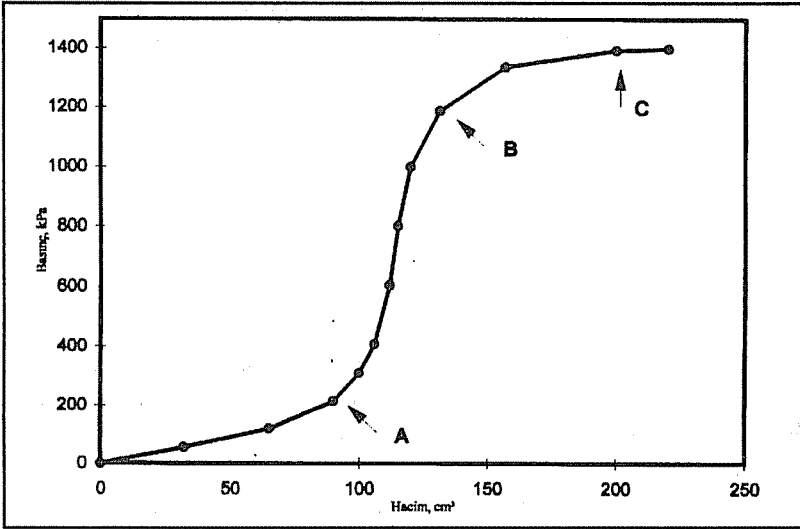
Sondaj kuyusu açılırken kuyuda deney sonuçlarının bozulmasına neden olmayacak zemin şartları için uygun bir kuyu açma metodunun kullanılmasına ve kuyu çapının sonda çapından çok büyük olmamasına dikkat edilmelidir. Presyometre deneyleri her 1 m derinlikte yapılmakla birlikte bazı özel durumlarda bu aralık değiştirilebilir.

Deneye başlarken limit basınç tahmin edilir ve deneyde uygulanacak basınç artımları, bu değer 10'a bölünerek bulunur. Sonra kontrol ünitesi üzerindeki sıfır okumaları alınır. Deneye başlamak için ölçüm hücresi devresine ilk basınç artımı uygulanır. Çok kısa bir sürede ölçüm ve koruma hücresinin devrelerindeki basınç uygun seviyeye kadar arttırılır ve kronometre sıfırdan başlatılır. Volumetredeki su seviyesi 15, 30 ve 60 saniye okumaları ile alınır. Bu 60 saniyelik zaman boyunca su ve gaz devrelerinde basınç kontrolü yapılmalıdır. 60 saniye okumasından sonra basınç bir sonraki düzeye getirilir

ve limit basınca ulaşıncaya kadar deneye bu şekilde devam edilir. İdeal olan, delik hacmi iki katı oluncaya kadar deney sürdürülür. Bununla birlikte eğer kuyu iyi bir şekilde kalibre edilmiş ise, haznedeki su tükendiği zaman limit basınca ulaşıldığı kabul edilir ve deneye son verilir.

5. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Presyometre deneyi sırasında alınan basınç ve hacim okumalarından yararlanarak presyometre eğrisi elde edilir. Grafikte her basınç artımı (P), y ekseninde ve buna karşılık gelen hacim okumaları (V) ise x ekseninde gösterilir. Zeminin gerçek basınç-hacim ilişkisini gösteren eğriyi çizmek için bu okumalar üzerinde bazı düzeltmeler yapmak gereklidir. Bu düzeltmeler hidrostatik basınç, lastik membran direnci ve devrelerdeki suyun sıkışması, boruların genişlemesi gibi etkilere karşı yapılmaktadır. Şekil 1'de her basınç artımı sonunda alınan hacim okumaları esas alınarak düzeltilmiş tipik bir presyometre eğrisi görülmektedir.



Şekil 1. Düzeltilmiş tipik bir presyometre eğrisi.

Limit basınç, P_1 : v_0 başlangıç hacminin iki katına tekabül eden basınçtır. P_1 basıncının apsisi v_1 aşağıdaki gibi hesaplanır (2).

$$v_1 = 2v_0 + V_c$$

V_c = Ölçüm hücresinin hacmi

Net limit basıncı, P_1^* : Net limit basıncı, temel tasarımının ilgi sahasına girer ve (h_0 deney seviyesindeki yatay gerilmeyi göstermek üzere aşağıdaki gibi tanımlanır (2).

$$P_1^* = P_1 - \sigma_{h_0}$$

Presyometre Modülü, E_M : Şekil 1'de A ve B değerleri arasında eğrinin yaklaşık doğru şeklinde olmasından dolayı zeminin bu bölgede elastik davrandığı kabul edilir. Buradan E_M presyometre modülü hesaplanır. Menard, Poisson oranını 0.33 alarak E_M 'nin hesabında aşağıdaki formülü önermiştir (2).

$$E_M = 2.66V \left(\frac{\Delta P}{\Delta V} \right)$$

Burada ΔP , basınç artımı, ΔV , hacim değişimi ve V , ölçüm anındaki hacimdir.

6. TEMEL TASARIMINDA PRESYOMETRENİN KULLANILMASI

Arazide yapılan presyometre deneylerinden belli derinliklerde E_M ve P_1^* değerleri elde edilir. Bunların yanında yapı ile ilgili bazı bilgilerinde bilinmesi gerekir. Bunlar temel boyutları, temel derinliği, yapıdan zemine aktarılabilecek olan yapı yüküdür.

Bir temel hesabında (sığ veya derin temeller için) ideal çözüm temelın oturma ve taşıma gücü yönünden güvenilir olmasıdır. Temel zemininde oluşacak oturmaların toplam ve farklı oturmalar yönünden müsaade edilebilir değerler içinde kalması gerekir. Presyometre deneyinde zeminin taşıma kapasitesi, limit basınç, P_1^* , yardımı ile, oturmalar ise Menard modülü, E_M , yardımı ile hesaplanır. Burada yalnızca yüzeysel temeller ($D_f/B \leq 2.0$) üzerinde çalışmalar yapılacaktır.

6.1. Zemin Taşıma Kapasitesi

Bir temele üst yapıdan gelen düşey yük Q^1 ise, temel zeminine gelen toplam yük $Q = Q^1 + W$ olur. Burada W , temelın ağırlığıdır. Bu yükler zemin tarafından güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Toplam yük, taban basıncı (Q_p) ve çevre sürtünmesi (Q_s) şeklinde zemin tarafından karşılanır. Sığ temellerde çevre sürtünmesi yoluyla taşınan yük tüm taşıma kapasitesinin yanında çok küçük bir değer olduğu için ihmal edilebilir. Yük taşıma kapasitesi Menard tarafından önerilen aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$q_L - \sigma_v = k (P_1 - \sigma_{h_0})$$

$$q_L^* = k P_1^* \quad (1)$$

Bu denklemde;

$q_L - \sigma_v$ = yük taşıma kapasitesi, q_L^*

P_1 = presyometre deneyinden hesaplanan limit basınç değeri

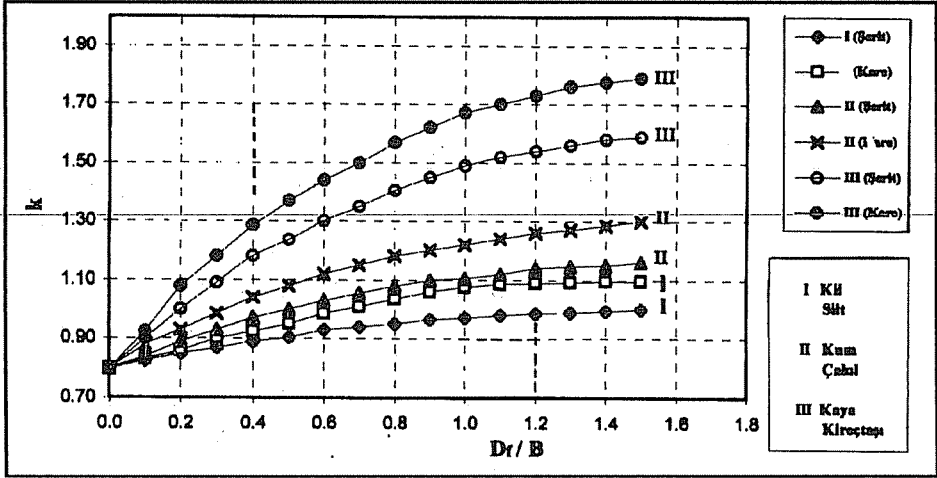
σ_v = temel seviyesinde sükunetteki düşey toprak basıncı

σ_{ho} = deney seviyesindeki yatay toprak basıncı

k = MP taşıma faktörü

$(P_1 - \sigma_{ho})$ = Net limit basınç, P_1^* .

σ_v , σ_{ho} değerleri zemin yüzeyinden itibaren derinlik, zeminin birim hacim ağırlığı, yeraltı su seviyesi ve K_0 (sükunetteki toprak basıncı) değerlerinden yararlanılarak hesaplanır. Taşıma kapasitesi faktörü, k , zemin cinsi, temel derinliği ve temel şekli gibi değişkenlere bağlı olarak Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Yüzeysel temeller için MP taşıma faktörü, k , değerleri.

Kare ve sonsuz uzunluktaki temeller dışında, dikdörtgen temellerde k değerinin lineer olarak değiştiği kabul edilir ve bu durumda aşağıdaki denklem kullanılır.

$$k = k_{\text{şerit}} + (k_{\text{kare}} - k_{\text{şerit}}) B/L \quad (2)$$

En genel halde temel inşaatı için kullanılacak bir zeminde heterojen yapıdan dolayı P_1^* değeri genellikle derinlikle değişir. Bu durumda temel tasarımı için P_1^* değerlerini temsil eden tek bir $(P_1^*)_e$ değeri hesaplamak gerekir. Tüm temel zeminini temsil eden bir tek $(P_1^*)_e$ değeri dikkate alınrsa, P_1^* değerlerindeki değişimin çok büyük olmaması gerekir (limit basınç değerleri derinlik boyunca minimum değerinin 1.5 katından daha az olmalıdır). Menard $(P_1^*)_e$ nin hesabında temel tabanının $1.5B$ aşağısındaki bölgeyi dikkate alarak bu bölge içerisinde bulunan P_1^* değerlerinin geometrik ortalamasını almıştır. Bu durumda, n toplam okuma sayısını göstermek üzere $(P_1^*)_e$ aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$(P_1^*)_e = [(P_1^*)_1 (P_1^*)_2 \dots (P_1^*)_i \dots (P_1^*)_n]^{1/n} \quad (3)$$

Zeminin homojen olduğu varsayılırsa, her yerde aynı dirence sahip olduğu kabul edilir ve E_M ve P_1^* değerleri tektir.

(1) denklemden hesaplanan yük taşıma kapasitesi güvenlik sayısına bölünmek sureti ile zeminin emin taşıma gücü elde edilir. (3) denkleminin bu durumda kullanılması gerekmeyecektir.

6.2. Oturma Hesabı

Presyometre deney sonuçları tasarım safhasında bir temelin oturmalarını önceden hesaplamak için kullanılabilir. Eğer inşa edilecek yapıda zararlı oturmaların meydana gelebileceği tahmin ediliyorsa tasarımda değişiklikler yapılabilir. Bu metodla oturmaların hesabı presyometre modülü E_M 'den yararlanarak yapılır. Yarı ampirik olan oturma bağıntısı orjinal olarak Menard (3, 4, 5) tarafından önerilmiştir. Buna göre çapı B olan dairesel temel veya boyutları $B \times L$ olan dikdörtgen bir temelde son oturma miktarını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$s = \frac{2}{9E_d} \cdot q^* \cdot B_0 \left(\lambda_d \cdot \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \left(\frac{\alpha}{9E_c} \right) \cdot q^* \cdot \lambda_c \cdot B \quad (4)$$

E_d, E_c = Temel zemininde ölçülmüş presyometre modülü olup hesaplanma şekilleri aşağıda anlatılmaktadır.

q^* = Yapıdan zemine gelecek maksimum gerilme değeri.

B_0 = Referans genişlik (genellikle 60 cm alınır).

B = Temelin genişliği veya çapı ($B \geq B_0$ olmalıdır).

α = Zemin tipine ve E_M/P_1^* oranına bağlı faktör (Tablo 1).

λ_d, λ_c = Temelin L/B oranına bağlı şekil faktörü (Tablo 2).

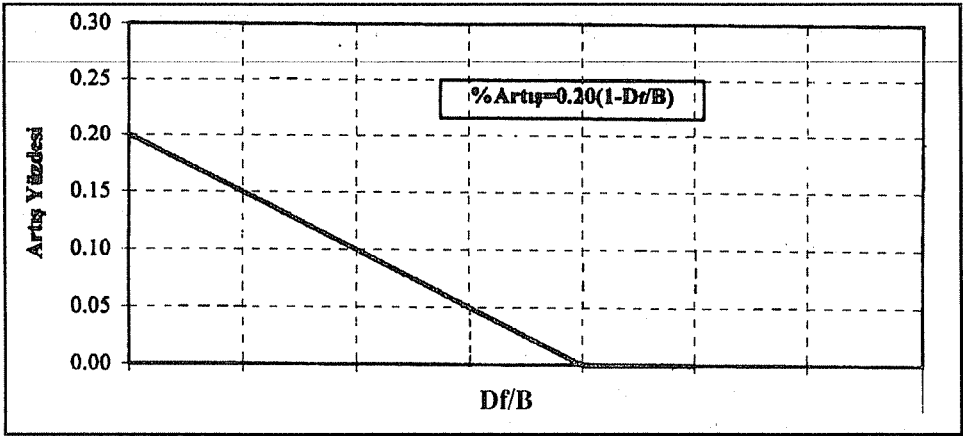
Tablo 1. Çeşitli zeminler için α faktörü

Zemin Cinsi	Kil			Silt			
	Aşırı Konsolide	Normal Konsolide	Ayrılmış veya Yoğrulmuş	> 14	< 14		
E_M/P_1	> 16	9-16	< 9	> 14	< 14		
α	1	2/3	1/2	2/3	1/2		
Zemin Cinsi	Kum		Kum ve Çakıl	Kaya			
	> 12	< 12	> 10	< 10	Aşırı Kırıklı	Diğerleri	Hafif Kırıklı veya Ayrılmış
E_M/P_1	> 12	< 12	> 10	< 10	-	-	-
α	1/2	1/3	1/3	1/4	1/3	1/2	2/3

Tablo 2. Temeller için şekil faktörleri, λ_d ve λ_c

L/B	1		2	3	5	20
	Daire	Kare				
λ_d	1.0	1.12	1.53	1.78	2.14	2.65
λ_c	1.0	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50

Temel derinliği, D_f , B'den küçükse hesaplanan oturma değeri Şekil 3'de verilen oranlarda artırılır. $D_f/B=0$ olan bir tekil temelde .bu artış % 20'ye ulaşır.



Şekil 3. Yüzey etkisi için oturma artış faktörü.

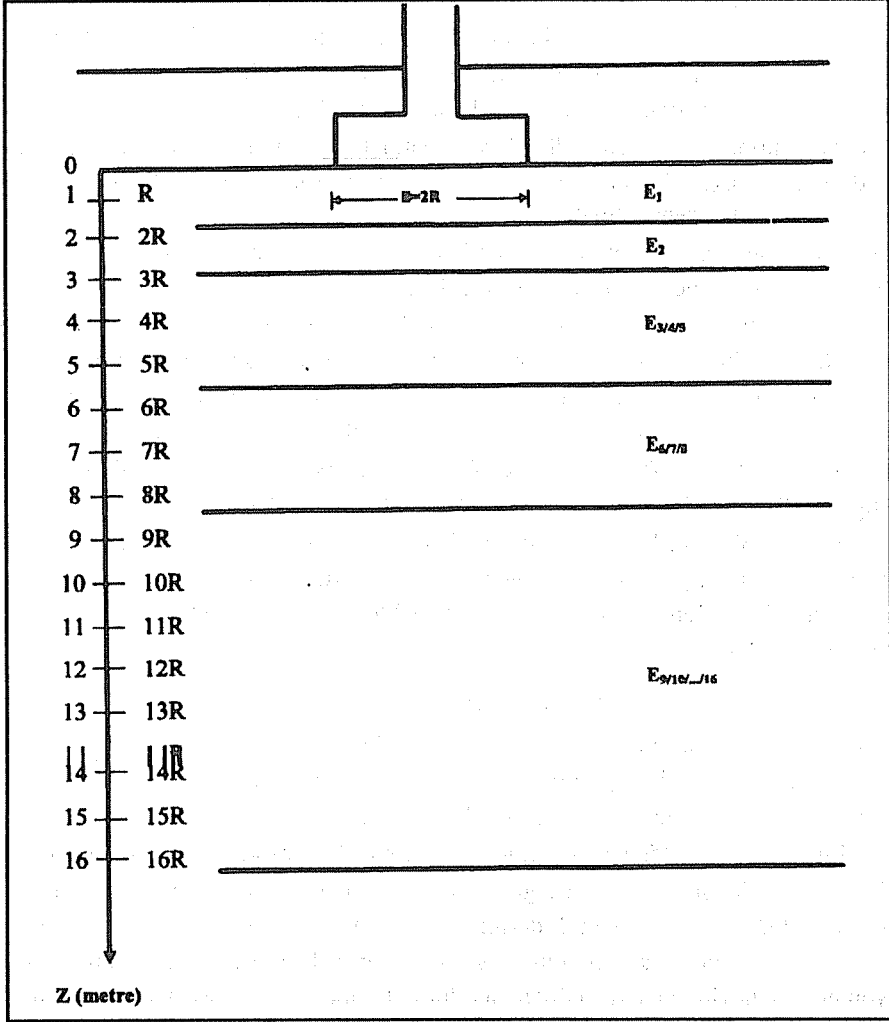
E_c ve E_d , zeminin heterojen veya homojen olması durumuna göre farklı yöntemlerle hesaplanır. Şekil 4'de görüldüğü gibi temel tabanı altında kalan zemin, kalınlığı $R=B/2$ olacak şekilde 16 tabakaya ayrılmaktadır. i tabakası, temel tabanı altında $(i-1)R$ ile iR derinlikleri arasında bulunan tabaka olarak tanımlanır. Bu tabakalar içerisinde bulunan E_M okumalarının harmonik ortalaması alınarak her tabakanın E_i değeri hesaplanır. 1.tabakadaki ortalama E_1 değeri E_c olarak kabul edilir ($E_c=E_1$). E_d 'nin hesabı için ise aşağıdaki formül kullanılır:

$$\frac{1}{E_d} = \frac{1}{4} \left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{0.85E_2} + \frac{1}{E_{3/4/5}} + \frac{1}{2.50E_{6/7/8}} + \frac{1}{2.50E_{9/16}} \right] \quad (5)$$

$E_{p/q}$ 'nin anlamı p'den q'ya kadar E_i 'lerin harmonik ortalamasıdır. Mesela $E_{3/4/5}$ 'in anlamı 3, 4 ve 5. tabakaların E_i değerlerinin harmonik ortalamasıdır. Bu bağıntı konsolidasyonun sadece temel tabanı altındaki zeminde meydana geleceği kabülü

*PRESYOMETRE VERİLERİNDEN YARARLANARAK TEK TABAKALI ZEMİNLERE OTURAN
YÜZEYSEL TEMELLERİN BİLGİSAYAR YARDIMI İLE TASARIMI*

yapılarak çıkarılmıştır. Oturmadan dolayı meydana gelecek deformasyonlar birinci tabakadan daha derindeki tabakalara kadar belirli oranlarda dağıtılarak yapılmıştır. Bu kabul elastik teoriyi esas alan bir kabuldür.



Şekil 4. E_c ve E_d 'nin hesabı için temel zeminin fiktif tabakalara ayrılması.

7. GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR PROGRAMI

Yüzeysel türde inşa edilecek temel sistemlerinin analiz ve tasarımına yönelik olarak bir önceki bölümde anlatılan yöntemler kullanılarak, zeminin taşıma gücü ve oturma değerlerini hesaplayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. PRES1 adı verilen program FORTRAN dilinde hazırlanmış olup data dosyası ile çalıştırılmaktadır.

Program data dosyasında, deney sayısı girildikten sonra, geometrik bilgiler olan temel genişliği, temel uzunluğu ve temel derinliği okunmaktadır. Ayrıca özellikleri incelenen zeminin turbalık, kil, silt, kum, çakıl veya kaya cinslerinden ve yapılması planlanan temelin kare, şerit, daire veya dikdörtgen şekillerinden hangisi olduğu da belirtilmektedir. Bunu takiben zemin emin taşıma gücü hesabında dikkate alınacak olan güvenlik sayısı girilmektedir. Daha sonra, yapıdan zemine gelecek maksimum gerilme değeri ve presyometre deneyinden elde edilen net limit basınç okumaları verilmektedir. Son olarak oturma hesabında kullanılacak zemin tabakaları sayısı ve her tabakadaki Menard Modülü, E_M , okumaları girilmektedir. Program tarafından kullanılan tipik bir data dosyası Ek1'de görülmektedir.

Limit taşıma gücünün hesabında kullanılan taşıma kapasitesi faktörü, k , zemin cinsi, temel derinliği ve temel şekli gibi değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2'de verilen eğrilerden k 'nın bu değişimi görülmektedir. Bu eğrilerden herbirisi için enküçük kareler yöntemi kullanılarak en uygun ikinci dereceden polinom denklemleri elde edilerek programda dikkate alınmıştır. En uygun eğrilerde korelasyon katsayıları en az 0.99 ($r^2 \geq 0.99$) olarak bulunmuştur. Oturma hesaplarında kullanılan zemin tipi ve E_M/PL^* oranına bağlı α faktörü ve şekil faktörleri, λ_d ve λ_c , programa Tablo 1 ve 2'de verildiği şekillerde girilmiştir. Menard tarafından önerilen yüzey etkisi için oturma artış faktörü de Şekil 3'de verilen doğrunun denklemi programda girilerek dikkate alınmıştır.

Program çıktısında, girilen bilgiler görüldükten sonra, net limit basınç, zemin taşıma gücü ve temelin toplam oturma değeri verilmektedir. Ek2'de tipik bir program çıktı dosyası görülmektedir.

8. UYGULAMA VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Programın doğruluğu, literatürde mevcut, aynı yöntem kullanılarak elle çözülmüş bazı yüzeysel temel örneklerinin program yardımı ile çözülmesi neticesi kontrol edilmiştir. Burada bunlardan yalnızca bir tanesi tipik bir örnek olarak sunulmaktadır.

Baguelin ve ark. (1) Menard tarafından önerilen yöntemi kullanarak bir şerit temel problemini ele almıştır. Şekil 5'de gösterilen mütemadi temel 5.0 m. genişliğinde ve 12.0m. uzunluğunda olup temel derinliği 1.75 metredir. Temel tabanına yapı ve temelden aktarılan yük etkisi ile oluşan gerilme değeri 11 kg/cm^2 'dir. Zemin profili ve Presyometre deneyinden elde edilen net limit basınç, P_1^* ve Menard Modülü, E_M değerleri şekilde görülmektedir.

Bu örnek için gerekli parametreler tablo ve grafiklerden alınıp yukarıdaki formüllerde yerine konduğunda elde edilen zemin emin taşıma gücü 4.79 kg/cm^2 'dir. Oturma hesabından elde edilen toplam oturma değeri ise 6.78 cm 'dir. Ek1'de verilen data dosyası ile PRES1 programı çalıştırıldığında elde edilen sonuçlar Ek2'de verilen çıktı dosyasında görüldüğü gibidir. Buradan emin taşıma gücü 4.85 kg/cm^2 ve toplam oturma, 6.71 cm 'dir. Buradan PRES1 program sonuçlarının elle yapılan hesaplamalara yeterince yakın olduğu anlaşılmaktadır.

*PRESYOMETRE VERİLERİNDEN YARARLANARAK TEK TABAKALI ZEMİNLERE OTURAN
YÜZEYSEL TEMELLERİN BİLGİSAYAR YARDIMI İLE TASARIMI*

EK 1. PRES1 programı için data dosyası

8 500. 1200. 175.

1 2 3

12. 17. 17. 17. 18. 18. 14. 19.

11. 6

3 2 3 2 3 2

130. 200. 160.

270. 400.

350. 240. 350.

370. 700.

550. 600. 700.

750. 850.

EK 2. PRES1 programından elde edilen bir çıktı dosyası.

PRESYOMETRE METODU İLE TEMEL TASARIMI

GEOMETRİK BİLGİLER

TEMEL GENİŞLİĞİ= 500.00

TEMEL UZUNLUĞU= 1200.00

TEMEL DERİNLİĞİ= 175.00

DiĞER OKUMA BİLGİLERİ

TOPLAM OKUMA= 8

NET LİMİT BASINÇ OKUMALARI

12.00 17.00 17.00 17.00 18.00

18.00 14.00 19.00

ZEMİN CİNSİ= 1.

TEMEL ŞEKLİ= 2.

TABAN BASINCI= 11.00

GÜVENLİK SAYISI= 3.0

TABAKA SAYISI= 6

TABAKA SAYISI OKUMA SAYISI

TABAKA SAYISI	OKUMA SAYISI
1	3
2	2
3	3
4	2
5	3
6	2

TABAKA NO PRESYOMETRE MODÜLÜ

TABAKA NO	PRESYOMETRE MODÜLÜ
1	130.00 200.00 160.00
2	270.00 400.00
3	350.00 240.00 350.00 370.00 700.00
4	550.00 600.00 700.00
5	370.00 700.00 550.00
6	600.00 700.00
6	750.00 850.00

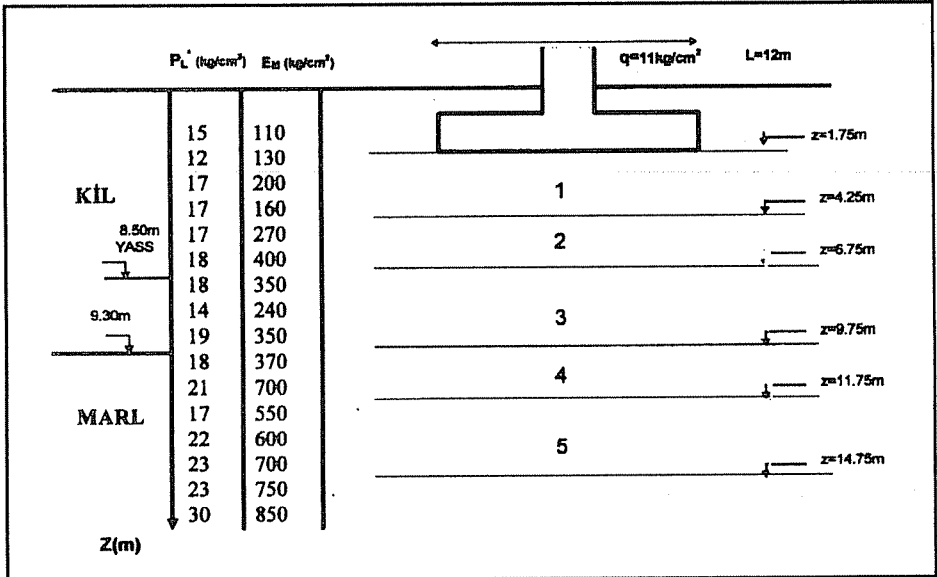
SONUÇ BİLGİLERİ

ZEMİN EMİN TAŞIMA GÜCÜ

4.848 kg/cm²

TOPLAM OTURMA

6.711 cm



Şekil 5. Örnek Problem (1).

9. SONUÇ

Presyometre deneyi temel tasarımında kullanılan en güvenilir arazi deneylerindedir. Deneyden elde edilen veriler yardımı ile zeminlerin taşıma gücü ve oturma parametreleri hesaplanabilmektedir. Menard tarafından önerilen formüllerde ilgili tablo ve grafikler de dikkate alınarak yüzeysel temeller için FORTRAN'da bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Programın Menard tarafından yapılan kabuller dahilinde güvenilir olduğu elle çözülmüş örneklerle yapılan karşılaştırmalardan görülmüştür. Buna göre program, dikkatli bir şekilde elde edilmiş Presyometre verileri ve uygun parametreler verilme sureti ile değişik zeminler için güvenli bir şekilde kullanılabilir.

10. SEMBOLLER TABLOSU

- α : zemin tipine ve E_M/PL^* oranına bağlı faktör
 λ_d, λ_c : temelin L/B oranına bağlı şekil faktörü
 σ_{ho} : yatay gerilme
 σ_v : düşey gerilme
B : temel genişliği
 B_0 : referans genişlik
 D_f : temel derinliği
 E_d, E_c : temel zemininde ölçülmüş presyometre modülleri
 E_m : presyometre modülü
k : MP taşıma faktörü
MP : menard presyometresi
 P_m : basınç okuması
 P_1 : limit basınç
PIP : itmeli presyometre
 q^* : yapıdan zemine gelecek maksimum gerilme
 q_1 : yük taşıma kapasitesi
 q_1^* : net yük taşıma kapasitesi
Q : üst yapıdan gelen düşey yük
Q : temele etkileyen toplam yük
 Q_p : temel taban basıncı
 Q_s : temel çevre sürtünmesi
SBP : kendi delen presyometre
 V_m : hacim okuması
 v_1 : limit basınç anındaki hacim okuması
 v_0 : başlangıç hacmi
 V_c : ölçüm hücresinin hacmi
W : temel ağırlığı

11. KAYNAKLAR

1. Baguelin, F., J s quel, J.F. and Shields, D.H., "The Pressuremeter and Foundation Engineering", 1st Edition, Transtech. Publications, Switzerland, 1978.
 2. Mair, R.J. and Wood, D.M., "Pressuremeter Testing Methods and Interpretation", CIRIA Series, Butterworths, 1987.
 3. Menard, L., "The Determination of the Bearing Capacity and Settlement of Foundations from Pressuremeter Tests", Proc. 6 th Int. Conf. SMFE, Montreal, V.2, 295 sayfa, 1965.
 4. Menard, L., "Rules for the Calculation of Bearing Capacity and Foundation Settlement Based on Pressuremeter", Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Eng. Lab., 1972.
 5. Menard, L., "The Interpretation and Application of Pressuremeter Test Results", Soil-Soils, V. 26, sayfa 1-43, 1975.
-

TEKNOLOJİ VE YENİ MEKANSAL ORGANİZASYONLARI**Levin ÖZGEN***Ç.Ü.Mimarlık Bölümü, Adana / Türkiye*

ÖZET : 1980li yıllar boyunca ve 1990ların ilk yıllarında, emek sürecinde ve üretim organizasyonunda ortaya çıkan köklü dönüşümler günümüzde de sürmektedir. Bunların sonucunda birikim ve üretim süreçleri küreselleşirken, oluşan yeni konjonktür ekonomik politik yapılanmada küreselleşme ve bölgeselleşme süreçlerinin içiçeliğine ve bu düzlemde, yeni ürün geliştirmenin özel bir rol üstlenmesine yol açmıştır. Olgular ülkeler arasında, giderek zorlaşan bir pazar paylaşımı ve rekabet ortamı getirmekle birlikte, ürün ve üretim bazında bir önceki dönemin koşullarından farklı, ulusal, bölgesel kısaca coğrafik sınırlardan bağımsızlaşabilen, bir yanıyla ulusüstü işbirliğini, bütünleşmeyi ve eklemelenmeyi de beraberinde yaratmıştır. Gelişmelerin temel itiricisi, onlara kısa sürede uyum sağlayabilen bir içeriğe bürünmüş bulunan teknolojidir. Özelde, yüksek teknolojinin, bunlar içinde bilişim ve organizasyon teknolojilerinin ticarileşmesi, yeni ürün geliştirme zorunluluğunun dönemin temel ivmesi olmasıyla da bütünleşerek, araştırma geliştirme etkinliklerine ve üniversite, enstitü gibi ilgili kurumlara yeni rol ve önemler yüklemiştir. Bilim ve teknolojinin, bilim parkı, teknoloji parkı, araştırma ve geliştirme merkezi, teknopolis gibi özgün çökertilme alanları olan mekansal yapılanmalarının dünya gündeminde artan ve çeşitlenen sayı ve içerikte yer almasını getirmiştir.

Hızla karmaşıklaşan bu süreçler içinde Türkiye gibi ülkelerin geleceklere, kendi teknolojik yapılarını yeni bir yaklaşımla yeniden yapılandırmalarına ve teknolojinin hangi stratejik bölgelere çökertileceğinin yeni mekansal organizasyonlar içinde netleştirilmesine bağlıdır. Dünyadaki teknoloji içerikli mekansal organizasyonların gözlenmesi bu sürece ve GAP gibi bölgesel gelişmeye odaklanmış oluşumlara olumlu katkılarda bulunabilir.

TECHNOLOGY AND IT'S NEW SPATIAL ORGANIZATIONS

ABSTRACT : *Radical transformations emerging in the labor process and production organization during the years of 1980s and early 1990s continue also today. As a result of these transformations, as the accumulation and production processes became global, emerging new conjuncture has caused the interactivity of the globalization and regionalization processes in the economic-political structuralization, and at this level, gave a special role to developing new product. Facts brought on an increasingly difficult competition and sharing of market among countries; at the same time, created a supranational corporation, integration and articulation at the product and production base, different from previous period's condition, independent from national, regional, shortly geographic boundries. Main force of the developments is technology which has a content with ability to conform to those developments in a short period. In particular, commercialization of high technology, of information and organization technologies load new role and importance to research and development activities and related institutions such as universities, institutions, by articulation with the necessity of new product development as a main motivation of the period. This also brought on the spatial structuring as specific intensification areas of science and technology as science parks, technology parks, research and development centers, technopolis, to take place in the world agenda with increased varying number and content.*

In view of these complex processes, the futures of countries similar to Turkey will depend on clarification of restructuring technological structures and intensification of technology into the strategic regions within the new spatial organizations. Observation of technology-based spatial organizations in the world may support this process and the formation focused on regional developments like GAP (Southeastern Anatolian Project).

1. GİRİŞ

Son yirmi yılda, emek süreci ve üretim organizasyonu, gerek üretim ilişkilerinde karşılaşılan katılıkların zorlamasıyla, gerekse bunlara çözüm getirebilen gelişmeler yaşayan donanım ve yazılım teknolojilerinin sağladığı olanaklarla köklü dönüşümlere uğramıştır. Bu dönüşümler sonucunda sektörler, sanayiler ve ülkeler arasında yeni ürün geliştirmeye temellenen ve bilişim ağlarından yararlanan sistemik işbirliği önemli bir yeniden yapılanma stajetjisi durumuna gelmiştir (1, 2).

Gerek dünya pazarlarında kalite üstünlüğü gösterebilen yeni ürün geliştirme ve mevcut ürünlerin kalite üstünlüğü temelinde çeşitlendirilmesi, gerekse yeni malzeme kullanımının sistemik işbirliğini ve buluşu ittirmesi, araştırma ve geliştirme (a+g) etkinliklerine ve bu etkinliklere yönelen kuruluşlara yeni organizasyon içerikleri

taşımıştır. Önceki dönemlerin a+g etkinlikleri ve bunların mekansal organizasyonları günümüzde yeni içeriklerle yeniden organize olmaktadır. Bu mekansal organizasyonlarda temel hedef teknolojinin bölgesel gelişmenin temel öğelerinden biri olması yaklaşımıyla belirli bölgelere çöktürülmesi, buralarda yüksek teknolojinin (YT) geliştirilmesi, bilim ve teknolojinin ticarileşmesi, kamu ve özel sektör arasında yeni bir işbirliğini kuracak biçimde devlet-sanayi-üniversite saçayağının inşası ve büyük-küçük imalat sanayii-mali kuruluşlar arasında yeni işbölümü - işbirliği pratiklerinin geliştirilmesidir.

Üzerinde yoğun bir biçimde durulan, bir önceki dönemin kitlesel üretim sisteminden esnek üretim sistematiğine geçiş, ya da bir kapital birikim sisteminden bir diğerinin doğmasının mekanizmaları ve yapılanma süreci konularının yanı sıra, üretim sisteminin yapısal olarak değişmesidir. Burada önemli olan nokta teknolojik buluşun merkezi önemde olmasıdır. Bu merkezi konum beraberinde, beceri ve işin hem terim, hem içerik olarak değişmesini, çalışma ilişkilerinde, işgücünün çoğul beceri ve çok yönlü sorumlulukla donanmasını da getirmektedir. Bir yandan da teknolojinin coğrafik olarak yoğunlaşması, yayını ve stratejik bölgelerde çöktürülmesi, saçılması gibi stratejilerle üretimin küresel organizasyonunda görelî üstünlüklerin yapılandırılmasında anahtar durumdadır.

Bu amaçla bilim, teknoloji, araştırma parkları ve merkezleri, teknopolisler gibi mekansal olgular günden güne yaygınlaşmaktadır. Bunlar giderek kendi aralarında, uzmanlaşma, çeşitlenme ve çoğul etkinlikli yapılanma göstermektedir (3). İçeriklerindeki çeşitlilikler, buldukları ülkelerin bölgeselleşme süreçlerinde önemli roller üstlenmektedir. Herbiri kendi gelişme tarihine sahip bulunan bilim ve teknolojinin bu yeni mekansal organizasyonlarının yakından gözlenmesi önemli yararlar taşımaktadır.

2. ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME, BİLİM VE TEKNOLOJİNİN YENİ MEKANSAL ORGANİZASYONLARI

Sürmekte olan üretim organizasyonu değişiklikleri içinde, teknoloji, sosyal, ekonomik ve politik bağlamlar itibarıyla önceki dönemlerden daha geniş ve derin anlamlar kazanmıştır. Geniş içeriği ötesinde, teknoloji bugün, olumlu ya da olumsuz olarak bölgesel değişimin ve iş yaratma - iş yoketme gücüyle ekonomik değişimin temel anahtarıdır. Bu haliyle gelişmiş ülkelerin toplam zenginlik ve refahlarının hem nedeni, hem de getirisidir. Bu bağlamda, gelişmemiş ülkelerin yoksulluğunu da diğer bütün olgulardan çok daha açık olarak ortaya serer.

Özel düzeyde ise, bilişim ve organizasyon teknolojisi dönemin devrimci niteliklerini öne çıkaran, bir devrim yaşandığının genel kabul görmesini getiren sistemik bir içeriğe sahiptir. Mikroelektronığe ve kaynakların dinamik kıyaslamalı üstünlüğüne göre seferber edilmesine dayalı bu dönemde, YT kavramının özel bir yeri bulunmaktadır. YT

terimi gelişmiş teknolojik donanım genel kanısını yaratmıştır. Oysa özellikle Japonya yalın üretim sisteminde görüldüğü gibi bundan daha kapsamlı bir içeriğe sahiptir (4). Bu anlamda YT teriminin, YT sanayilerinin ve YT ticaretinin ne anlam taşıdığıнын netleştirilmesinde yarar vardır.

Farklı yaklaşımlar (5) olmakla birlikte, yaygın kabule göre YT sanayilerini ayırt eden niteliklerden birincisi bilim adamı, mühendis, planıcı gibi yüksek eğitilmiş kişilerin oluşturduğu işgücünün yüksek oranda olmasıdır . İkinci özellik hızlı teknolojik buluş oranıdır. Bu sanayilerde a+g harcamalarının satışlara oranı çok yüksektir. Tipik olarak 1/10 oranı geçerlidir. Ve sonuncu olarak YT sanayilerinin ürünlerinin pazarı dünya çapındadır. Bu sanayilerde teknoloji diğer sanayilerdekinden daha hızlı bir oranda değişir. Bu ölçütlere göre ana YT sanayileri şunlardır; elektronikler, uzay teknolojileri, genetik mühendisliği, ecza ürünleri, donanım-araç sanayileri. Alt sanayiler arasında yarı iletkenler, mikroişlemciler sanayileri sayılabilir, ki bunlar YT açısından en yüksek olanlardır. Özellikle bu iki alt YT sanayiinin çeşitli alanlara uygulanmasından, diğer yüksek teknolojik buluş oranına sahip sanayiler gelişmektedir; tıbbi elektronik, otomotiv elektroniği, telekomünikasyon sistemleri, biyoteknoloji gibi. Bu gelişmenin özü sistemik işbirliğinin oluşturulabildiği network türü üretim ve gelişmeye dayalıdır (1, 2).

YT ürünleri ise genelde, bilgi yaratılmasına yönelik yatırımların maliyetinin büyük bir kısmını oluşturan ürünler olarak tanımlanır. A+g yatırımlarının görece yoğunluğu, veya işgücü içinde bilim adamlarının ve mühendislerin oranı gibi faktör girdileri açısından YT sektörünü tanımlamak, teknolojik yayınının farklı oranları ile karakterize edilen sanayiler arasında ayırım yapmaya yol açmaz. Bu göstergeler, statik olarak, verili zaman dilimi içinde geçerli olan durumu yansıtır. Bunlar, yeni YT sektörlerinin gelişme sürecinde bazı sanayilerin teknolojik açıdan etkinliğini yitirmesi bağlamında önem taşıyabilir.

Araştırmaların çoğu YT sanayilerini tanımlamakta çeşitli girdi ölçütünü kullanmaktadır. En iyi bilinen YT tanımını gelişmelere uyarlayarak kullanan yaygın tanımda, teknoloji yoğunluğuna dayanıldı. Buna göre, herhangi bir sanayide teknoloji yoğunluğu, belli bir mali üretmek için gereken a+g harcamalarına göre kestirildi. Bu yöntem, yalnızca son üreticilerin yaptığı doğrudan a+g yatırımlarını değil, son malın üretiminde kullanılan ara malların sunucuları tarafından yapılan dolaylı a+g harcamalarını da hesaba katar. Dolaylı a+g yatırımları girdi-çıkıtı tekniklerine göre belirlenir. Bu yaklaşım içinde sanayiler, a+g yoğunluklarına göre yeniden sıralandı. İlk 10 SIC (Standart Industrial Classification) grubu -3lü sınıflama- YT sanayileri olarak kabul edildi. Buna göre 10. sıraya kadarki sanayiler, 11. sıradaki sanayiden % 30 daha büyük ve bir bütün olarak imalat sektörü için ortalamanın % 100 üstünde bir a+g endeksine sahiptir. Diğer deyişle, bu yöntem sıkça kullanılan ortalama düzeyin aşılması ölçütünden çok, a+g yoğunluğu bağlamında yüksek standartlara sahip olmayı öne

çıkarmaktadır.

Bu yöntem YT ticaretini tanımlamakta kullanıldığında, bir önceki sanayi sınıflaması (SITC) ile bir denkliğin kurulması olanaklıdır. Burada YT ürünlerinin göreceli önemlerinin belirlenmesinin yolu, YT ağırlığının kestirilmesidir. Buna göre % 50'ye eşit, ya da ondan büyük YT ağırlıkları YT ticareti kapsamına alınmaktadır. Bu yöntem henüz genel kabul görmese de, bu yaklaşımla YT ürün ve sanayileri, inorganik elementler ve kimya ürünleri, radyoaktif materyaller, ilaç ürünleri hariç tıbbi ürünler, polimerler, plastikler, büro ekipmanı, telekomünikasyon aygıtları, bilimsel aletler, transistörler, fotohücreler, uçaklar, içten yanmalı motorlar, elektrikli makineler ve aygıtlar, kayıt cihazları, uçak motorları, fotoğraf ürünleri, ses kayıt cihazları, sentetikler, trübünler, boya ve ecza ürünleri, ortopedik aygıtlar, buhar motorları, askeri olmayan silahlar, av ve spor malzemeleri, elektron hızlandırıcıları vb. açılıma sahip olabilmektedir.

Böylesine verimli bir biçimde sistemik olarak genişleyebilen bir kapsam temel elektronik mekanizmanın kurulmasına bağlıdır. Bu mekanizma bir kez kurulduktan sonra, yalnızca temel çerçevede elde edilebilecek sonuçların ötesinde bir buluş dinamizmi doğmaktadır. A+g etkinliklerinin önem kazanması ve giderek çeşitlenmesi ve yeni mekansal organizasyonların ortaya çıkması da bu temel üzerinde görülebilir.

1950'li yıllardan beri varlığını ortaya koyan a+g mekansal yapılanmaları, ya da teknolojinin mekansal organizasyonlarının, 1970'li yıllardan itibaren içerik ve biçim değiştirmesi de kurulan mekanizmanın etkinliklerinin gelişme sürecine koşuttur. İlk kez Silicon Vadisi, Route 128 adlarıyla dikkatleri çekmiş bulunan a+g merkezleri bugün çeşitli isimler ve kurumsallaşma süreçleri altında, değişik etkinlikleri sürdürmektedir. A+g Merkezlerinden sonraki adım Bilim Parkı, Teknoloji Parkı olarak kendini ortaya koymuştur. 1990'lı yıllarda ise Teknopolisler yaygınlaşmakta, Çoğul Fonksiyonlu Teknopolislerin de oluşumu gözlenmektedir.

1951 ABD-California, Stanford Araştırma Parkı, 1957 Sovyetler Birliği-Sibirya, Akademgorodok Bilim Kenti, 1960'lar ABD Araştırma Üçgenleri ve Merkezleri, Japonya, Tsukuba Bilim Kenti, 1970ler Fransa/Sophia-Antipolis, İngiltere/Heriot-Watt, Cambridge Bilim Parkları ve çeşitli benzer örnekte görülen kendiliğinden gelişme, 1980'lerin sonundan itibaren planlı yapılanmalara yerini bırakmıştır. Bu çerçevede özelde Kore, Japonya, Çin gibi Pasifik ülkelerinde, ilk örneklerin ortaya koyduğu, yeni çalışma, yaşam ve mekan normlarının geliştirilerek, planlı bir biçimde mekana aktarıldığı yeni bilim ve teknoloji merkezleri, parkları, kentleri geliştirilmektedir.

1980'li yıllarda Japonya Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının, Silicon Vadisi modeline dayanarak 'teknopolis' kavramı içinde Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi tasarımı, yalnızca Japonya'da çok sayıda bilim parkı, teknopolis oluşumuna model oluşturmadı. Takibeden yıllarda tüm Pasifik Ülkeleri ve Çin'deki mekansal organizasyonlara örnek oluşturduğu gibi, Batı Ülkelerindeki mevcut yapılanmaların da yeniden organize olmalarına bir ivme kazandırdı.

Teknolojinin bu yeni mekansal organizasyonları, buldukları ülkelerin iç dinamiklerine bağlı olarak farklı kurumlar ve ilişkiler barındırmakla birlikte, hepsinde bazı ortak unsurlar yer almaktadır. Bunların başında üniversiteler gelmektedir. Üniversiteler bir anlamda bu tür mekansal organizasyonların başlatıcısı rolünü üstlenmektedir. Buna yol açan iki temel öge, üniversitelerin özel bilgi ve beceriyle donanmış insan kaynağı ile bilimsel bilgi üretme ve araştırma etkinlikleridir. Üniversitelerde üretilen bilginin kontrolü ve dağılımı, teknoloji tabanlı mekansal organizasyonların hayati önemdeki etkinliğidir. Bu nedenle bu mekanların yer seçimi, süreç içinde gelişmeleri genel olarak bir üniversite çevresinde olmaktadır. Aynı bağlamda bir üniversiteye bağlı, ya da bağımsız enstitüler de bu mekansal yapılanmalar için çekim merkezi olabilmektedir. Bu çerçevede, çeşitli araştırma, geliştirme merkezleri ya da kurumları da sayılabilir.

Bu mekansal yapılanmalarda bilgi üretiminin ve dağılımının kontrolünün yanı sıra, enformasyon-ağlarının dünya çapında kurulabilmesi, enformasyonun işlenmesi ve dünya çapında aktarılması özel bir önem taşımaktadır. Bu etkinliklerin gerçekleştirildiği, bilgi işlem ve enformasyon birimleri bu nedenle bu mekansal yapılanmaların temel parçalarından biri olmaktadır.

Genel olarak büyüklük, fiyat ve altyapı olanakları bakımından uygun arazi sunulması bölgesel veya yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilmektedir. Ortaya çıkan eski ve yeni örnekler itibariyle, bu mekansal organizasyonlarda arazi büyüklükleri çok farklı olabilmektedir. Planlı olarak geliştirilen yeni örnekler genel olarak geniş araziler üzerinde, tarihi kent çevresinde ya da bir kültürel merkez alanında ve bölgesinde yerleşmiştir. Tablo oluşumu destekleyen, teşvik ve kredi olanakları sağlayan mali kuruluşların çeşitli işlevlerle donatılmış birimleriyle tamamlanmaktadır. Bunların üstünde bu mekansal organizasyonları tanımlayan temel yaklaşım, kente kırım huzurunu ve dinginliğini, kıra kentsel etkinlikleri ve olanakları götürebilmektir (6,7).

Bu mekansal organizasyonların amaçları da konjonktürel ve yapısal değişmelere koşut olarak gelişme göstermektedir. İlk bilim parkının temel hedefi, girişimcileri, firmalarını ya da a+g birimlerini üniversite yakınına kurmaya ikna etmektir. Bu amaç başarıldığı oranda, bu çekirdek yerleşmelerin çevresinde yeni sanayiler gelişti ve özellikle, Stanford, Cambridge Bilim Parklarında olduğu gibi bölge ekonomisine katkısı yüksek olan yüksek teknoloji sanayilerinin yığılmasına yol açtı.

Amaçların ve çevrede yerleşen sanayi firmalarının kapital yapısının, üretim organizasyonunun ve ilişkilerinin, ürün uzmanlıklarının gelişmesiyle teknoloji tabanlı mekansal organizasyonların değişik tipleri oluştu. Kampüs tipi model giderek, Kuluçka ve Buluş Merkezlerini bünyesine katarak, Bilim/Araştırma Parkı prototipini yarattı. Bu gelişmelerin en önemli getirisi, bilim parkı gelişmesinin, yüksek teknoloji sanayii büyümesinin en etken aracı olarak kabul edilmesi oldu. Dönem itibariyle küçük imalat firmalarının bu mekanlara doğru görece kolay yer değiştirmesi, ya da yeni birimlerini

buralarda organize edebilme yetenekleri, bu gelişmede olduğu kadar, bölgesel ekonomik gelişmede de önemli katkılar sağlamalarıyla birleşerek, küçük imalat firmalarına teknoloji geliştirme ve buluş gerçekleştirmede özel bir önem yükledi. 1970'lerde Bilim Parkları yanında Bilim Kentleri biçiminde yapılanmalar artarken, 1980'ler ve 1990'larda bunlar, toplamış oldukları dikkatler sonucunda, ulusal ve uluslararası düzeyde birlikler halinde örgütlenmeye ve yönetilmeye konu oldular. Tablo-1 bu oluşumların ne kadar çeşitlendiği hakkında bir fikir verebilir.

Bugün itibariyle, bu mekansal organizasyonların, etkin bir mekansal ekonomik ve bölgesel gelişme aracı olup olmadıkları geniş bir biçimde tartışılmaktadır. Yaklaşımların bir kısmında (8) bu mekanların rolü sembolik ve hızlandırıcı olarak betimlenmektedir. Bir kısım yaklaşım ise (9,10) onları filonun öncü gemisi olarak

Tablo 1. Bilim Parkı Sınıflaması ((5) uyarlama).

Bağlantı Topluluğu	Kuluçka	Bilim Kenti
Üretim Merkezi	Sanayi Parkı	Bilim Parkı
İş Merkezi	Buluş Merkezi	Bilim ve Araştırma Parkı
İş Kuluçkası	Ofis Parkı	Geliştirme Topluluğu
İş Parkı	Araştırma Enstitüsü	Teknoloji İnşa Merkezi
Ticaret/İş Merkezi	Araştırma Parkı	Teknoloji Parkı
Karışık Yük.Tek.Merkezi	Yüksek Kalite Sanayi Merkezi	Teknopol
Yüksek Teknoloji Merkezi		Teknopolis
Yüksek Teknoloji Sanayi Kompleksi		Yük Sanayi Mer.

Tablo 2. Etkinlik ve Ölçeğe Göre Bilim Parkı Tipolojisi ((5) uyarlama).

(Etkinlik)	araştırma	araştırma parkı	Bilim Kenti
	buluş merkezi		
	bilim parkı	teknopolis	
	İş Kuluçkası	teknoloji parkı Yük. Sanayi Mer.	
ticaret/iş		ticaret/iş merkezi sanayi parkı	
	küçük	(Ölçek)	büyük

görmektedir. Bu mekanların akademik girişimciliği getirdiği, araştırma-ticaret, üniversite-teknoloji/bilim-ticaret, kamu-özel sektör arasında yeni ilişkiler kurduğu yaklaşımları ise yaygındır. Diğer yandan, geliştirme etkilerinin kapsayacağı süre de tartışmalıdır. Planlama ve Coğrafya bilimsel disiplinleri açısından bu mekansal organizasyonlar büyüme merkezi kavramının yeni bir versiyonu olarak kabul edilmektedir. Ortaya çıkan teknoloji tabanlı mekansal organizasyonlar, etkinlik ve ölçeğe göre Tablo-2'de görüldüğü gibi dağılım göstermektedir.

1992 yılı itibariyle bu mekansal yapılanmaların hızla geliştiğini, Türkiye gibi birkaç ülke hariç, tüm ülkelerde yayıldığını Tablo-3, 4, 5 ve haritalar ortaya koymaktadır. Merkez ve park oluşumları diğer tiplerden önde olmayı 1950'li, 1960'lı yıllardan beri korumaktadır.

Tablo 3. Kuruluş yılına ve tipine göre dünyadaki Bilim Parkları (5).

Yıl	Merkez	Kent	Kuluçka	Park	Havuz/kutup	Diğer	Toplam
1951				1			1
1955				1			1
1957		1		2			3
1959	1	1		3			5
1960	1	1		4			6
1965	2	1		7		1	11
1970	2	1		11		2	16
1972	3	1	1	15		4	24
1974	4	2	1	15	1	4	27
1975	4	2	1	15	1	4	27
1976	4	2	1	16	1	4	28
1977	4	2	1	16	2	4	29
1978	4	3	1	18	2	5	33
1979	5	3	1	18	2	7	36
1980	8	3	4	25	2	8	50
1981	9	3	4	27	3	9	55
1982	12	4	5	32	4	13	70
1983	18	6	7	55	7	20	113
1984	39	6	10	73	9	25	162
1985	81	6	15	99	11	36	248
1986	118	6	19	118	14	48	323
1987	159	6	25	136	18	55	399
1988	192	7	34	157	22	64	476
1989	227	9	40	185	25	68	554
1990	252	9	51	202	27	76	617
1991	304	9	59	213	28	91	704
1992	326	10	63	231	28	95	753
& M	10	12	0	57	4	21	104
n.a.	18		1	50	3	33	105
End				1	1	0	2
toplam	354	22	64	339	36	149	964

Tablo 4. Ülkelere göre dünyada Bilim Parkı gelişmesi (5).

	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	C&P	End	NA	topl.	
Argentina														1	1	1	1	1	1		3	5	
Australia			1	1	1	1	1	1	1	3	5	5	7	11	15	16	17	17	9		7	33	
Austria												1	1	3	4	4	4	5	0		1	6	
Belgium					2	4	4	4	4	4	9	9	9	9	9	9	9	9	1		2	12	
Brazil											1	1	1	1	1	1	1	1			9	11	
Bulgaria										1	1	2	4	4	4	4	4	5	0		1	6	
Canada				1	1	6	6	8	8	8	9	10	14	19	22	23	23	23	3		5	31	
China											1	1	1	20	20	27	27	52	0		0	52	
China-Taiwan					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			1	
Costa Rica																			0		1	1	
Czech																1	6	12	0			12	
Denmark			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			2	
Estonia																		1	0		1	2	
Finland									1	1	3	4	5	6	6	6	6	6	0		1	7	
France				1	4	5	5	7	10	12	16	19	26	31	34	35	35	35	0			35	
Germany								1	2	11	26	37	43	51	59	68	88	101	5			106	
Greece																				1		1	
Hong Kong																				1		1	
Hungary													2	2	2	3	3	3	0		2	5	
India															1	1	1	1	1			2	
Ireland									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			1	
Israel				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5
Italy									1	1	2	2	2	3	3	5	5	6	6	1		5	12
Japan						1	2	3	5	5	5	8	8	10	16	24	31	45	59			104	
Korea				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	0			2	
Macau																		1	1	0		1	
Malaysia															1	1	1	1	0			1	
Marina (US)																		1	1	0		1	
Mexico																1	2	2	2			4	
Netherlands									1	2	4	6	6	6	7	7	7	7	0			7	
New Zealand																				0		1	1
Norway									1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	0		1	5	
Poland																1	6	11	0			11	
Portugal														1	1	2	3	3	3	0		3	
Romania																		3	0		6	9	
Russia		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	9	12	0		2	14	
Saudi Arabia																				1		1	
Singapore									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			1	
Slovakia																		1	0		6	7	
Slovenia																		2	3	0		4	7
South Africa														1	2	2	3	3	0			3	
Spain									1	1	3	3	3	4	5	5	5	5	1		2	8	
Sweden						2	2	2	4	6	8	10	12	12	12	12	12	12	0		3	15	
Switzerland																	1	2	2			4	
Thailand																				1		1	
UK					2	2	2	3	9	17	21	28	32	38	41	42	43	43	6		1	50	
USA	1	5	8	10	13	24	28	34	59	79	124	164	207	247	291	323	358	358	5	1	34	398	
Venezuela																				1		1	
Toplam	1	6	11	16	27	50	55	70	113	162	247	322	398	493	571	641	728	802	104	2	100	1008	

Tablo 5. Ülkelere ve tiplere göre dünya Bilim Parkları(5).

	Kent Merkez	Kuluçka	Park	Havuz	Diğer	N.A.	topl.
Argentina						5	5
Australia		7	21	1	4		33
Austria		4	2				6
Belgium		1	10			1	12
Brazil				2		9	11
Bulgaria		6					6
Canada		13	1	16		1	31
China			5		47		52
China-Taiwan			1				1
Costa Rica						1	1
Czech		10	1			1	12
Denmark			2				2
Estonia			2				2
Finland		2	5				7
France	1		6	22	3	3	35
Germany		82	18		6		106
Greece			1				1
Hong Kong						1	1
Hungary		1	1		1	2	5
India			1			1	2
Ireland			1				1
Israel			4	1			5
Italy	1		1	2	4	4	12
Japan	17	7	53	6	7	14	104
Korea	1	1					2
Macau			1				1
Malaysia			1				1
Mariana (US)			1				1
Mexico		1	1			2	4
Netherlands		3	4				7
New Zealand			1				1
Norway		1	3			1	5
Poland		6	3		1	1	11
Portugal			1	1		1	3
Romania			1	2		6	9
Russia	1	1	10	1		1	14
Saudi Arabia	1						1
Singapore			1				1
Slovakia		5	1			1	7
Slovenia			1	2		4	7
South Africa			3				3
Spain			7			1	8
Sweden		3	7			5	15
Switzerland		1	3				4
Thailand			1				1
UK	11		36		2	1	50
USA	188	57	103		25	25	398
Venezuela						1	1
toplaml	354	64	339	36	101	92	1008

Oluşumların toplamında, 1992 itibariyle en çok sayı ve alana sahip oluşum ABD'dedir. Kapladıkları kapalı alan itibariyle de ABD öndedir. İçerdikleri firma sayısına göre ise Fransa öncülüğü almıştır. ABD ise ikinciliği Çin'e kaptırması bulunmaktadır. Teknoloji tabanlı mekansal organizasyonların getirdiği en önemli dinamiklerden biri, iş kaybına yol açmasına karşın, yüksek bir iş yaratma potansiyeline sahip oluşudur. En fazla çalışan sayısına sahip olanlar ise Çin'dedir. İkinci sıra Fransa tarafından korunmakta, ABD ise üçüncü sırada bulunmaktadır (5).

Çin'in oldukça geç başladığı bir yarışı önde götürmesinin nedenleri özel bir dikkati hak etmektedir. Bu ülkedeki gelişmeler, mevcut ekonomi politik yapılanmanın yaşamakta olduğu değişmelerle özel bir bağ taşımaktadır. Teknoloji politikaları doğrultusunda ortaya çıkan ilk teknoloji tabanlı mekansal oluşum Pekin'de gerçekleştirildi. Pekin Bilişim Kontrol Enstitüsü (BIIC) 1982'de kuruldu. İlk adımda 99 çalışan varken 1986 sonunda enstitünün toplam çalışanı 185'i bilim adamı ve mühendis olmak üzere 376 kişiye ulaştı. Bu süre içinde 9 yabancı araştırma enstitüsü ve 150 yerli firma ile ilişki kurdu ve çeşitli yerel yönetim ve kamu kurumuyla 250'nin üstünde anlaşma imzaladı. Bunların sonucunda enstitünün kazancı 1985'de 7 milyon, 1986'da 14 milyon yuana ulaştı. Çalışanların kazancı ulusal ortalamadan 20 kez yüksek gerçekleşti, kişi başına 40.000 yuan.

Enstitü iki ana organizasyon üstünde yükselir; Bilgi-işlem Merkezi ve Sistem Mühendisliği Araştırma Merkezi. Bilgi-işlem Merkezi, Bilgisayar Sistemi Yönetim ve Operasyon, Enformasyon Servis, Enformasyon ve Döküman olmak üzere 3 Bölüm, ve Bilgisayar Ağları, Bilgi İşlem ve Enformasyon Yönetimi, Bilgisayar Destekli Mühendislik Uygulamaları, İmaj İşleme ve Kalıp Kabul, Mikroişlemci Uygulama olmak üzere 5 laboratuvar içerir. Araştırma Merkezi ise, Sistem Bilimi, Ekonomik ve Çevre Sistemleri, Bilim ve Teknoloji Sistemleri Toplumsal Sistemler, Ekonomik ve Toplumsal Sistemler için Yazılım Uygulamaları alanlarında çalışan 5 laboratuvara sahiptir.

Bu yapı, 1990'lı yıllara gelindiğinde yeni birimlerin ve ilişkilerin oluşmasına olanak sağladı. Bugün ülkedeki teknoloji tabanlı 50-60 civarındaki mekanlarda 400.000'in üzerinde yüksek becerili işgücü istihdamı gerçekleştirilmiştir. Bunlar 5.000'den fazla yüksek teknoloji sanayii firmasında çalışmaktadır. Bunlar görece küçük ölçekli firmadır. Bu firmaların kapladıkları toplam alan 10.000 ha dolayındadır.

Çin'in ve Pasifik Bölgesi Ülkelerin teknoloji tabanlı mekansal organizasyonlar oluşum pratikleri, Türkiye benzeri ülkeler için zengin bir laboratuvar durumundadır.

3. TÜRKİYE VE GAP

Türkiye, Latin Amerika, Pasifik Okyanusu, Afrika bölgelerindeki benzer ülkelerin çoğunun yaptığı gibi 1970'ler sonrasında yaşanan dünya ekonomik politik krizini istikrar ve uyum politikaları ve uygulamalarıyla aşmaya çalıştı (11) Kapital birikim

düzeninin küreselleşmesi sürecini gelişmiş ülkelerin bu sürece ilişkin yeniden yapılanma stratejilerinin bir uzantısı olmayı benimseyerek karşıladı (12). Ancak ilerleyen 1990'lı yıllar, Pasifik Bölgesi Ülkeleri dışında kalan benzer ülkelerde de olduğu gibi (13) Türkiye'nin bu yaklaşımlarının kalıcı yapılanmalara dönüşemediğini, bu senaryolara eklenmenin ötesinde politikaların ve uygulamaların gerekli olduğunu gösterdi.

1990'lı yılların başından bu yana Türkiye, aciliyetini giderek daha şiddetli duyuran bir "teknolojik yeniden yapılanma - sektörel stratejik planlama - öncelikler sıralaması" sorunu ile karşıkarşıyadır (14). Küreselleşen dünyada varolabilmesi, kendi şanslarını bu çerçevede yaratabilmesine bağlıdır. Bu şanslardan biri Güneydoğu Anadolu Projesi(GAP) olabilir. Genel anlamda sulama ve tarım etkinlikleriyle birlikte anımsanmakta olan GAP kapsamındaki bölge Türkiye'nin şanslarını yaşama geçirebileceği coğrafik bölgelerden biridir. Geniş bir açıdan bakıldığında bu bölge kapsamında, yeni teknoloji tabanını geliştirebileceği ve yakın çevresi ile bu temelde ilişkiler kurabileceği düşünülebilir. GAP kapsamında bölgesel gelişmeyi yönlendirecek, teknoloji geliştirmeyi ve ticaretini yapmayı amaçlayan bir mekansal organizasyon oluşturulması fena mı olur sorusu çeşitli vesilelerle ortaya çıkabilmektedir.

GAP, küreselleşen ve bölgesel bütünleşmenin ve işbirliğinin önem kazandığı yeni dünyada Türkiyenin görece üstünlüklerini oluşturabileceği düzeylerde dinamikler taşıyan bir girişimdir. Böyle bir girişimin dünyada ortaya çıkan yeni olgulardan yararlanması ve ulusal teknoloji politikalarının hayata aktarılabilmesi için mekanlardan biri haline dönüştürülmesi olanaklı ve ülke yararınadır.

Bilindiği gibi GAP, Urfa, Mardin illerinin tamamını, Gaziantep, Adıyaman, Diyarbakır, Batman ve Siirt illerini ise kısmen içine almaktadır ve geniş yatırımlara konu olmuştur. Bölgenin olası etki alanı ise daha genişlemekte ve Adana, Maraş, Malatya, Elazığ gibi illeri de kapsamına almaktadır. GAP kapsamındaki ilk yatırımların tümü tarımsal etkinlikler, ilişkili altyapı ve ücretlerin oluşumunda etkin olacak konut, toplumsal hizmetler vb. alanındadır. Böyle bir girişimin uzun vadeli düşünülmesinde, ülkenin teknolojik yeniden yapılanmasında rol üstlenmesinde yarar vardır. Bu açıdan bakıldığında, bu bölge kapsamında veya etki alanında bilim parkı, kenti, teknopolis gibi teknoloji tabanlı bir mekansal oluşumun getirileri yüksek olabilir. Teknoloji tabanlı yeni mekansal organizasyonlara ilişkin bilgiler, gözlemler ve analizler dikkate alındığında, böyle bir oluşum olanaklı görünmektedir. Bölge kapsamındaki iller bağlamında, teknoloji tabanlı bir mekansal oluşumun temel unsurlarının mevcut olduğu söylenebilir.

Gerek bölge içinde, gerekse etki alanına giren illerde uzmanlaşmış bilgi ve beceri kazandırmaya yönelik eğitim veren üniversiteler bulunmaktadır. Adana'da Çukurova, Maraş'ta Sütçü İmam, Gaziantep'te Gaziantep, Urfa'da Harran ve Diyarbakır'da Dicle Üniversiteleri yapılanmalarını ve gelişmelerini sürdürmektedir. Bunların içinde,

Adana/Çukurova Üniversitesi gibi uzun yıllardan beri tıp, ziraat ve tüm mühendislik dalları gibi yüksek teknoloji sanayilerine hizmet verecek alanlarda yalnızca ulusal düzeyde değil uluslararası düzeyde de önemli gelişmeler kaydetmiş kurumlar bulunmaktadır.

Diğer yandan Bölge, Çorum, Kayseri, Niğde gibi illerin bulunduğu kuzeybatısında ve Gaziantep, Maraş gibi illerin bulunduğu güneydoğusunda elektronik gibi yüksek teknoloji geliştirmeye temel oluşturabilecek sanayi dallarını da içeren bir biçimde hızlı sınıai gelişmelere sahne olmaktadır. Bölgenin güneybatısında ise Türkiye'nin dördüncü büyük kenti olan ve ülkenin sanayileşme sürecine girmesinde ilk adımları inşa eden kentlerden biri olan Adana bulunmaktadır. Etki alanındaki anılan bu kentler de dikkate alındığında, Bölgenin hızlı bir kapital birikimine ve yüksek kapital ve işgücü akımlarına sahne olduğu söylenebilir.

Açıkça yalnızca bu değerlendirmeler, bir teknoloji tabanlı mekansal organizasyonun oluşumunu olumlamaya yeterli olmayacaktır. Ancak, temel yapı taşlarının Bölgede bulunduğu da bir gerçektir. Daha ayrıntılı analizlerin bu sonucu doğrulayacağı ve böyle bir mekansal organizasyonun yer seçme ölçütlerini ve fiziki yapılanma süreçlerini netleştirebileceğini söylemek olanaklıdır. Bugün ülkede, TÜBİTAK/Gebze, ODTÜ bünyesinde ve Ege Bölgesinde bu doğrultuda girişimler başlamıştır. Ancak gelişme yönleri henüz bir netlik kazanmamıştır. Bu anlamda bazı ilk örneklerin ana hatlarıyla gözlenmesi yararlı olabilir.

4. KENDİLİĞİNDEN GELİŞMEYE İKİ ÖRNEK: SOPHIA-ANTİPOLİS / FRANSA TEKNOLOJİ KENTİ VE CAMBRIDGE / İNGİLTERE BİLİM PARKI

Teknoloji tabanlı mekansal organizasyonların ortaya çıkışı ve özelde 1980'li yıllarda yaşanan gelişmelerin a+g etkinleklere taşıdığı yeni dinamiklerin, bu organizasyonlar üzerindeki etkilerinin gözlenebilmesi, yeni teknoloji tabanlı mekansal organizasyonlar için yararlı sonuçlar oluşturacaktır. Böyle bir durum gösteren iki örnek vardır; Sophia-Antipolis /Fransa Bilim ve Teknoloji Kenti Cambridge/İngiltere Bilim Parkı.

Sophia-Antipolis, bugün yalnızca Fransa için değil Avrupa açısından da en önemli örneklerden biridir. 1960'lı yılların sonunda ülkenin güneyinde, kırsal alanda bir bilim ve teknoloji kenti olarak yapılanmaya başlamıştır. Kuruluşuna özel bir sanayi firması öncülük etmiştir. Kuruluşundaki temel amaç, kentin Avrupa'nın araştırma ve bilim parkı haline gelmesiydi. 1970'li yılların ikinci yarısına kadar bu amaç doğrultusunda, ancak bölgesel sınırlarını fazla zorlayamadan varlığını sürdürdü.

1970'li yılların ikinci yarısından itibaren, ülkenin dünya krizini ve sonraki gelişmelerin etkilerini yaşamaya başladığı dönemde, özelde ülkenin kuzey bölgelerindeki küçük imalat ve yan sanayi firmalarının yer değiştirme eğilimlerinin artması, yeni pazar ve üretim ilişkileri arayışlarının güneye yönelmesi ile büyük bir

dinamizm kazanmaya başladı. Bu gelişme sonucunda, 1990'ların başlarına gelindiğinde Sophia-Antipolis Batı Avrupa'nın en büyük bilim parkı haline geldi. Yalnızca ülkenin diğer bölgeleri için değil, Avrupa çapında bir cazibe merkezi rolünü üstlendi (7, 15, 16)

Sophia-Antipolis içerik açısından çok çeşitlilik sergiler. Büyük ve orta ölçekli firmaların bir arada bulunmasının yanısıra, yerli ve yabancı firmalar da aynı mekanda yerleşebilmiştir. Bu yapıyla dünyanın her yeriyle bir iletişim ve üretim ilişkisi içinde olabilmektedir.

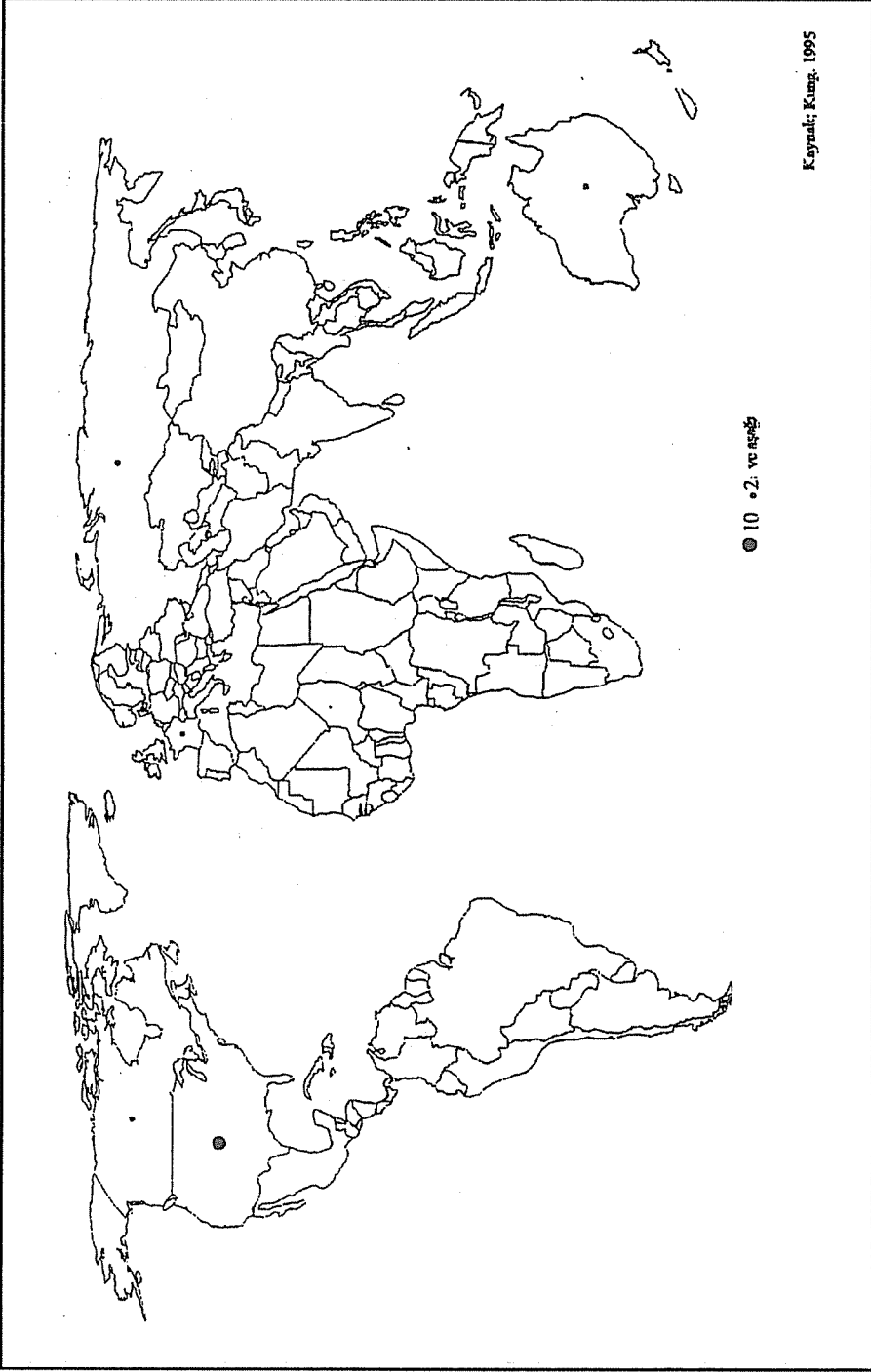
Sophia-Antipolis'te bilgi ve yeni teknoloji-ürün üretiminin temel yöntemi, özel beceri-bilgi ile donanmış bireyler, ortaya çıkan yeni fikir ve görüşler, ve üretim organizasyonunun çeşitli kademelerinde yer alan firma, banka, resmi daire gibi kurumlar, örgütler arasında çapraz eşeylemeye dayalı bir işbirliği, işbölümü ve iletişim kurmaktır. Bu anlamda kent, içinde yer aldığı bölge ve bunun etki alanı içindeki coğrafya parçaları ile sıkı ilişkiler ve iletişim içindedir.

Kentin bünyesinde ortaya çıkan yaşam yüksek bir kaliteye sahip bulunmaktadır. Bu yalnızca, geniş açık alanlar, güzel dinlenme birimleri gibi fiziki mekanlar tarafından oluşturulmaz. Kentin bir ütopya kenti kadar ilginç ve güzel olmasına belki de bu fiziki mekanlardan daha çok, sürdürülen yeni çalışma normları ve ilişkileri yol açmaktadır.

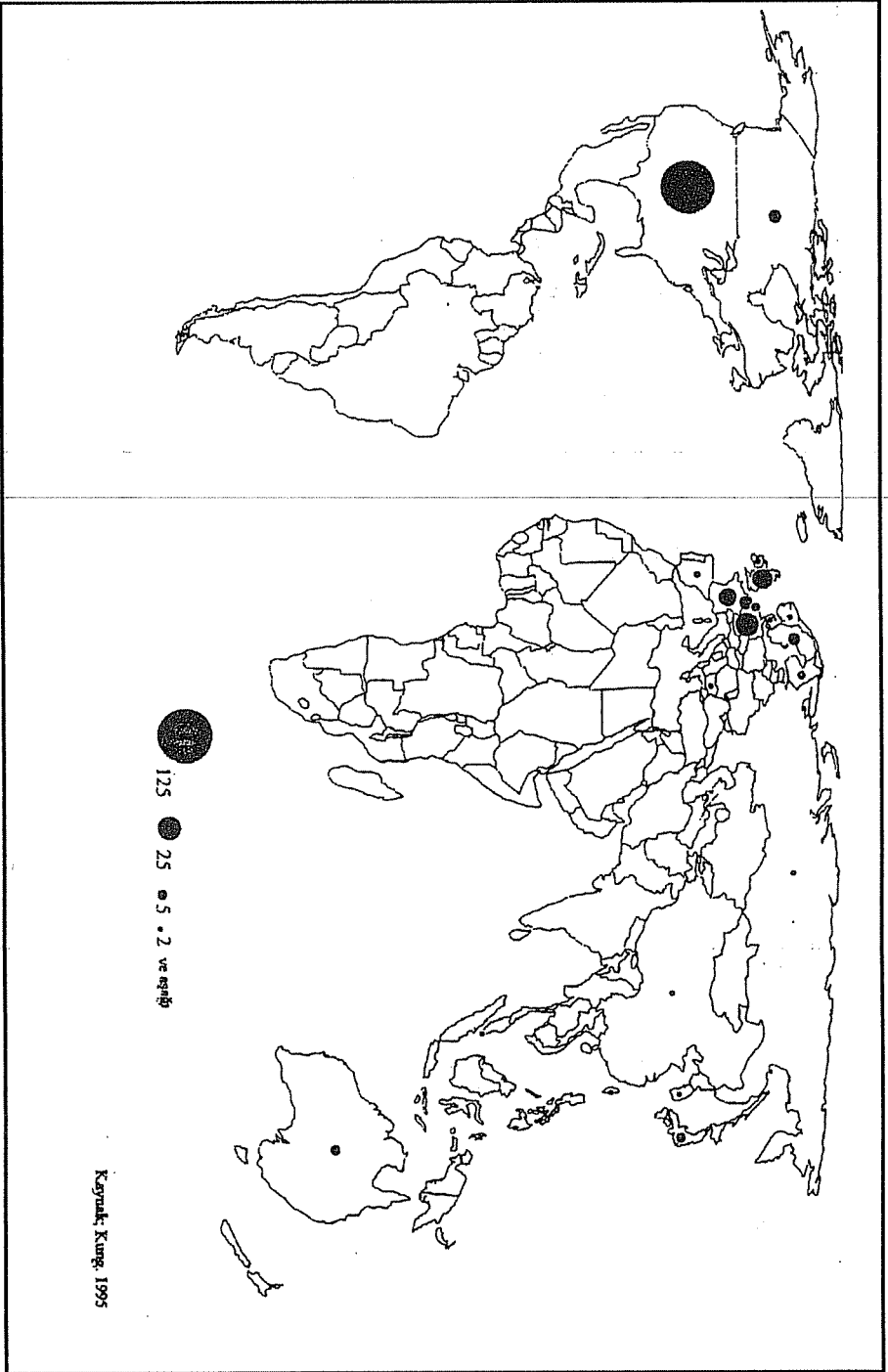
Cambridge Bilim Parkı ise, yüksek teknoloji yaratma mitolojisinde Silicon Vadisi kadar tanınmış bir hale gelmiştir. Bir anlamda 'buluş' olgusunun sembolü durumundadır ve İngiltere'deki M4 Koridoru gibi oluşumlara köşe taşı olmuştur. Kuruluşu eskiye dayanmakla birlikte, bugünkü önemini 1970'ler, 1980'lerde kazanmıştır. Bu yıllardaki gelişmesi, üniversite öncülüğünde, girişimci, yeni firma kuruluşlarının büyümesine ve buraya yerleşmesine dayanmaktadır. Bir anlamda kırsal bir temel taşıyan ve bir üniversite kenti olan Cambridge, bugün Bilim Parkındaki etkinliklere dayalı bir ekonomiye sahip olmuştur. Bilim Parkının temelini teknolojiye dönük kompleks oluşturmaktadır. Burada yer alan ve dünyanın dört bir yanından gelmiş firmaların temel etkinlikleri üretimden çok a+g'ye yöneliktir.

Cambridge Bilim Parkı kentin kuzeydoğusunda, kentin asılı olduğu ve kenti dört bir yandan saran ve diğer kentlere bağlayan otoyolların kesişim noktasına yakın bir alanda yerleşmiştir. Yıllar itibariyle altı etap sonunda bugünkü durumuna gelmiştir. Geniş alanda kurulu binaların peyzaj ile ustaca gizlendiği arazi, ortasındaki doğal gölü ve göl kenarındaki dinlenme yerleriyle zaten doğal bir park durumundadır. Etapları takiben binaların kalitesi ve mimari üslubunda gelişmeler göze çarpmaktadır. Ancak daha sonra yapılan kesimi, bina yapım maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle tam bir işletmeye geçememiştir. Bilim Parkının hemen karşısında, yine geniş bir arazi üzerinde bir İş Merkezi yerleşmiş bulunmaktadır.

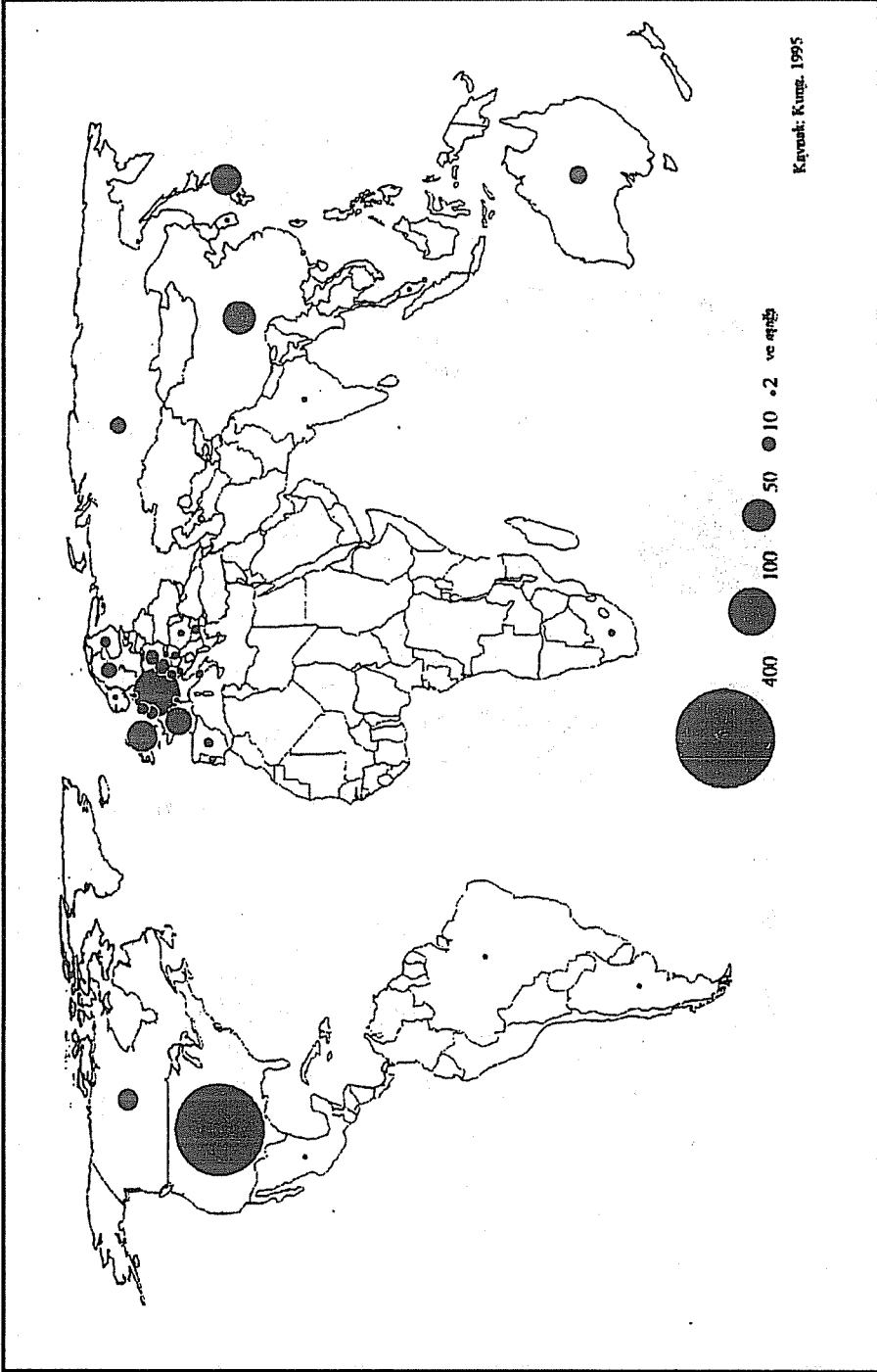
Cambridge örneğinde üniversitenin, özellikle Coğrafya bölümünün öncü rolü, diğer tüm örneklerden daha belirgindir. Kentin kaliteli bir çevreye sahip olması, kırım dingin atmosferi araştırmacıları buraya çeken etkenler olarak sayılabilir. Ancak gelişmenin



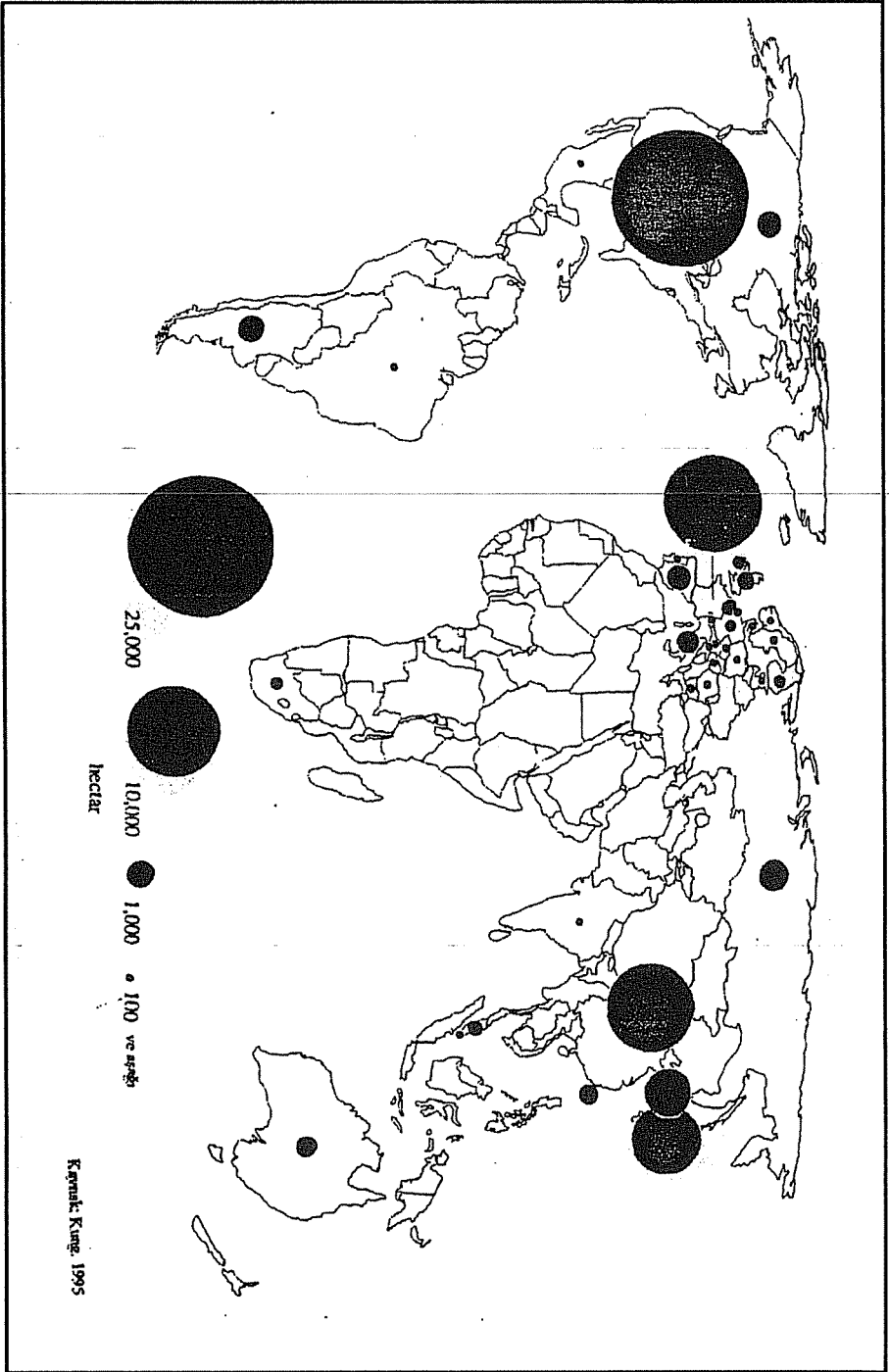
Ülkelere göre dünya Bilim Parkları haritası, 1970 (5).



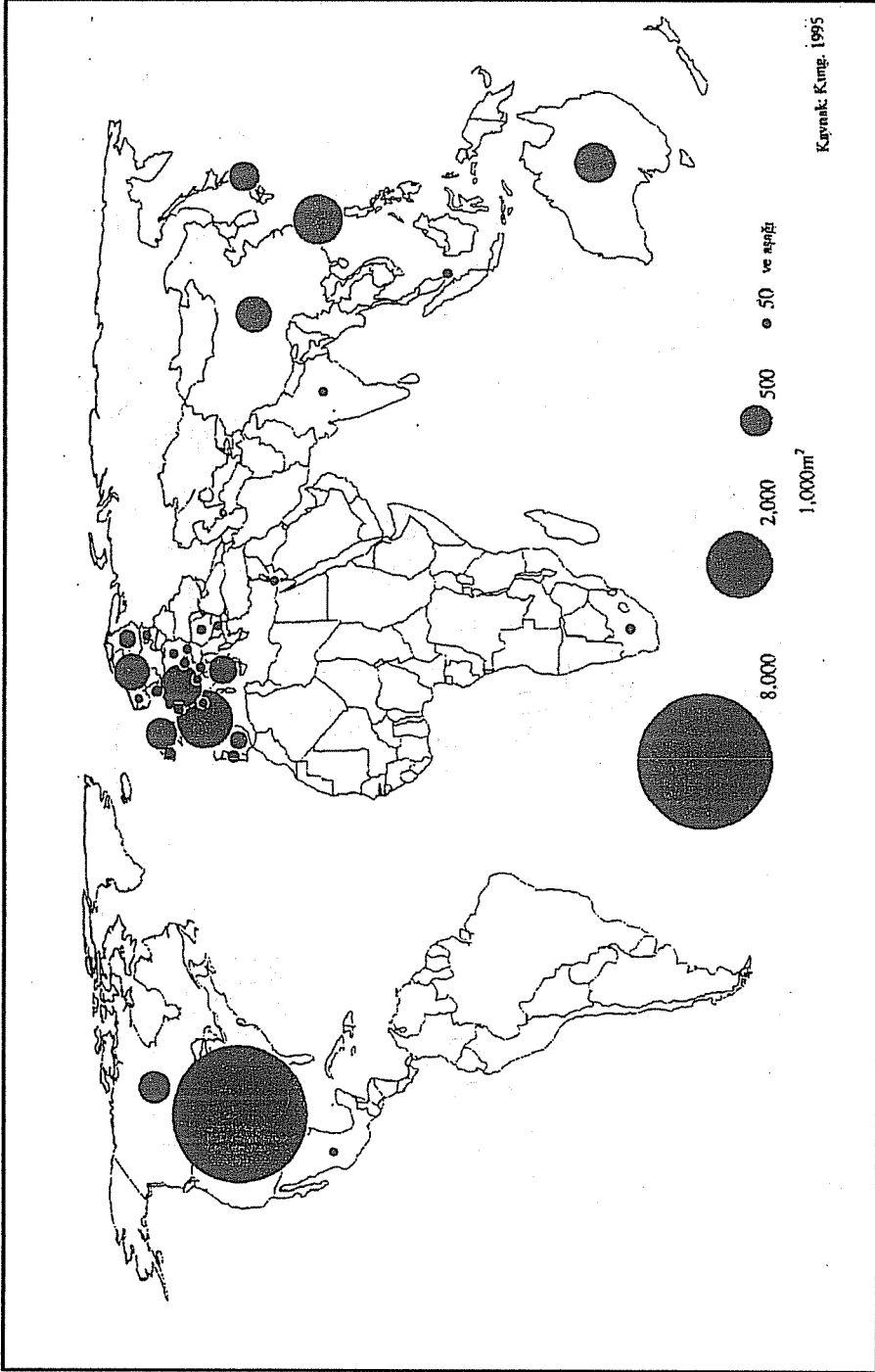
Ülkelere göre dünya Bilim Parkları haritası, 1985 (5).



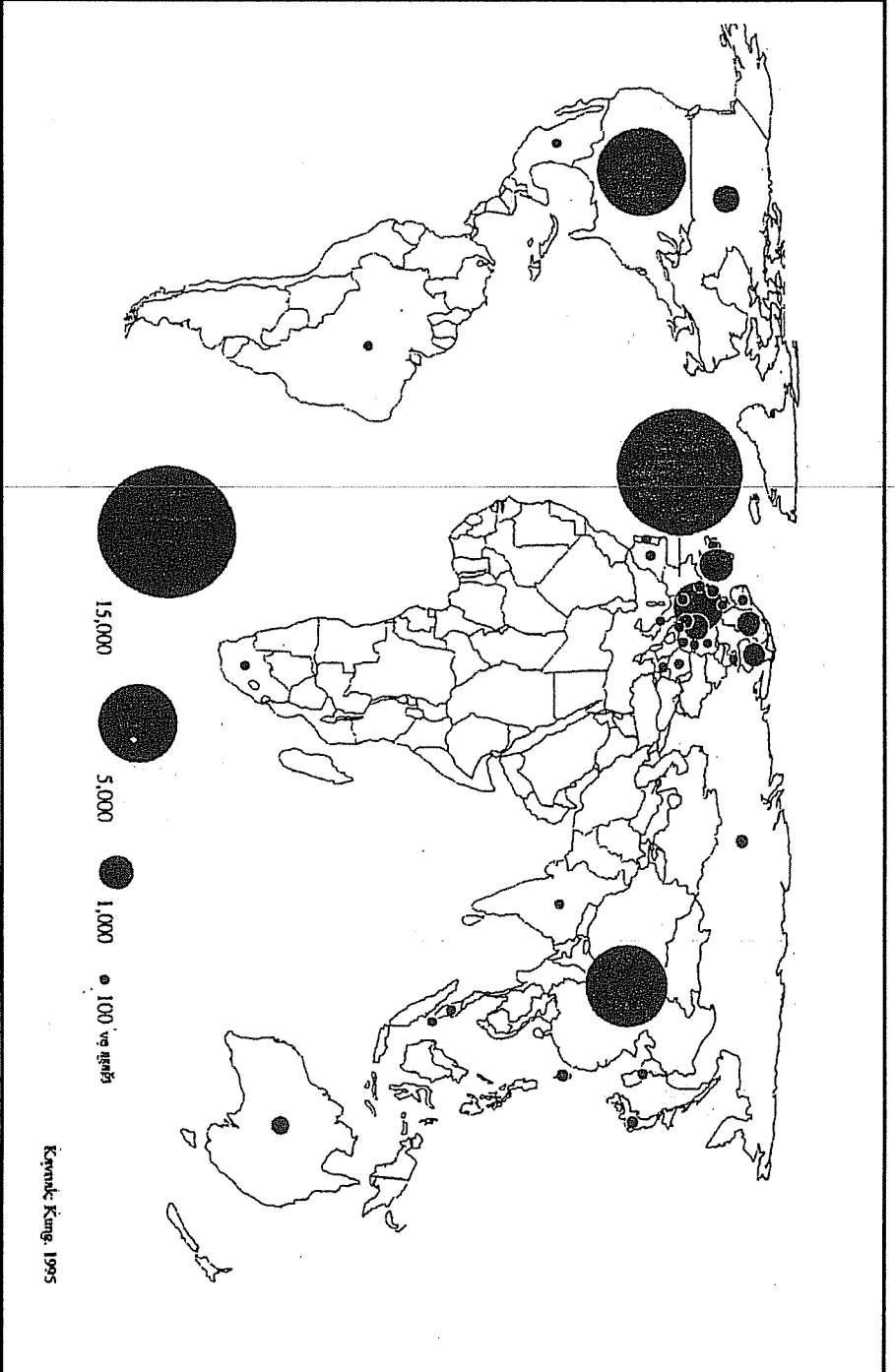
Ülkelere göre dünya Bilim Parkları haritası, 1992 (5).



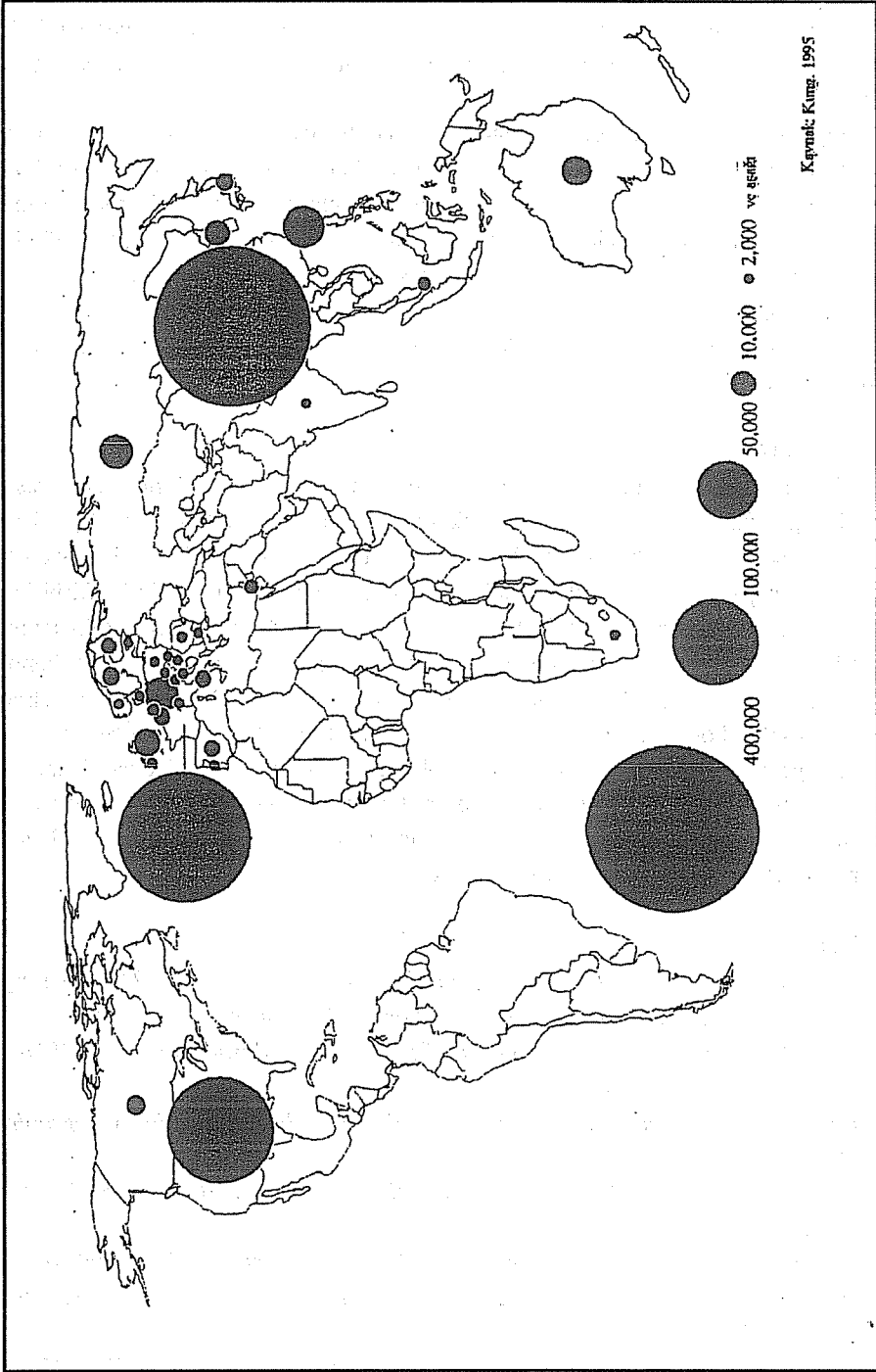
Ülkelere ve alanlarına (ha) göre dünya Bilim Parkları haritası, 1992 (5).



Ülkelere ve kapalı alanlarına göre dünya Bilim Parkları haritası, 1992 (5).



Ülkelere ve firmaya sayılarına göre dünya Bilim Parkları haritası, 1992 (5).



Ülkelere ve çalışan sayısına göre dünya Bilim Parkları haritası, 1992 (5).

gerçek nedenleri henüz tartışmalıdır. Bir yaklaşıma göre, böyle bir oluşum herhangi bir ivmeyle başlayabilir ve gelişme gösterebilir. Ancak bunun ne kadar zaman alacağı açık bir biçimde kestirilemez.

Cambridge Bilim Parkı örneği üç önemli sonuç bağlamında anlam taşımaktadır. Birincisi; bireyler, üniversite, özellikle üniversitenin belli bölümleri, kent yönetimi ve mali kurum gibi kuruluşlar arasında olumlu işleyen etkileşimler ve ilişkiler kurma gereği, ikincisi; oluşum sürecinin kestirilenden daha uzun bir zaman alabileceğinin dikkate alınması, ve üçüncüsü; açık bir devlet desteğinin olmaması durumunun sonucu değiştirmeyeceğinin kavranması.

Bu iki örnek bu halleriyle Türkiye'deki çoğu benzeri kenti ve alanı çağrıştırabilmektedir.

5. SONUÇLAR

Dünyada yaşanmakta olan gelişmeler ışığında teknoloji tabanlı bilim parkı esaslı mekansal organizasyonlar, gündeminde 'teknoloji yapılanmasını köklü dönüşümlere uğratma konusu' can alıcı bir sorun olarak duran Türkiye benzeri ülkeler için yararlı gözlem ve ders çıkarma alanlarıdır. Bunların herbiri kendi tarihine sahiptir. Birbirine göre çeşitli farklılıklara sahip olabilirler. Ancak yine de herbirinin vurguladığı temel nokta, teknolojik yapı değiştirmenin bir noktadan başladığı ve zaman içinde kendi dinamiklerini netleştirerek çeşitli dinamikler ve ivmeler kazandıklarıdır. Bu süreç içinde bölgesel ekonomik gelişmeye yüksek katkıları olmaktadır. Özelde son dönemlerin yeni gelişmekte, sanayileşmekte olan ülkelerinin, teknolojik yapılanmaya verdikleri özel önemler ve kaydettikleri başarılar da dikkate alındığında, teknoloji tabanlı mekansal organizasyonların, teknolojinin stratejik ve gelişmesi hedeflenen bölgelere çökertilmesinde önemli bir rol üstlendiği açıktır.

6. KAYNAKLAR

1. Castells, M., Hall, P., *Technopoles of the World; the Making of 21st Century Industrial Complexes*, Routledge, World Future Society, London, New York, 1994.
2. Özgen, L., *Sistemik Üretim İşbirliği Olarak Teknopolis*, 5. Ulusal Bölge Bilim/Bölge Planlama Kongresi, ODTÜ, 1995a.
3. Winchester, H., *Development of Multifunctional Polis, Australia. Geography Review*, Kasım, 1995.
4. Özgen, L., "Japon Modeli"; İyi mi, Kötü mü? *Mülkiyeliler Birliği Dergisi*, XV No.144, Haziran 1992.
5. Kung, S.F., *The Role of Science Parks in the Development of High Technology Industries, with Special Reference to Taiwan*, Basılmamış doktora tezi, Cambridge Üniversitesi, 1995.
6. Tatsuno, S., *The Technopolis Strategy*. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1986.

7. Smilor,R.W., Kozmetsky,G., Gibson,D.V.(ed.), *Creating the Technopolis; Linking Technology Commercialization and Economic Development*, Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1988.

8. Keeble,D., *High-technology Industry and Regional Development in Britain: the case of the Cambridge Phenomenon*. *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol.7, 1989.

9. Segal,N.S., *The Cambridge Phenomenon: Universities, Research and Local economic Development in Great Britain*, *Creating the Technopolis içinde*. R.W.Smilor vd., 1988.

10. Segal,N., Green,C., *The Cambridge Phenomenon*, *The Pyramids Technology Valley Sempozyumuna sunulan bildiri*, Kahire, aralık 1989.

11. Kazgan,G., *Yeni Dünya Düzeninde Türkiye'nin Yeri*, Altın Kitaplar Yayınevi, 1994.

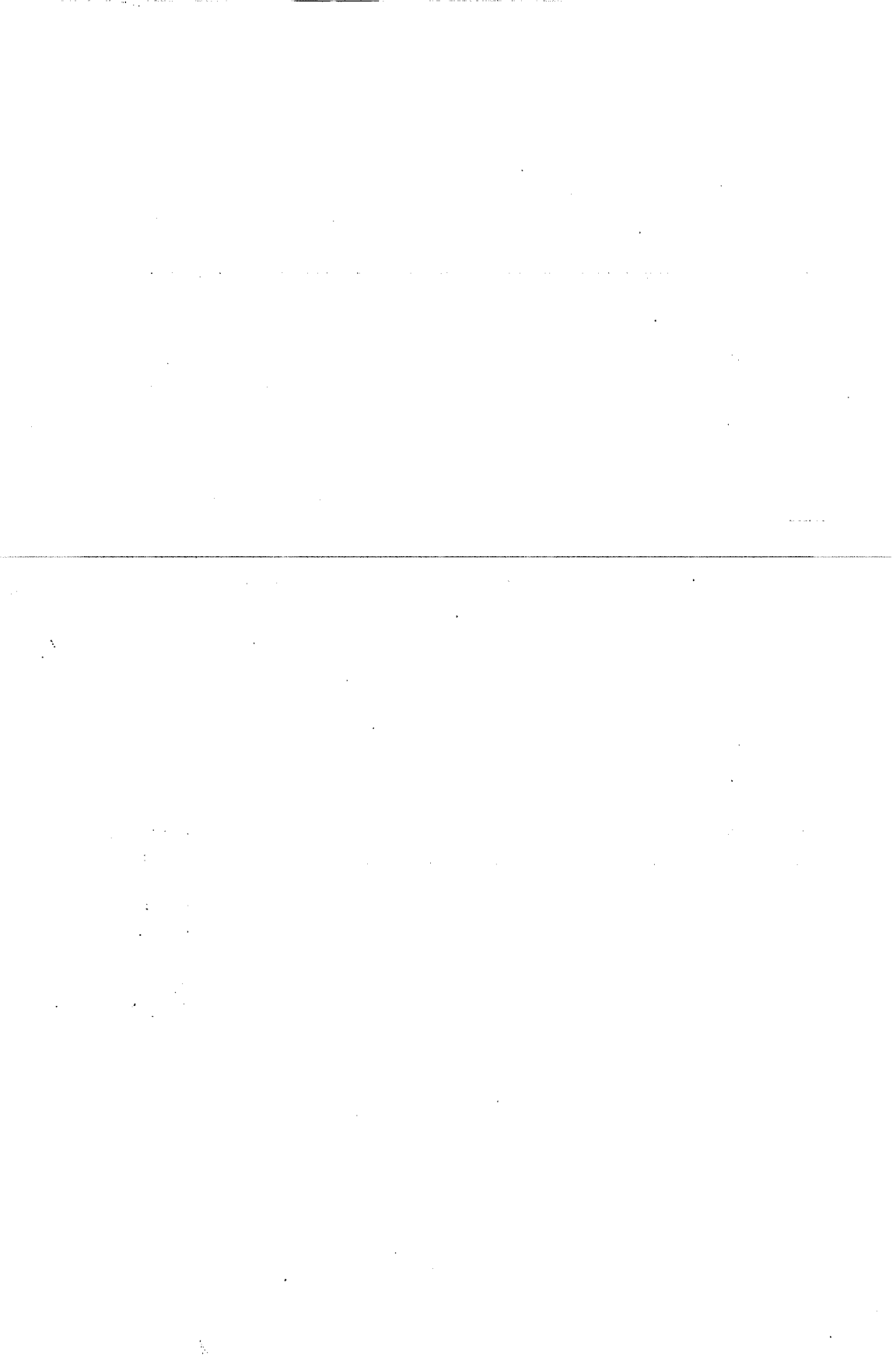
12. Özgen,L., *İşgücü Oluşumu ve Mekansal Organizasyonlar; 1980li Yıllarda Türkiye Otomotiv Sanayinin Yeniden Yapılanmasının İşgücü Oluşumu ve Mekansal Organizasyonlara etkileri*, Basılmamış doktora tezi, ODTÜ, 1994.

13. Özgen,L., *Küreselleşme, Bölgeselleşme ve Meksika*, Birikim. No. 76. Ağustos, 1995b.

14. Özgen,L., *Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye'nin Şansı*. 1995 Sanayi Kongresi içinde. TMMOB: Makina Mühendisleri Odası Yayını, 1996.

15. Longhi,C., Quéré,M., *Innovative Networks and the Technopolis Phenomenon: the case of Sophia-Antipolis*. *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol.11, 1993a.

16. Longhi,C., Quéré,M., *CNRS-LATAPSES, Sophia-Antipolis Project or the Shaky Setting-Up of an Innovative Milieu* (basılmamış makale), 1993b.



YAŞAM ÇEVRELERİNDE KENTSEL KİMLİĞİN SAĞLANMASI

Tamer GÖK ve Onur KARAGENÇ
Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Birey; çevrede varlığını algıladığı ve hissettiği tüm oluşumlarla birlikte yaşadığı çevrenin bir ögesidir. Kendisini, saran, kuşatan fiziksel çevre içinde birey yaşamak için yapay ortamlar oluşturur. Yaşam alanı olarak tanımlanan bu yapay ortamın fiziksel niteliğini belirleyen strüktürü, ortamın görsel anlamda kimliğini oluşturur.*

Nitelikli yaşam çevrelerinin oluşabilmesi, ihtiyaç-işlev bağıntısıyla gelişen strüktürün oluşturduğu kimliğin niteliklerine de bağlıdır.

Bu nedenle bu yazıda; yaşam çevrelerinde kimliğin oluşum süreci ele alınarak, kentsel kimliğin olumsuz yönde gelişimine neden olduğu düşünülen sorunlar için çözüm önerileri aranmaya çalışılacaktır.

PROVISION OF URBAN IDENTITIY IN LIVING ENVIRONMENTS

ABSTRACT : *Together with all the perceptual and emotional values of existing environmental formations, the individual becomes a fact of his immediate environment and creates certain habitable zones for himself in this encircling. By the way the structure or in another saying the physical qualities of this environment determines the identity of these areas in the visual sence.*

Qualified living environments, infact, depend on the qualities of the identity that is provided by the requirement-function relationship of the existing structure.

Therefore in this text, by the handling the formation process of identity in the living environments it is aimed to figure out the problematic issues of urban identity formation process and to suggest creative solutions to ease the possible handicaps.

(*) Arş.Gör.Onur KARAGENÇ'in "Konut Yakın Çevresinin Değerlendirilmesinde Bireysel Algılamının Rolü" isimli yüksek lisans tez çalışmasından hazırlanmıştır.

1. GİRİŞ

Yaşam çevrelerinin algılanması ve değerlendirilmesi ile birey, çevrenin şematik yapısını zihninde geliştirir. Bu şematik yapı çevrenin zihinsel resmi yani imajdır. Çevresel imaj bireyin çevreyi yorumlamasını ve davranışlarını yönlendirmesini sağlar. Çevresel imajı oluşturan öğelerden biri de çevrenin kimliğidir (Lynch,K., sf.8). Hızla değişen ve gelişen çevrelerde kullanıma ait sorunların çevrenin belirgin bir kimliğinin olmayışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle bu yazıda yaşam çevrelerinde kimliğin oluşum süreci incelenerek, kentsel kimliğin sağlanabilmesi için neler yapılabileceği tartışılacaktır.

2. KENTSEL KİMLİĞİN OLUŞUMU

İnsan çevre ilişkisinin bir sonucu olarak, birey çevreyi istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirdiği bilinmektedir. Çevrenin doğal yapısının yapay oluşumlar şeklinde değişimiyle oluşan bu fiziksel ortam yaşam çevreleri olarak adlandırılabilir. Oluşan bu ortamın kendine has kavramsal bir görüntüsü vardır ve bu görüntü kimlik olarak adlandırılır.

Kimlik zaman içinde toplumsal yaşamın ve kültürün fiziksel ortama yansımaları ile oluşur. Kimliğin oluşum sürecini ise bireysel ve toplumsal değerlerin işlev ile ilişkisi belirler. Yaşam çevrelerinde ihtiyacın işleve dönüşümü ile oluşan strüktürün bu nedenle kimliğin oluşumunda etkili olduğu söylenebilir.

Buna göre yapay ortamın kimliği, yaşam çevresi ve içinde yer alan yaşama biçimi ile doğrudan ilişkilidir. Gelişen ve değişen toplumsal yapı, bireysel ihtiyaçlar, kent kimliğinin yenilenmesine ve değişimine neden olur. Böylelikle; kimliğin durağan bir görüntü olduğu söylenemez. Ancak kavramsal görüntüdeki bu değişimin tutarlılık ve süreklilik içermesiyle yaşam çevresinde kimlik sağlanabilir.

3. KENTLEŞME SÜRECİNDE KİMLİKSİZLEŞME SORUNU

Kentsel yerleşmeler kullanıcılarına ait nitelikleri yansıtmakla beraber yaşam alanına ait özelliklerin ne kadar bilindiğini ve akılda kaldığını da belirler. Bu nedenle yerleşmelerin işlevsel ve görsel anlamda birbirlerinden ayırt edilmeleri gerekir.

Yaşam çevrelerinin değişimi ve gelişimine bağlı olarak kentlerin oluşumu bir süreci kapsadığı düşünülürse; kentsel yaşam içinde her yeni yerleşimin niteliksel bakımdan bir öncekini izlemesi gerektiği söylenebilir. Böylelikle yaşam çevresinde her yeni oluşumun anlamsal bir bütünlük oluşturması, planlanan yerleşmeler için de bazı ipuçları vermesi kentsel çevrede kimliğin sürekliliği için gereklidir (Sahil,S., sf.35).

Bu açıdan tarihi yaşam çevreleri incelendiğinde gerek yerleşim düzeni, gerekse işlevsel bağıntılar bakımından bir bütünlük içinde olduğu, yansıttığı kavramsal görüntüsü ile kullanıcı ve onun yaşam tarzı hakkında fikir verdiği görülür. Bu nedenle de çevrenin tanımlanabilir ve sürekliliği olan bir kimliği olduğu söylenebilir.

Oysa günümüz şartlarında hızla yayılarak büyüyen sahte şehirler yaşamın anlamını sunamamaktadır. Kentsel donatıların yetersiz kaldığı, sosyal yaşamın köreldiği sahte şehirlerde konut blokları kontrolsüzce yükselmektedir. Böylelikle; çevresiyle ilişkisiz, yığınlar halinde inşa edilen konut blokları yaşam çevrelerini nitelik bakımından zedelemekte, oluşan kavramsal görüntünün de "kimlik" olduğunu söylemek zorlaşmaktadır.

Günümüz yaşam alanlarında sıkça karşılaştığımız kimlik daha doğrusu kimliksizleşme sorununun planlamanın ve uygulamanın yanında özellikle kullanım süreci içinde yaşam üzerinde birtakım olumsuz etkileri olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle yaşam çevrelerinin kendine has kimliğinin olması gerekir. Bunu sağlamak için de öncelikle yaşam çevresinin kimliğinin, kimliksizleşme yönünde gelişimine neden olan sorunların tespit edilmesi gerekir.

4. SORUNUN KAYNAĞI

Kentsel yerleşmelerin temel nitelikleri mekansal, toplumsal ve işlevsel anlamda yoğunluk, çeşitlilik ve süreklilik olarak tanımlanmaktadır (Bilsel,C., Bilsel,G., sf.97). Oysa günümüz yerleşmelerinde artan yoğunluk kimliğin oluşumunda çeşitlilik ve sürekliliğin göz ardı edilmesine neden olmaktadır.

Özellikle 1950'li yıllardan sonra ülkemizde gelişen kentleşme hareketi ile kentlere kırsal yörelerden göçün artması, artan konut ihtiyacı nedeni ile yoğun ve düzensiz yapılaşmanın önüne geçilememesi, kentsel doku içinde ur halindeki gecekondu bölgeleri, kentsel donatıların yetersiz kalması, fiziksel ortamda artan görsel kirlilik doğal olarak kentlerin kültürel birikimlerle oluşan kimliğinin de erozyona uğramasına neden olmuştur.

Böylelikle günümüz yaşam çevrelerinin kimlik bakımından ele alınması ile; birbirinin aynı hatta tekrarı, niteliksiz, görsel anlamdan yoksun kent parçaları oldukları söylenebilir.

Kimlik bakımından yoksun kent parçalarının etkisi ise; çevresine karşı bireyin duyarsızlaşması ve yaşanan çevrede beklentilerin karşılanamaması ile memnuniyetin azalması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda da birey yaşadığı çevreyi benimseyememekte ve çevreye ait olduğu hissini duyamamaktadır (Karageç,O., sf.124).

Yaşam çevresine bağlanma ve ait olma duygusu bireyin çevrede sürekliliğini sağlar. Oysa bireyin çevreye karşı duyarsızlaşması ve çevrede yaşamaktan duyduğu memnuniyetin azalması ait olma ve bağlanma duygusunu da azaltır. Sonuçta bireyin yaşam çevresini terk etmesi kaçınılmazdır (Karageç,O., sf.116).

5. NELER YAPILMALI

Tasarımcının ana hedefi bilindiği gibi kullanıcıya uygun yaşam çevresini

tasarlamaktır. Bu nedenle kullanıcının yaşam çevresinden beklentileri göz ardı edilemez. Kullanıcının nitelikleri hakkında bilgi sahibi olmak, beklentilerini karşılayabilecek ortamın tasarlanmasına yardımcı olabilecektir. Bu amaçla tasarımcı olarak tarif ettiğimiz mimar ile sosyal bilimci arasında bilgi akışının sağlanması ile kurulabilecek ilişkinin olumlu sonuçlar getireceği düşünülmektedir.

Ancak tasarımın hayata geçirilmesi ile ortaya çıkan sorunların tümünü de tasarımcıya yüklemek yanlış olabilir. Bu yüzden öncelikle çarpık kentleşme olarak karşımıza çıkan yerleşim sorunlarının kimliğin oluşumuna etkisi bakımından sorun oluşturan kaynakların tespit edilmesi gereklidir. Sorunun incelendiği ölçek büyütüldüğünde ise kentsel yapılanmada etkin güç olan yerel yönetimlerin sürdürdüğü yerleşim politikasının da ele alınması gerekliliği görülür.

Kentleşme uygarlığın bir göstergesi ise kentin sahip olduğu kimlik kullanıcısının yaşam seviyesinin de bir göstergesidir. Bu nedenle kentlere olan göçün önüne geçebilmek için önlemler alınması gerekmektedir. Böylelikle artan konut ihtiyacının karşılanması için süregiden hızlı ve yoğun yapılaşmanın kısmen de olsa önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Bununla beraber, kent kültürünün göç yolu ile kentlere yerleşen kırsal nüfusa erişebilmesi için bir kentleşme politikası geliştirilmelidir.

Sonuç olarak yaşanabilir çevrelerin oluşumu ihtiyaç işlev bağıntısında yapısal oluşumun birlikteliğine dayanmaktadır. Kullanıcının niteliklerinin yapay çevreyi oluşturan yapıların mekan düzleminde ilişkilerinin belirleyicisi olması; kimliğin oluşumu ve benimsenmesi açısından önemli olduğu unutulmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

1. Lynch, K., *Image of The City*, The MIT Press, Massachusetts, 1960.
2. Sahil, S., "Kent Kimliği ve Çevresel Kalite İlişkilerinde Mimarın Sorumlulukları", *Mimari ve Kentsel Çevrede Kalite Arayışları Sempozyum Kitabı*, İTÜ, İstanbul, s.35-38, 1995.
3. Bilsel, C., Bilsel, G., "Türkiye'nin Son Yıllardaki Konut Gelişmeleri Kentsel Yayılım ve Toplumsal Mekansal Parçalanma", *Yapı Yaşam '97 Kongre Kitabı*, Bursa, 1997, s.94-101.
4. Karagenç, O., *Konut Yakın Çevresinin Değerlendirilmesinde Bireysel Algılamının Rolü*, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü., Adana, 1997.

**ISI KAZANCI OLARAK CAMDAN GEÇEN TOPLAM GÜNEŞ
RADYASYONUNUN HESAPLANMASI**

Tuncay YILMAZ

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

Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa/Türkiye

Muammer ÖZGÖREN

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

ÖZET : *Bu çalışmada, ısı kazancı olarak camdan geçen toplam güneş radyasyonunu zamana bağlı olarak hesaplayan eşitlikler verilmiştir. Eşitlikler işlem sırasına göre yazılmıştır. CAMRAD isminde Pascal programlama dilinde bir bilgisayar programı geliştirilerek, Türkiyede'ki bazı şehirler için camdan ısı kazancı olarak geçen toplam güneş radyasyonunu gösteren çizelgeler hazırlanmıştır.*

**CALCULATION OF TOTAL SOLAR RADIATION TRANSMITTED
THROUGH WINDOW AS HEAT GAIN**

ABSTRACT : *In this study, equations of total solar radiation transmitted through window as heat gain have been given. The equations are written in sequence. By means of writing a computer program called CAMRAD, the tables of total solar transmitted through window as heat gain have been prepared for some provinces of Turkey.*

1. GİRİŞ

Isı kazancının hesaplanmasına tesir eden bir çok etken vardır ve bunların etkileri çok karmaşık olduğundan hassas olarak tayinleri çok güçtür. Ayrıca ısı kazancına etki eden faktörlerin çoğu zamana bağlı olarak büyük değişim gösterirler. Camdan geçen güneş ışınımı zamana ve yere bağlı olarak değişir ve ısı kazancının önemli bir kısmını oluşturur. Doğru ve ekonomik bir soğutma yükünün tespit edilebilmesi için dikkatli bir enerji analizinin yapılması gerekir. Çünkü yanlış hesaplamalar istenen ısı konforu vermeyeceği gibi soğutma sisteminin ilk yatırım masraflarının ve işletme giderlerinin artmasına neden olacaktır.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı çok sayıda faktöre bağlıdır. Bu faktörler:

a- Astronomik faktörler (Güneş sabiti, dünya-güneş mesafesi, deklinasyon açısı, saat açısı)

b- Coğrafik faktörler (Bulunulan yerin enlemi, boylamı ve deniz seviyesinden yüksekliği)

c- Geometrik faktörler (Yüzeyin azimut açısı, yüzeyin eğimi, güneş yükseklik açısı ve güneş azimut açısı)

d- Fiziksel faktörler (Hava moleküllerinin yayması, atmosferdeki su buharının azaltması, tozların yayması, ozon ve karbondioksitin yutması)

e- Yerel faktörler (Bulutların tesiri, iklim özellikleri ve çevrenin yansıtması) olarak tasnif edilebilir. Bu faktörlerin etkilerini teorik olarak hesaplamak oldukça güçtür. Bu nedenle hesaplamalarda genellikle ölçülen güneş ışınımı verilerinden yararlanarak geliştirilen ampirik bağıntılar kullanılmaktadır (1).

Literatürde, camdan geçen toplam güneş radyasyonunu gösteren tablolar mevcuttur (2,3). Bu tablo değerleri bazı şartlar için hazırlanmıştır. Türkiye'de 40° enlem için hazırlanmış tablo değerleri tüm şehirler için kullanılmaktadır. Fakat Türkiye'deki şehirler 36°-42° kuzey enlemleri arasında kalmakta ve değişik iklimlere sahiptirler. Dolayısıyla camdan geçen güneş ışınım miktarının hassas olarak hesaplanması gerekir. Bu amaçla camdan geçen toplam güneş ışınım miktarının istenen yer ve zamanda hesaplanması için eşitlikler verilmiştir. CAMRAD isiminde Pascal programlama dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Camdan anlık toplam güneş radyasyonunun hesaplanması için gerekli olan eşitlikler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

2. Yatay Düzleme Gelen Işınım

2.1. Günlük Toplam Işınım

Yıl boyunca istenen herhangi bir gün için yatay bir düzleme gelen toplam ışınım,

$$I = I_{ort} - FGI \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n + FKI) \right] \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır (4). I_{ort} günlük toplam ışınımın yıllık ortalaması, FGI ışınım

fonksiyon genliği, FKI ışınım fonksiyon faz kayması ve n de 1 Ocaktan itibaren yılın günlerini göstermektedir. Çizelge 1’de Türkiye’deki bazı şehirler için bu parametrelerin değerleri verilmiştir (4,5).

Çizelge 1. Fonksiyon parametreleri

Şehir	I_{ort} MJ/m ² .gün	FGI MJ/m ² .gün	FKI	Enlem
Adana	12.6	6.58	-1.52	36.59
Ankara	14.3	8.81	1.78	39.57
Bursa	11.0	6.95	1.12	40.11
Çanakkale	12.7	8.12	4.26	40.08
Diyarbakır	13.4	7.74	6.12	37.55
Elazığ	13.4	8.29	2.35	38.40
Erzincan	12.3	6.90	2.46	39.44
Gaziantep	14.3	7.79	2.13	37.05
Hakkari	15.8	7.52	6.95	37.50
İstanbul	12.0	7.84	5.67	40.58
İzmir	11.4	6.48	3.50	38.24
Kars	13.2	6.47	8.52	40.36
Kastamonu	11.2	7.01	5.37	41.22
Konya	13.1	7.36	4.72	37.52
Muğla	13.6	7.35	1.37	37.12
Samsun	10.3	6.73	5.94	41.17
Tokat	12.5	7.76	6.19	40.00
Trabzon	9.85	5.47	13.2	41.00
Şanlıurfa	18.5	9.00	4.0	37.08
Uşak	11.5	6.15	3.15	38.40
Van	16.4	7.98	5.48	38.28

2.2. Günlük Yaygın Işınım

Yatay düzleme gelen günlük toplam yaygın ışınım

$$I_y = I (1 - B)^2 (1 + 3 B^2) \quad (2)$$

eşitliğinden bulunur. B, berraklık indeksi olup;

$$B = \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

eşitliğiyle hesaplanır (6,7). I_o , atmosfer dışı ışınımı olup,

$$I_o = \frac{24}{\pi} I_s \left[\text{Cos}(e) \text{Cos}(d) \text{Sin}(ws) + ws \text{Sin}(e) \text{Sin}(d) \right] f \quad (4)$$

eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte I_s güneş sabiti ($I_s=1353 \text{ W/m}^2$)'dir. 'e' enlem açısı, 'd' deklinasyon açısı olup eşitlik (5)'den hesaplanır. 'ws' gün doğuş saat açısı ve 'f' güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki eşitliklerden belirlenir (8).

$$d = 23.45 \text{ Cos} \left[\frac{2\pi}{365} (n + 284) \right] \quad (5)$$

$$ws = \text{ArcCos} (-\tan(e) \tan(d)) \quad (6)$$

$$f = 1 + 0.033 \text{ Cos} \left(\frac{2\pi n}{365} \right) \quad (7)$$

2.3. Anlık Işınımlar

2.3.1. Anlık Toplam Işınım

Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$I_{ts} = A_{ts} \text{Cos} \left[\frac{\pi}{t_{gi}} (t - 12) \right] \quad (8)$$

Burada A_{ts} fonksiyon genliği ve t_{gi} imajiner gün uzunluğu olup ,

$$A_{ts} = \frac{\pi I}{2t_{gi}} \quad (9)$$

$$t_{gi} = 1.25 t_g^{0.875} \quad (10)$$

eşitlikleri ile hesaplanır (9). t_g gün uzunluğu olup eşitlik (11)' de verilmiştir.

$$t_g = \frac{2}{15} \text{ArcCos} \left[-\tan(e) \tan(d) \right] \quad (11)$$

2.3.2. Anlık Yaygın Işınım

Yatay düzleme gelen anlık yaygın ışınım

$$I_{ys} = A_{ys} \text{Cos} \left[\frac{\pi}{t_g} (t - 12) \right] \quad (12)$$

eşitliği ile hesaplanır. A_{ys} fonksiyon genliği olup aşağıdaki gibi hesaplanır (10).

$$A_{ys} = \frac{\pi I_y}{2 t_g} \quad (13)$$

2.3.3. Anlık Direk Işınım

Yatay düzleme gelen anlık direk ışınım

$$I_{ds} = I_{ts} - I_{ys} \quad (14)$$

bağıntısından belirlenir (10).

3. Eğik Yüzeğe Gelen Anlık Işınım

3.1. Anlık Direk Işınım

Eğik yüzeğe gelen anlık direk ışınım

$$I_{de} = R_d I_{ds} \quad (15)$$

eşitliği ile hesaplanır. R_d direk ışınım dönüşüm katsayısı olup dik yüzeyler için ;

$$R_d = \frac{\cos(d)\sin(e)\cos(\gamma)\cos(w) + \cos(d)\sin(\gamma)\sin(w) - \sin(d)\cos(e)\cos(\gamma)}{\cos(e)\cos(d)\cos(w) + \sin(d)\sin(e)} \quad (16)$$

eşitliği ile hesaplanır (11). γ yüzey azimut açısı olup eğik düzlemin normalinin yatay düzlem üzerine izdüşümü alındığında güney yönünü gösteren doğru ile arasındaki açıdır. Güneyden doğuya doğru negatif, güneyden batıya doğru pozitifdir. Güney yöndeki bir duvar için sıfırdır. Batı yöndeki bir duvar için 90° 'dir. 'w' saat açısı olup

$$w = (t - 12) \cdot 15 \quad (17)$$

eşitliği ile bulunur (11). t saati belirtmektedir.

3.2. Anlık Yaygın Işınım

Eğik yüzeğe gelen anlık yaygın ışınım

$$I_{ye} = R_y I_{ys} \quad (18)$$

eşitliği ile bulunur. R_y yaygın ışınım dönüşüm katsayısı olup,

$$R_y = \frac{1 + \cos(\alpha)}{2} \quad (19)$$

formülü ile belirlenir. α yüzeyin eğimi olup dik yüzey ($\alpha = 90^\circ$) için $R_y = 0.5$ ' tir.

3.3. Anlık Yansıyan Işınm

Eğik düzleme gelen yansıyan ışınım

$$I_{ya} = I_{ts} \rho \frac{1 - \cos(\alpha)}{2} \quad (20)$$

formülü ile bulunur (1). ρ çevre yansıtma oranı olup ortalama değer olarak $\rho = 0.2$ alınabilir. Dik yüzey için ($\alpha = 90^\circ$),

$$I_{ya} = 0.1 I_{ts} \quad (21)$$

olarak yazılabilir.

3.4. Anlık Toplam Işınm

Eğik yüzeye gelen anlık toplam ışınım

$$I_t = I_{de} + I_{ye} + I_{ya} \quad (22)$$

olarak belirlenir.

4. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınmı

Camdan mahal içine geçen güneş ışınımı

$$I_g = \tau_d I_{de} + \tau_y (I_{ye} + I_{ya}) \quad (23)$$

olarak hesaplanır (3). τ_y yaygın ışınımında camın geçirgenlik katsayısı olup $\tau_y = 0.79$ alınabilir. τ_d direk ışınımında yüzeyin geçirgenlik katsayısı olup ışınım geliş açısına ve cam tipine bağlıdır. Tek cam için;

$$\tau_d = 0.88 - 7.39 \cdot 10^{-3} \theta + 3.48 \cdot 10^{-4} \theta^2 - 4.137 \cdot 10^{-6} \theta^3 \quad (24)$$

yazılır. Çift cam için;

$$\tau_d = 0.76 - 2.47 \cdot 10^{-3} \theta + 1.16 \cdot 10^{-4} \theta^2 - 2.548 \cdot 10^{-6} \theta^3 \quad (25)$$

olarak hesaplanabilir (3). θ derece olarak ışınım geliş açısıdır.

5. SONUÇ

Yukarıdaki hesap şekli kullanılarak Pascal programlama dilinde yazılmış CAMRAD isminde bilgisayar programı geliştirilmiştir. CAMRAD yardımıyla Çizelge 1'de belirtilen şehirler için camdan geçen güneş radyasyonu istenen gün ve saat için hesaplanmıştır. Çizelge 2,3,4,5,6,7'de bazı şehirler için tek camdan geçen güneş ışınımı değerleri 204.gün (23 Temmuz) için verilmiştir. Şekil 1,2,3,4,5,6'da sırasıyla Adana, Ankara, Bursa, İstanbul, İzmir ve Şanlıurfa illeri için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin gün boyunca değişimi görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi kümülatif olarak camdan geçen güneş radyasyon miktarı en fazla doğu ve batı yönündeki pencerelerden, en düşük kuzey ve güney yönündeki pencerelerden olmaktadır. Kümülatif olarak doğu cephesindeki pencereler gün boyunca fazla miktarda güneş radyasyonunu iç mahale almaktadır. Batı cephesindeki pencereler ise sadece öğleden sonra fazla miktarda güneş radyasyonunu iç ortama geçirmektedir. Camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi bütün şehirlerde aynı olduğu gözlenmiştir. Fakat camdan geçen güneş radyasyonunun farklı değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Adana İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	0	180	212	187	147	132	136	132	122	104	82	55	25
D	0	205	275	282	240	174	136	132	122	104	82	55	25
GD	10	143	214	246	244	213	166	133	122	104	82	55	25
G	25	55	82	115	153	181	191	181	153	115	82	55	25
GB	25	55	82	104	122	133	166	213	244	246	214	143	10
B	25	55	82	104	122	132	136	174	240	282	275	205	0
KB	25	55	82	104	122	132	136	132	147	187	212	180	0
K	18	63	82	104	122	132	136	132	122	104	82	63	18

Çizelge 3. Ankara İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönlü													
KD	70	249	261	209	148	134	138	134	123	106	84	57	27
D	73	292	361	355	287	192	138	134	123	106	84	57	27
GD	27	201	283	317	309	262	193	137	123	106	84	57	27
G	27	57	85	132	184	223	237	223	184	132	85	57	27
GB	27	57	84	106	123	137	193	262	309	317	283	201	49
B	27	57	84	106	123	134	138	192	287	355	361	292	73
KB	27	57	84	106	123	134	138	134	148	209	261	249	70
K	35	66	84	106	123	134	138	134	123	106	84	66	35

Çizelge 4. Bursa İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönlü													
KD	16	164	188	164	131	126	129	126	116	100	80	55	27
D	15	189	251	258	221	163	129	126	116	100	80	55	27
GD	21	137	204	236	237	211	167	128	116	100	80	55	27
G	27	55	81	118	157	186	196	186	157	118	81	55	27
GB	27	55	80	100	116	128	167	211	237	236	204	137	21
B	27	55	80	100	116	126	129	163	221	258	251	189	15
KB	27	55	80	100	116	126	129	126	131	164	188	164	16
K	25	60	80	100	116	126	129	126	116	100	80	60	25

Çizelge 5. İstanbul İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

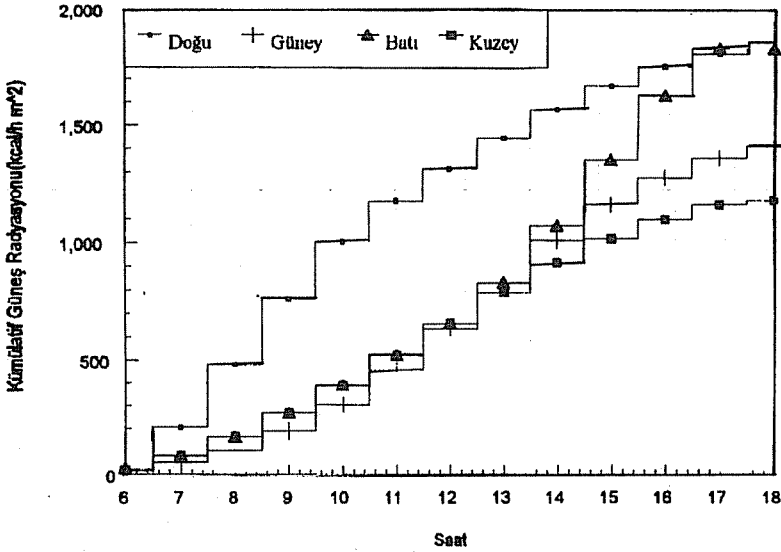
Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yöntü													
KD	36	190	209	176	136	130	133	130	120	103	82	57	28
D	37	220	284	287	242	173	133	130	120	103	82	57	28
GD	32	158	229	263	262	230	178	133	120	103	82	57	28
G	28	57	84	125	170	202	213	202	170	125	84	57	28
GB	28	57	82	103	120	133	178	230	262	263	229	158	32
B	28	57	82	103	120	130	133	173	242	287	284	220	37
KB	28	57	82	103	120	130	133	130	136	176	209	190	36
K	30	62	82	103	120	130	133	130	120	103	82	62	30

Çizelge 6. İzmir İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

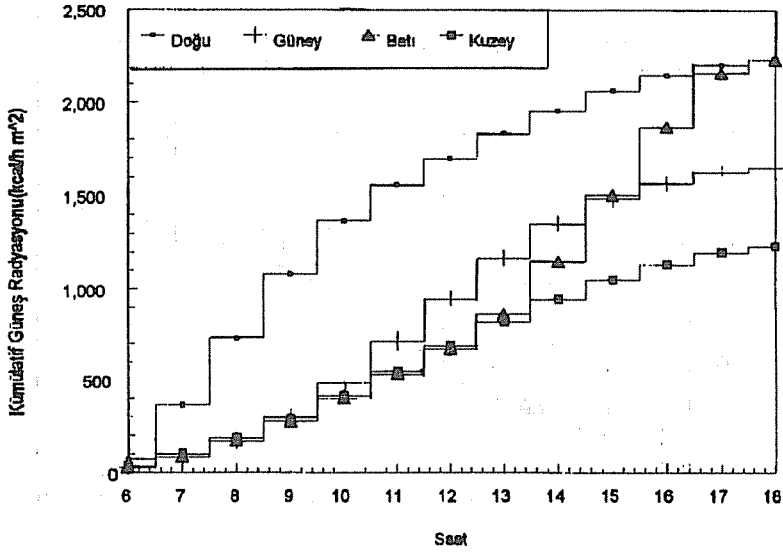
Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yöntü													
KD	0	159	189	168	135	127	130	127	117	101	79	54	26
D	0	181	246	255	220	163	130	127	117	101	79	54	26
GD	12	131	197	228	229	203	161	128	117	101	79	54	26
G	26	54	80	114	150	177	187	177	150	114	80	54	26
GB	26	54	79	101	117	128	161	203	229	228	197	131	12
B	26	54	79	101	117	127	130	163	220	255	246	181	0
KB	26	54	79	101	117	127	130	127	135	168	189	159	0
K	20	60	79	101	117	127	130	127	117	101	79	60	20

Çizelge 7. Şanlıurfa İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

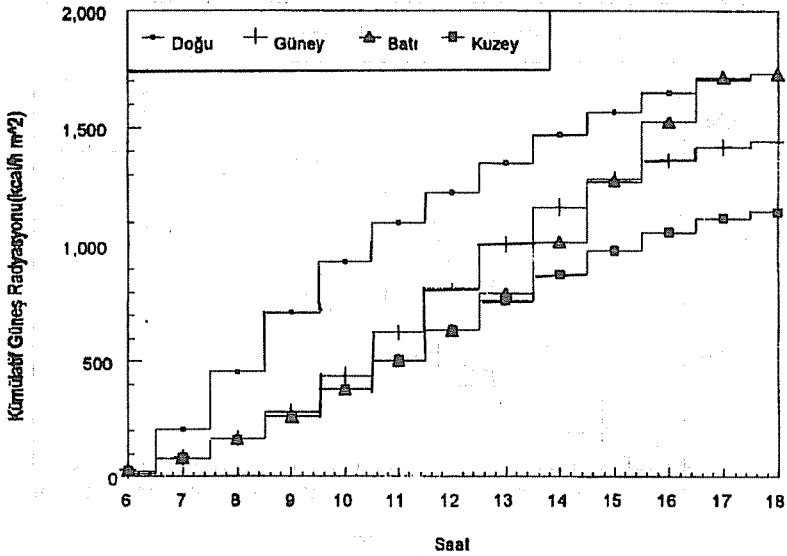
Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	109	336	339	258	164	130	134	130	119	102	79	52	22
D	115	392	467	445	344	209	134	130	119	102	79	52	22
GD	65	254	347	379	356	286	194	131	119	102	79	52	22
G	22	52	79	125	183	227	243	227	183	125	79	52	22
GB	22	52	79	102	119	131	194	286	356	379	347	254	65
B	22	52	79	102	119	130	134	209	344	445	467	392	115
KB	22	52	79	102	119	130	134	130	164	258	339	336	109
K	40	69	79	102	119	130	134	130	119	102	79	69	40



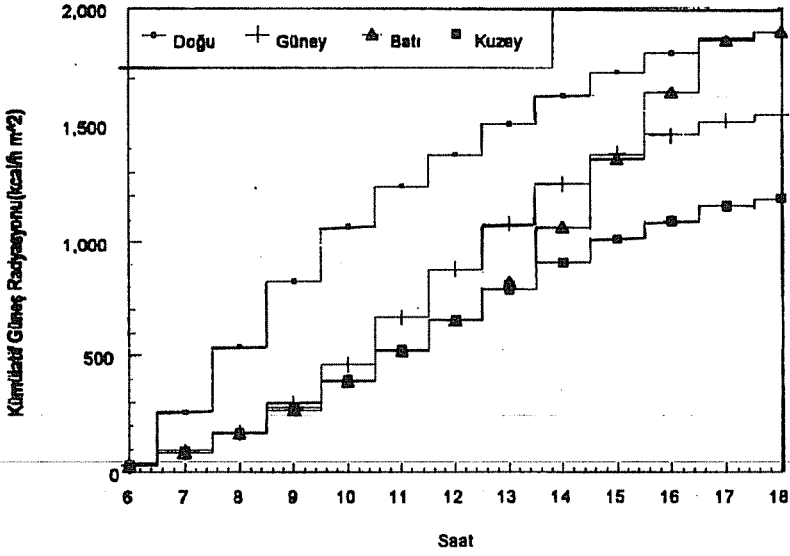
Şekil 1. Adana ili için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi.



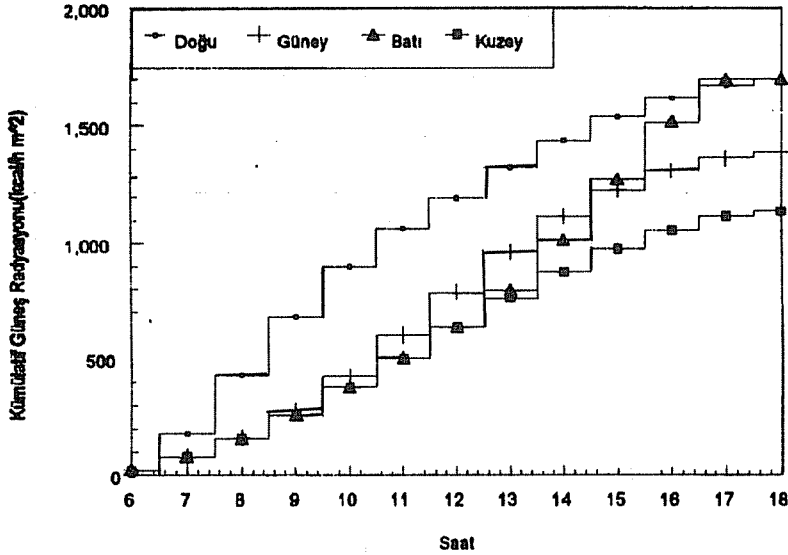
Şekil 2. Ankara ili için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi.



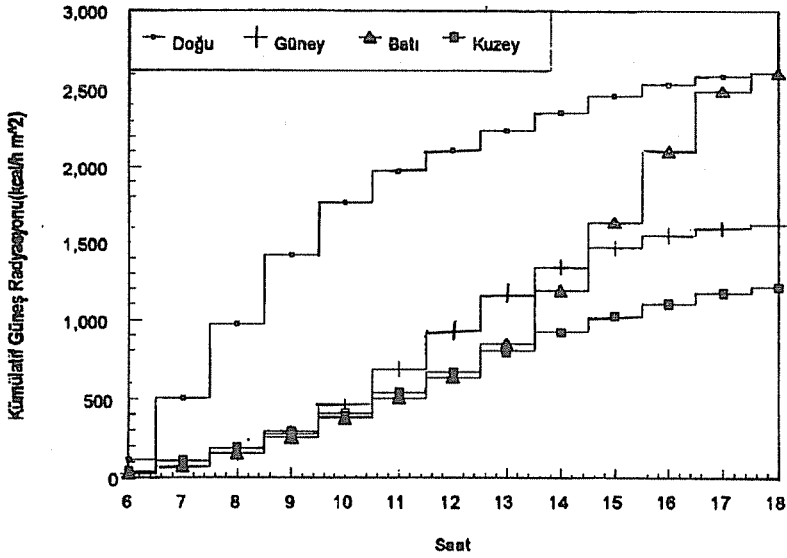
Şekil 3. Bursa ili için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi.



Şekil 4. İstanbul ili için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi.



Şekil 5. İzmir ili için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi.



Şekil 6. Şanlıurfa ili için camdan geçen güneş radyasyonunun kümülatif değerlerinin değişimi.

6. KAYNAKLAR

1. Kılıç,A., Öztürk,A., *Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1983.*
2. Önen,E., *Havalandırma ve Klima Tesisatı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1985.*
3. Tamer,Ş., *Klima ve Havalandırma, Meteksan A.Ş., Ankara, 1972.*
4. Ünal,A., Tanes,Y., Onur,H.Ş., *Günlük Ortalama Güneş Işınımı ve Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, Fonksiyon Parametrelerinin Türkiye'deki Dağılımı, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 8, Sayı 4, Sayfa 37-45, Ankara, 1986.*
5. Yılmaz,T., Bulut,H., *Şanlıurfa İli İçin Meteorolojik Değerlerin Günlük, Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, 4. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, s.188-198, Adana, 1996.*
6. Oğulata,R.T., *Yaz Klimasında Isı Kazancının Teorik-Nümerik Hesaplanması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1987.*
7. Deriş,N., *Güneş Enerjili Sıcak Su ile Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul, 1979.*
8. Duffie J.A, Beckman,W. A., *Solar Energy Thermal Processes, John & Sons, Inc., New York, 1974.*

9. Jalayerian, M.K., Burmeister, L.C., *Solar Flux Enhancement on a Tilted Surface by a Vertical South Wall*, *Solar Energy*, Vol.36, No.5, pp. 437-441, 1986.
10. Ünal, A., Tanes, Y., *Yatay Düzleme Gelen Saatlik Ortalama Güneş Işınımın Hesaplanması, Isı Bilimi ve Tekniği 4. Kongresi Tebliğler Kitabı*, Sayfa 233-245, 1983.
11. Beckman, A.W., Klein, A.S., Duffie, J.A., *Solar Heating Design by the F-Chart Method*, A.Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York, 1977.

BUĞDAYIN DÜŞEY BORULARDA PNÖMATİK TAŞINMASI İÇİN TASARIM İLKELERİ

Tuncay YILMAZ, Vebil YILDIRIM ve Beşir ŞAHİN
Ç.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, un fabrikalarının çeşitli üretim ünitelerinde buğdayın düşey borularla pnömatik taşınımının tasarım ilkeleri sistematik bir şekilde sunulmuştur. Örnek olarak kabul edilen tasarım verileri için, optimum boru çapları, hava debileri, basınç kayıpları ve sistem için gerekli güçler belirlenmiştir. Sunulan yöntem genel olup, diğer tanecikli tahıl ürünleri için de kullanılabilir.*

DESIGN PRINCIPLES FOR THE PNEUMATIC TRANSPORTATION OF THE WEAT IN VERTICAL PIPE

ABSTRACT : *In this study, the design principles of the pneumatically transportation of the weat in vertical ducts are presented systematically. For the design data considered as an example; optimal diameters of pipe, air flow rates, pressure losses and powers supplied to the system are determined. Since the method presented in this paper is general, it can be used for the other granular products of agriculture.*

1. GİRİŞ

Pnömatik transport, genellikle hava ile katı maddelerin taşınması işlemidir. Kuru çekirdekli mahsullerin taşınmasında, değirmenlerde tahıl ve un transportunda, termik santrallerde toz kömür ve kül taşınmasında, çeşitli proseslerde gerekli kuru hammaddelerin işletme yerlerine iletiminde pnömatik transporttan yararlanılır. Hidrolik transportun tersine, pnömatik sistemler kısa mesafelerde ekonomik olmaktadır (100m-3000m). Bunun nedeni gazların sıkıştırılabilme özelliğidir. Pnömatik sistemlerin tarımda uygulanmasının çeşitli yararları vardır. Öncelikle, sistem basit bir yapıya sahiptir. Sistemde kompresör ve vantilatör gibi hareket eden parçalar az olduğundan, sistemin arıza ihtimali de azdır. Taşıma, hava şartlarından bağımsız olarak boru içinde gerçekleştirildiğinden, çevrenin kirletilmesi gibi bir sorun bulunmamaktadır. Otomatik kontrol için çok elverişli olan bu sistemlerde, taşıma ile beraber çeşitli ısı ve kütle transferi işlemleri de beraberce uygulanabilmektedir. Katı parçacıkların aşınmaya maruz bırakılması ve işletme masraflarının mekanik sistemlere göre biraz fazla oluşu, pnömatik transportun en büyük dezavantajlarından biridir. Buna rağmen, pnömatik transportun yararlı olduğu görülmektedir.

Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, buğdayın tane olarak girdiği tesis birimlerinden un olarak çıktığı birimlere kadar olan kademeler arasında taşınması işlemi en ekonomik şekilde hava ile yapılabilir. Bununla birlikte pratikte, konu ile ilgili teknik bilgilerin yokluğu veya yanlış uygulamalar nedeni ile pnömatik taşıma işlemi ekonomik olmaktan uzak bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada konu ile ilgili mühendisler için tasarım ilkeleri sistematik bir şekilde sunulmuş ve bir de uygulama yapılmıştır.

2. PNÖMATİK TRANSPORT İLKELERİ VE İLGİLİ EŞİTLİKLER

2.1. Buğdayın Fiziksel ve Geometrik Özelliklerinin Saptanması

Tasarımda ilk adım olarak buğdayın yoğunluk (ρ_p), tane hacmi (V_p) ve boyutlarının saptanması gerekmektedir. Bu amaçla, yeterli sayıda buğday için yapılacak ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmalıdır. Örneğin buğday yoğunluğu, bir miktar buğdayın önce kütesinin belirlenmesi ve daha sonra ölçülü bir kaptaki belli bir hacimdeki suyun içine katılması ile meydana gelen hacim değişiminden hesaplanabilir. Hacim için bulunan sonucun, tane sayısına bölünmesi de ortalama tane hacmini verecektir. Bundan sonra buğdayın eşdeğer tanecik çapının (d_p) belirlenmesi gelmektedir. Bu çap, buğdayın küre olarak kabul edilmesi durumundaki çapa eşit olup aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$V_p = \frac{\pi d_p^3}{6}$$

2.2. Pnömatik Transortta Taşıma ve Hacim Konsantrasyonları

2.2.1. Taşıma Konsantrasyonu

Taşıma konsantrasyonu, C_T , parçacık hacimsel debisinin, V_p , karışımın toplam hacimsel debisine oranı olarak tarif edilir.

$$C_T = \frac{\dot{V}_p}{(\dot{V}_p + \dot{V})} \quad (1)$$

Burada \dot{V} akışkanın hacimsel debisidir. Eşitlik (1) ile tanımlanan C_T , parçacıkların kütle debisinin, \dot{m}_p , akışkanın kütle debisine, \dot{m} , oranı olan ve akışkan yükü olarak adlandırılan μ ile

$$\mu = \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}} = \frac{\rho_p \dot{V}_p}{\rho \dot{V}} \quad (2)$$

aşağıda olduğu gibi yazılabilir (3).

$$C_T = \frac{\left(\frac{\mu \rho}{\rho_p} \right)}{\left(1 + \frac{\mu \rho}{\rho_p} \right)} \quad (3)$$

Eşitlik (3) de ρ_p parçacık, ρ ise akışkan yoğunluğudur. Pnömatik transportta (ρ/ρ_p) oranı çok küçük olduğu için, eşitlik (3) te paydadaki terim ≈ 1 alınıp, taşıma konsantrasyonu için daha pratik olan aşağıdaki ifade kullanılabilir.

$$C_T \approx \mu \left(\frac{\rho}{\rho_p} \right) \quad (4)$$

2.2.2. Hacim Konsantrasyonu

Bir akışkan içinde birçok parçacık bulunması halinde, bu parçacıkların toplam hacminin, (V_p) , boru hacmine, (V_B) , oranı hacim konsantrasyonu olarak tarif edilir.

$$C_H = \frac{V_p}{V_B} \quad (5)$$

2.2.3. Taşıma ve Hacim Konsantrasyonları Arasındaki İlişki

Akışkan hızının her zaman parçacık hızından büyük olmasından dolayı, hacimsel konsantrasyon her zaman taşıma konsantrasyonundan küçüktür. C_H , en fazla 0.3

dolayıdır. Pnömatik transportta bu oran 0.01 civarındadır. Akışkan hızı arttıkça, iki konsantrasyon birbirine yaklaşır. Bu yaklaşım, parçacık çapı ne kadar küçük olursa, o kadar hızlı olmaktadır (1,2).

2.2.4. Taşıma ve Hacim Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Tasarlanması düşünülen pnömatik transport sistemi için, taneciklerin kütle debisi, \dot{m}_p , seçilmelidir. Taşıma işini yapacak olan hava ile parçacıkların fiziksel özellikleri de kolaylıkla tespit edilebilir. Bu durumda C_T uygun bir değerde (genellikle 0.01+ 0.1 aralığında) seçilerek eşitlik (4) ten akışkan yükü, μ , bununla eşitlik (2) den akışkanın kütle debisi, \dot{m} , ve eşitlik (6) ile de akışkanın hacimsel debisi, \dot{V} , bulunur (3).

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (6)$$

Eşit büyüklükteki parçacıklar için C_T nin en büyük değeri 0.5 civarındadır. Emniyetle taşıma yapmak için taşıma konsantrasyonunun bu değerden küçük olması gereklidir.

Parçacıkların hacimsel debisi de aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p} \quad (7)$$

Seçilecek bir boru çapı, d , için boru kesit alanı, $A_B = \pi d^2/4$, ile kolaylıkla belirlenebilir. Bundan sonra hacimsel konsantrasyon, aşağıdaki ifadeden iterasyonla bulunmalıdır (3).

$$C_H^2 + C_H \left(\frac{\dot{V} + \dot{V}_p}{A_B w_d (1 - C_H)^{4.65}} - 1 \right) - \left(\frac{\dot{V}_p}{A_B w_d (1 - C_H)^{4.65}} \right) = 0 \quad (8)$$

Eşitlik (8) den hemen görülebileceği gibi, $C_H = 1$ olması durumunda sonsuza gidilmektedir. Bu iterasyona $C_H \leq C_T < 0.5$ aralığında başlanıldığı takdirde denklemin kökü yakınsayarak bulunmaktadır. Bu eşitlikte önemli olan tek parçacığın düşme hızının, w_d , bulunmasıdır. Çok küçük konsantrasyonlar hariç, parçacıkların sürü düşme hızı, w_{ds} , parçacığın düşme hızından, w_d , daha küçük değerler alır (4). w_{ds} , C_H 'a bağlı olarak aşağıda olduğu gibi değişmektedir.

$$w_{ds} = w_d (1 - C_H)^{4.65} \quad (9)$$

Katı-gaz taşınımında önemli karakteristik değerlerinden birisi de Arşimet, Ar , boyutsuz sayıdır.

$$Ar = \frac{g d_p^3}{\nu} \left| \left(\frac{\rho_p}{\rho} \right) - 1 \right| \quad (10)$$

Burada ν akışkanın kinematik viskozitesi, g yer çekimi ivmesidir. (9) nolu eşitlik Richardson ve Zaki (5) tarafından çıkarılmış olup, deneysel sonuçlara en yakın bir ampirik bağıntıdır. Riquarts (6) yaptığı araştırmalarda hız oranlarının, konsantrasyonun yanısıra (10) eşitliği ile verilen, Arşimet sayısına bağlı olarak da değiştiğini göstermiştir. Bu araştırmacıya göre (9) eşitliği yalnız Stokes bölgesinde ($Re < 0.2$ veya $Ar < 3.6$) geçerlidir. Fakat pratik hesaplamalar için (9) nolu eşitliğin yeterli hassasiyette olduğu kabul edilmektedir.

(8) nolu eşitlik, (9) nolu eşitlik yardımıyla aşağıda olduğu gibi düzenlenebilir.

$$C_H^2 + C_H \left(\frac{\dot{V} + \dot{V}_p}{A_B w_{ds}} - 1 \right) - \left(\frac{\dot{V}_p}{A_B w_{ds}} \right) = 0 \quad (11)$$

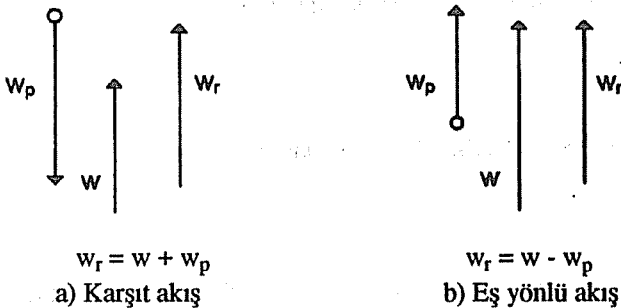
Tek parçacığın düşme hızının, w_d , bulunması için (10) dan elde edilecek Arşimet sayısı ile, boyutsuz bağıl hız, w_r^* , aşağıda olduğu gibi elde edilir (7).

$$w_r^* = \frac{Ar^2}{\left\{ 324 + 23.1 Ar^{0.54} + 0.3675 Ar - \frac{1.51 \cdot 10^{-5} Ar^{5/3}}{1 + 7.07 \cdot 10^{-7} Ar} \right\}^{1.5}} \quad (12)$$

Eşitlik (12)' den hesaplanacak boyutsuz bağıl hız w_r^* , aşağıdaki eşitlikte yerine konularak bağıl hız, w_r , bulunur.

$$w_r^* = \frac{|w_r|^3}{(g\nu) \left| \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) \right|} \quad (13)$$

Taneciklerin düşey borularla taşınmasında eşyönlü akış bulunduğundan (Şekil 1b), bağıl hız, w_r , akışkan hızı ile parçacık hızı arasındaki farka eşit olacaktır.



Şekil 1. Bağıl hızın tanımı.

Akışkan hızı sıfır kabul edildiğinde, parçacık hızı bağıl hızla eşit olur. Bu hal için $w_r = w_d$ ve eşitlik (9) ile, (11) den C_H bulunur. Uygun hacimsel konsantrasyonun tespitinden sonra, parçacık hızı, w_p , (14) ten,

$$w_p = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p A_B C_H} \quad (14)$$

havanın boru içindeki ortalama hızı da aşağıdaki ifadeden hesaplanır.

$$w = \frac{\dot{m}}{\rho A_B (1 - C_H)} \quad (15)$$

Eş yönlü akışta $w_r = w_{ds}$ ile $w = w_{ds} + w_p$ eşitliği geçerlidir (Şekil 1b). Eşitlik (14) ten $d \rightarrow \infty$ için $w_p \rightarrow 0$ elde edildiğinden, $w = w_{ds}$ olur. $d \rightarrow 0$ için ise $w_p \rightarrow \infty$ olduğundan $w = w_p$ olduğu görülür.

2.3. Basınç Kayıplarının Hesabı

Belli bir konsantrasyondaki buğdayın düşey borularla taşınmasında oluşan sürekli basınç kayıpları : akışkanın basınç kaybı, ΔP_a , parçacık taşıma basınç kaybı, ΔP_t , parçacığın yükseltilmesinden dolayı oluşan potansiyel basınç, ΔP_{ph} , akışkanın çıkarılmasıyla meydana gelen potansiyel basınç kaybı, ΔP_{ha} , ve akışkan ile parçacıklar arasındaki bağıl hızdan dolayı meydana gelen basınç kaybı ΔP_r 'den oluşmaktadır. Ancak ΔP_r , genellikle diğer kayıpları göre ihmal edilebilir.

$$\Delta P = \Delta P_a + \Delta P_t + \Delta P_{hp} + \Delta P_{ha} + \Delta P_r \quad (16)$$

Yukarıda yer alan ve aşağıdaki alt bölümlerde verilen basınç kayıplarına ait formüllerle, (16) dan

$$\frac{\Delta P}{\rho g L} = 1 + C_H \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) + \frac{\xi_a w^2}{2 g d} \quad (17)$$

elde edilir. Burada ξ_a akışkan basınç kayıp katsayısı olup aşağıdaki alt bölümlerde tarif edilecektir. Froud sayısının aşağıda verilen tanımı ile

$$F_r = \frac{w^2}{g d} \quad (18)$$

(17) den, boyutsuz basınç kaybı (19) da olduğu gibi bulunur.

$$\Delta P^* = 1 + C_H \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) + \frac{\xi_a}{2} F_r \quad (19)$$

Bu eşitlikten düşey borularda basınç kaybının F_r sayısı ile sürekli arttığı görülür.

Düşey borularda düşük basınç kayıpları ile taşıma yapmak için akışkan hızı, parçacıkların sürü düşme hızlarından yüksek tutulmalıdır.

Tek fazlı akışkanlarda akışkanın Reynolds sayısı,

$$Re = wd / \nu \quad (20)$$

ve akışkan basınç kayıp katsayısı da Blasius'un teknik pürüzsüz borular için verdiği

$$\xi_a = \frac{0.3164}{Re^{1/4}} \quad (21)$$

bağıntısından bulunur. L boru uzunluğunu göstermek üzere, akışkan basınç kaybı da aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\Delta P_a = \xi_a \frac{L}{d} \frac{\rho w^2}{2} \quad (22)$$

Taşıma basınç katsayısının hesabı için aşağıdaki eşitlik kullanılır (3).

$$\xi_t = 2.7 C_T \frac{d}{d_p} \frac{w}{w_p} \left(1 - \frac{w_p}{w}\right)^2 \frac{\xi_d}{k^2} \quad (23)$$

Burada, k sayısı parçacığın düşme hızı ile, eşdeğer hacimdeki kürenin düşme hızı oranıdır.

$$k = \frac{w_d}{w_d} \quad (24)$$

Küçük parçacıklar için pratik hesaplarda bu oran k=1 alınabilir. (23)'te tek parçacığın düşmesindeki direnç katsayısı aşağıdaki formülden elde edilir (7).

$$\xi_d = \frac{24}{Re_r} + \frac{3.73}{(Re_r)^{1/2}} - \frac{4.83 \times 10^{-3} (Re_r)^{1/2}}{(1 + 3 \times 10^{-6} (Re_r)^{1/5})} + 0.49 \quad (25)$$

Burada Re_r , rölatif hızla hesaplanan parçacık Reynolds sayısıdır (3).

$$Re_r = \left(w_r^* Ar\right)^{1/3} = \frac{w_r d_p}{\nu} \quad (26)$$

Taşıma basınç kaybı da aşağıda olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$\Delta P_t = \xi_t \frac{L}{d} \frac{\rho w^2}{2} \quad (27)$$

Parçacığın yükseltilmesinden oluşan potansiyel basınç kaybı eşitlik (28) ile, akışkanın

yukarı çıkarılması ile oluşan potansiyel basınç kaybı eşitlik (29) ile verilmiştir.

$$\Delta P_{hp} = \rho_p g L C_H \quad (28)$$

$$\Delta P_{ha} = \rho g L (1 - C_H) \quad (29)$$

2.4. Sisteme Gerekli Güç

Eşitlik (6) ve (16) ile sisteme verilmesi gereken güç,

$$N = \Delta P \dot{V} = \rho g L \dot{V} \left\{ 1 + C_H \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) + \left(\frac{\xi_a}{2} \right) Fr \right\} \quad (30)$$

şeklinde belirlenir.

2.5. Basınç Farkı Fonksiyonları

Bu boru çapının sonsuza gitme durumunda (20) den $Re \rightarrow \infty$, (21) den $\rho_a \rightarrow 0$ elde edilmektedir. Bu durum için basınç farkı eşitlik (17) ile aşağıda olduğu gibidir.

$$\Delta P_{\infty} = \rho g L \left\{ 1 + C_H \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) \right\} \quad (31)$$

Boru çapı sıfıra giderken, $w = w_p$ ilişkisi ile (14) ve (17) den $d \rightarrow 0$ için basınç kayıpları,

$$\Delta P_o = \rho g L \left\{ 1 + C_H \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) + \frac{8 \xi_a \dot{m}_p^2}{g \rho_p C_H^2 \pi^2 d^5} \right\} \quad (32)$$

şeklinde bulunur. Burada (21), (20) de $w = w_p$ ile elde edilecektir.

2.6. Güç Fonksiyonları

Boru çapının sonsuza gitmesi durumunda $w = w_{ds}$ olduğu gözönüne alınarak eşitlik (9), (30) ve (31) den,

$$N_{\infty} = \Delta P_{\infty} w \frac{\pi d^2}{4} (1 - C_H) = \Delta P_{\infty} w_d \frac{\pi d^2}{4} (1 - C_H)^{5.65} \quad (33)$$

elde edilir.

Boru çapının sıfıra gitmesi durumunda ise eşitlik (14), (30) ve (32) den güç ifadesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$N_o = \frac{\Delta P_o \dot{m}_p (1 - C_H)}{\rho_p C_H} \quad (34)$$

2.7. Debi Foksiyonları

Boru çapının sonsuza gitmesi halinde

$$\dot{V} = w A_B (1 - C_H) \quad (35)$$

den, $w = w_{ds}$ ve (9) ile

$$\dot{V}_{\infty} = w_d (1 - C_H)^{5.65} \pi d^2 / 4 \quad (36)$$

elde edilir.

Boru çapının sıfıra gitmesi durumu için ve (14) $w = w_p$ ile (35) den aşağıdaki bağıntı bulunur.

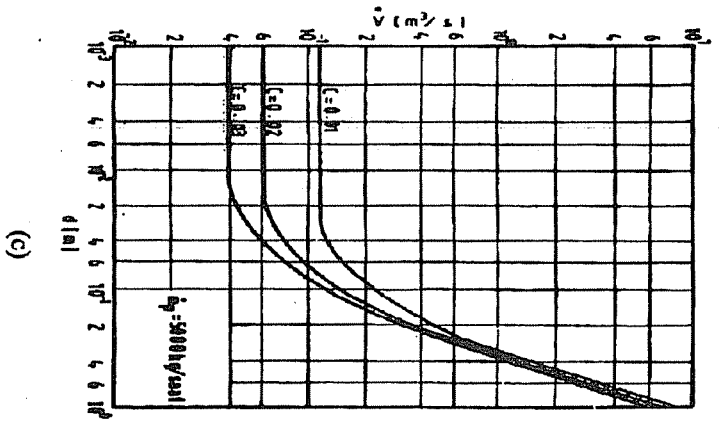
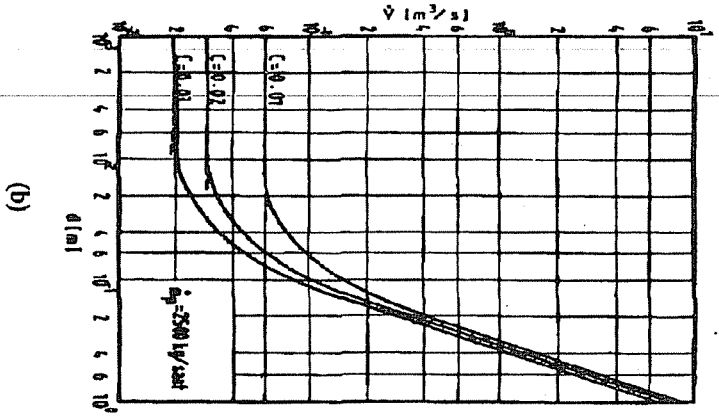
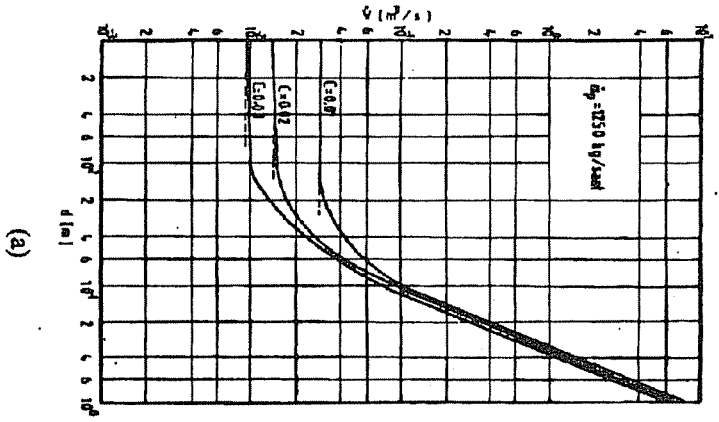
$$\dot{V}_o = \left(\frac{\dot{m}_p}{\rho_p} \right) (1 - C_H) / C_H \quad (37)$$

Bu çalışmada uygulama olarak aşağıdaki datalar seçilmiş elde edilen sonuçlar Şekil 2-6'da sunulmuştur.

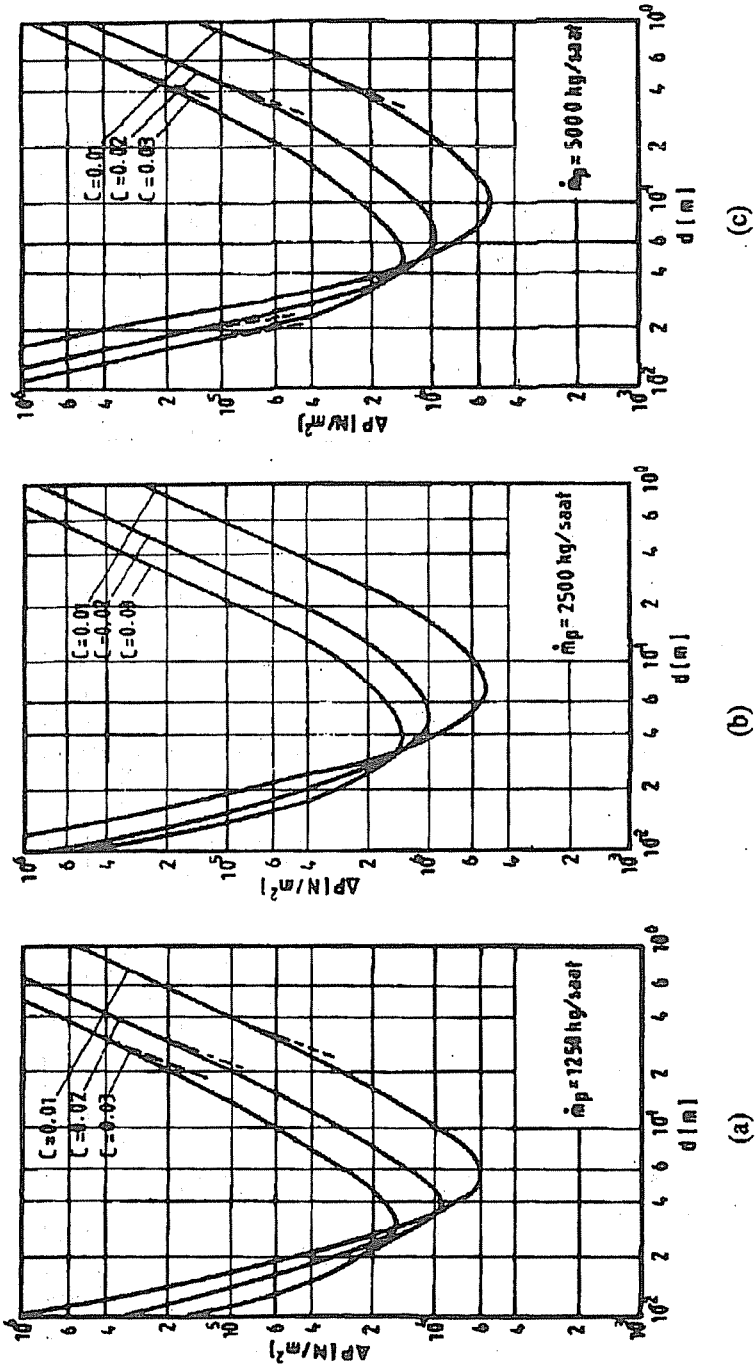
$$\begin{aligned} \dot{m}_p &= 1250 \text{ kg/saat} - 2500 \text{ kg/saat} - 5000 \text{ kg/saat} \\ d_p &= 3.81 \text{ mm} & \rho_p &= 1164 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_{hava} &= 1.1881 \text{ kg/m}^3 & v_{hava} &= 15.13 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s} \\ C_T = C &= 0.01 - 0.02 - 0.03 & d_B &= (0.01/1) \text{ m} \end{aligned}$$

Şekil 2'de çeşitli boru çapları ile gerekli hava debisi, seçilen üç taşıma konsantrasyonu için verilmiştir. Taşıma konsantrasyonunun küçük değerlerinde aynı boru çapına karşılık daha büyük hava debilerine gerek duyulmaktadır. Debi miktarı ayrıca parçanın kütesel debisinin artması ile birlikte artmaktadır. Şekil 2'den açıkça görüldüğü gibi, seçilen boru çaplarının belli bir değerine kadar gereken debi miktarı sabit kalmakta, bu değerden büyük boru çapları için ise gerekli debi hızlı bir artış göstermektedir. Bu çalışmada gözönüne alınan parçacık kütesel debileri için, debinin sabit kaldığı boru çapları (1-2) cm aralığında olup, üst sınır en küçük taşıma konsantrasyonu için geçerlidir.

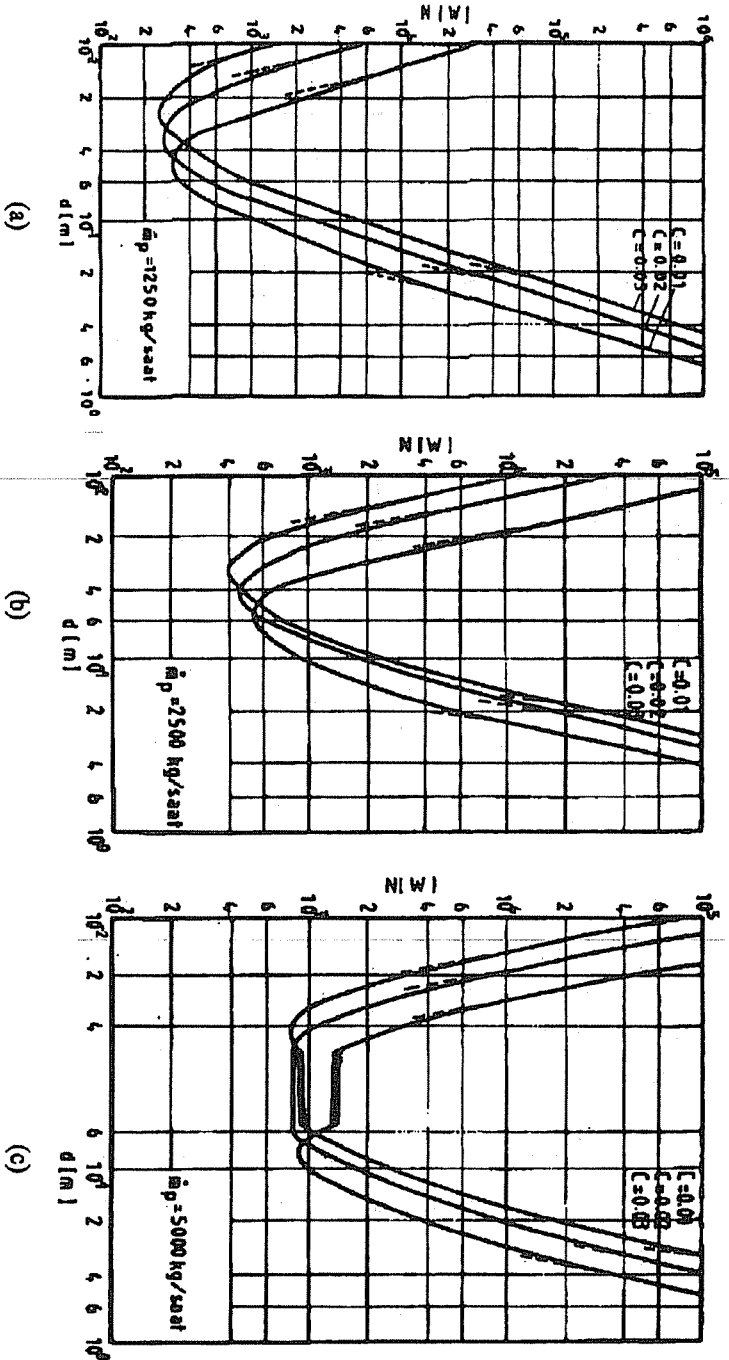
Şekil 3'te boruda gerekli olan toplam basınç kaybının boru çapı ile değişimi verilmiştir. Bu şekillerden taşıma konsantrasyonunun büyük seçilmesiyle birlikte, basınç kaybının en düşük olduğu boru çapı değerlerinde küçüldüğü görülmektedir. Şekil (3a) dan bu değerlerin (3-6) cm olduğu anlaşılmaktadır. Parçacık kütesel debisinin artması ile optimum boru çapı değerleri de artış göstermektedir. Basınç



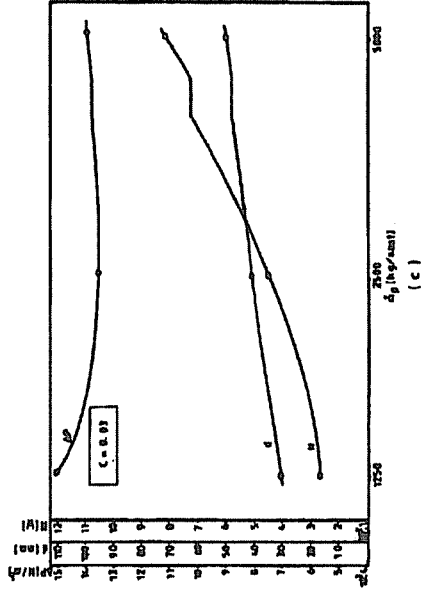
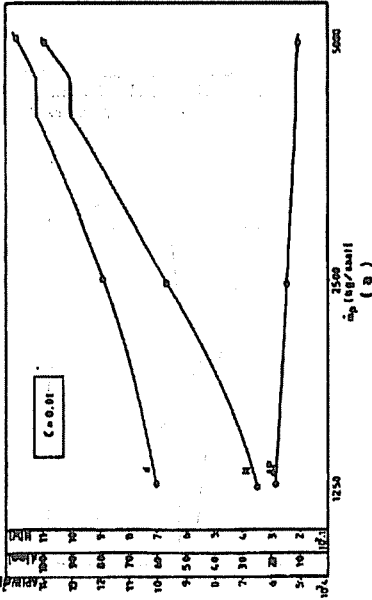
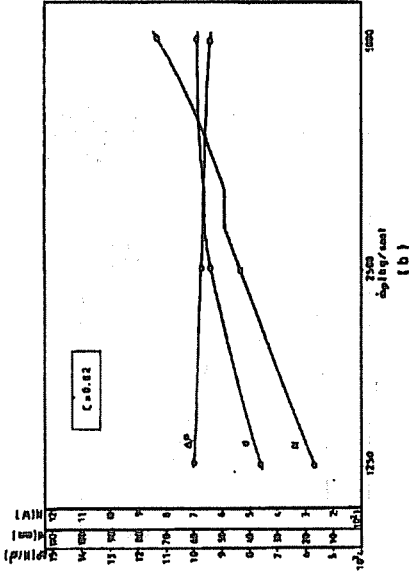
Şekil 2. Boru çapı ile akışkan debisinin değişimi.



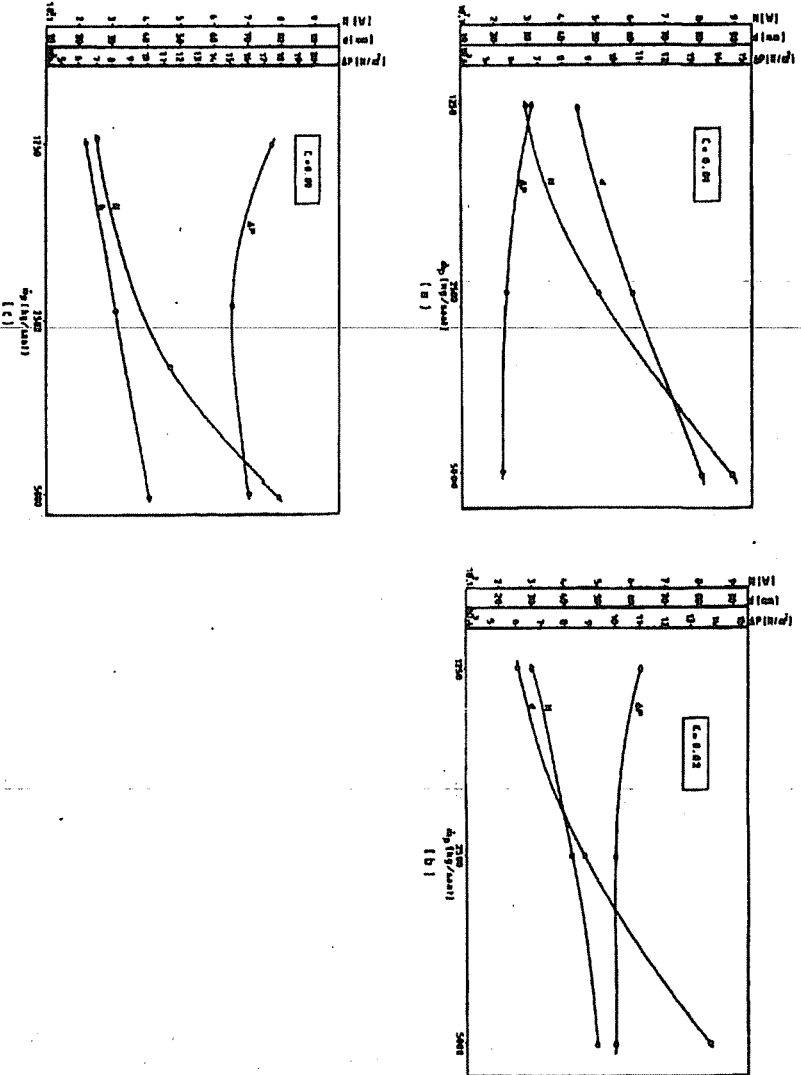
Şekil 3. Boru çapı ile toplam basınç kaybı planının değişimi.



Şekil 4. Boru çapı ile sisteme gerekli güçün değişimi.



Şekil 5. Minimum basınç kaybına karşılık gelen boru çapı ve güç değerlerinin konsantrasyonla değişimi.



Şekil 6. Minimum güç kaybı ile gelen boru çapı ve basınç kaybı değişiminin konsantrasyonla değişimi.

kayıplarının en fazla indirildiği boru çaplarının daha büyük veya daha düşük değerlerinde, basınç kayıplarının hızla arttığı Şekil 3'ten açıkça görülmektedir.

Şekil 4'te sisteme gerekli gücün boru çapı ile değişimi görülmektedir. Bu şekilden de sisteme gerekli gücün minimum olduğu boru çaplarının tespitinin mümkün olduğu görülmektedir. Şekil (3a) dan bu değerler boru çapının (2.5-5.5) cm değerlerine karşılık gelmektedir. Kütle debisinin artması ile beraber, güç için optimum boru çapı değerlerinin arttığı görülmektedir. Şekil 2'de görülen ilişkiye benzer olarak taşıma konsantrasyonunun büyük değerlerinde optimum boru çapı değerleri düşük olmaktadır. Optimum boru çapının daha küçük veya daha büyük değerleri dışında, sisteme gerekli güç hızlı bir artış göstermektedir.

Şekil 5 ve 6'da ise minimum basınç kaybı ve minimum güç sarfı için seçilen durumlarda basınç kaybı, boru çapı ve gücün katı madde debisi ile değişimi verilmiştir. Bu şekilden de optimum durumlar için basınç kaybının katı madde debisi ile azaldığı, ancak boru çapı ve gücün arttığı belli olmaktadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, katı taneciklerin düşey borularda hava ile taşınması işlemi ile ilgili gerekli teknik bilgiler sistematik bir şekilde sunulmuştur. Optimum boru çapı ve taşıma konsantrasyonunun belirlenmesi, uygulamalı bir örnekle açıklanmıştır. Bu çalışmada sunulan bilgiler ışığında, yanlış uygulamalara gerek kalmadan, katı taneciklerin düşey borularda pnömatik taşıma işlemi en ekonomik şekilde tasarlanarak, ülke ekonomisine katkıda bulunulabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Durand,R., "Basic Relationships of the Transportation of Solids in Pipes-Experimental Research", St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, Minnesota, 1953.
2. Kriegel,E. ve Brauer,H., "Hydraulischer Transport körniger Feststoffe durch waagerechte Rohrleitungen", VDI-Forschungsheft 515, VDI-Verlag Düsseldorf, 1996.
3. Yılmaz,T., "Çok fazlı akışlar", K.T.Ü. Müh.Mim.Fak., Yayın No:17, 80s, Trabzon, 1983.
4. Brauer,H., "Grundlagen der Ein- und Mehrphasenströmungen",Verlag Sauerlander, Harau und Frankfurt am Main, 1971.
5. Richardson,J.F. ve Zaki,W.N., "Sedimentation and Fluidization", Trans. Inst. Chem. Eng., 32, 35-53, 1954.
6. Riquarts,H.P., "Zur Berechnung von Partikelschwarm-bewegungen in Fluiden Strömungsfeldern", Forsch. Ing.-Wes., 43/3, 86-91, 1977.
7. Yılmaz,T. "Küre, Silindir ve Levhanın Direnç Katsayıları ve Kürenin Düşüş Hızı için Genel İfadeler", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 1/1, 22-26, 1978.



TURBOMAKİNALARDA BİR İÇ AKIŞ MODELLEME YÖNTEMİNİN ANALİZİ

Saim KOÇAK ve H. Ali HAMARAT

S.Ü., Makina Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET: Turbomakinalarda iki boyutlu, viskos olmayan, kararlı, sıkıştırılabilir ve sesaltı akış analizi yapılırken uygulanan bir kayıp modelinin Euler denklemleri ile uyumsuzluğu giderilmiştir. S2 akım yüzeyindeki akım fonksiyonuna bağlı olarak elde edilen yeni denklem takımı bir sonlu elemanlar yöntemi ile çözülmüştür. Relativ akış açısı ile ilgili sayısal sonuçlar, Eckart çarkının I düzlemindeki deneysel sonuçlar ile karşılaştırıldı.

ANALYSIS OF A METHOD FOR MODELLING OF THROUGH FLOWS IN TURBOMACHINES

ABSTRACT: Inconsistency between the Euler Equations and a loss model for analysing two-dimensional, nonviscous, steady, compressible and subsonic flow in turbomachines is eliminated. The new set of equations derived from the stream function of S2 flow surface, are solved by a finite element method. Numerical results for the relative flow angle are compared with the experimental results of the I surface of the Eckart impeller.

1. GİRİŞ

Turbomakinalarda iç akış üç boyutlu, sıkıştırılabilir, viskos, kararsız olduğundan Navier-Stokes denklemlerinin çözülmesi zordur. İç akış iki boyutlu, sıkıştırılabilir, sürtünmesiz, kararlı olarak çözülebilir.

Wu (1) tarafından turbomakinalardaki üç boyutlu akış için S1 (kanattan kanatta), S2 (göbekten kanattan uçuna) akım yüzeylerini tanımlamış ve bu akım yüzeylerindeki akış için temel denklemler elde edilmiştir.

Marsh (2) tarafından iç akış hesaplamaları için matrix metodunu kullanarak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Horlock (3) tarafından turbomakinalardaki adiabatik akış için entropi üretimi üzerine bir çalışma yapılarak ideal ve gerçek proses arasındaki entropi farkları verilmiştir.

Senoo ve Nakase (4) tarafından sonlu kanata sahip bir turbomakinada göbekten kanat ucuna şekillenmiş bir akım yüzeyindeki kararlı, üç boyutlu, ses altı, viskos olmayan akışı analiz eden bir metod sunulmuş ve sonlu farklar ile çözülmüştür.

Bosman (5) tarafından Horlock-1971'nun vermiş olduğu ideal ve gerçek prosesler arasındaki entropi üretiminin datalarını kullanarak bir kayıp modeli geliştirilmiştir.

Adler ve Krimerman (6) tarafından sonlu elemanlar metodu meridyenel düzlemdeki Wu denklemlerini çözmek için kullanılmıştır.

Eckart (7) tarafından radyal kompresör çarkının geometri tanımlanmış, bu geometri üzerinde beş düzlemde ölçümler yapılarak W/U_2 hız dağılımları verilmiştir.

Adler ve Krimerman (8) tarafından sonlu elemanlar metodu ile kanattan kanata akım yüzeyinde kararlı, sesaltı, viskos olmayan akış için Wu'nun denklemlerini çözmek için kullanılmıştır.

Krain (9) tarafından Eckart-1976'ın tanımlamış olduğu radyal kompresör çarkının I düzleminde akış karakteristikleri için ölçümler yapılmıştır.

Hamarat (10) tarafından radyal kompresör çarkındaki kararlı, sesaltı, viskos olmayan akış S2 akım yüzeyi üzerinde sonlu elemanlar metodu ile çözülmüş ve Eckart (7)'in tanımlanmış olduğu beş düzlemde W/U_2 relativ hız profillerine göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

Koçak (11) tarafından radyal kompresör çarkındaki akışın tabiatı tanımlanmış, meridyenel düzlemdeki akış formüle edilmiş ve slip faktörünün etkisi gösterilmiştir.

İç akış analizi; süreklilik, hareket, enerji ve hal denklemlerinin üzerine kurulmuştur. Bosman (5)'in tanımlamış olduğu kayıp modeli formülasyona dahil edilmek istendiğinde akış viskos olmadığı için hareket denklemleri (Euler denklemleri) aynı kalmaktadır. Bu da bilinmiyen sayısından daha fazla denklem takımı ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada; kayıp modeli olarak entropideki değişimi tanımlayan denklem, üç hareket denklemlerinden birisi yerine kullanılmış ve uyuşmazlık ortadan kaldırılmıştır. Elde edilen yeni denklem takımı radyal kompresör çarkındaki S2 akım yüzeyine

uyarlanmıştır. Bu akış modeli için, akım fonksiyonuna bağlı temel denklem sonlu elemanlar metodu ile çözülmüştür. Düğüm noktalarındaki akım fonksiyonu değerleri ve perfect gas kanunu kullanılarak akışın hız bileşenleri hesaplanmıştır. Bu nümerik çözüm, Eckart (7)'in tanımladığı radyal kompresör çarkının I düzleminde, Krain (9)'in bulmuş olduğu relativ hız açısı ile karşılaştırılmıştır. İç akış esnasında akış parametrelerindeki değişimler radyal kompresör çarkı üzerinde konturlar çizilerek gösterilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

2. KAYIP MODELİ

2.1 Kayıp modelinin kurulması

Viskos olmayan üç boyutlu bir akış için, akış modeli aşağıdaki denklemlerin çözülmesiyle bulunabilir (1).

1. Süreklilik denklemi (1),
2. Hareket denklemleri (3),
3. Enerji denklemi (1),
4. Hal denklemi (1)

Bu altı denklem akış özellikleri ρ , h ve s , ve hızın üç bileşeni V_r , V_θ , V_z 'i bulmak yeterlidir. Tersinir adiabatik akış için, akışkanın entropisi herhangi bir akım çizgisi boyunca sabit kaldığından, hareketin üç denklemi ve enerji denklemi bir denklem haline getirilebilir. Hareket, enerji ve entropi denklemleri bağımsız olduğundan, çözüm bu beş denklemin herhangi dördü yapılabilir (3,5).

Eğer tersinir adiabatik akış S_2 akım yüzeyinde gibi bilinen bir akım yüzeyinde meydana geliyorsa, hız vektörünün akım yüzeyi üzerinde olmasını sağlayıcı üç hız bileşeni ile bağlantılı olarak bir geometrik şart vardır (5).

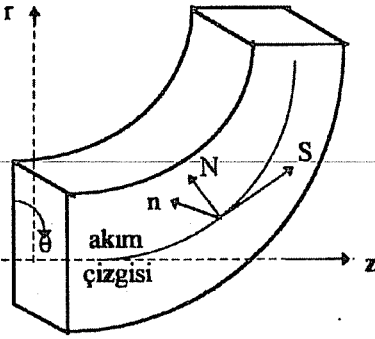
Bundan dolayı bilinmeyenden daha fazla denklem vardır. Akım yüzeyi üzerindeki akış modeli için çözüm geometrik şart ile üç hareket denkleminin birinin yer değiştirmesiyle yapılabilir. Yer değiştirilen hareket denklemi tanımlanan akım yüzeyindeki akışa uygulanan dış kuvvetleri bulmada kullanılabilir.

Akım yüzeyi kartezyen koordinant sisteminin iki ekseninde seçilirse, üçüncü eksen n , bu yüzeyine diktir. Viskos olmayan akışta akım yüzeyi üzerindeki N ve S doğrultularındaki hareket denklemi, F kuvvetinin herhangi bir bileşenini içermez. Akış modelini hesaplamak için bu iki denklem aynı kalır.

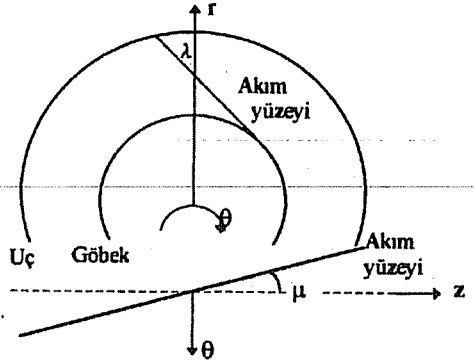
Geometrik şart ile yer değiştiren n doğrultusundaki hareket denklemi, F dış kuvveti içerdiğinden dolayı bu kuvvetin şiddetini bulmak için kullanılabilir. Tersinir adiabatik akış için entropi akım çizgisi boyunca sabit kalır (3). Kayıp modeli; akışkana, akışa ve kanata göre akım çizgisi boyunca entropinin değişimine göre tanımlanır (5). Kayıp modeli uygulamalardan elde edilen data üzerine kurulur. Bu data entropideki değişimi tanımlayan denkleme denktir (3).

Akış tanımlanan bir yüzey üzerinde meydana geldiği zaman n doğrultusu için

hareketin bir denklemi geometrik şart ile yer değiştirir ve yüzey üzerindeki akım kalan dört denklemin herhangi üçü ile kurulabilir. Enerji ve entropi (kayıp modeli) denklemi korunarak iki hareket denkleminde birini seçmek uygundur. Kayıba relativ hız vektörüne karşı koyan D sönüm kuvvetinin neden olduğu farzedilir, S-n-N koordinant sisteminde, D kuvveti S doğrultusunun negatif yönündedir ve N ve n doğrultusunda bir bileşene sahip değildir. Dolayısıyla N doğrultusundaki hareket denklemi hem dış kuvvet F hemde sönüm kuvveti D'nin bir bileşenini içermez. Kalan hareket denklemi N doğrultusu içindir, S doğrultusundaki hareket denkleminde D'nin hesaplanması için kullanılabilir.



Şekil 1. Akış çizgisi üzerindeki koordinatlar.



Şekil 2. Akım yüzeyi lokal açıları.

2.2. Kayıp modeline göre temel denklemler

Tanımlanan akım yüzeyi için tersinmez adiabatik akışta altı temel denklem aşağıdaki hale gelir.

n ve S doğrultusu için hareket denklemi akım yüzeyi üzerindeki akış hesapması için gerekmez dış kuvvet F ve sönüm kuvveti D'yi hesaplamak için kullanılabilir.

Kayıba, relativ hız vektörüne karşı koyan bir kuvvetin neden olduğu kabulu kaybı modellemeyi son derece kolaylaştırır. \vec{D} 'nin \vec{W} 'ne karşı koyması D'nin şiddetinin hesaplanması için seçilen koordinant sisteminden bağımsızdır. Dolayısıyla \vec{D} kayıpların bulunduğu yüzeyle hareket eden koordinant sistemindeki relativ hız \vec{W} zıttır (5).

Kanat dizisi içerisinde akış analiz yapıldığı zaman, iki komşu kanat arasındaki ortalama bir akım yüzeyi için akış modellenmesi yapmak yararlıdır. Yukardaki temel denklemler matematiksel olarak yazılırsa,

$$1) \text{ Süreklilik denklemi (1), } \nabla \cdot (\rho \vec{W}) = 0$$

2) a- Hareket denklemi (1), (5) (kanat dizisi ile dönen bir koordinant sisteminde N doğrultusu için)

$$\vec{N} \cdot \vec{W} \times (\nabla \times \vec{V}) = \vec{N} \cdot (\nabla I - T \nabla S - \vec{D}) \quad \text{veya} \quad \vec{N} \cdot \vec{D} = 0 \quad \text{olduğundan}$$

$$\vec{N} \cdot \vec{W} \times (\nabla \times \vec{V}) = \vec{N} \cdot (\nabla I - T \nabla s)$$

b- Entropi (3) (akışkan, akış ve kanat geometrisine entropinin değişimi ile ilgili deneysel datalar)

c- Hızın üç bileşeni ile ilgili geometrik şart (5), $\vec{W} \cdot \vec{F} = 0$

3) Enerji (10), $\frac{DI}{Dt} = 0$, bu denklem kararlı tersinir adiabatik bir akış için kesin

sonuç verir ve kararlı tersinmez adiabatik akışta tekbir akım çizgisi için geçerli olduğu kabul edilir.

4) Hal (5), $\rho = f(h, s)$

burada ρ yoğunluk (kg/m^3); \vec{V} mutlak hız vektörü (m/s); \vec{W} bağlı hız vektörü (m/s); s, entropi (J/kg); T, sıcaklık (K); I, rotalpi (J/kg); h, entalpi (J/kg)'dir.

S doğrultusu için hareket denklemi kararlı bir akış için enerji denkleminin

kullanılmasıyla $\vec{W} \cdot T \nabla s = -\vec{W} \cdot \vec{D}$ veya $T \frac{Ds}{Dt} = -\vec{W} \cdot \vec{D}$ haline gelir.

Bu hareketin akım yönü denklemdir ve entropi denkleminde ayırt edilmelidir. Entropideki değişim deneysel datadan (kayıp modeli) verilir ve hareketin akım doğrultusundaki denklemi entropideki değişime uygun olarak sönüm kuvvetini tespit etmede kullanılır.

3. GELİŞTİRİLMİŞ ANALİZ

Bu analiz \vec{D} sönüm kuvvetini kapsayacak şekilde Wu (1), Marsh (2), ve Hamarat (10) çalışmaları üzerine kuruldu. r, θ , z koordinant sisteminde hareketin üç denklemi,

$$\frac{W_\theta}{r} \left[\frac{\partial(rV_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial V_r}{\partial \theta} \right] - W_z \left[\frac{\partial V_r}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial r} \right] = \frac{\partial I}{\partial r} - T \frac{\partial s}{\partial r} - D_r \quad (1.a)$$

$$\frac{W_r}{r} \left[\frac{\partial(rV_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial V_r}{\partial \theta} \right] - \frac{W_z}{r} \left[\frac{\partial(rV_\theta)}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial r} \right] = \frac{\partial I}{\partial r} - \frac{T}{r} \frac{\partial s}{\partial r} - D_\theta \quad (1.b)$$

$$W_r \left[\frac{\partial V_r}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial r} \right] - \frac{W_\theta}{r} \left[\frac{\partial V_z}{\partial \theta} - \frac{\partial(rV_\theta)}{\partial z} \right] = \frac{\partial I}{\partial z} - T \frac{\partial s}{\partial r} - D_z \quad (1.c)$$

Bu denklemler

$$f(r, \theta, z) = 0 \quad (2)$$

olarak tanımlanan akım yüzeyi üzerinde çözümler ve akım yüzeyi üzerindeki herhangi bir

özellik $q = q(r, \theta(r, z), z)$ olarak verilirse $\frac{\bar{\partial}q}{\partial r} = \frac{\partial q}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{n_r}{n_\theta} \frac{\partial q}{\partial \theta}$ ve $\frac{\bar{\partial}q}{\partial z} = \frac{\partial q}{\partial z} - \frac{1}{r} \frac{n_z}{n_\theta} \frac{\partial q}{\partial \theta}$

dir. Bu özel kısmı türevler akım yüzeyi boyunca alınmalı ve bilinen kısmı türevden

ayrılmalıdır (5). $\frac{\bar{\partial}q}{\partial r}$ özel kısmı türevi bilinen bir z değerinde akım yüzeyi üzerinde

r ve q 'nin değişiminin oranı, $\frac{\partial q}{\partial r}$ bilinen z ve θ değerinde r ve q 'nin değişiminin oranıdır.

Hareket denklemleri bu özel türeve göre ifade edilebilir.

$$\frac{W_\theta}{r} \frac{\bar{\partial}}{\partial r}(rV_\theta) - W_z \left[\frac{\bar{\partial}V_r}{\partial z} - \frac{\bar{\partial}V_z}{\partial r} \right] = \frac{\bar{\partial}I}{\partial r} - T \frac{\bar{\partial}s}{\partial r} - F_r - D_r \quad (3.a)$$

$$\frac{W_r}{r} \frac{\bar{\partial}}{\partial r}(rV_\theta) - \frac{W_z}{r} \frac{\bar{\partial}}{\partial z}(rV_\theta) = -F_\theta - D_\theta \quad (3.b)$$

$$W_r \left[\frac{\bar{\partial}V_r}{\partial z} - \frac{\bar{\partial}V_z}{\partial r} \right] + \frac{W_\theta}{r} \frac{\bar{\partial}}{\partial z}(rV_\theta) = \frac{\bar{\partial}I}{\partial z} - T \frac{\bar{\partial}s}{\partial z} - F_z - D_z \quad (3.c)$$

Burada $\vec{F} = \frac{1}{\rho n_\theta} \frac{\partial p}{\partial \theta} \vec{n}$ dir. \vec{F} kuvvet vektörü ortalama akım yüzeyine, \vec{W} relativ

hız vektörüne ve \vec{D} sönüm kuvveti vektörüne diktir. Bundan dolayı $\vec{F} \times \vec{W}$ vektörü N doğrultusuna dik olduğundan, iki vektörün vektörel çarpımından

$$\vec{F} \times \vec{W} = (F_\theta W_z - F_z W_\theta) \vec{i}_r + (F_z W_r - F_r W_z) \vec{i}_\theta + (F_r W_\theta - F_\theta W_r) \vec{i}_z \quad (4)$$

Denklem 4'e denklem (3.a), (3.b) ve (3.c) yazılırsa N doğrultusundaki hareket denklemleri,

$$\begin{aligned} F_\theta W^2 \left[\frac{\bar{\partial}V_r}{\partial z} - \frac{\bar{\partial}V_z}{\partial r} \right] &= W_\theta \left[F_z \frac{\bar{\partial}I}{\partial r} - F_r \frac{\bar{\partial}I}{\partial z} \right] \\ -F_\theta \left[V_z \frac{\bar{\partial}}{\partial r} - V_r \frac{\bar{\partial}}{\partial z} \right] - T W_\theta \left[F_z \frac{\bar{\partial}s}{\partial r} - F_r \frac{\bar{\partial}s}{\partial z} \right] & \\ + T F_\theta \left[V_z \frac{\bar{\partial}s}{\partial r} - V_r \frac{\bar{\partial}s}{\partial z} \right] - \frac{W^2}{r} \left[F_z \frac{\bar{\partial}}{\partial r}(rV_\theta) - F_r \frac{\bar{\partial}}{\partial z}(rV_\theta) \right] & \end{aligned} \quad (5)$$

düzenlenmesiyle elde edilir. Bu denklem ortalama akım yüzeyinin lokal geometrisini tanımlayan λ ve μ açılarının tanımlanmasıyla basitleştirilir.

$$\begin{aligned}\tan\lambda &= \frac{n_r}{n_\theta} = \frac{F_r}{F_\theta} \\ \tan\mu &= \frac{n_z}{n_\theta} = \frac{F_z}{F_\theta}\end{aligned}\quad (6)$$

Akım yüzeyini takip eden akış için geometrik şart,

$$W_r \tan\lambda + W_\theta + W_z \tan\mu = 0 \quad (7)$$

şeklinde yazılır.

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial}{\partial r}(\rho B_r V_r) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho B_r V_z) = 0 \quad (8)$$

burada B akım yüzeyinin yerel açılal kalınlığıdır.

İç akış analizinde, ortalama akım yüzeyi kanat geçişinin çevresel genişliği ile orantılı olduğu kabul edilir. Akım fonksiyonu ψ ,

$$\begin{aligned}\frac{\partial \psi}{\partial r} &= \rho B_r V_z \\ \frac{\partial \psi}{\partial z} &= \rho B_r V_r\end{aligned}\quad (9)$$

olarak tanımlanabilir. Kararlı adiabatik akış için enerji bir akış için enerji denklemi, $DI/Dt=0$ dir. Herhangi bir akım çizgisi boyunca rotalpi (I) sabit olduğundan kolay bir çözümü vardır.

Rotalpi sadece ψ 'nin bir fonksiyonu, yani $I = I(\psi)$, olduğundan

$$\begin{aligned}\frac{\partial I}{\partial r} &= \frac{dI}{d\psi} \frac{\partial \psi}{\partial r} \\ \frac{\partial I}{\partial z} &= \frac{dI}{d\psi} \frac{\partial \psi}{\partial z}\end{aligned}\quad (10)$$

Denklem (6), (9) ve (10) kullanılmasıyla, N doğrultusundaki hareket denklemi akım fonksiyonu ψ 'nin bir denklemi olarak ifade edilebilir.

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = V_z \frac{\partial}{\partial r}(\rho B_r) - V_r \frac{\partial}{\partial z}(\rho B_r) + (\rho B_r)^2 \frac{\partial I}{\partial \psi} \quad (11)$$

$$-\rho \frac{B_r \Gamma}{W^2} \left[\frac{\partial \bar{s}}{\partial r} (V_z - W_\theta \tan \mu) - \frac{\partial \bar{s}}{\partial z} (V_r - W_\theta \tan \lambda) \right] +$$

(11)'in devamı

$$\rho B \left[\tan \mu \frac{\partial}{\partial r} (rV_\theta) - \tan \lambda \frac{\partial}{\partial z} (rV_\theta) \right]$$

4. ÇÖZÜM METODU

Akış için bulunan temel denkleminin analitik olarak çözülmesi imkansız olduğundan çözümün yapılabilmesi için sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Denklem(11)'a Galerkin'in Ağırlıklı Kalıntı Metodu uygulanmıştır (12).

$$\iint_{\Omega^e} \left[k \frac{\partial [N]}{\partial r} \frac{\partial [N]^T}{\partial r} + k \frac{\partial [N]}{\partial z} \frac{\partial [N]^T}{\partial z} \right] d\Omega \{ \psi \} = - \iint_{\Omega^e} [N] Q d\Omega \quad (12)$$

S2 yüzeyi üzerinde akış için sonlu elemanlar formülü elde edilir. Burada [] matris notasyonu ve { } vektör notasyonudur.

Akış alanı dört düğüm noktalı izoparametrik dörtgen elemana bölünmüştür. Akış alanının şekli, Segerlind (12)'e göre r ve z koordinantları bulunmuştur. Eleman katılık matrisi K_e izoparametrik elemanlara göre elde edilir ve Gauss Legendre nümerik integrasyon metodu uygulanarak

$$K_e = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 B(\zeta, \eta) d\zeta d\eta \quad (13)$$

ve yük vektörü içinde F_e ,

$$F_e = \sum_{i=1}^n W_i N_i Q(\zeta_i, \eta_i) \quad (14)$$

şeklinde hesaplanır. Burada n, düğüm noktası sayısı ve m, çözüm alanı sayısıdır.

5. İÇ AKIŞ ANALİZİ

Hamarat (10)'a göre alt bölgelerin köşe koordinantları ve eğri kanatın orta noktalarının koordinantları girilerek kanat şekli tanımlanır. Akım yüzeyi açılarını tanımlamak için kanat geometrisinin aksiyal koordinantaki θ değerleri programa girilmiştir.

Bu değere göre

$$\tan\mu = r \frac{d\theta}{dz} \quad (15)$$

μ açıları hesaplanır ve böylece düğüm noktalarındaki akım yüzeyi açıları hesaplanır.

Girişteki statik yoğunluk ve sıcaklık eldesi için bir boyutlu analizden faydalanılır. Kütle debisi m , giriş durulma yoğunluğu ρ^A ve giriş ve giriş mutlak durulma sıcaklığı T^A verildiği zaman, girişteki hızın tamamen aksiyal olduğu kabulü ile statik yoğunluk ρ ve statik sıcaklık T , aşağıdaki iterasyonla hesaplanır.

i- Statik yoğunluk ilk olarak mutlak durulma yoğunluğuna eşit alınır.

$$\rho = \rho_{01}^A \quad (16)$$

ii- Mutlak hız

$$V = \frac{\dot{m}}{A b \rho} \quad (17)$$

burada A giriş alanıdır.

iii- Statik sıcaklık

$$T = T_{01}^A - \left(\frac{V^2}{2C_p} \right) \quad (18)$$

iv- Statik yoğunluk

$$\rho = \rho_{01}^A \left(\frac{T}{T_{01}^A} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad (19)$$

v- Statik yoğunluğun iki değeri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen yakınsaklık yeterli ise v_i iterasyonuna gidilir, aksi halde ii iterasyonuna dönlür.

vi- Çevresel hız $U = \omega r$ ve bağıl hız $V^2 = W^2 + U^2$ bağıntısı ile hesaplanılmıştır.

vii Rotalpi

$$I = C_p T_{OR} - \left(\frac{(\omega r)^2}{2} \right) \quad (20)$$

denklemleri ile hesaplanır.

Akım değişkenleri akış sahasının aşağıdaki özellikleri kullanılarak hesaplanılmıştır.

i- Sirkülasyon ($r V_\theta$) akım çizgisi boyunca sabittir.

ii- Toplam entalpi

$$H_A = C_p T + \left(\frac{V^2}{2} \right) = C_p T_{OA} \quad (21)$$

mutlak akım çizgisi boyunca sabittir.

iii- Denklem 18 ve 20'den rotalpi

$$I = H_A - \omega r V_\theta \quad (22)$$

iv- Mach sayısı

$$M = \frac{W}{\sqrt{\gamma RT}} \quad (23)$$

buradan relatif akış açısı

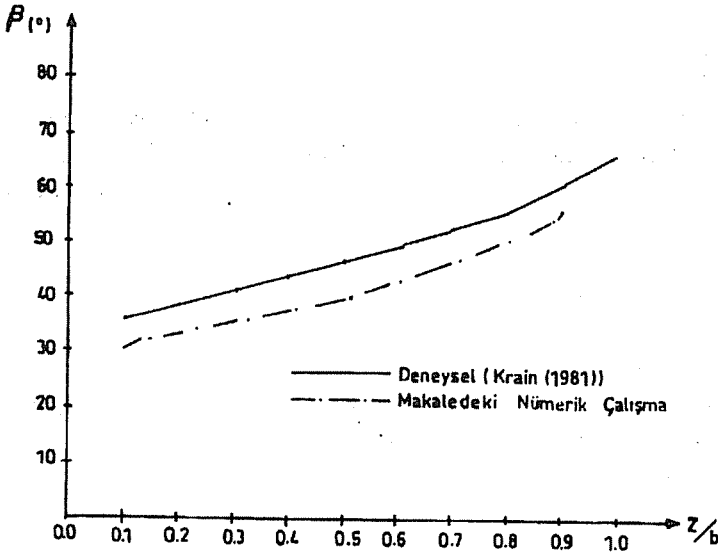
$$\beta = \text{Cos}^{-1}\left(\frac{W_\theta}{W}\right) \quad (24)$$

bağıntısı ile elde edilmiştir.

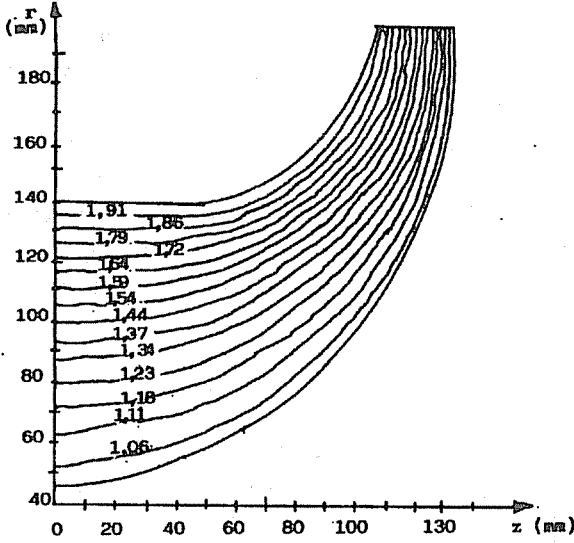
6. SONUÇ

Çalışmada relatif hız vektörüne zıt olarak tanımlanan sönüm kuvvetine göre kurulan kayıp modeline göre S2 akım yüzeyinde dört noktali izoparametrik elemanlara akış sahası bölünerek elde edilen relatif akış açısındaki değişim şekil 3'de görülen deneysel sonuçlarla karşılaştırıldığı zaman, çarkadaki akış üç boyutlu, kararsız ve viskos olduğundan yaklaşık 5°'lik bir kayma meydana geldiği görülmüştür.

Şekil 4'de S2 akım yüzeyinde boyutsuz akım fonksiyonu değerlerinin konturları görülmektedir. Kontur sınırları göbek ile kanat uçu arasında

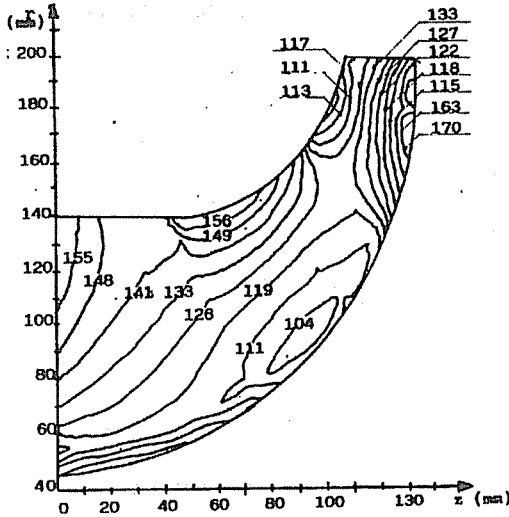


Şekil 3. Relativ akış açısı değişimi



Şekil 4. Akım fonksiyonu konturları

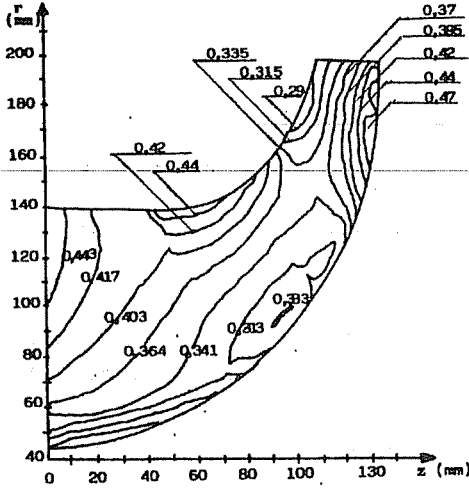
birbirine paralel olarak sıralanmıştır. Bu çizgiler boyunca akım fonksiyonu sabit değerler alması akım fonksiyonunun akım çizgisi boyunca sabit kalacağını doğrulamaktadır. Bundan dolayı kontur çizgileri akışkan partikülünün çark girişinden çark çıkışına izlediği yolu (akım çizgisini) göstermektedir. Kanat çıkışının göbek kısmında akım çizgilerinin sıklaşması bu bölgede bir basınç azalmasının olduğunu göstermektedir.



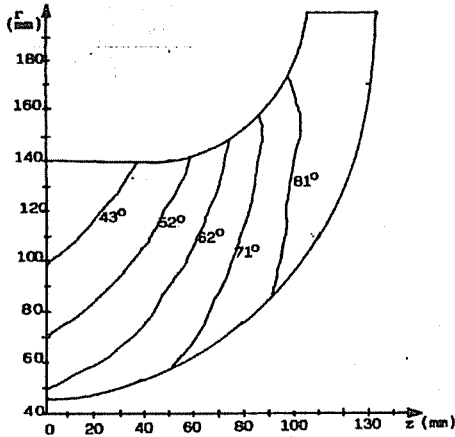
Şekil 5. İzafi hız konturları

Şekil 5'de izafi hız kontur çizgilerinin kanadın girişinden çıkışına doğru hızın azaldığını ayrıca hızın göbük ile kanat ucu arasında jet akışının bir göstergesi olarak değişen hız konturları görülmektedir.

Şekil 6'da izafi Mach sayısı konturlarının izafi hız konturlarına benzediği görülmektedir. Denklem (28) görüldüğü gibi Mach sayısının değişimi sıcaklık değişimi ile ters orantılıdır. Ayrıca Hamarat (10) tarafından çark girişinden çıkışına doğru maksimum ve minimum sıcaklık değişiminin çok az olduğu gösterilmiştir. Bundan dolayı izafi Mach sayısındaki konturları ile izafi hız konturları birbirlerine benzemektedir.



Şekil 6. İzafi Mach sayısı konturları



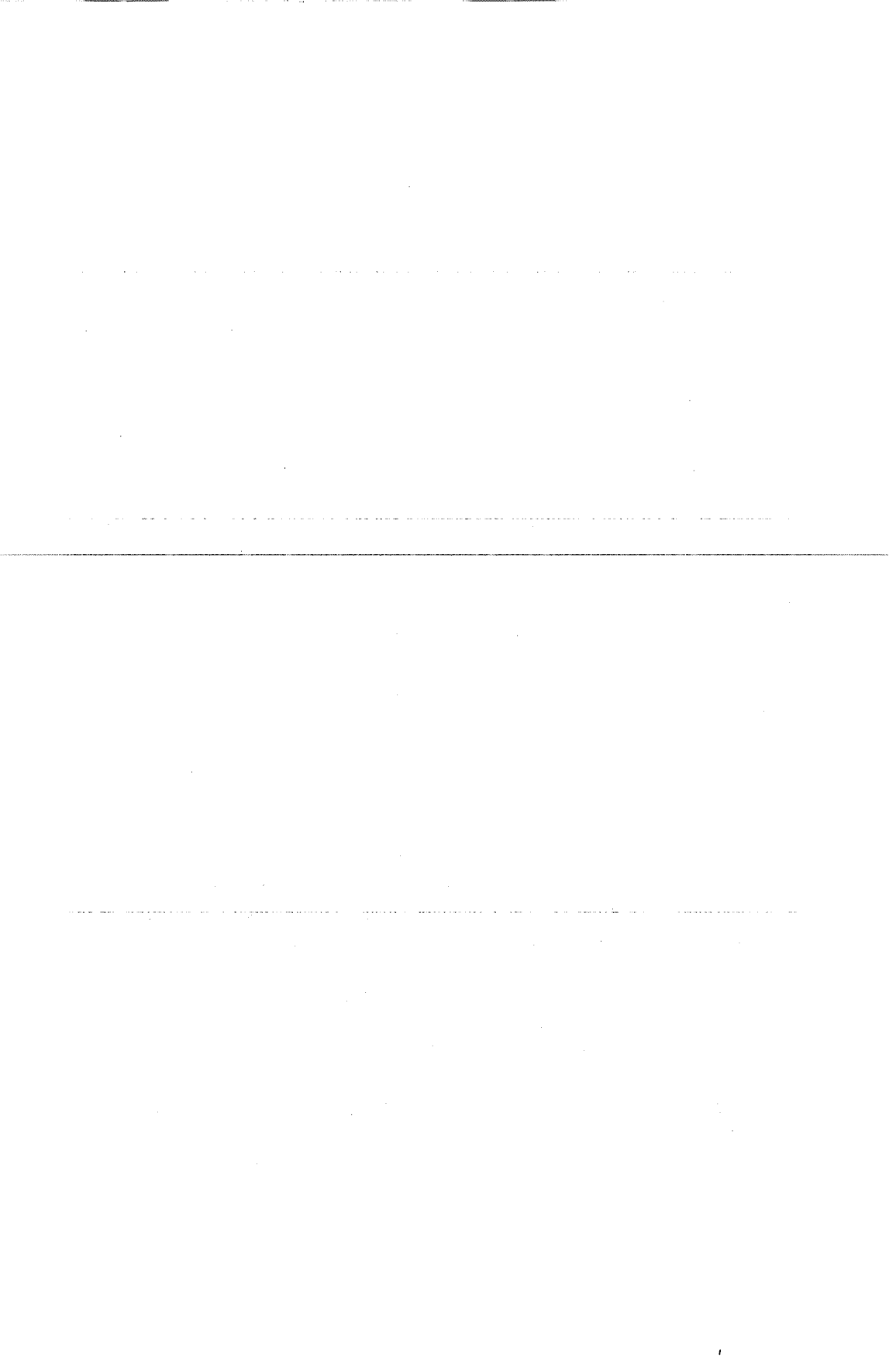
Şekil 7. Akış açısı konturları

Şekil 7' de izafi akış açısı konturlarının kanat girişinden çıkışına doğru arttığını ve kanat çıkışına yakın bölgelerde 90° değerini alması geometrik şarttan kaynaklanmaktadır.

Kayıp modellemesi sonucunda bulunan temel denklemin sonlu eleman çözümü ile Eckart çarkının I düzleminde deneysel sonuçlar 5° bir kayma göstermesine rağmen akım çizgisi, izafi hız, izafi Mach sayısı ve akış açısı konturları kompresör çarkı iç akış temel teorisi ile uyum içindedir.

7. REFERANSLAR

1. Wu,C.H., *A General Theory of Three - Dimensional Flow in Subsonic and Supersonic Turbomachines of Axial, Radial and Mixed Flow Types*, Naca TN 2604, 1952.
2. Marsh,H., *A Digital Computer Programme for the Through-Flow Fluid Mechanics in an Arbitrary Turbomachine; Using a Matrix Method*, Aero. Res. Council, R&M 3509, 1968.
3. Horlock,J.H., *On Entropy Production in Adiabatic Flow in Turbomachines*, *Journal of Basic Eng. Trans. ASME, Series D*, 1971.
4. Senoo,Y. ve Nakase,Y., *An Analysis of Flow Through a Mixed Flow Impeller*, *Journal of Eng. for Power, Trans ASME*, p 43-50, 1972.
5. Bosman,C. ve Marsh,H., *An Improved Method for Calculating the Flow in Turbomachines, Including a Consistent Loss Model*, *Jour. of Mech. Eng. Science*, 1974.
6. Adler,D. ve Krimerman,Y., *The Numerical Calculation of the Meridional Flow Field in Turbomachines Using the Finite Elements Method*, *Israel Journal of Technology, Vol. 12*, 1974.
7. Eckart,D., *Detailed Flow Investigations within a High Speed Centrifugal Compressor Impeller*, *Jour. of Fluids Eng. Trans. ASME*, pp 390-402, 1976.
8. Krimerman,Y. ve Adler,D., *The Complete Three - Dimensional Calculation of the Compressible Flow Field in Turbo Impellers*, *Jour. Mech. Eng. Science*, pp 149-158, 1978.
9. Krain,H., *A Study on Centrifugal Impeller and Diffuser Flow*, *Trans. Journal of Eng. for Power, Trans ASME*, pp 688-697, 1981.
10. Hamarat,H.A., *Radyal Kompresör Çarkındaki İç Akışın Analizi*, S.Ü.Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, 1995.
11. Koçak,S., *Preliminary Design of Centrifugal Compressors*, *Energy Week, Design Systems, Houston*, pp 308-313, 1996.
12. Segerlind,L.J., *Applied Finite Element Analysis*, John Wiley Sons, Inc. Newyork, 1976.



BİLGİSAYAR YARDIMIYLA OTOMATİK KESİCİ VE TUTUCU SEÇİMİ**M. Cengiz KAYACAN***Süleyman Demirel Üniversitesi, Tekstil Bölümü, Çünür-Isparta / Türkiye***İ. Hüseyin FİLİZ***Gaziantep Üniversitesi, Makina Bölümü, Gaziantep / Türkiye*

ÖZET : *Bu çalışma bilgisayar yardımıyla CNC tornalama işlemleri için kesici takım ve tutucusunun seçimini içermektedir.*

Önceden belirlenen her işlem için kesici takım ve tutucusunun geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla kullanıcı etkileşimsiz olarak seçilmesi sağlanmıştır. Seçme esnasında kesme boyu, işlem tipi gözönüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Program, IBM uyumlu kişisel bilgisayarda C++ ve CLIPPER programlama dilleri kullanılarak geliştirilmiştir.

**COMPUTER AIDED AUTOMATED CUTTING TOOL AND
TOOL HOLDER SELECTION**

ABSTRACT : *This study requires computer aided cutting tool and tool holder selection for CNC turning operations.*

Cutting tool and its tool holder are selected for previously determined operations by using a computer program without user interactions. In selecting the tools, cutting length and type of operations are taken into consideration. The program is implemented on an IBM compatible computer by using C++ and CLIPPER programming languages.

1. GİRİŞ

CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım / Bilgisayar Destekli İmalat) sistemlerinin en önemli parametrelerinden biri kesici takım ve tutucusunun seçimidir.

Kesici takım seçimi literatürde iki türlü ele alınmıştır; birincisi sadece işlem tipi düşünülerek yapılan seçim, ikincisi ise kesme parametrelerinin optimizasyonundan faydalanılarak gerçekleştirilen seçme işlemleridir.

Literatür incelendiğinde, kesici takım seçiminin çok değişik araştırmacılar tarafından araştırıldığı anlaşılmaktadır. Her araştırmacı konuyu değişik açıdan ele almıştır. Bazı araştırmacılar kesici takım seçimini kesme parametrelerinin optimizasyonu ile beraber düşünmüş, bazı araştırmacılar sadece işlemlerin geometrik şekillerini gözönünde bulundurarak seçme işlemini gerçekleştirmiştir, (1-2). Geliştirilen bu çalışmalar genellikle kullanıcı etkileşimlidir ve kesici takım ile tutucu takımın seçimini birarada inceleyen çok az sayıda araştırma vardır.

Bu çalışmada kesici takım ve tutucularının seçimi tamamen otomatik olarak yapılmaktadır. Kesici takım ve tutucuların seçiminde kullanılması gereken bilgilerin tamamı, OPPS-ROT (3) tarafından belirlenmekte ve herhangi bir şekilde kullanıcı etkileşimine gereksinim duymadan kesicilerin ve tutucuların seçimi en iyi bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Kesici Takım ve tutucusunun seçiminde imalatçı kataloglarından faydalanılmıştır. Kataloglarda kesici takım ve tutucular ayrı ayrı ISO kodu ile tanımlanmakla beraber bunların kodları birbirleri ile doğrudan alakalıdır. Çünkü sözkonusu her iki takım bir ikili olarak çalışmaktadır (Kesici takım tutucuya monte edilmektedir).

2. KESİCİ TAKIM SEÇİMİ

Kesici takım ve tutucuların seçiminde ISO standardı kullanılmakla beraber kanal açma, delik delme ve vida açma kesici takımları için henüz ISO standardı geliştirilmemiştir. Bu tip kesici takımlar için üretici firmaların geliştirmiş olduğu eşdeğer kod sistemi kullanılmaktadır. Kesici takım için geliştirilen ISO standardı ve bu çalışmada kullanılan imalatçı firma standardı aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

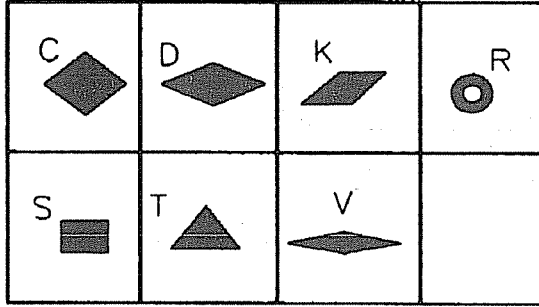
2.1. YüzeY Tormalama İşlemleri için ISO Standardı

YüzeY Tormalama işlemleri için kesici takım ISO standardı Tablo.1'de verildiği gibi on kolondan oluşmaktadır. Bu kolonlardan birincisi kesici takımın şeklini belirler.

Tablo 1. Silindirik yüzeY tormalama işlemleri için kesici takımın ISO kodu.

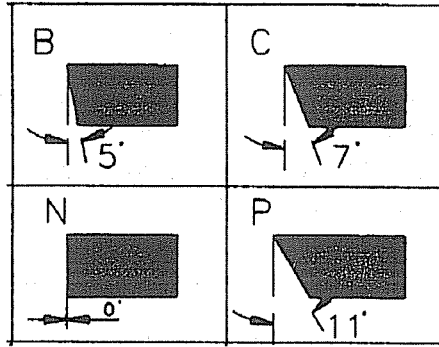
Silindirik yüzeY tormalama işlemleri için kesici takımın ISO kodu										
Kolon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Veri	C	N	M	M	12	04	08	S	N	81

Kesici takım geometrisi, tormalama işleminin çeşidine göre tasarlanmış olup, sözkonusu kesici takımın çeşitleri Şekil.1'de gösterilmiştir. Kesici takımın geometrik şeklinin seçiminde sadece işlem tipi gözönünde bulundurulmuştur.



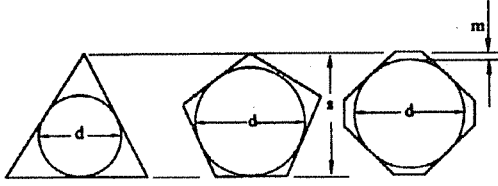
Şekil 1. ISO standardı olan kesici takım şekilleri.

İkinci kolon boşluk açısını temsil etmektedir. Dört değişik çeşit boşluk açısı vardır. Bunlar B, C, N, P ile Şekil.2'de gösterilmektedir. Boşluk açıları seçimde önemli bir kriter olmayıp kullanıcıların deneyimine göre herhangi bir açı değeri seçilmektedir.



Şekil 2. Kesici takım boşluk açısı.

Kolon üç ve dörtde sırasıyla tolerans çeşidini ve kesici takımın kesit şekillerini tanımlamaktadır. Takımın toleransı yüzey alanı büyüklüğüne bağlıdır. Toleranslar Şekil.3'de gösterildiği gibi, alfabetik olarak sınıflandırılır. Kesici takımın kesit şekilleri talaş kırma şekline göre Şekil.4'de gösterildiği gibi alfabetik olarak katagorize edilmiştir.

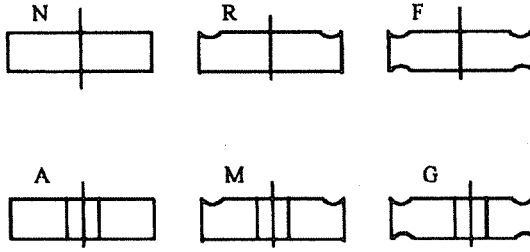


Tek ve çift köşeli kesiciler

Kesici uçlar için tolerans değerleri

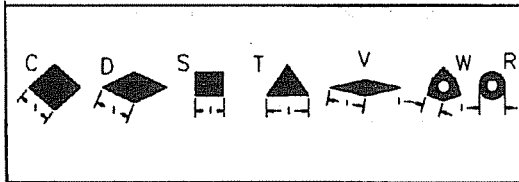
	m	s	d
A	0,005	0,025	0,025
F			0,013
C	0,013	0,025	0,025
H	0,013	0,025	0,013

Şekil 3. Kesici takımın tolerans çeşidi.



Şekil 4. Kesici takım şekli.

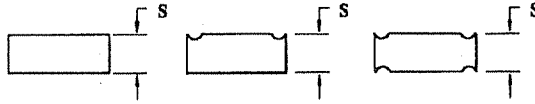
Kesici takımın kesme ucu uzunluğu beşinci kolonda tanımlanmış olup, kesme boyu seçimi tamamen talaş derinliğine bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Talaş derinliği kesme kenar uzunluğunun en fazla 2/3'ü kadar olmalıdır, (4). Kesici takımın kesme uçlarının uzunlukları Şekil.5'de şematik olarak ifade edilmiştir.



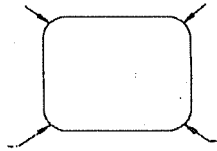
Şekil 5. Kesici takımın kesme ucu uzunluğu.

Kolon altı, yedi ve sekiz sırasıyla kesici takımın kalınlığını, uç yarı çapını ve kesme ucu şeklini tanımlamaktadır. Bu şekiller Şekil 6, 7, 8 'de şematik olarak gösterilmiştir.

Her üç parametrenin seçiminde belli bir standart olmamakla beraber uç açıları omuz işlemlerinde dikkate alınmaktadır. Kesici takımın kalınlığı üç tarafı kapalı işlemlerde iki yan yüzeyin arasındaki mesafe gözönünde bulundurularak seçilmektedir.



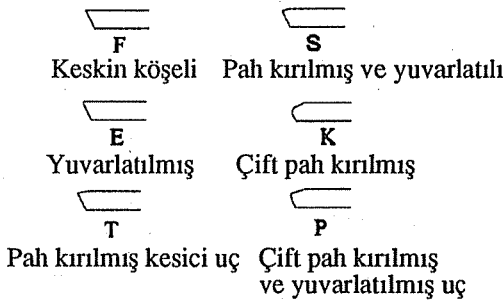
Şekil 6. Kesici takım kalınlığı.



Yarıçap 1/10 mm

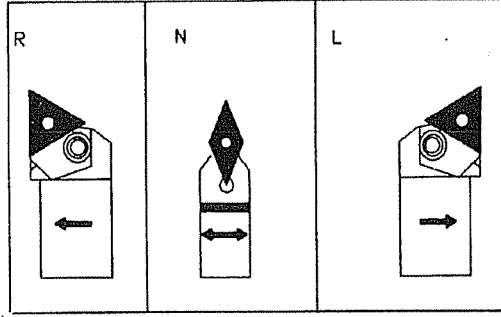
00	Keskin kesme
02	0,2 mm
04	0,4 mm
08	0,8 mm

Şekil 7. Kesici takım uç yarıçapı.



Şekil 8. Kesme uçları çeşidi.

Dokuzuncu kolonda ise, kesici takımın kesme yönü belirtilmekte olup, kesici takımın talaş kaldırdığı andaki ilerleme yönüdür. Kesme işlemi soldan sağa kesme, sağdan sola kesme ve nötr kesme olmak üzere üçe ayrılır. Söz konusu ilerleme yönleri Şekil.9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Kesme yönleri.

Onuncu ve son kolon ise üreticinin kendi özel tanımlamaları için ayrılmış bir sütündür. Bu sütünde üretici firmaların değişik amaçlı kullanımları için yaptıkları tanımlamalar bulunmaktadır.

2.2. Kanal, Delme ve Diş Açma Takımlarının Seçimi.

Kanal açma, delik delme ve diş açma takımları için henüz herhangi bir ISO standardı geliştirilmemiştir. Bu çeşit kesicilerin seçiminde kesici takım imalatçılarının hazırladığı kataloglardan faydalanılır (5). Hertel kataloğunda bulunan vida açma, kanal açma, ve delik delme kesicileri için eşdeğer standard tanımlaması Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Vida açma, kanal açma, delik delme takımları için üretici firma standardı.

Vida kesici takım kodu	Vida kesici takım kodu İmalatçı kodu Vida adımı (2.2 mm)	"1.47002-220" "1.47002" "220"
Kanal açma kesici takım kodu	Kanal kesici takım kodu İmalatçı kodu Kesici genişliği (2.2 mm) Kesme yönü İmalatçı kodu	"3.90022L006" "3.90" "022" "L" "006"
Delme kesici takım kodu	Delici takım kodu İmalatçı kodu Versiyon Matkap çapı (3 mm)	"B 201 A 03000" "B 105" "A" "03000"

3. TUTUCU TAKIM SEÇİMİ

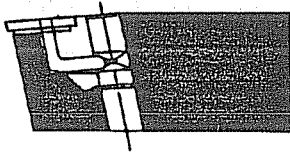
Tutucularda kesici takımlarda olduğu gibi işlem tipinin çeşidine göre sınıflandırılmaktadır. Tutucularda ISO kodu, Tablo.3'deki gibi on kolondan oluşmaktadır. İlk kolon tutucu sistemini tanımlamakta olup tutucu sisteminden kasıt,

kesici takımların tutuculara nasıl bağlandığını göstermektedir. Şekil.10'da gösterildiği gibi pinli tutucular (P tipi), pin ve üstten bastırarak tutan tutucular (M tipi), vidalı tutucular (S tipi) ve sadece üstten bastırarak tutan tutucular (C tipi) olmak üzere dört değişik tutucu sistemi vardır. Tutucuların seçiminde genel olarak işlem tipleri ve kesici takımlar dikkate alınmaktadır.

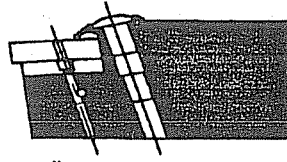
P tipi tutucular genel olarak sabit tutuculardır. Talaşın düzgün akması istenen tutucular için kullanılması tavsiye edilir. C tipi tutucular bitirme işlemlerinin yapılmasında kullanılırlar. M ve S tipi tutucular genel olarak karmaşık şekilli parçaların işlenmesinde kullanılan kesiciler için kullanılır, kanal ve omuz işlemleri örnek olarak gösterilebilir.

Tablo 3. Yüzey tormalama işlemleri için ISO tutucu kodu.

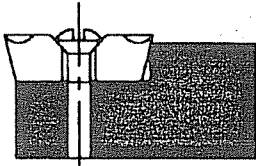
Yüzey tormalama işlemleri için ISO tutucu kodu										
Kolon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Veri	p	C	L	N	N	25	25	M	12	H1



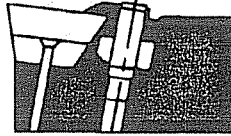
P : Pinli Tutucular



M : Üstten basmalı ve Pinli Tutucular



S : Vidalı Tutucular



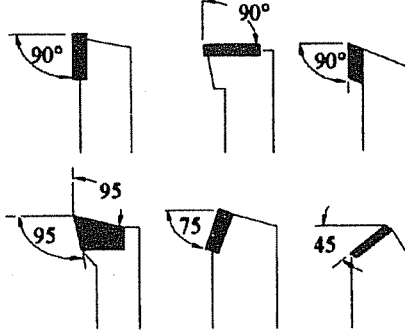
C : Üstten basmalı Tutucular

Şekil 10. Tutucu sistemleri.

İkinci, dördüncü, beşinci ve dokuzuncu kolonlar, kesici takımın şekline, boşluk açısına, versiyonuna ve kesme ucu boyuna bağlı olarak tespit edilir. Bütün bu değerler seçilen kesici takım veri tabanından alınarak kullanılır, bu değerler kesici takımı tanımlayan değerlerdir.

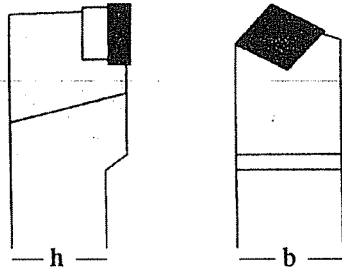
Üçüncü kolon, kesici takımın kesme yapan ucunun yatay ve düşeyle yaptığı açının tanımına ayrılmıştır. Şekil.11'de gösterildiği gibi kesici takımın kesme işlemini yapan

yüzey ile iş parçası arasındaki açıyı tanımlamaktadır. Açılarının seçiminde işlem tipi, yüzeyinin yatay veya dikeyle yaptığı açılar dikkate alınarak yapılırlar.



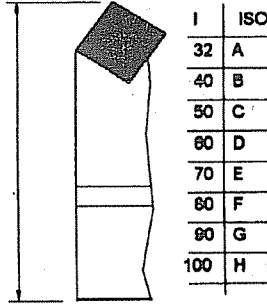
Şekil 11. Kesici takımın yatayla ve dikeyle yaptığı açıları.

Altıncı ve yedinci kolonda tutucunun yüksekliği ve genişliği tanımlanmaktadır. Bunlar Şekil.12'de gösterilmektedir. Genişlik ve yükseklik dış işlemler için işlem tiplerine bağlı olarak belirlenir, eğer işlemin üç tarafı kapalı ise her iki yan yüzeyler arasındaki mesafe göz önüne alınarak tespit edilmektedir. Yüzey işlemleri için tutucuların kesit şekli silindirik olduğundan seçim işlemi tutucu çapı dikkate alınarak yapılır.



Şekil 12. Tutucunun genişliği ve yüksekliği.

Tutucunun boyu ise sekizinci kolonda tanımlanmaktadır ve Şekil.13'de gösterilmiştir. Tutucunun boyu dış işlemlerde yine iş parçasının eksenine dik olarak yapılan talaş kaldırmada en yüksek dış çap ile en düşük dış çap arasındaki farka göre tespit edilir. İç işlemlerde ise delik boyuna göre seçilir.



Şekil 13. Tutucu boyu.

Kesici takımında olduğu gibi son kolon imalatçı firma için ayrılmıştır.

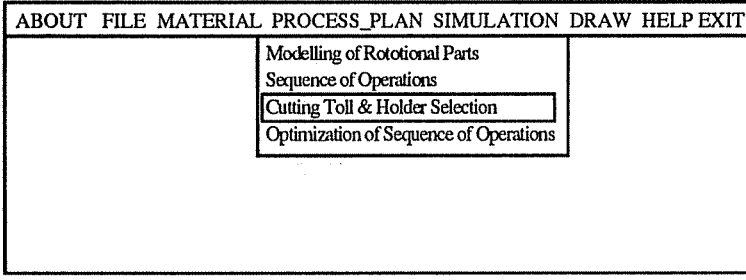
Delme işlemleri, vida açma işlemleri ve kanal açma işlemleri için henüz ISO standardı geliştirilmemiştir. Fakat kesici takımlarda olduğu gibi bu tutucular için her imalatçı firmanın özel olarak geliştirdiği kodlar kullanılmaktadır (5). Hertel firması tarafından standard dışı tutucular için geliştirilen standartlar Tablo.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Vida, kanal ve delme tutucuları için Üretici firma tarafından geliştirilen standard.

Vida kesici takım tutucu kodu	Vida kesici takım tutucu kodu İmalatçı kodu tutucunun genişliği veya çapı Kesme yönü İmalatçı kodu	"1.37120 R 200" "1.371" "20" "R" "200"
Kanal açma kesici takım tutucu kodu	Kanal kesici takım tutucu kodu İmalatçı kodu tutucunun genişliği kesme yönü kesici genişliği (2.2 mm)	"3.8610 R 022" "3.861" "10" "R" "022"
Delme kesici takım tutucu kodu	Delme kesici takım tutucu kodu İmalatçı kodu Versiyon Delici çapı (3 mm)	"B 105 A 0300" "B 105" "A" "0300"

4. BİLGİSAYAR PROGRAMI VE ÇALIŞTIRILMASI

Geliştirilen Bilgisayar programı OPPS-ROT'un (3) bir parçası olarak çalışmaktadır. Program Şekil.14'de verilen editörden kesici takım ve tutucu seçimi (Cutting Tool and Holder Selection) seçeneği seçilerek çalıştırılır.



Şekil 14. OPSS-ROT'un editörü.

Kesici ve tutucu takım seçim programı OPSS-ROT'un işlem sırası modülünün hazırlanmış olduğu işlem sırası veri tabanını ve imalatçı kataloğundan hazırlanan kesici takım ve tutucu veri tabanları kullanılarak seçme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Kesici takım ve tutucu seçimi "IF < > THEN < >" yapısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İmalatçı kataloglarında aynı tip tornalama işlemi için birden fazla kesici takım mevcuttur.

Kesici takım seçimi yapılırken işlemin geometrik yapısına, talaş derinliğine, işlemin tipine ve işlemin yönüne göre muhtemel alternatifler arasından en uygun olanı seçilmektedir.

Tutucu seçiminde kesici takım seçimine ilave olarak tutucunun boyu, eni, genişliği veya çapı dikkate alınmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışma ile CAD/CAM integrasyonunda önemli bir yer tutan CAPP (Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması) sistemlerinin gerçekleştirilebilmesinde kilit rol oynayan kesici ve tutucu takım seçimi, hiç bir şekilde kullanıcı müdahalesi olmadan gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kullanıcı etkileşimsiz olması CAPP sistemlerini de önemli ölçüde verimli hale getirmiştir. Bu çalışmanın diğer önemli bir özelliği de, birlikte çalışabileceği OPSS-ROT gibi bir CAPP sisteminin olmasıdır.

6. KAYNAKLAR

1. Moropoulos,S.P., *Automatic Tool Selection for Finishing Operation,Proc. Instn. Mech. Engrs., Vol. 204B. pp. 43-51, 1990.*
2. Moropoulos,S.P. and Hinduja,S., *Automatic Tool selection for Rough Turning, Int. J. Prod. Res.,Vo. 29, No. 6, pp. 1185-1204, 1990.*
3. Kayacan,M.C., *Computer Aided Process Planning System for Rotational Parts,Ph.D.Thesis, In Mechanical Engineering University of Gaziantep (Doktora tezi), 1995.*
4. Arsecularathne,J.A., Hinduja,S., Barrow,G., *Optimum Cutting Condition for Turning Components, Proc. Instn. Engrs. Vol. 26 pp. 15-30, 1992.*
5. Hertel-Cutting Tool System Turning (Katalog).

**COMPUTER AIDED AGGREGATE SCHEDULING OF MACHINING AND
ASSEMBLY SYSTEMS BY USING DIRECTED GRAPHS****A. İhsan SÖNMEZ and Adil BAYKASOĞLU***Gaziantep Üniv. Makina Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye*

ABSTRACT : *In this paper aggregate scheduling of machining and assembly systems by using directed graphs is considered. For solving the problem a computer program is developed and the working of the program is shown by a worked example.*

**BİLGİSAYAR YARDIMI İLE İMALAT VE MONTAJ SİSTEMLERİNDE
KÜME ÇİZELGELEMESİNİN YÖNLENDİRİLMİŞ GRAFİKLERLE ÇÖZÜMÜ**

ÖZET : *Bu makalede imalat ve montaj sistemlerinde küme çizelgelemesinin yönlendirilmiş grafiklerle çözümü anlatılmıştır. Problemin çözümü için bir bilgisayar programı geliştirilmiş ve örnek bir uygulama problemi ile program ve yöntem gösterilmiştir.*

1. INTRODUCTION

One of the most difficult problems arising in Manufacturing systems is the scheduling problem. Scheduling may refer to the following subsystems: Machining and Assembly.

The scheduling problems can be divided into two main categories namely; First level scheduling problems (Aggregate scheduling) and second level scheduling problems (Disaggregate scheduling). In the first level, the manufacturing of products which are composed of parts are scheduled without considering operations on parts and the sequences of these operations. After obtaining the first level scheduling the second level scheduling is established by considering the operations on each part and the sequences of these operations.

Although there are many researches and publications on second level scheduling (1,2) there is a limited number of studies on the first level scheduling. Kusiak (3) made a study on aggregate scheduling of machining and assembly system, and advised to use directed graphs for aggregate scheduling.

In this study, a manufacturing system that consists of machining and assembly subsystems is considered and the application of directed graphs for solving aggregate scheduling problems is shown by a worked example. A computer program is also developed for practical applications. In the application, N-batch scheduling problem is considered. N-batch scheduling problem can be decomposed into N-single batch scheduling problem (see Figure 1). The N-single batch scheduling problem can be solved by repeating single product scheduling problem n times, where n is the number of products in a batch. As a result, The N-batch scheduling problems can be solved systematically by applying the solution methodologies of the problems mentioned. The solution methodologies of these problems are given in Appendix A (3).





Problem Name	Pattern
Single Product Scheduling Problem	
N-product Scheduling Problem	 n distinct product
Single-batch Scheduling Problem	 n identical product
N-batch Scheduling Problem	 n batches of product

Figure 1. Graphical Illustration of Scheduling Problems

2. DEFINITIONS AND THEOREMS

Following definitions and theorems are given for better understanding of the aggregate scheduling problems.

2.1 Definitions

Digraph: It is a schematic representation of a product. In this graph, the precedences among machining and assembly operations can be viewed. An example of digraph is in Figure 2, where; Nodes P1, P2, P3: show parts of the product, Node A1: shows subassembly and Node A2: shows final assembly, arrows show operations.

Degree of a node: It is the number of edges (rows) incident to a node. If it is equal to one then the node denotes a part otherwise the node denotes an assembly or a subassembly.

Labeling of nodes: In the digraph, each node is labeled (a,b,c), where a is machining time, b is the subassembly time, c is the level of depth of node. The level of depth is assigned as follows; Zero (0) is assigned the root node (which is the node showing final assembly) and working backward from the root node to the initial nodes, values of increment one (1) are assigned. See the example below.

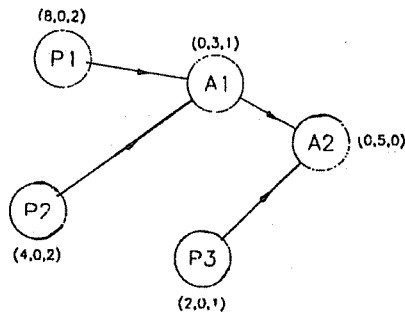


Figure 2. A Digraph with Labeled Nodes

Simple and Complex Digraphs: A simple digraph is a digraph in which each node of a degree greater than one has at most one preceding node of degree greater than one. Consequently, a complex digraph is referred to a digraph that is not a simple digraph.

Based on this definition, it is obvious that any complex digraph can be decomposed into simple subdigraphs by removing a number of nodes corresponding to the final assembly or subassemblies.

In-Process Idle Time, and Terminal Time: In-process idle time is the summation of idle time of assembly system while machining system is working. Terminal time is the summation of idle time of machining system while assembly system is working. Figure 3 shows machining system and assembly system on a gantt chart with in-process idle time and terminal time.

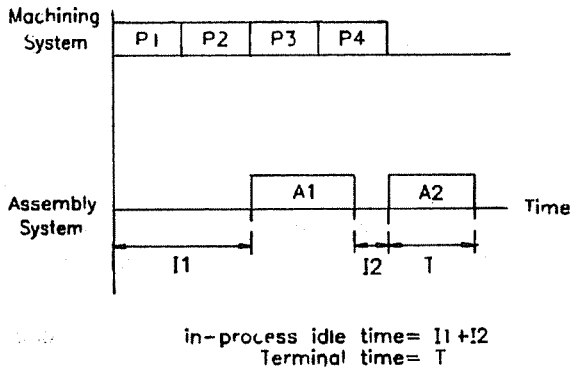


Figure 3. Gantt Chart of Machining and Assembly Systems

2.2 Theorems

Theorem 1 (MLDF rule: Maximum Level of Depth First)

Scheduling nodes (parts or subassemblies) of a simple digraph G_s with maximum level of depth first (MLDF) provides the minimum makespan schedule.

Theorem 2 (LITL rule: Longest in-process Idle Time Last, and LTTF rule: Longest Terminal Time First)

Consider a subassembly of final product C represented by a complex digraph G and decompose it into subdigraphs g_1, g_2, \dots, g_t by removing the root node v_0 of G . Let $S(g_i)$ be the minimum makespan partial schedule associated with $g_i, i=1,2,\dots,t$. If parts and subassemblies corresponding to g_i and g_j, i not equal to j , are preempted, then the minimum makespan schedule of product C is as follows:

$$S(C) = \min(S_1(G) - S_2(G), v_0)$$

$$\text{where; } S_1(G) = [S(g_{[1]}), S(g_{[2]}), \dots, S(g_{[k]})], \text{ for } I_{[i]} \leq T_{[i]}$$

$i=1, \dots, k$ is a schedule obtained using the longest in-process idle time last (LITL) rule.

$$S_2(G) = [S(g_{[k+1]}), S(g_{[k+2]}), \dots, S(g_{[t]})], \text{ for } I_{[i]} > T_{[i]}$$

$i=k+1, k+2, \dots, t$, is a schedule obtained using the longest terminal time first (LTTF) rule.

3. COMPUTER PROGRAM AND A WORKED EXAMPLE

For solving the aggregate scheduling problem a computer program is developed by using the BASIC programming language. In the program, directed graphs are inputted as matrices (see Table 1. and Table 3.) and algorithms given in Appendix A are used for the solution of the problem. The working of the program is shown with an example given below.

In the figures and tables below the drawings, digraphs, matrices, batch sizes, machining and assembly times of two products are given. It is required to find aggregate schedule for this batch.

Product-1: Batch size (n) = 3

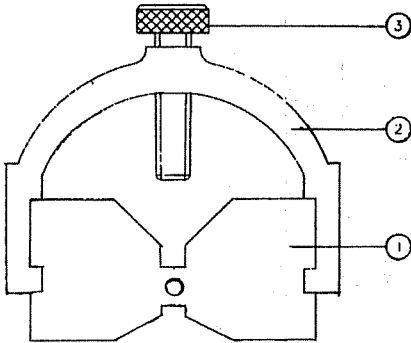


Figure 4. Drawing of Product-1.

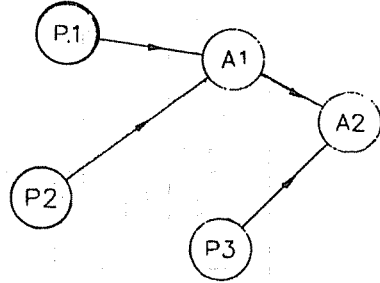


Figure 5. Digraph of Product-1.

Table 1. A Matrix Representation of Digraph of Product-1 for Computer Input ("1" Represents that There is an Operation)

From \ To ⇒	P1	P2	P3	A1	A2
↓				1	
P1				1	
P2				1	
P3					1
A1					1
A2					

Table 2. Machining and Assembly Times of Product-1

Part Number	1	2	3
Machining Time (min)	13.28	34.56	4.1
Subassembly Number	1	2	
Subassembly Time (min)	0.1	0.5	

Product 2: Batch size (n) = 2

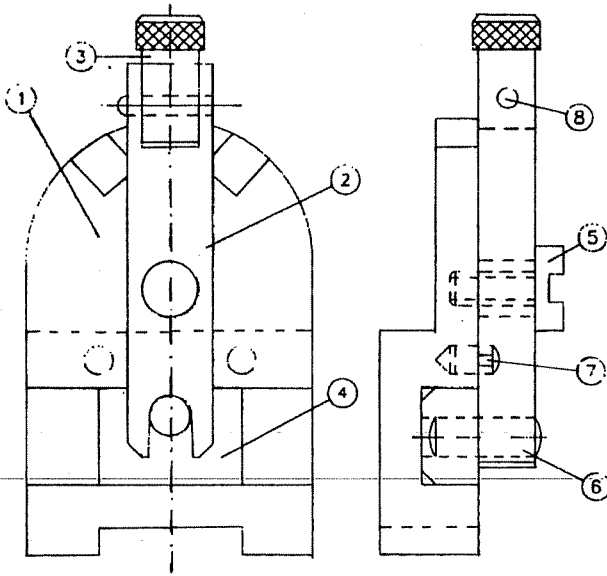


Figure 6. Drawing of Product-2.

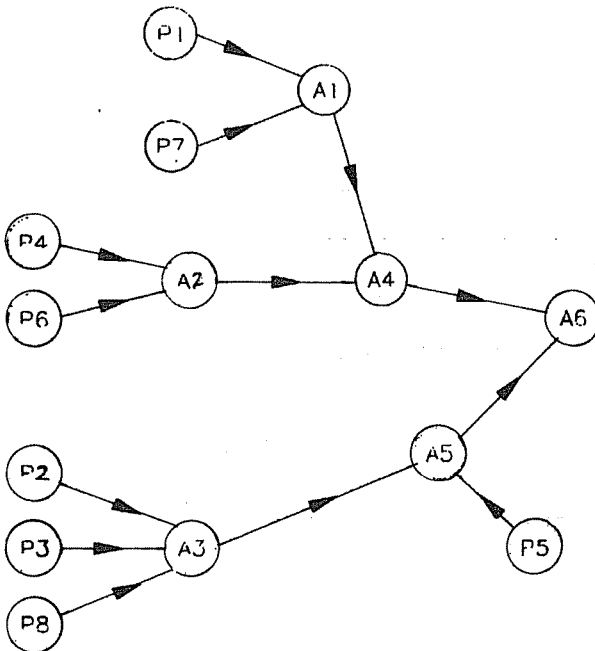


Figure 7. Digraph of Product-2.

Table 3. A Matrix Representation of Digraph of Product-2 for Computer Input

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	A1	A2	A3	A4	A5	A6
P1									1					
P2											1			
P3											1			
P4										1				
P5													1	
P6										1				
P7									1					
P8											1			
A1												1		
A2												1		
A3													1	
A4														1
A5														1
A6														

Table 4. Machining and Assembly Times of Product-2

Part Number	1	2	3	4	5	6	7	8
Machining Time (min)	44.28	20.04	17.16	10.26	16.08	4.28	4.32	4.55
Subassembly Number	1	2	3	4	5	6		
Subassembly Time (min)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5		

It is clear that the problem is an N-batch scheduling problem with two batches. In the first batch there are 3 identical products and in the second batch there are 2 identical products.

As stated in algorithm-4, apply algorithm-1 to each product in each batch.

Application of algorithm-1 to product-1 in first batch

Step1 → Digraph of product-1 is shown in Figure 5 and its machining and assembly times are given in Table 2. As seen from digraph, it is a simple digraph, so MLDF rule will give the optimal schedule for this product;

$$S(1)=[(P1^*,P2^*,A1^*),P3^*,A2^*]$$

(*) denotes the products and assemblies in first batch.

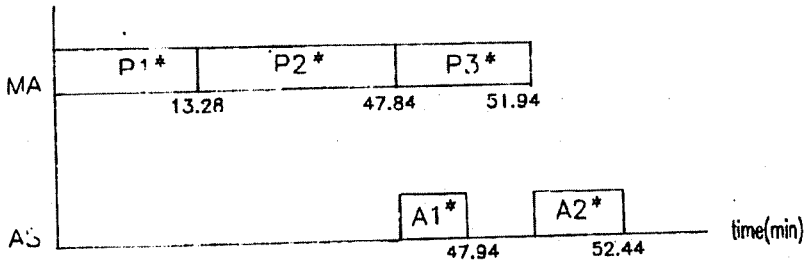


Figure 8. Gantt Chart for Product-1

$$I_{p1} = 47.84 + 4 = 51.84 \text{ min}$$

$$T_{p1} = 0.5 \text{ min}$$

Application of algorithm-1 to product-2 in second batch

Step1 → Digraph of product-2 is shown in Figure 7, and its machining and assembly times are given in Table 4. As shown from digraph, it is not a simple digraph, go to step-2.

Step2 → Remove the root node v_0 and node v_1 , so that the simple subdigraphs g_{11} , g_{21} , g_{10} are obtained (see Figure 9.).

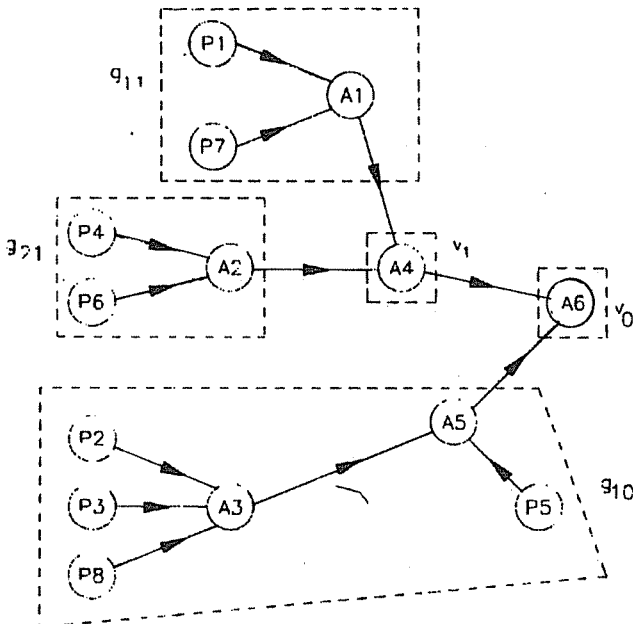


Figure 9. The Decomposed Digraph G of Product-2.

Step3 → Use MLDF rule to generate the partial schedules for subdigraphs g_{11} , g_{21} associated with v_1 . (The Gantt charts for each subdigraph are shown in Figure 10.)

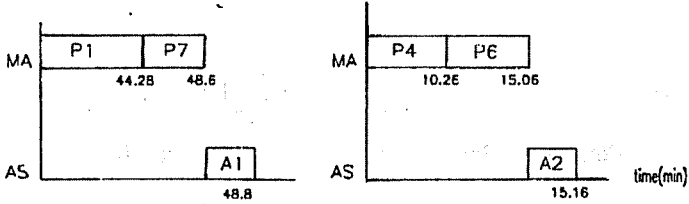


Figure 10. Gantt Charts for Partial Schedules g_{11} and g_{21} .

Step4 → For subdigraphs g_{11} and g_{21} , the in-process idle times and terminal times are;

$$I_{11} = 48.6 \quad T_{11} = 0.2$$

$$I_{21} = 15.06 \quad T_{21} = 0.1$$

Step5 → $I_{11} > T_{11}$, $I_{21} > T_{21}$

Subdigraphs g_{11} , g_{21} are placed in list-2, list-1 is empty.

Step6 → Use LITL rule for first list;

$S1(g1) = [\text{empty}]$, then use LTTF rule for second list;

$S2(g1) = [(P1, P7, A1), (P4, P6, A2)]$

Then the partial schedule associated with v_1 is;

$S(g1) = [S1(g1), S2(g1), v1] = [(P1, P7, A1), (P4, P6, A2), A4]$

The gantt chart of this partial schedule is shown in Figure 11.

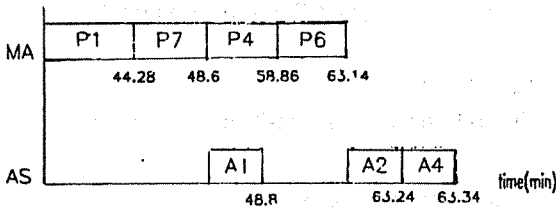


Figure 11. Gantt Chart for Partial Schedule g_1 .

Step7 → Since v_1 is not equal to v_0 , go to step-8.

Step8 → For partial schedule $S(g1)$;

$$I_1 = 62.94, \quad T_1 = 0.2$$

Root v_1 is scheduled. Consider root node v_0 , go to step-3.

Use MLDF rule to generate partial schedules for subdigraph g_{10} (The gantt chart for g_{10} is shown in Figure 12.)

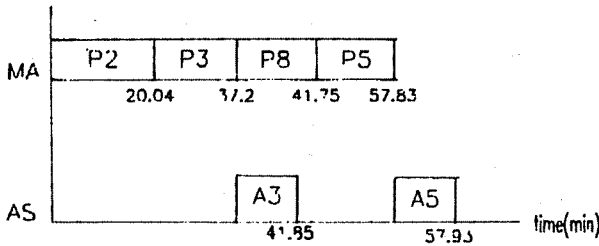


Figure 12. Gantt Chart for Partial Schedule g10.

$$I_0=57.73, \quad T_0=0.1$$

$$I_1>T_1, \quad I_0>T_0$$

So, g1 and g0 placed on list-2, list-1 is empty. Then the minimum makespan schedule for the product-2 is;

$$S(2)=\{ [(P1,P7,A1),(P4,P6,A2),A4],[(P2,P3,P8,A3),P5,A5],A6 \}$$

The gantt chart of the minimum makespan schedule for product-2 is shown in Figure 13.

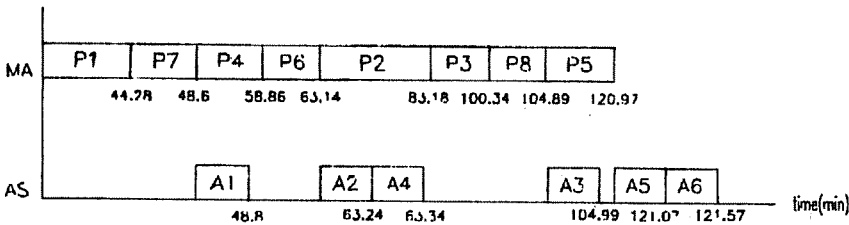


Figure 13. Gantt Chart for Product-2

$$I_{p2}=120.47 \text{ min} , \quad T_{p2}=0.6 \text{ min}$$

As explained in algorithm-4 , now algorithm-2 can be applied;

$$I_{p1}=51.84 \quad T_{p1}=0.5 \quad I_{p2}=120.47 \quad T_{p2}=0.6$$

$$I_{p1}>T_{p1} , \quad I_{p2}>T_{p2}$$

So, list-1 is empty, list-2 includes product-1 and product-2, by using LTTTF rule for list-2 following schedule is obtained.

$$S(NC)=[S(2),S(1)]$$

Now by repeating ni times each schedule S(C) in S(NC), where ni is a batch size of product Ci as explained in algorithm-3 and 4, final schedule can be obtained ;

$S(NB) = [S(2), S(2), S(1), S(1), S(1)]$
 $S(NB) = \{ ((P1, P7, A1), (P4, P6, A2), A4), [(P2, P3, P8, A3), P5, A5], A6),$
 $((P1, P7, A1), (P4, P6, A2), A4), [(P2, P3, P8, A3), P5, A5], A6),$
 $([(P1^*, P2^*, A1^*), P3^*, A2^*]),$
 $([(P1^*, P2^*, A1^*), P3^*, A2^*]),$
 $([(P1^*, P2^*, A1^*), P3^*, A2^*]) \}$

4. CONCLUSIONS

In this paper aggregate scheduling of a production system which is composed of machining and assembly subsystems is considered. The application of directed graphs to aggregate scheduling is shown by a fully completed example. It is proven that directed graphs can be effectively used in the solution of aggregate scheduling problems as advised by Kusiak (3). In the application, a computer program is developed and tested by using an actual example.

APPENDIX A

Algorithm-1 : Single Product Scheduling

- Step 1:** Label all nodes of the digraph G representing the structure of the product considered. If G is a simple digraph, then use the MLDF rule to generate optimal schedule of product C , stop; otherwise, go to step 2.
- Step 2:** Remove root node v_0 from G and decompose it into subdigraphs $g_l, l=1, \dots, L$. If all g_l are simple digraphs, set $k=0$, and go to step 3; otherwise, decompose each g_l that is not a digraph into a simple digraph by removing its root node. Let v_j denote a root node that has been removed, $j=1, \dots, J$. Set $k=J$ and go to step 3.
- Step 3:** Let g_{ik} denotes the simple subdigraphs associated with v_k . Use the MLDF rule to generate the minimum makespan partial schedule $S(g_{ik})$ for each subdigraph $g_{ik}, i=1, \dots, N_k$ where N_k is the number of subdigraphs obtained after v_k has been removed
- Step 4:** For each partial schedule $S(g_{ik})$ obtained in step 3, determine (a) In-process idle time I_{ik} and (b) Terminal time $T_{ik}, i=1, \dots, N_k$.
- Step 5:** Separate the $S(g_{ik})$ into two lists:
 List 1: Schedules $S(g_{ik})$ such that $I_{ik} \leq T_{ik}$
 List 2: Schedules $S(g_{ik})$ such that $I_{ik} > T_{ik}, i=1, \dots, N_k$
- Step 6:** Use the LITL rule to generate:
 $S_1(g_k) = [S(g_{[1]k}), S(g_{[2]k}), \dots, S(g_{[r]k})],$ for $S(g_{ik})$
 in list 1, $i=1, \dots, r$
 Use LTF rule to generate:
 $S_2(g_k) = [S(g_{[r+1]k}), S(g_{[r+2]k}), \dots, S(g_{[1]k})],$ for $S(g_{ik})$

in list 2, $i=r+1, \dots, t$; $t=Nk$

Then generate the partial schedule:

$$S(g_k) = [S_1(g_{[k]}), S_2(g_{[k]}), v_k]$$

Step 7: If $v_k = v_0$ then $S(C) = S(g_0)$ is the optimal schedule, stop; otherwise, go to step 8.

Step 8: Consider $S(g_k)$ as a simple subdigraph schedule and calculate I_k and T_k . Set $k=k-1$; go to step 3.

Algorithm-2 : N-Product Scheduling

Step 1: Using algorithm 1 to determine the optimal schedule $S(C_i)$ for each product C_i , $i=1, \dots, N$.

Step 2: Separate all $S(C_i)$ into the following two lists:

List 1: Including $S(C_i)$, such that $I_{ik} \leq T_{ik}$

List 2: Including $S(C_i)$, such that $I_{ik} > T_{ik}$, $i=k+1, \dots, N$

Step 3: For the schedules in the list 1, develop the LITL schedule:

$$S_1(NC) = (S(C_{[1]}), (S(C_{[2]}), \dots, S(C_{[k]}));$$

For the schedules in the list 2, develop LTTF schedule :

$$S_2(NC) = (S(C_{[k+1]}), (S(C_{[k+2]}), \dots, S(C_{[N]}));$$

Step 4: Generate final schedule $S(NC) = (S_1(NC), S_2(NC))$.

Algorithm-3 : Single-Batch Scheduling

Step 1: Using algorithm 1 determine the schedule $S(C)$ for the single product scheduling problem.

Step 2: Determine the schedule $S(B)$ for the single-batch scheduling problem by repeating n times the schedule $S(C)$.

Algorithm-4 : N-Batch Scheduling

Step 1: Using algorithm 2 determine the schedule $S(NC)$ for the N-product scheduling problem.

Step 2: Determine the schedule $S(NB)$ for the N-Batch scheduling problem by repeating n_i times each schedule $S(C)$ in $S(NC)$, where n_i is a batch size of product C_i .

5. REFERENCES

1. Baker, K.R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley, New York, 1974.
2. Kusiak, A., *Modelling and Solving the Flexible Forging Module Scheduling Problem*, *Engineering Optimization*, 12, 1-12, 1987.
3. Kusiak, A., *Aggregate Scheduling of a Flexible Machining and Assembly System*, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 5, 451-459, 1989.

THE EFFECT OF MANIPULATOR DYNAMICS ON FORCE CONTROL PARAMETERS

İbrahim UZMAY and Hürvet SARIKAYA

Erciyes Univ., Eng. Fac., Dept. of Mech. Eng., Kayseri/Türkiye

ABSTRACT : *The goal of this study is to determine the effect of manipulator kinematics on force control parameters. For this purpose, a single-mass system and two link manipulator have been chosen as the model systems. The partitioned servo control methodology which consists of the model-based and servo parts has been applied to the models.*

Available values of the position and velocity gains are first found out using the second-order equation in terms of the force error function. Besides, it has been studied that how the relative value of position gain with respect to the stiffness of environment can affect the force error. Taking the dynamic model into account for two-link manipulator, the appropriate control gains have been studied by the implementation of the above control concept. Consequently, it is established that some kinematic and dynamic parameters have a certain influence on the force control of the manipulator.

MANİPÜLATÖR DİNAMİĞİNİN KUVVET KONTROL PARAMETRELERİNE ETKİSİ

ÖZET : *Bu çalışmanın amacı, manipülatör kinematik ve dinamiğinin kuvvet kontrol parametrelerine etkilerini araştırmaktır. Bu amaçla, tek kütleli bir sistem ve iki uzuvlu manipülatör model sistem olarak seçilmiştir. Model esaslı ve servo kısımlardan meydana gelen bölünmüş servo kontrol kuralı modellere uygulanmıştır. İlk olarak, konum ve hız kazançlarının uygulanabilir değerleri ile kuvvet hata fonksiyonunun ikinci dereceden denklemi belirlenmiştir. Ayrıca konum kontrol kazancının ortam rijitliğine göre bağlı değerinin kuvvet hatasını nasıl etkileyeceği araştırıldı. İki uzuvlu manipülatörün dinamik modeli esas alınarak yukardaki kontrol kuralının kullanılmasıyla uygun kontrol kazançları araştırılmıştır. Sonuç olarak bazı kinematik ve dinamik parametrelerin manipülatörün kuvvet kontrolünde belirgin bir etkisi olduğu belirlenmiştir.*

1. INTRODUCTION

The success of a robotic manipulation depends on the selection of the effective control system for a manipulator. Force control can not generally be thought as distinct from position control. Hybrid position/force control technique has been implemented on a model used for simulation of hybrid control task (1). It is shown that a coordinate transformation will affect the dynamics of the control system, and that its behaviour may be unstable. Consequently, kinematic stability in force control of manipulator is also considered (2). Interaction between the robot and the environment makes the force control of the manipulator dynamically unstable (3). The effects of robot and workpiece dynamics on stability of force-controlled systems have been investigated by implementation of a series of Damped-parameter models (4). Moreover, optimal control gains in the design of digitally controlled robots have been tried to obtain (5). For cutting processes, the force control, called active end-effector control, is accomplished by performing position corrections normal to the part edge. Thus, it can be improved robot precision in deburring (6).

Controlling the force that the end-effector applied to the object being grasped or its environment is one of the basic control activities in robotics. In this study, to determine the parameters having an effect on the force control in robot manipulators, the partitioned servo control methodology which consists of the model-based and servo portions has been employed for a single mass system and a two-link manipulator. The difference between the applied force and the desired force, which may happen due to several disturbances, is referred to as the force error. In the present study, optimum values of some control parameters for the above mentioned control process have been so studied as to minimize the force error.

2. FORCE CONTROL CONCEPT FOR A SYSTEM OF SINGLE MASS

Appropriate control parameters are investigated by applying the partitioned control law composed of a model-based portion and a servo portion to the single mass system as shown in Fig.1.(7).

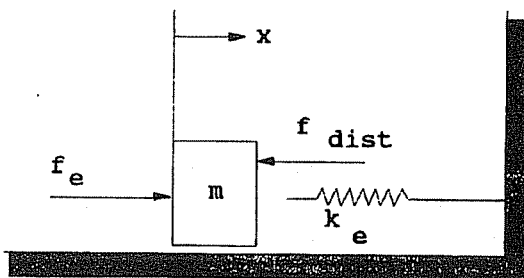


Fig. 1. Model of single mass (7).

In this model, the robot manipulator is simulated as a system with single mass, and the spring constant k_e denotes the stiffness of object or environment with which the end effector is get in touch. The force applied to the environment by the end effector, which have to be controlled, f_e can be defined as follows:

$$f_e = k_e x \quad (1)$$

The stiffness of environment is generally taken a higher value in consistent with the practical purposes. Total force which also have to compensate various disturbances f_{dist} may be given according to the model shown in Fig.1 as:

$$f_e = m\ddot{x} + k_e x + f_{dist} \quad (2)$$

Taking into account the partitioned control concept, the equation of force can be obtained in the following form.

$$f_e = m(k_{pf}k_e^{-1}e_f - k_{vf}\dot{x}) + f_d \quad (3)$$

where $e_f = f_d - f_e$ is the force error between the desired force f_d and the force acting on the environment f_e , k_{vf} and k_{pf} are the velocity and position gains for the force control system, respectively (7). The function of the force error is also defined as a second-order equation depending on the constants of k_{vf} and k_{pf} ,

$$\ddot{e}_f + k_{vf}\dot{e}_f + k_{pf}e_f = 0 \quad (4)$$

If the disturbance force f_{dist} , generally unknown, is left out of the control law, making some essential arrangements, the force applied to the environment can be expressed as:

$$f_e = \frac{m\frac{k_{pf}}{k_e}f_d - mk_{vf}\dot{x} - mx + f_d}{1 + m\frac{k_{pf}}{k_e}} \quad (5)$$

As a result of Eq.4 and Eq.5, for an appropriate value of k_{vf} , the relative values of position gains, k_{pf}/k_e , making the force error minimum, are worked out. Here, the stiffness of the environment k_e is assumed to be quite high corresponding with its practical value.

3. FORCE CONTROL FOR TWO-LINK MANIPULATOR

For a kind of motion defined by its initial and final position as shown in Fig.2, the parameters of the force control have been studied applying the partitioned control concept rule to a planar manipulator with two links.

Assuming the joint variables to be cubic polynomials, the angular velocities and

accelerations can be found with respect to the initial and final positions of the manipulator's links.

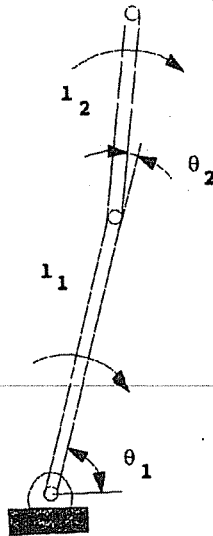


Fig. 2. The initial and final position of the two-link manipulator.

Dynamic equation of a manipulator which is one of the basic factors in force control is defined by

$$\tau = M(\theta)\ddot{\theta} + V(\theta, \dot{\theta}) + G(\theta) \tag{6}$$

where $M(\theta)$ is the $n \times n$ mass matrix of the manipulator, $V(\theta, \dot{\theta})$ is an $n \times 1$ vector of centrifugal and coriolis terms, $G(\theta)$ is an $n \times 1$ vector of gravity terms, $\ddot{\theta}$ is an $n \times 1$ vector of angular acceleration terms and τ is the torque matrix (7, 8).

The joint torques of the model manipulator with two degree of freedom can also be written as:

$$\tau_1 = m_2 I_2^2 (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 I_1 I_2 C_2 (2\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + (m_1 + m_2) I_1^2 \ddot{\theta}_1 - m_2 I_1 I_2 S_2^2 \dot{\theta}_2^2 - 2m_2 I_1 I_2 S_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 + m_2 I_2 g C_{12} + (m_1 + m_2) I_1 g C_1 \tag{7}$$

$$\tau_2 = m_2 I_1 I_2 C_2 \ddot{\theta}_1 + m_2 I_1 I_2 S_2 \dot{\theta}_1^2 + m_2 I_2 g C_{12} + m_2 I_2^2 (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) \tag{8}$$

The force acting on the end-effector is generated by these joint torques. In order to obtain an expression for the actual force, using the partitioned control law, the following equation is found by combining Eq.3 and Eq.6:

$$f_e = J^{-T} \tau_e = \left(\frac{k_{pf}}{k_e} e_f - k_{vf} \dot{x} \right) M_x(\theta) + f_d + V_x(\theta, \dot{\theta}) + G_x(\theta) \tag{9}$$

where $M_x(\theta)$, $V_x(\theta, \dot{\theta})$ and $G_x(\theta)$ are defined for cartesian space in which the end-effector moves, and J^{-T} is the inverse transpose jacobian used to convert the torque to the force, τ_e is $n \times 1$ vector of the effective torque acting at the wrist.

A corresponding block diagram developed according to Eq.9, as shown in Fig.3, is a force control system of a manipulator, which consists of the model-based portion and the servo portion.

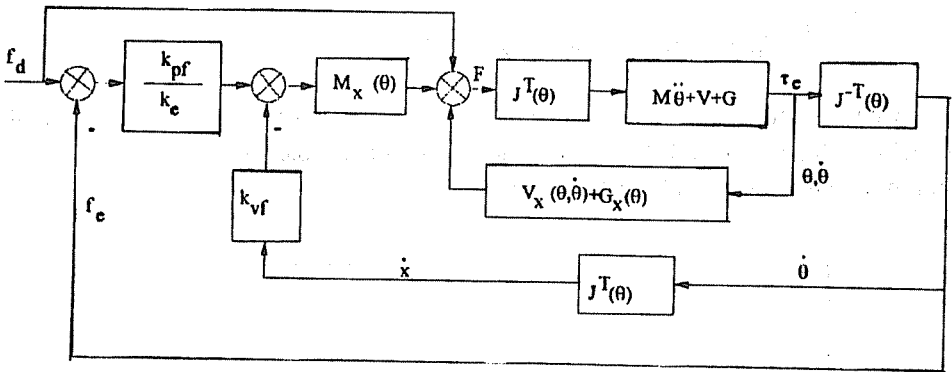


Fig. 3. A force control system for the two-link manipulator.

From Eq.9, an expression for the function of the force error can be obtained as follows:

$$e_f = \left(\frac{k_{pf}}{k_e} \right)^{-T} \left[M_x^{-1}(q) \left(J^{-T} t_e - f_d - V_x(q, \dot{q}) - G_x(q) \right) + k_{vf} \dot{x} \right] \tag{10}$$

As a result, if the force error for each joint is written in terms of the model parameters, the following expressions can be obtained.

4. DISCUSSION

4.1 Force control parameters for a single-mass system

In the force control process of a single mass system, appropriate values of the velocity control gain (k_{vf}) and the position control gain (k_{pf}) have been investigated by means of

$$e_{f1} = \frac{k_{e1}}{k_{pf1}} \left\{ \frac{1}{m_2} + \frac{m_1}{S_2^2} \left[\begin{aligned} & \frac{\tau_1}{l_1 S_2} - \frac{I_1 C_2 + I_2}{l_1 l_2 S_2} \tau_2 - f_{d1} + \\ & (m_2 l_1 C_2 + m_2 l_2) \dot{\theta}_1^2 + m_2 I_{2\dot{\theta}_2} + \\ & \left(2m_2 l_2 + m_2 l_2 C_2 + m_1 l_1 \frac{C_2}{S_2^2} \right) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 - m_1 g \frac{C_1}{S_2} - m_2 g S_{12} \\ & k_{vf1} l_1 S_{2\dot{\theta}_1} \end{aligned} \right] \right\} + \quad (11)$$

$$e_{f2} = \frac{k_{e2}}{k_{pf2}} \left(\frac{\tau_2}{m_2 l_2} - \frac{f_{d2}}{m_2} - l_2 S_2 \dot{\theta}_1^2 + l_1 S_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 - \right. \\ \left. g C_{12} + k_{vf2} \dot{\theta}_1 (l_1 C_2 + l_2) + k_{vf2} l_2 \dot{\theta}_2 \right) \quad (12)$$

Eq.4. Consequently, for a certain value of the position gain (k_{pf}), such lower values of the velocity (k_{vf}) gain as 1, have been determined as available values making the force error minimum. These results can be seen in Fig.4.

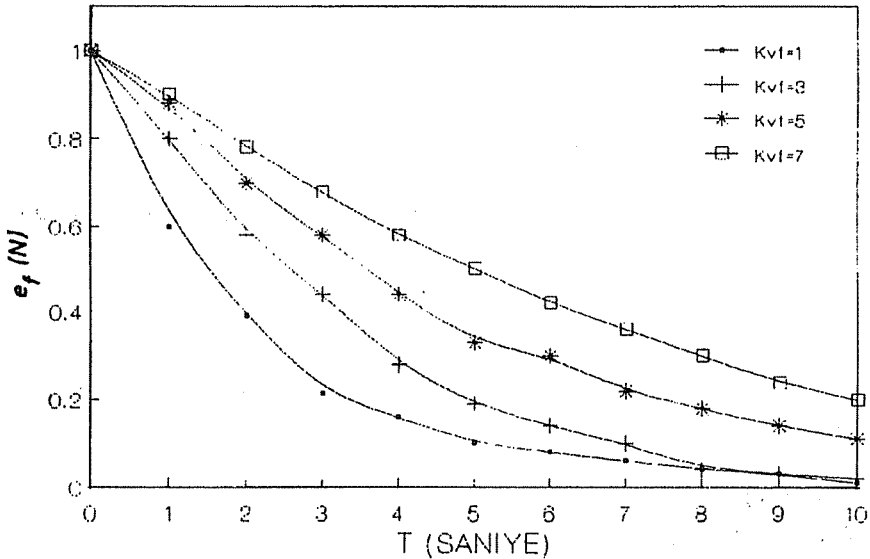


Fig. 4. Force error with respect to the different velocity gains.

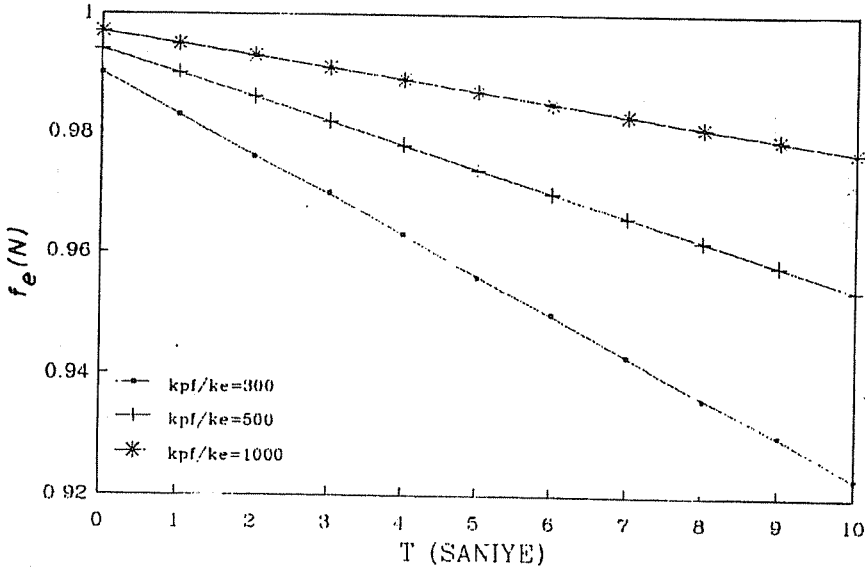


Fig. 5. Variation of the force error for the different relative position control gains.

Assuming the desired force to be 1, $f_d=1$, the effect of the relative value of the position gain with respect to the stiffness of the environment (k_{pf} / k_e) on the force error has been studied by using Eq.5, and the relevant results have been given in Fig.5. As shown in Fig.5, the force error decreases with the increasing relative values of the position gain.

4.2. Force control factors of two-link manipulator

As stated in the previous sections, the joint torques are the most important factors in determining the force to be controlled. For this aim, the variations of the joint torques defined by Eq.8 have been given in Fig.6.

Such kinematic parameters of links as angular velocity and acceleration have a considerable effect on the joint torques. Those of the first link have more importance than the other ones. Especially, the forces exerted on the second link due to the normal acceleration and Coriolis terms bring about a moment effect having the same sense as the direction of the motion for the first link. Therefore the value of the drive torque for the first joint decreases relatively. As shown in Fig.6, with the exception of the beginning of the motion, it is a natural result that these moments have opposite senses to each other. Because, the drive torque of any link serves as a counter moment for the other link.

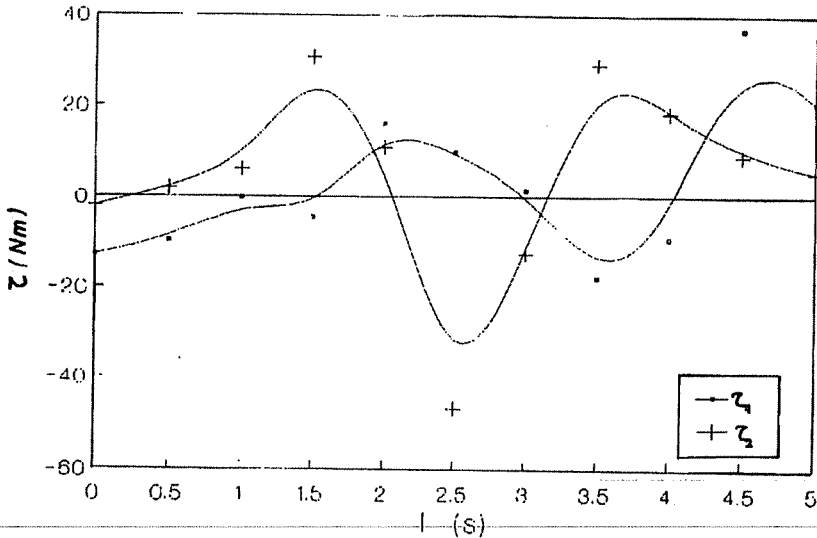


Fig. 6. Joint torques.

For a planar manipulator with two degree of freedom, variation of the equivalent force applied by the end-effector, which is generated by the drive torques acting at each joint, has been investigated. Therefore the various characters of the force errors for the first and second joint with respect to the different values of the relative position gain (k_{pf} / k_e), which are obtained by taking the desired force to be 1, have been outlined in Fig.7 and Fig.8, respectively.

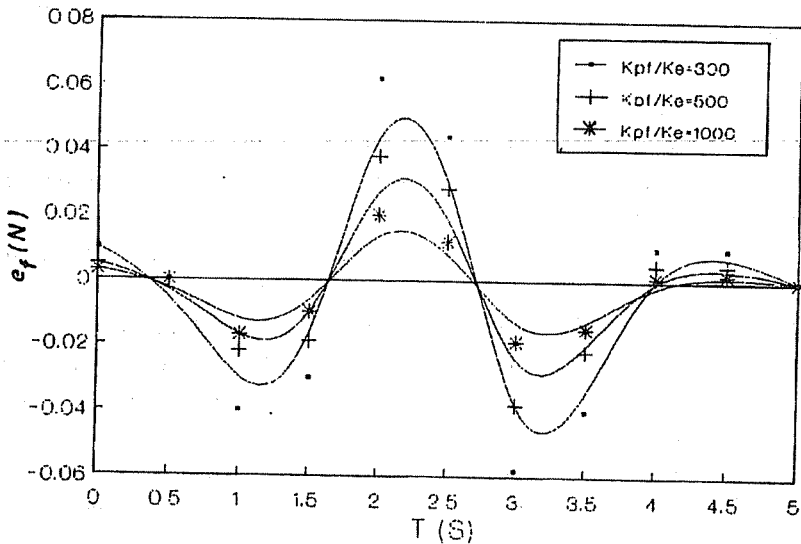


Fig. 7. Variation of the force error in the first joint for the different values of (k_{pf} / k_e).

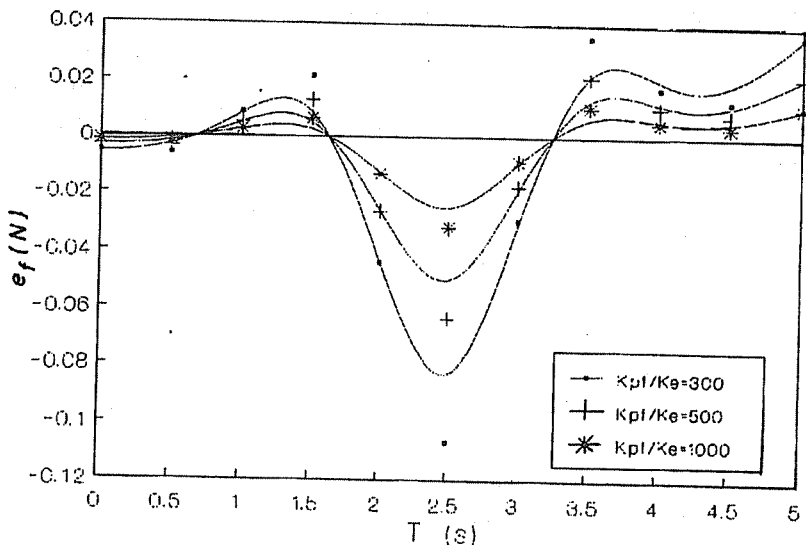


Fig. 8. The force error of the second joint relative to the various values of (k_{pf} / k_e) .

As shown in these figures, the variation of the force error for the second joint has more uniform character than those of the first joint. As is also seen from eq. 12, the normal acceleration component of the first link compensates the force error of the second joint and it provides that the force error remains at relatively small values during the period of motion. As seen from Fig.7, the function of the force error of the first joint takes some values differ from zero, and the increasing relative values of the position control gain (k_{pf}/k_e) reduce the force error. Except for the interval of the motion period that the angular velocity of the first link reaches its own maximum value, for different control gains, the force error of the second joint, as shown in Fig.8, takes quite near values.

5. CONCLUSION

According to the above results, if the stiffness of the environment or the object being in contact with the end-effector increases, the relative value of the position control gain have to be chosen as a relatively higher value. However, since the stiffness of environment has higher value as a practical value, it is impossible to raise the control gain casually. Besides, the behaviour of system may be unstable for some higher values of the control gain.

n the model of two-link manipulator, it is obvious that the system response or the force error is mainly affected by the kinematic parameters of the first link such as θ . Consequently, the inertial forces of the links, particularly normal components, have an

important role on the force control of the manipulator. It can be concluded that the performance of the force control system is very dependent on the relative value of the position control gain with respect to the stiffness of environment, the kinematics and dynamics of the manipulator. These results are in conformity with those of the other studies (2,3,4).

6. NOMENCLATURE

e_f	: Force error between desired force and applied force (N)
f	: Total force (N)
f_d	: Desired force (N)
f_{dist}	: Disturbance force (N)
f_e	: Applied force by the end-effector to the environment (N)
$G(\theta)$: $n \times 1$ vector of the gravity terms
J^{-T}	: Inverse transpose Jacobian
k_e	: Stiffness of the environment (N/m)
k_{pf}	: Position control gain
k_{vf}	: Velocity control gain
l	: Length of link (m)
m	: Mass (kg)
$M(\theta)$: $n \times n$ mass matrix of the manipulator
$V(\theta, \dot{\theta})$: $n \times 1$ vector of centrifugal and coriolis terms
τ	: $n \times 1$ vector of the joint torques
τ_e	: $n \times 1$ vector of the effective torque acting at the wrist
$\ddot{\theta}$: $n \times 1$ vector of angular acceleration terms
1,2	: number of the manipulator links

7. REFERENCES

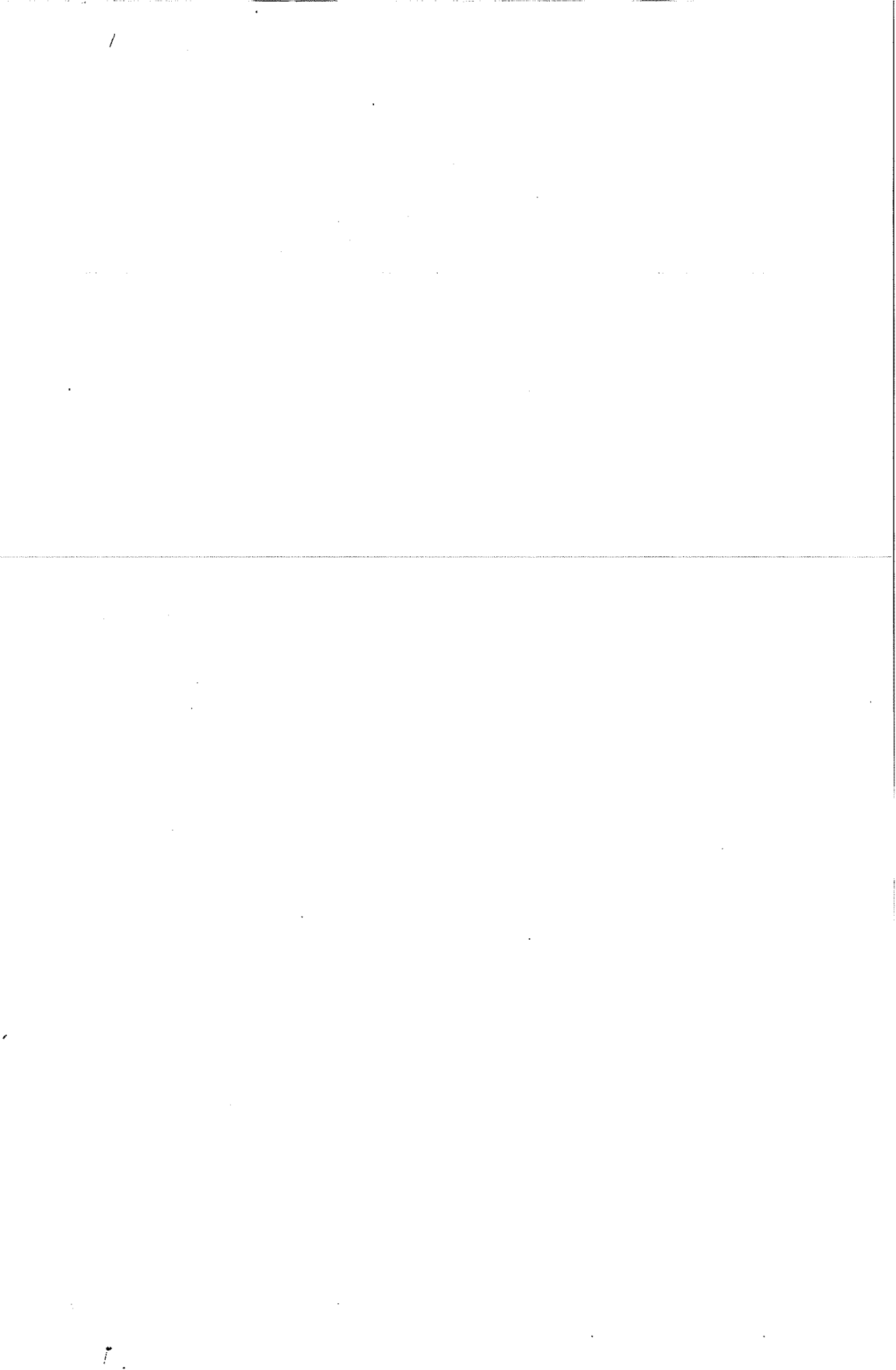
1. Raibert, M.H., Craig, J.J., *Hybrid Position / Force Control of Manipulator*, *Transactions of the ASME J. Dynamics Syst. Meas. and Control*, Vol. 102., pp. 126-133, 1981.
2. An, C.H., Hollerbach, J.M., *Kinematic Stability Issues in Force Control of Manipulator*, *Proc. 1987 IEEE Int. Conf. on Rob. and Aut.*, North Caroline USA, Vol. 2, pp. 897-903, 1987.
3. An, C.H., Hollerbach, J.M., *Dynamic Stability Issues in Force Control of Manipulator*, *Proc. 1987 IEEE Int. Conf. on Rob. and Aut.*, North Caroline USA, Vol. 2, pp. 890-896, 1987.
4. Seering, W.P., Eppinger, S.D., *The Dynamics of Robot Force Control, The Theory of Mach. Mech. Proc. of 7th World Cong.*, Sevilla-Spain, Vol.2, pp. 1223-1226, 1987.

5. Stepan,G., Steven,A., Maunder,L., *Design Principles of Digitally Controlled Robots. Mech. Mach. Theory, Vol. 25, pp. 515-527, 1990.*

6. Bone,G.M., Elbestawi,M.A., *Active and Effector Control of a Low Precision Robot in Deburring, Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 8, pp. 87-96, 1991.*

7. Craig,J.J., *Introduction to Robotics Mechanics & Control, Addison - Wesley Publishing Company, U.S.A., 1986.*

8. Fu,K.S., Gonzales,R.C. and Lee,C.S.G., *Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence, McGraw-Hill Book Co., U.S.A., 1987.*



TEKSTİLDE İPLİK ÜRETİM TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER VE OTOMASYON

Osman BABAARSLAN

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

ÖZET : *Ekonomik verimlilik ve evrensel boyutlar nedeniyle, kısa lif iplikçiliği alanında ring iplikçiliğine paralel olarak bir çok yeni iplik üretim (eğirme) yöntemleri de geliştirilmiştir. Bu yeni iplik üretim yöntemleriyle (Open-end sistemler, hava jetli sistem, sarım iplikçiliği, vb.) çok yüksek hızlarda iplik üretimi gerçekleştirilmekte olup, üretilen iplik direkt olarak herhangi bir ara işleme gerek kalmaksızın bobin üzerine sarılabilmektedir. Bu sistemlerden bazıları otomatik iplik düğümleme ve dolu bobinlerin otomatik olarak transferi düzenlemeleri ile donatılmıştır. Bu gelişmelerin bir çoğunda amaç, verimliliğin artırılması, iplik kalitesinin artırılması veya korunması ve ileriki prosesler için randımanın korunmasından emin olmaktır.*

Bu çalışmada, open-end Rotor, open-end friksiyon, öze iplik sararak iplik üretim sistemleri gibi konvansiyonel olmayan iplikçilik teknikleri, üretimde kalite ve makinalaşmada otomasyon açısından araştırılmıştır.

DEVELOPMENTS OF THE YARN PRODUCTION TECHNOLOGY IN TEXTILE AND AUTOMATION

ABSTRACT : *Due to their economic efficiency and universal character, new spinning systems are firmly established alongside ring spinning in the short stable spinning section. In the new spinning-winding systems, (such as open-end rotor and friction spinning system, air-jet spinning, self-twist spinning, warp spinning, etc.) the yarn is produced at high speeds and is directly wound onto cross-wound packages. Some of these systems are equipped with automatic piecing and doffing arrangements. The aim of the most of these developments is to increase productivity, improve or at least retain yarn quality, and ensure increased efficiency in subsequent processes.*

In this study, unconventional spinning techniques include open-end rotor, open-end friction and wrapped yarn spinning systems are introduced and the improvements on automation have been investigated.

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde kısa lif iplikçiliği alanında, ring iplikçiliğine paralel olarak geliştirilen open-end (OE) rotor, OE friksiyon ve öze iplik veya filament sararak elde edilen sarma iplik eğirme metotları başta olmak üzere birçok yeni iplik eğirme yöntemleri de geliştirilmiştir. Bunlar tekstil endüstrisinde daha çok konvensiyonel olmayan iplik üretim yöntemleri olarak değerlendirilmiştir.

Her bir sistem kendi içerisinde üretim açısından prensip ve kalite olarak değişiklikler arz etmektedir. Ayrıca yine üretimde geniş bir alana hitap etme ve ekonomiklik açısından da bu yeni sistemlerin gelişmesinde bazı sınırlamalar ortaya çıkmıştır. Bunlar içerisinde ring iplikçiliğinden sonra endüstride en çok kabul gören ve hızla gelişen sistem OE rotor iplik eğirme sistemi olmuştur. Başlangıçta bu sistemde iplik üretiminde çok sınırlı bir alana hitap etmekte iken son yıllardaki teknolojik gelişmelerle birlikte sistemin gelişmesine engel teşkil eden sınırlamalar ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Bunda da bir noktaya kadar başarılı olunmuştur. Bu gelişmelere bir de sistemin tekniğinden dolayı üretim hızının artırılması ve makinalaşmada otomasyon olanaklarına müsait bir sistem olması avantajları eklenince, günümüzde OE rotor sistemi hızla gelişerek tarihi bir sistem olan ring sistemine göre tercih edilen bir sistem haline gelmiştir (1, 2).

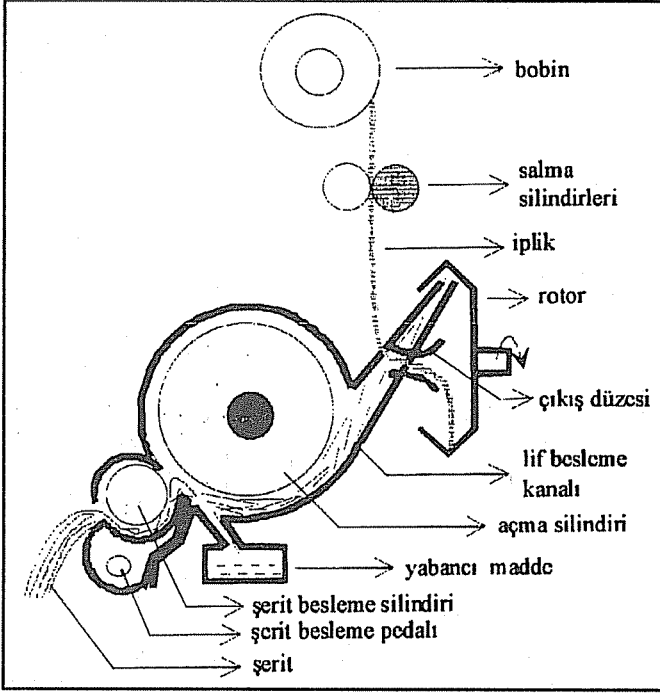
Tüm makinalaşma alanlarında olduğu gibi bir iplik makinasının üretim hızı ve otomasyonu ile bu makinalar üzerinde üretilen iplik kalitesi bakımından bir ilişki mevcuttur (3). Elde edilen ürün açısından üretimde kalite sınırlamasına neden olmadan otomasyonun geliştirilmesiyle birlikte, ekonomiklik açısından üretim hızının artırılması tekstilde tüm makina üreticilerinin ana hedefi olmuştur. Bu bakımdan bu çalışmada, tekstil endüstrisinde iplikçilik alanında yukarıda belirtilen kriterlerin ne oranda gerçekleştiğine bakılarak, belirtilen yeni sistemler arasından en çok kabul gören OE sistemleri ile katlı iplik üretim teknikleri araştırılmıştır.

2. KONVENSİYONEL OLMAYAN İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİ

2.1. Open-End (OE) Rotor İplik Üretim Sistemi

Ring iplikçiliğinden sonra en yaygın olarak kullanılan ve hala süratle gelişen diğer bir iplik eğirme sistemi ise, Open-end (OE) Rotor iplik eğirme sistemidir. İşlem aşaması (proses) olarak ring iplikçiliğinden kısa olup; fitil, ring, bobin prosesleri uygulamadan kaldırılmıştır. Şekil-1'de OE Rotor esasına göre iplik eğirmenin esas şematik olarak gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, şerit olarak alınan lifler veya elyaflar, açma silindirinde açıldıktan sonra hava ile karışık olarak çok hassas olarak imal edilmiş olan değişik çaplarda ve günümüzde 30.000 - 150.000 d/dk gibi yüksek devirde dönen rotor içerisine sevk edilir (4). Rotorun yüksek hızlarda dönüşü ile oluşan ve büküm alan iplik dışarıya çekilerek çapraz sarımla bobin haline getirilir (Şekil-1). Günümüzde bu sistem üzerinde ki iplik üretim hızı, 50-250 m/dk arasında rotor dönme hızına bağlı olarak

değişmektedir (4, 5). Open-end iplik eğirme sistemlerinde üretilen ipliği düzgün bir şekilde çapraz olarak sarmak için silindirik ve konik yapıli bobinler sıkça kullanılmaktadır.

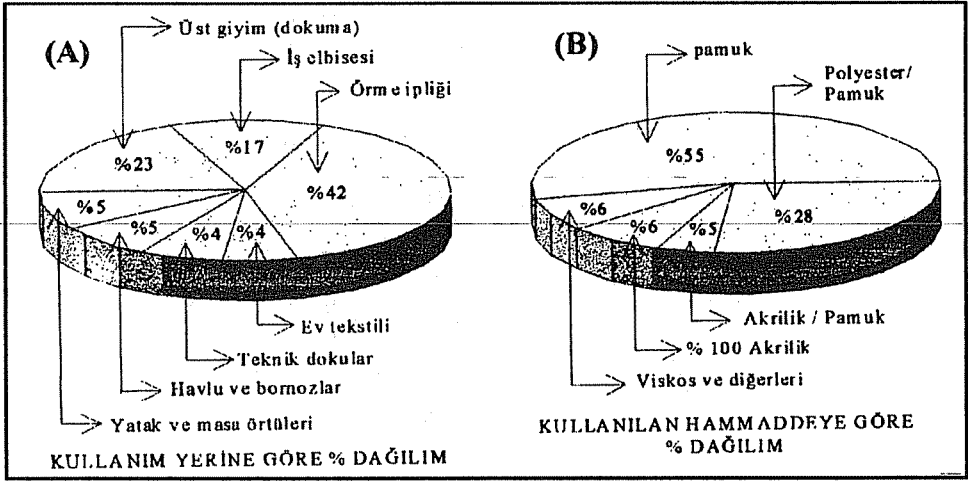


Şekil 1. OE rotor iplik üretim tekniği.

Yukarıda belirtildiği gibi, bütün konvansiyonel olmayan iplik üretim teknikleri arasında en yaygın olarak kabul gören sistem, OE rotor iplik üretim tekniği olmuştur. Halen dünyada bu tekniğe dayalı makina üretimi yapan birçok firma mevcuttur. Bunlar arasında belli başlıları, Schlafhorst, Rieter, Savio, Investa ve Toyota gibi bu alanda dünyada kabul görmüş firmalar sayılabilir. Birbirleriyle rekabet halinde olan bu firmalar tarafından hedeflenen bu sistem üzerindeki ileri gelişmelerin belli başlıları; otomasyon, kalite güvencesi, otomatik olarak data toplama, kalite kontrol ve üretim hızının artırılması olarak sıralanabilir.

Bu teknikle üretilen ipliklerin ana uygulama alanı 14-200 tex (Nm 70-Nm 5) arası iplik numaralarında olmuştur (3,4). Buradan da görüleceği gibi bu sistem için en büyük sınırlama istenilen incelik ve kalınlıkta iplik numarası üretilmemesi olmuştur. Bu sistem üzerinde son yıllardaki çalışmalar, bu sınırlamayı ortadan kaldırarak çok geniş aralıklarda ince iplik üretimini gerçekleştirici yönde olmuştur. Fakat halen sistem üzerinde bu konuda bir sınırlama mevcuttur.

Günümüzde OE rotor iplikleri örme kumaşlar, spor giyisiler, iş elbiseleri, iç kaplama (astar) ve ev tipi tekstil yapıları başta olmak üzere tasavvur edilen daha birçok alanda kullanılmaktadır (6). Aşağıdaki şekillerde kullanılan hammaddeye ve kullanım yerlerine göre OE rotor ipliklerinin yüzde olarak dağılımları gösterilmiştir. Şekil-2A OE rotor ipliklerinin kullanım yerine göre yüzde dağılımını temsil ederken, Şekil-2B'de bu sistemde üretim için kullanılan hammaddeye göre yüzde dağılım gösterilmiştir.



Şekil 2A. OE rotor ipliklerinin uygulama alanları.

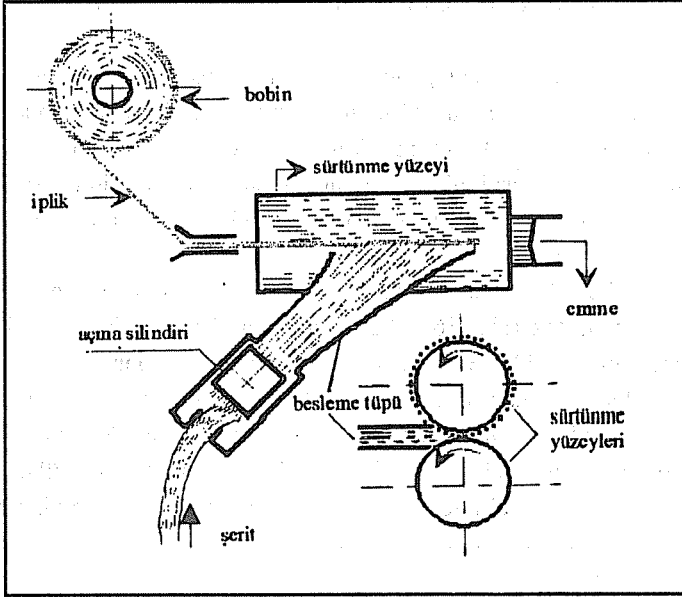
2B. OE rotor sisteminde kullanılan hammaddede % dağılımı.

2.2. OE Friksiyon İplik Üretim Tekniği

OE friksiyon iplik üretim tekniği şematik olarak Şekil-3'de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi sistemin tekniği, açma silindiri tarafından açılan şerit halindeki lif demetinin bireysel lif olarak, sürtünme yüzeyi (büküm elemanı) olarak isimlendirilen çok özel olarak dizayn ve imal edilmiş bir çift silindir arasına beslenerek büküm verilmesi esasına dayanır. Kendi eksenini etrafında dönen bu silindirlerin etkisiyle büküm olarak mukavemet kazanıp iplik haline gelen lif demeti iplik halinde üretim hattından çekilerek OE rotor tekniğinde olduğu gibi çapraz sarımla bobin üzerine sarılır.

Tekstilde kısa lif iplikçiliği sektöründe mevcut sistemler arasında en yüksek üretim hızına sahip olan bir sistemdir. Endüstride bu sistemle 80-450 m/dak'lık bir hız dağılımı ile üretim yapmak mümkündür (7). Bu bakımdan otomasyona en müsait sistem olarak değerlendirilmektedir. Fakat üretim hızının yüksek olmasına rağmen üretilen ürünün kalitesi aynı oranda yüksek değildir. Sistem üzerinde üretim hızının artışına paralel olarak üretim kalitesi düşmektedir. Bu durum sistem için bir dezavantaj oluşturarak

sistemin gelişmesine bir sınırlama getirmiştir. Sistemin endüstride çok fazla rağbet görmemesine bir neden de yukarıda belirtilen sınırlamalar gösterilebilir.



Şekil 3. OE friksiyon iplik üretim tekniği.

Bu teknikle tekstil endüstrisinde 16-80 tex (Nm 60- Nm 12) arası lineer yoğunlukta (numarada) iplik üretimi gerçekleştirilebilmektedir (8). Son yıllarda sistem üzerinde yapılan araştırma ve geliştirmeler sonucunda bu tekniğin, teknik tekstil için kullanılan yapay lif iplikçiliği için müsait bir sistem olduğu tezi ortaya çıkmıştır (9). Günümüzde halen sistemin geliştirilmesi için üzerinde en çok araştırma-geliştirme yapılan yeni tekniklerden birisidir.

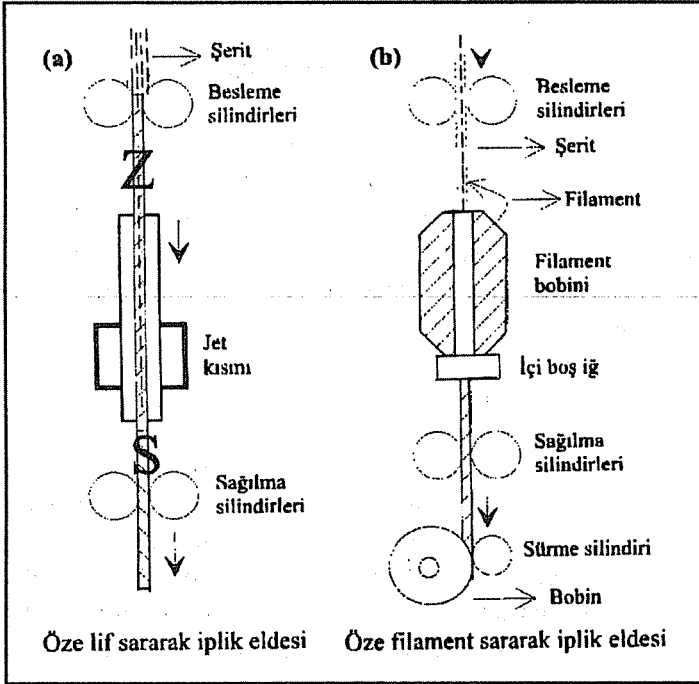
2.3. Katlı İplik Üretim Sistemleri

Bu sistemleri kendi içerisinde iki grupta incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi çekirdek (öz) üzerine lif sararak iplik eldesi tekniği, diğeri ise, öze filament sararak iplik oluşturma tekniğidir. Öze lif sararak elde edilen iplikler yalancı büküm tekniğine göre üretilmektedir (10). Şekil-4a'da benzer bir sistem şematik olarak gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, üretim hattında "Z" yönünde büküm verilerek üretilen iplik daha sonra serbest kalınca (büküm elemanı çıkışında) büküm yönünün tersi yönde (S) kalıcı bir büküm olarak sistemden çekilmektedir. Bu sistem günümüzde, dünyanın her tarafında kısa lif iplikçiliğinde ve yapay lif - pamuk karışımı ile iplik üretimi alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknikle, 10-30 tex (Nm 100-Nm 33) iplik

inceliği aralığında üretim yapılmaktadır (10). Sistem üzerinde son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, bu sistemin özellikle düşük krimp (kıvrıma) ve düşük büküm rijitliğine (sertliğine) sahip uzun-ince liflerle yapılacak üretim için uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Tekstilde Polyester ve Viskoz esaslı lifler yukarıda istenen kategoriye dahil edilebilir.

Son yıllarda bu tür tekniklerle sade pamuk kullanarak iplik üretimi yönünde de bir çok çalışma yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, iyi hammadde seçimi ile pamuk esaslı ipliklerin de öze lif sarım tekniği ile üretilebileceği ispatlanmıştır (11). Özellikle çok ince pamuk lifleri kullanılarak bu yöntemle iplik üretimi gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, bu tür bir üretim için özel hammadde seçme gereksinimi ekonomik açıdan sınırlama getirmiştir.

Şekil-4b de gösterilen öze filament sararak iplik eldesi yöntemi ise, kaba numara aralıklarında örneğin 60 tex (Nm 16-17)'den kalın iplikler için ring iplikçiliğine göre büyük avantajlara sahiptir (11). Bu numara aralıklarında öze filament sarım iplikçiliği özellikle yapay liflerle yapılacak üretim için tercih edilmektedir. Öncelikle bu tür sistemlerle üretilen iplikler halı üretiminin sözkonusu olduğu alanlarda tercih edilmektedir. Bu sistemde çekirdeği oluşturacak olan meteryal büküm almamış konumda olabilir. Yani şerit halinde bir meteryal kullanılabilir. Ayrıca yine bu sistemle



Şekil 4. Katlı iplik üretim teknikleri.

endüstride fantazi iplikler olarak bilinen iplik çeşitleri de üretilmektedir. Katlı iplik üretim yöntemleri ile üretilen iplikler; düz paralel iplikler, yapısal (mühendislik) paralel iplikler ve fantazi iplikler olarak üç katagoride toplanmıştır (10).

3. İPLİKÇİLİKTE OTOMASYON

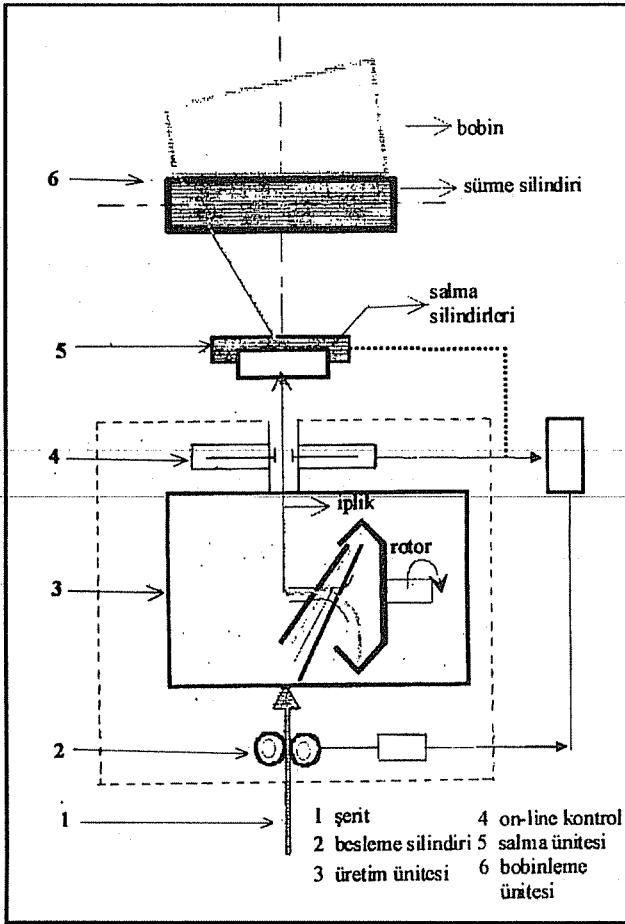
3.1. Yeni İplik Üretim Sistemlerinde Otomasyon

Tekstil endüstrisinde de yüksek teknolojinin kullanılmaya başlamasıyla birlikte, iplikçilik alanında eski bir sistem olan ring iplik üretim makinalarında otomasyona geçiş konusunda büyük çalışmalar olmuştur. Fakat bu çalışmaların çoğu sistemin tekniği gereği istenildiği şekilde gerçekleşmemiştir. Bu gerek sistemin uzun bir proses aşamasına sahip olması ve gerekse üretim hızındaki sınırlamalar nedeniyle günümüzde de pek gerçekleşmemiştir. Ring iplik üretim tekniği ile yapılan üretim genelde üç aşamada meydana gelmektedir. Bunlar fitil oluşumu, iplik üretimi ve bobinleme olarak sıralanabilir. Bu bakımdan sistemin otomasyonu da üç aşamada gerçekleşmek zorundadır. Aşamaları oluşturan makinaların kendi içlerinde otomasyonu yapılırken ayrıca buna ilave olarak makinalar arası meteryal akışını sağlayacak diğer bir otomasyon hattına da ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan sistemin prensibi gereği otomasyon için pek müsait olmayan bir sistemdir.

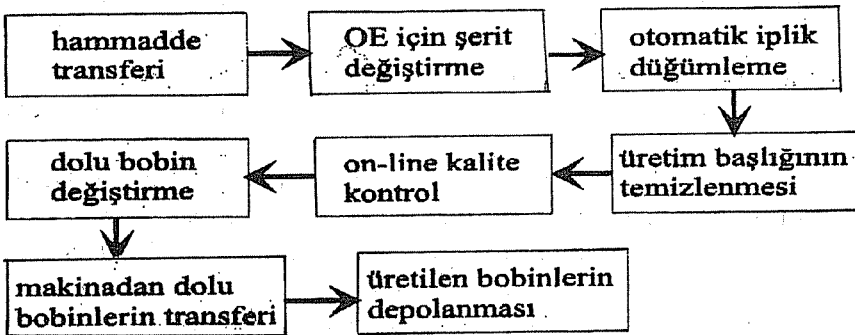
Buna karşılık endüstride tek bir makinanın otomasyonu daha az maliyet gerektirecektir. Bunu, günümüzde teknolojik gelişmelere uyum sağlayacak başlangıçta konvensiyonel olmayan sistemler olarak isimlendirilen sistemlerden bazıları sağlamıştır. Bu ring sisteminde görülen üç aşamanın tek bir makina üzerinde toplanmasıyla başarılmıştır. Bu şekildeki bir sistemde yapılan üretim artık son ürün olarak değerlendirilebilir. Bu tür bir sistemde otomasyonun değişik aşamaları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Şekil-5'de bir OE rotor makinasının tek bir iplik üretim ünitesi şematik olarak gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, sisteme hammadde temini ("1", "2"), iplik üretimi ("3"), sağılma ünitesi ("5") ve bobinleme üniteleri ("6") tek bir makina üzerinde toplanmıştır. Ayrıca bu üç ünite birbirleriyle uyumlu çalışır hale getirilmiştir. Yine şekilden görüleceği üzere, iplik üretildikten sonra bobin üzerine sarılmadan önce on-line olarak iplik düzgünlüğü analizi otomatik olarak yapılabilmektedir ("4"). Bu tür bir sistemin fabrika içerisindeki otomasyon akışı Şekil 6'da akış diyagramı olarak verilmiştir.

Şekil-6'da gösterildiği üzere, fabrika şartlarında otomasyonun gerçekleşebilmesi için transport sistemi ile makinanın uyumlu ve verimli bir şekilde çalışması zorunludur. Bunun için gerekli olan mekanizma hertürlü makina üzerinde hazır bulunmalıdır. Bu alanda iki önemli makina üreticisi olan Rieter ve Schlafhorst kendi makinaları için üretim aşamasında kendilerine mahsus otomasyon akışına sahiptirler.



Şekil 5. OE Rotor sisteminde iplik akışı.



Şekil 6. OE Rotor iplik üretim makinasının otomasyon aşamaları.

Rieter'in üretmiş olduğu OE rotor makinasının son kısmında dolu bobinleri otomatik olarak taşıyıcı bir sistem mevcuttur. Her aşamada üretimi tamamlanan dört dolu bobin sürekli olarak alınıp taşıyıcı konvoyör içerisine otomatik olarak toplanmaktadır. Buna ilave olarak, makinalar arası bağlantıyı sağlayan ve üretimi tamamlanan bobinleri kullanım yerine göre hazır halde depolayan otomatik bobin konvoyör sistemide mevcuttur.

Schlafhorst firmasının üretmiş olduğu makinalarda ise, bobinlenmesi tamamlanan bobinleri makinanın son kısmında otomatik olarak toplayan bir sistem mevcuttur. Daha sonra bu toplanan bobinler transfer konvyörleri vasıtasıyla fabrikanın depo kısmında toplanmaktadır. Benzer şekilde yine her seferinde dört bobin makina üzerinden otomatik olarak alınabilmektedir. Bu otomatik ünitelere ilave olarak bu iki firmanın üretmiş olduğu tam otomatik OE makinalar üzerinde yukarıda şematik olarak gösterildiği gibi, otomatik hammadde transferi, robotik iplik düğümleme mekanizması, otomatik dolu bobin değiştirme ünitesi, on-line kalite kontrol ve üretim başlığının otomatik olarak temizlenmesi işlevlerini gören otomasyonu tamamlanmış mekanizmalar mevcuttur.

3.2. Otomasyon ve Kalite

Yeni iplik üretim tekniklerinin geliştirilmesinde otomasyonun genişliğine karar vermek çok zordur. Çünkü, herhangi bir sistemde otomasyon düşünüldüğünde iki önemli kriter mutlaka gözönünde bulundurulmalıdır. Birinci olarak, mümkün olacak işçilikten tasarruf ile otomasyon için yapılacak olan harcamanın karşılaştırması mutlaka yapılmalıdır. Ayrıca otomasyon geçilmekle kalmayacak aynı zamanda sonrası için ilave harcamalarla birlikte yapılacak olan koruma ve bakım harcamaları da dikkate alınmalıdır (12).

İkinci olarak da, bir iplik üretim makinasının otomasyonu ile bu makina üzerinden elde edilecek iplik ve bobin kalitesi arasında çok yakın bir ilişkinin olduğu bilinen bir gerçektir. Başlangıçta otomasyonun kalite unsurunu beraberinde getireceği muhakkaktır. Daha sonra da kalite unsuru, duraklama maliyetindeki düşümlere neden olacak ve kaliteli yüksek fiyatlı satışları beraberinde getirecektir. Bu türlü kazançlar otomasyonu yapılmış bir iplik üretim makinası için çok belirgindir. Fakat, yine de otomasyon için yapılacak harcama ile bunun getireceği ekonomik avantajlar karşılaştırılmalı olarak dikkate alınmalıdır.

Yukarıda anlatılan otomasyonla elde edilecek avantajlar maddeler halinde sıralanırsa;

- üretim hızının artırılması
- kalitenin iyileştirilmesi
- üretim maliyetinin düşürülmesi
- on-line kalite kontrol olanaklarının elde edilmesi
- kaliteli bobin üretiminin gerçekleşmesi

- daha sonra yine tekstil içerisinde hammadde olarak kullanılacak ipliğin kullanım performansının artırılması
- üretimde makinalaşmanın gerçekleşmesi
- duraklama zararlarının ortadan kaldırılması şeklinde sıralanabilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Bütün konvensiyonel olmayan (yeni iplik üretim teknikleri) sistemler içerisinde, OE rotor iplik üretim tekniği endüstride en çok kabul gören sistem olmuştur. Halen bu sistemin uygulama alanlarını genişletmek için çok önemli çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle ince yapılı ipliklerin üretiminde de bu sistemin kullanılabilmesi için bir çok makina üreticisi üretmiş oldukları makinaların kullanım alanını genişletmek için dünyanın değişik yerlerindeki üniversite ve araştırma-geliştirme (AR-GE) kurum ve kuruluşları ile işbirliği halindedir. Bu sistemler içerisinde yine OE bir sistem olan friksiyon iplik üretim tekniğinin ise, daha çok kalın yapılı iplik üretimi için müsait bir sistem olduğu bilinmektedir. Bu sistem de, dünyanın bir çok yerindeki üniversitelerde (daha çok Avrupa, Amerika ve Avusturalya üniversitelerinde) sistemin geliştirilmesi için üzerinde en çok araştırma-geliştirme yapılan tekniklerden bir başkası olduğu görülmüştür.

Öze iplik sararak (katlı) iplik üretim sistemleri iki kısımda incelenmişti. Bunlardan öze lif sararak iplik üretim tekniği daha çok yapay liflerden elde edilen iplikler ile karışım türü ipliklerin üretimi için uygundur. Bunun yanısıra öze filament sararak iplik oluşturma tekniği ise, özellikle kalite nedenlerinden dolayı daha çok halı iplikçiliği için müsait bir sistemdir.

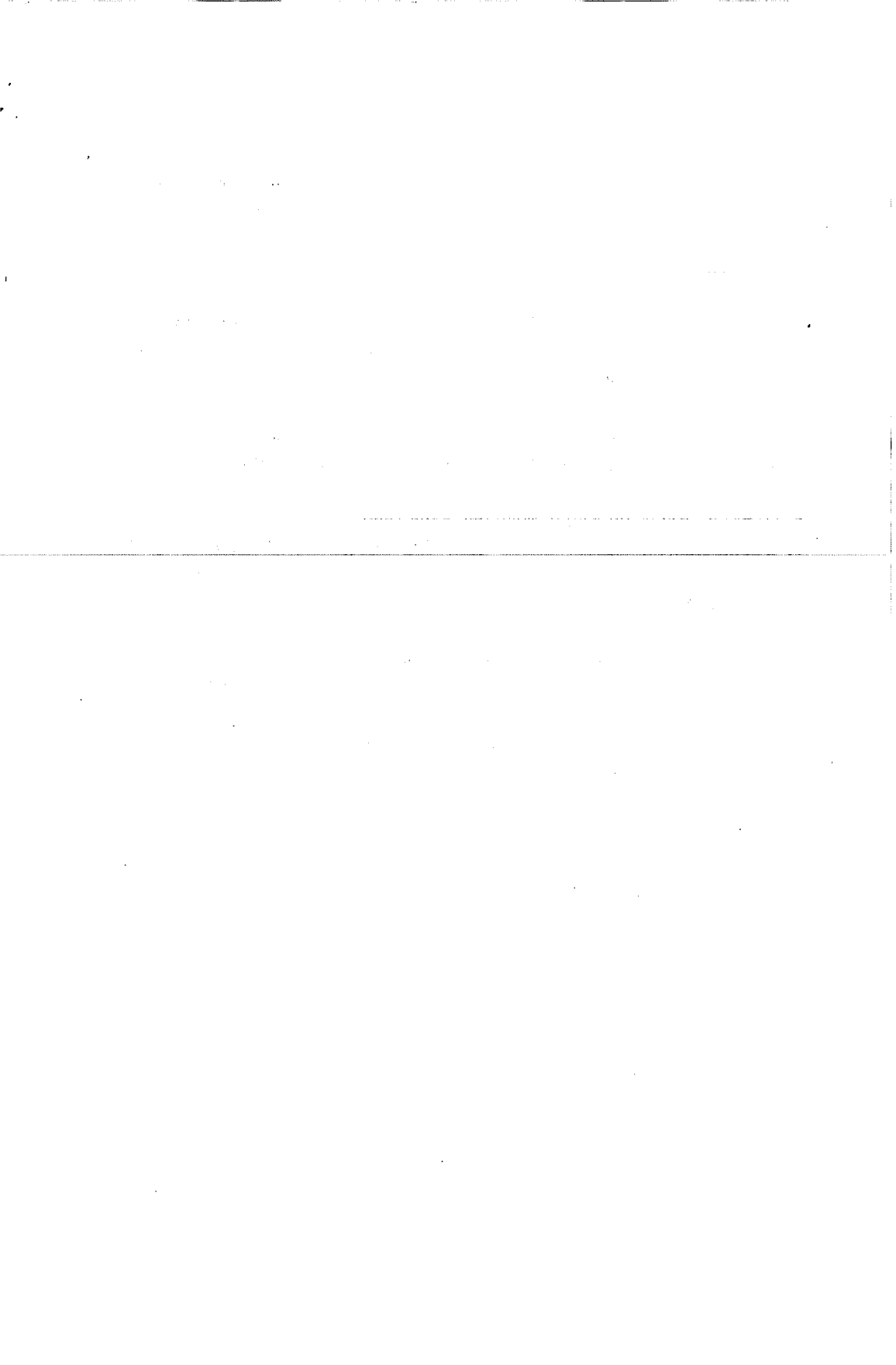
Open-end iplik üretim sistemlerinin otomasyonu günümüzde sistem için hammadde (şerit) teminine kadar geliştirilmiştir. Buna ilave olarak değişik firmalara ait OE sistemlerde, otomatik iplik düğümlenme ünitesi, dolu bobinleri boşlarıyla değiştirme sistemi, on-line kalite kontrol ünitesi, iplik üretim kafasının otomatik olarak temizlenmesi ve otomatik mamül depolama sistemi gibi otomatize edilmiş üniteler mevcuttur. OE sistemlerin dışındaki bazı yeni sistemlerde de buna benzer otomatik hale getirilerek geliştirilmiş kısımlar mevcuttur.

Bu sistemlerde otomasyonun getirmiş olduğu ekonomik avantajlar özellikle üretimi yapılan iplik ve bobin kalitesinin artırılması ve üretim hızının artırılmasıyla duraklama sonucu oluşacak kayıpların minimuma indirilmesi alanında olmuştur. Buna ilave olarak gelecekte bir tekstil fabrikasında otomasyon ve kalite çok geniş bir alan içerisinde değerlendirilecektir. Çünkü, makinalaşmanın bilgisayar ile de birleşmesiyle tekstilde otomasyon daha da belirgin bir anlam kazanacaktır. Böylece tüm alanlarda olduğu gibi, tekstilde de CAD/CAM gerçekleştirilerek, kısaca CIM olarak da belirtilen temelde birleştirilmiş bilgi prosesi olan bilgisayar tamamlamalı (destekli) üretim akışı sağlanmış

olacaktır. Temelde bilgisayar yönetimli üretimde amaç, yüksek ekonomik verimlilik ve esneklik başta olmak üzere yüksek kaliteli ve hızlı proses akışını sağlamaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Schlafhorst Rotor Spinning Systems, The automatic rotor spinner and winder for higher productivity and improved yarn quality, Autocore 240, Germany, 1995.
2. Ruger, E.H., Textile Institute, Yarn Group Conference Post-OTEMAS, Pre-ITMA, Bradford, England, 1994.
3. Rieter Information Service, OE Spinning Systems, 1995.
4. Schlafhorst Information Service, OE Spinning System Manual, 1993-94.
5. Lawrence, C.A. and Chen, K.C., Rotor Spinning, Textile Progress, The Textile Institute, 1984.
6. Steffes, E., Rotor İplikçiliği, Melliand, Ekim 1996.
7. Babaarslan, O., Iype, C. and Koç, E., The Design and Evaluation of Tension Compensatory Systems, 7th Int. Machine Design and Production Conf., Sept. 11-13, METU, Ankara, 1996.
8. Klein, W., New Spinning Systems, The Textile Institute, 1993.
9. Karnon, J., The Friction Spinning Machine Masterspinner, Textile Praxis, 41, 1986.
10. Brydon, A.G., and Merwe, J.P., Wrap Spinning, SAWTRI Special Publication, 1986.
11. Wulfhorst, B., ITB Yarn Forming (in German), 4/90.
12. Scheer, A.W., CIM Computer Integrated Manufacturing, Springer Verlag Berlin, 1988.



**YATIRIM TEŞVİKLERİ, ANA İLKELER, SEKTÖREL DAĞILIMLAR
VE TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE DURUM**

Erdem KOÇ ve R.Tuğrul OĞULATA
Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Tarım, madencilik, imalat, enerji ve hizmetler sektöründe, istihdam arttırıcı, bölgelerarası dengesizlikleri giderici, ileri ve uygun teknoloji getiren yatırımlara, devlet tarafından değişik şekillerde verilen desteğe yatırım teşvikleri denilmektedir.*

Bu çalışmada, söz konusu yatırım teşviklerinin amacı, kapsamı ve uygulama esasları verilerek, Türkiye genelinde ve bölgeler bazında son üç yıldaki sektörel ve mahiyetlerine göre dağılımları, tekstil yatırımları dikkate alınarak irdelenmiştir.

**INVESTMENT ENCOURAGEMENTS, BASIC RULES,
DECOMPOSITIONS IN SECTORS AND THE STATE OF THE TEXTILE
INDUSTRY**

ABSTRACT : *The investments furnished with the high and appropriate technology increasing the employment and compensating the regional instability in agriculture, mining, production, energy and service sectors and the supports given by the government in different ways are defined as investment encouragements.*

In this study, by introducing the aim, scope and application principles of the mentioned investment encouragements, the distribution or variation of these encouragements according to their composition in different industrial sectors in Türkiye, in general and in regional base, have been examined for the last three years considering the textile investments in particular.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, özellikle 1995 yılında ülkemizde büyük bir yatırım hamlesine girildiği gözlenmektedir. Bunda Gümrük Birliği'ne geçiş sürecinin önemli bir etken olduğu açıktır. Bu nedenle 1 Ocak 1996 yılında yürürlüğe giren, Avrupa Birliği ülkeleri ile Türkiye arasında imzalanan Gümrük Birliği Anlaşması uyarınca, Türk sanayisi ile Birlik ülkeleri sanayisi uyum çalışmaları hızlandırılmış bulunmaktadır. Bu amaçla devlet yatırım teşvikleri adı altında yatırımcılara değişik şekillerde katkı sağlanmaktadır.

Yatırım teşvikleri; Türkiye'nin, bölgelerarası dengeleri ve yatırım öncelikleri ile istihdam politikaları gözönüne alınarak yatırımcıya değişik şekillerde katkı kapsamaktadır. Teşvike esas destek unsurları ve yatırım şekilleri Bakanlar Kurulu Kararları ile belirlenerek Hazine Müsteşarlığı tarafından yürütülmektedir. Yürürlükte olan yatırımlarda devlet yardımları hakkında 94/6411 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı; kalkınma planı ve yıllık programlara uygun, istihdamı artırıcı, bölgelerarası dengesizlikleri giderici özelliklere sahip, döviz kazandırıcı faaliyetlere dönük, ileri ve uygun teknoloji getiren, uluslararası rekabet gücü sağlayan yatırımların, uluslararası yükümlülüklerimize aykırılık teşkil etmeyecek şekilde desteklenmesi amacını taşımaktadır (1).

Bu kararın kapsamı, mal ve hizmet üretimine yönelik yatırımlar ile araştırma-geliştirme, çevre koruma, kalite ve standart geliştirme, yöresel el sanatlarının geliştirilmesine yönelik yatırımlar ile küçük ve orta boy işletmelerin desteklenmesini içermektedir (1).

Bu çalışmada belirlenen ilkeler doğrultusunda sözkonusu karar döneminde verilen yatırım teşvikleri, uygulama esaslarına göre anlatılmış ve teşviklerin sektörel ve mahiyetlerine göre dağılımları yıllar itibarıyla gösterilmiştir. Bunun yanında teşviklerin imalat sektöründe yoğunlaşması, bunun da büyük kısmını tekstil yatırımları oluşturması nedeniyle, tekstil yatırımlarının bölgelere göre son yıllardaki değişimleri de önemli görülmüştür. Bunun yanısıra bölgelerinde, yatırımlar bakımından etkin olan illerdeki yatırımların tutarları ve mahiyetlerinin de irdelenmesi uygun görülmüştür.

2. YATIRIM TEŞVİKLERİ

Yatırım teşvikleri, halen geçerli olan karar döneminde; sözü edilen amaç ve kapsam doğrultusunda desteklerden yararlanılarak yatırım yapılabilecek yöreler ve her yörenin faydalanabileceği destek unsurları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Yörelerin sınıflandırılmasında Türkiye; gelişmiş yöreler, kalkınmada öncelikli yöreler ve normal yöreler olmak üzere 3 kategoriye, kalkınmada öncelikli yöreler ise 1. ve 2. derecede öncelikli yöreler şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Ayrıca bu karar uyarınca, normal yörelerde bulunan ve faaliyete geçmiş olan, Bakanlar Kurulunca belirlenen organize sanayi bölgeleri 1995 yılı programı ile başlayarak 7. beş yıllık kalkınma planı süresince ve normal yörelerde bulunan ve faal olmayan yine Bakanlar Kurulunca belirlenen

organize sanayi bölgesine sahip iller ise 1995 yılından itibaren 3 yıl süre ile Sanayi Kuşağı olarak değerlendirilmiştir (2).

Ayrıca eğitim, sağlık, uluslararası taşımacılık, yap-işlet-devret modeli çerçevesinde yapılacak yatırımlar, normal yörelerde bulunan ve özelliği itibariyle organize sanayi bölgelerinde gerçekleştirilemeyecek Hazine Müsteşarlığınca uygun görülen yatırımlar, sanayi kuşaklarında gerçekleştirilecek yatırımlar ile gelişmiş ve normal yörelerdeki tevsî, modernizasyon, yenileme, kalite düzeltme ve darboğaz giderme yatırımları özel önem taşıyan sektör yatırımları olarak belirlenmiştir (3).

Bütün bu sınıflandırmalar sonucunda girişimciye; gümrük vergisi ve fon muafiyeti, yatırım indirimi, makine ve teçhizat alımlarında katma değer vergisi desteği, dış kredi teminat mektubu masraflarına katkı, arsa sağlanması, kalite ve standart sağlanması, enerji desteği ve kredi ile çeşitli mevzuatta öngörülen destekler şeklinde teşvikler verilebilmektedir. Söz konusu destek unsurları yöreler itibariyle Çizelge 1'de özet olarak sunulmuştur (2).

2.1. Yatırım Teşviklerinin Sektörel ve Mahiyetlerine Göre Dağılımı

Devlet yatırım sektörlerini; tarım, madencilik, imalat, enerji ve hizmetler olmak üzere 5 ana grupta sınıflandırmıştır. Son yıllarda verilen teşviklerin yıllar itibariyle sektörel bazda dağılımı % ve toplam yatırım tutarı (TL) olarak Çizelge 2'de gösterilmiştir (4). Görüldüğü gibi, 1993 ve 1994 yıllarında hemen hemen aynı olan yatırım tutarının, 1995 yılında yaklaşık 10 kat bir artış gerçekleştirdiği ve bu artışın asıl kısmının 1995 yılının 2. altı aylık döneminde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Yatırımların sektörel bazda dağılımında ise, her zaman en yüksek orana sahip olan imalat sektörünün 1995 yılında büyük bir atılım yaparak %87.6 değerine ulaştığı, başta hizmetler olmak üzere diğer sektörlerde ise büyük bir düşüşün olduğu gözlenmektedir. İmalat sektöründeki bu artışın arkasında ise alt sektör gruplarına bakıldığında, 1994 yılında %23.7 olan doküma-giyimin 1995'de %71.9 olan oranının etkin olduğu tespit edilebilmektedir.

Çizelge 3'de ise yine aynı dönemlerdeki, söz konusu yatırım teşviklerinin mahiyetlerine göre dağılımı % ve yatırım tutarı TL olarak verilmiştir (4). Görüldüğü gibi ağırlık her yıl olduğu gibi, 1995 yılında da %82.7'lik değeriyle komple yeni yatırıma, bunun ardından %13.4'lük değeriyle de kapasite artımına (tevsî) verilmiştir.

Yatırım teşvik belgelerinin Türkiye genelinde dağılımını görebilmek amacıyla Çizelge 4'de bölgeler itibariyle son 5 yıldaki ve 1995 ve 1996 yıllarının 1. altı aylık dönemlerindeki % dağılımı gösterilmiştir (4). Görüldüğü gibi Marmara Bölgesi önceki yıllara göre düşüş kaydetmekle birlikte, 1995 yılında toplam yatırım tutarının %40.5 oranına sahip olmuştur. 1995 yılının 2. yarısında düşük olan oranının, 1996 yılının 1. altı aylık döneminde artma eğiliminde olduğu da tespit edilebilmektedir. Marmara Bölgesini, %16 ile Akdeniz, %14.1 ile Güneydoğu Anadolu, %12.6 ile Ege ve %10.7 ile de İç Anadolu Bölgeleri izlemektedir. Burada özellikle Güneydoğu Anadolu

Çizelge 1. Yatırım teşviklerine esas destek unsurları ve uygulama şekilleri.

Sıra No	DESTEK UNSURU	UYGULAMA ŞEKLİ
1	Yatırım İndirimi	- Bütün yörelerde azami oranda - Sanayi kuşakları dışında özel önem taşıyan sektör yatırımlarında azami, diğer yatırımlarda asgari oranda.
2	Gümrük vergisi ve fon muafiyeti	- Tüm yörelerde %100 oranında
3	Yerli yatırım mallarında katma değer vergisi desteği	- Tüm yörelerde KDV oranına 10 puan ilave edilerek
4	Krediler	Sabit yatırım tutarı üzerinden; - Ar-Ge, Çevre, RO-RO, havayolu kargo, karayolu-demiryolu kombine-taşımacılığı yatırımları, hava-limanlarında-soğuk-hava deposu yatırımlarında ve seyahat acentalarının pazarlama tanıtım giderlerinin karşılanmasında bütün yörelerde %50 - Yöresel el sanatları yatırımlarında tüm yörelerde %25 - Diğer yatırımlarda ise kalkınmada 1. ve 2. öncelikli yörelerde %25, sanayi kuşaklarında %15'e kadar.
5	İthalatta katma değer vergisi ertelenmesi	- Tüm yörelerde
6	Arsa desteği	- Sanayi kuşakları dışındaki bölgeler ile gelişmiş yöreler hariç.
7	Dış kredi teminat mektubu masraflarına katkı	- Tüm yörelerde teminat mektubu masraflarının %50'si oranında
8	Taşınma desteği,	- Gelişmiş yörelerdeki mevcut tesislerin/yatırımların, kalkınmada öncelikli yöreler ile sanayi kuşaklarına taşınma giderlerinin %50'sine kadar
9	Kalite ve standart sağlama,	- Bütün yörelerde TSE ve ISO normlarına uygun kalite ve standart belgesi için TSE'ye yapılan ödemelerin tamamı.
10	Finansman fonundan faydalanma,	- Tüm yörelerde
11	Vergi resim ve harç istisnası,	- Tüm yörelerde
12	Bina inşaat harcı istisnası,	- Tüm yörelerde

**YATIRIM TEŞVİKLERİ, ANA İLKELER, SEKTÖREL DAĞILIMLAR VE
TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE DURUM**

Çizelge 2. Yatırım Teşvik Belgelerinin Sektörel Dağılımı (Yüzde Dağılımı).

SEKTÖRLER	YILLIK					OCAK-HAZİRAN	
	1991	1992	1993	1994	1995	1995	1996
TARIM	1.5	1.3	1.1	1.0	0.4	1.3	1.9
MADENCİLİK	3.6	2.9	2.8	2.0	0.6	1.9	1.2
İMALAT	62.6	66.3	69.5	60.1	87.6	69.7	69.0
Gıda-İçki	7.1	9.8	5.6	4.0	2.9	6.4	9.8
Dokuma-Giyim	20.1	25.0	28.1	23.7	71.9	34.2	25.9
Orman Ürünleri	1.0	1.0	2.4	2.4	0.3	0.3	1.3
Kağıt	0.4	0.2	0.4	1.1	1.0	3.8	1.8
Deri ve Kösele	0.6	0.6	1.1	0.7	0.6	0.2	0.4
Lastik	1.0	1.3	0.6	0.5	0.6	2.7	2.0
Kimya	10.1	5.2	3.1	7.4	2.4	1.5	2.0
Cam	0.6	0.8	0.5	0.5	0.4	1.6	1.5
Demir-Çelik	1.6	1.4	0.7	1.1	0.8	1.8	1.9
Demir Dışı Metaller	1.3	0.5	0.4	0.2	0.4	0.2	0.8
Taşıt Araçları	4.7	4.2	5.9	5.5	1.5	3.2	6.2
Madeni Eşya	2.8	4.2	5.8	2.3	0.6	1.3	3.3
Mesleki Bilim ve Ölçüm Alet.	0.3	0.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.1
Makina İmalat	0.8	0.7	0.7	0.2	0.2	0.2	1.8
Elektrik Makinaları	1.1	1.7	3.6	0.3	0.5	0.3	1.3
Elektronik	0.8	1.8	0.8	0.1	0.0	0.1	0.8
Çimento	4.4	4.2	5.7	6.5	0.6	1.5	2.9
Pişmiş Kil ve Çimento Ger.	0.9	0.6	0.6	1.0	0.4	0.4	0.6
Seramik	1.6	1.3	2.0	1.5	1.3	7.9	0.7
Diğerleri	1.4	1.6	1.3	0.8	1.2	1.8	4.1
ENERJİ	4.3	2.2	5.6	4.9	2.4	3.5	5.5
HİZMETLER	28.0	27.3	21.0	32.0	9.1	23.7	22.4
Ulaştırma	9.0	10.2	11.0	14.7	6.2	16.2	14.5
Turizm	4.0	3.4	2.9	3.1	0.9	3.1	1.2
Diğer Hizmetler	15.1	13.8	7.1	14.2	1.9	4.4	6.6
TOPLAM	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
YATIRIM TUTARI (Milyar TL.)	38.175.1	51.392.5	229.247.9	214.031.6	2.187.010.7	293.990.0	894.457.4

Çizelge 3. Yatırım Teşvik Belgelerinin Mahiyetlerine Göre Dağılımı (Yüzde Dağılımı).

MAHIYET	YILLIK					OCAK-HAZİRAN	
	1991	1992	1993	1994	1995	1995	1996
Komple Yeni Yatırım	69.0	60.7	69.8	75.1	82.7	71.0	76.2
Tevsii	18.8	20.7	20.3	13.1	13.4	20.1	19.0
Tamamlama	3.7	2.2	0.7	1.2	0.3	0.5	0.2
Modernizasyon	5.2	8.0	5.0	2.8	1.7	5.0	1.8
Darboğaz Giderme	0.6	1.3	0.4	3.2	0.2	0.4	0.2
Yenileme ve Restoras.	1.5	3.3	1.2	0.8	0.5	1.5	0.6
Kalite Düzeltme	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
Endegrasyon	0.3	1.4	0.3	0.4	0.2	0.4	0.0
Finansal Kiralama	0.2	2.0	1.5	2.2	0.8	1.1	1.5
Devir	0.7	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1
Araştırma Geliştirme	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4
Mamul Çeşitlendirme	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Büyük Proje	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Çevre Koruma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOPLAM	100.0	100.0	99.9	99.0	100.0	100.0	100.0
YATIRIM TUTARI (Milyar TL.)	38.175.1	51.392.5	229.247.9	214.031.6	2.187.010.7	293.990.0	894.457.4

Çizelge 4. Yatırım Teşvik Belgelerinin Bölgeler İtibariyle Dağılımı (Yüzde Dağılımı).

BÖLGELER	YILLIK					OCAK-HAZİRAN	
	1991	1992	1993	1994	1995	1995	1996
Marmara	31.2	55.6	43.9	46.2	40.5	45.7	45.2
İç Anadolu	17.5	13.7	18.2	9.8	10.7	12.6	13.9
Ege	10.8	9.5	8.8	11.9	12.6	18.3	11.2
Akdeniz	11.6	8.3	11.7	7.6	16.0	14.1	13.6
Karadeniz	4.9	7.0	7.8	6.4	2.6	3.8	4.9
Doğu Anadolu	4.4	1.6	1.5	4.3	3.1	1.2	2.3
Güneydoğu Anadolu	12.6	2.3	5.4	6.0	14.1	2.3	6.2
Çok Bölge	7.1	1.9	2.7	7.8	0.4	2.0	2.7
TOPLAM	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
YATIRIM TUTARI (Milyar TL.)	38.175.1	51.392.5	229.247.9	214.031.6	2.187.010.7	293.990.0	894.457.4

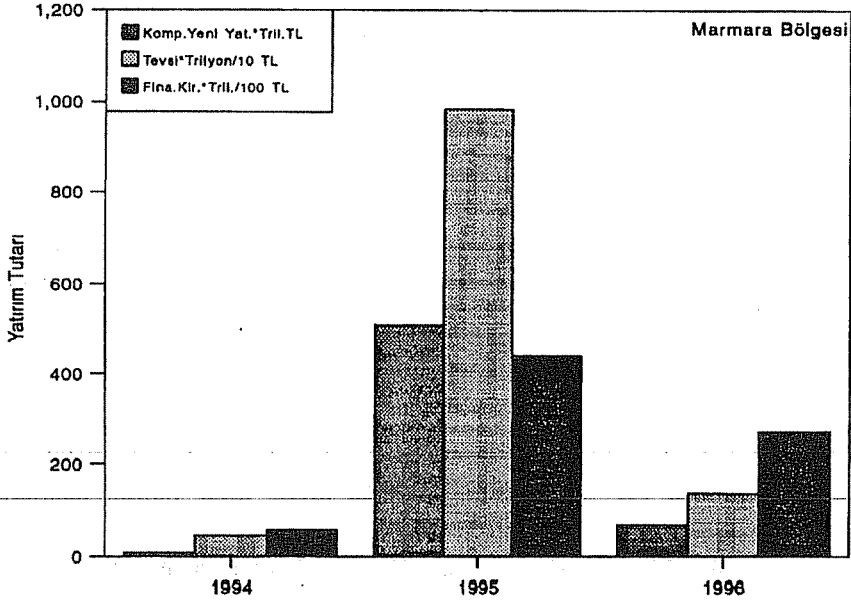
Bölgesindeki, bir önceki yıla göre %100'den fazla olan artış olumlu değerlendirilebilmesine rağmen, Doğu Anadolu ve Kadeniz Bölgelerinin çok düşük oranlarda seyretmesi düşündürücü olmalıdır.

2.2. Tekstil Endüstrisindeki Yatırım Teşvikleri

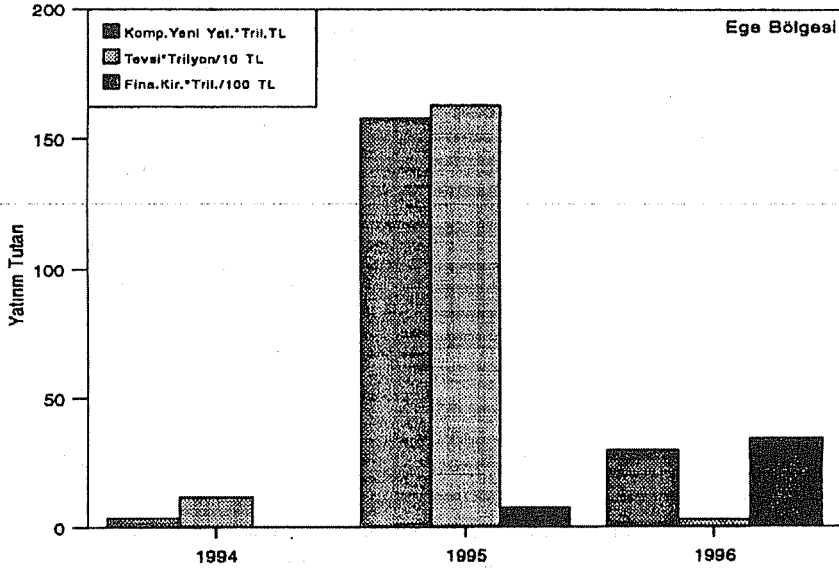
Yatırım teşviklerinin sektörel dağılımına bakıldığında, en büyük payı imalat sektörünün aldığı, bunun içinde de dokuma-giyim (tekstil) alt grubunun, özellikle 1995 yılında toplam içindeki %71.9 payıyla lider konumunda olduğu görülmektedir. Çizelge 2. Bu nedenle tekstil yatırım teşviklerinin yalnız başına ele alınması yanlış olmayacaktır. Bu bakımdan tekstil endüstrisinin yoğunlaştığı, Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki tekstil yatırımların hangi mahiyette ve yıllara göre nasıl değiştiğinin irdelenmesi uygun görülmüştür. Bu amaçla bu bölgelerdeki son üç yılın (1996 yılı 1. altı aylık dönem) tekstil yatırımlarındaki mahiyetler Şekil 1, 2, 3 ve 4 de gösterilmiştir (5). Şekillerden görüldüğü üzere, tevsî yatırım tutarlarında Marmara Bölgesi diğer bölgelerden çok daha yüksek değerler içermektedir. Bunda bu bölgede zaten belirli bir potansiyele sahip olan tekstil sanayisinin, özellikle küçük ölçekli işletmelerin kapasite artımına gitmek suretiyle büyüme eğiliminde olduklarını anlamak mümkündür. Bunu doğal olarak yine tekstil endüstrisinin eskiden beri bulunduğu Akdeniz ve Ege Bölgeleri izlemektedir. Finansal kiralama şeklindeki yatırımlarda ise Akdeniz ve Marmara Bölgeleri başabaş gitmektedir. Bunun nedeni, bu bölgelerde büyük kapasiteli tekstil kuruluşlarının bulunması, bunların ihtiyaç fazlası veya modernizasyon çerçevesinde üretim dışı bıraktıkları menkul ve gayri menkullerin diğer yatırımcılara finansal kiralama imkanı doğurmasıdır. Komple yeni yatırımlarda ise Marmara Bölgesinin yine önde olduğu, ancak özellikle 1995 yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde büyük bir atılımın olduğu görülmektedir.

Türkiye'de bölgelerin çok geniş olması ve bölgeler içerisindeki illerin de birbirinden farklı yapılar sergilemesi nedeniyle, yatırım perspektifi açısından genelden özele inmek gerekli olmaktadır. Bu nedenle bölgelerinde sanayi yatırımlarında sürükleyici etkisi bulunan illerin ayrıca değerlendirilmesi ve bu değerlendirmede, toplam yatırım tutarlarında en büyük paya sahip dokuma-giyim alt sektörünün incelenmesi uygun olmaktadır. Bu amaçla Şekil 5, 6 ve 7'de yatırım teşviklerinden önemli pay alan illerin 1994, 1995 ve 1996 (1. altı aylık dönem) yıllarındaki tekstil yatırım tutarları ve belge sayıları grafik olarak sunulmuştur (6, 7).

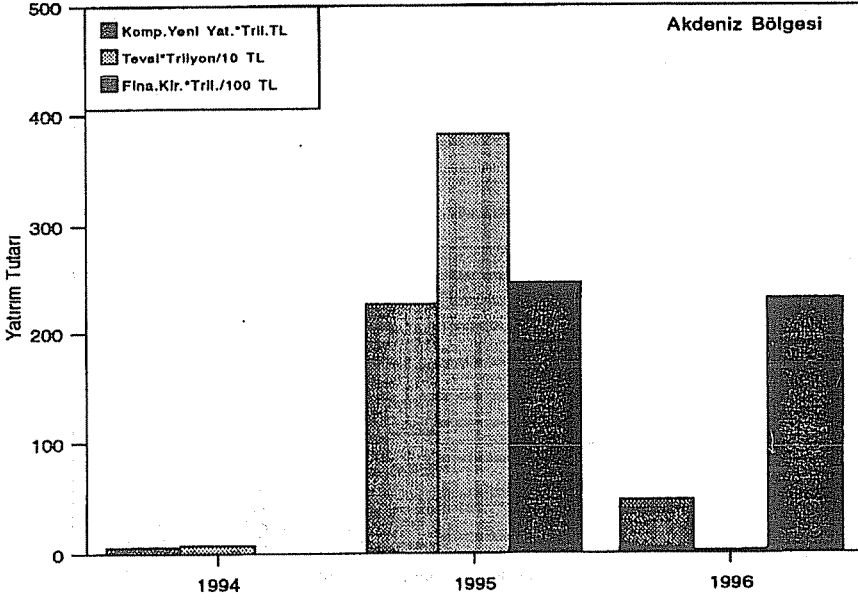
Şekillerden, 1994 yılında belge sayısı ve yatırım tutarı açısından diğer illere göre pek bir varlık gösteremeyen Adana'nın, 1995 ve 1996 yıllarında atılım içinde olduğu görülebilmektedir. Bunun yanında yatırım tutarı açısından Denizli, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Tekirdağ illerinde 1995 ve 1996 yıllarında büyük bir artış gözlenmektedir. Buradan Kahramanmaraş ve Gaziantep'in önemli tekstil merkezleri olma yolunda oldukları anlaşılmaktadır. Ayrıca Bursa'nın var olan potansiyeline



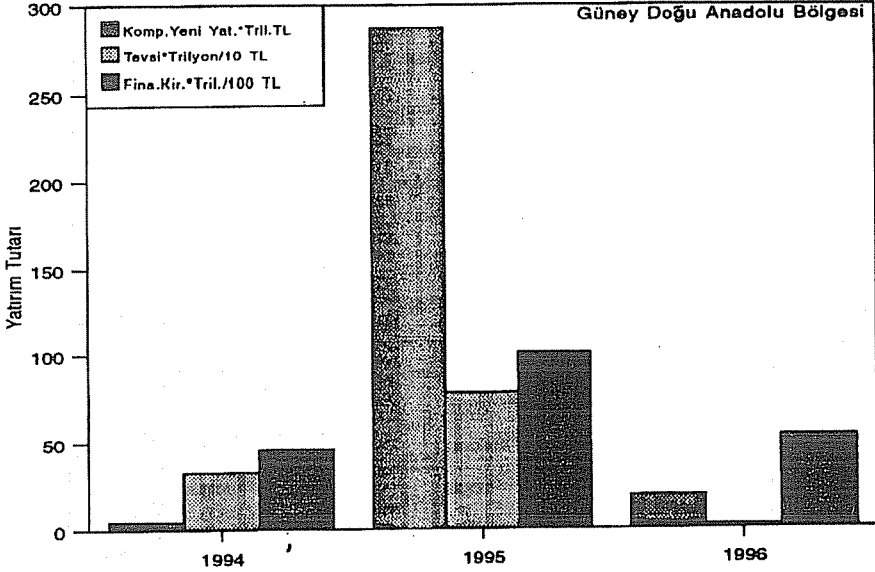
Şekil 1. Yatırım teşvik tutarlarının mahiyetlerine göre Marmara Bölgesi için, yıllar itibariyle değişimi.



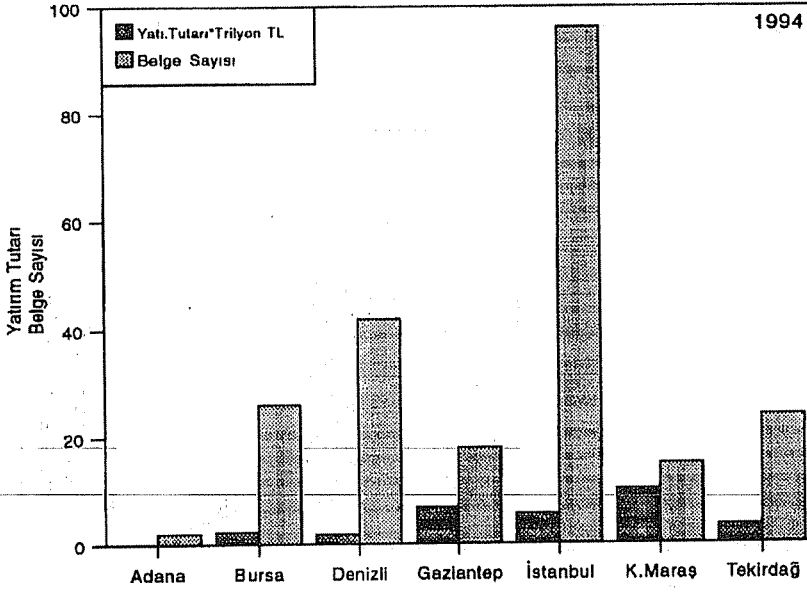
Şekil 2. Yatırım teşvik tutarlarının mahiyetlerine göre Ege Bölgesi için, yıllar itibariyle değişimi.



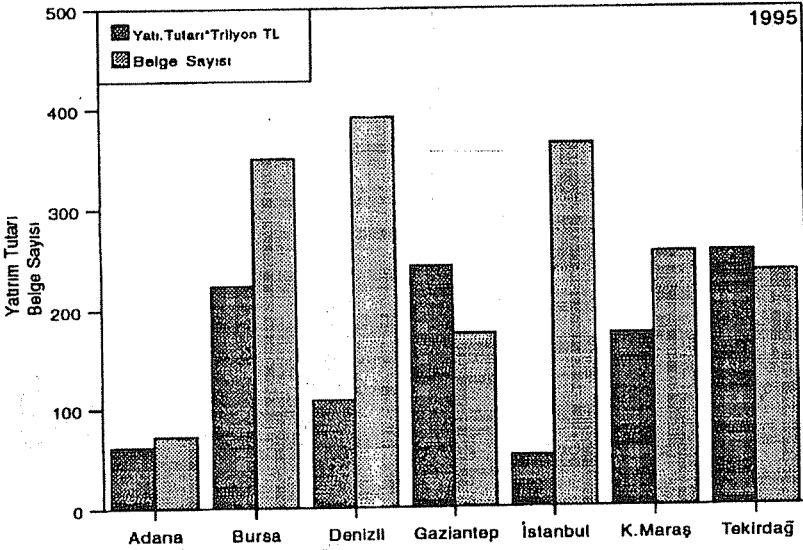
Şekil 3. Yatırım teşvik tutarlarının mahiyetlerine göre Akdeniz Bölgesi için, yıllar itibariyle değişimi.



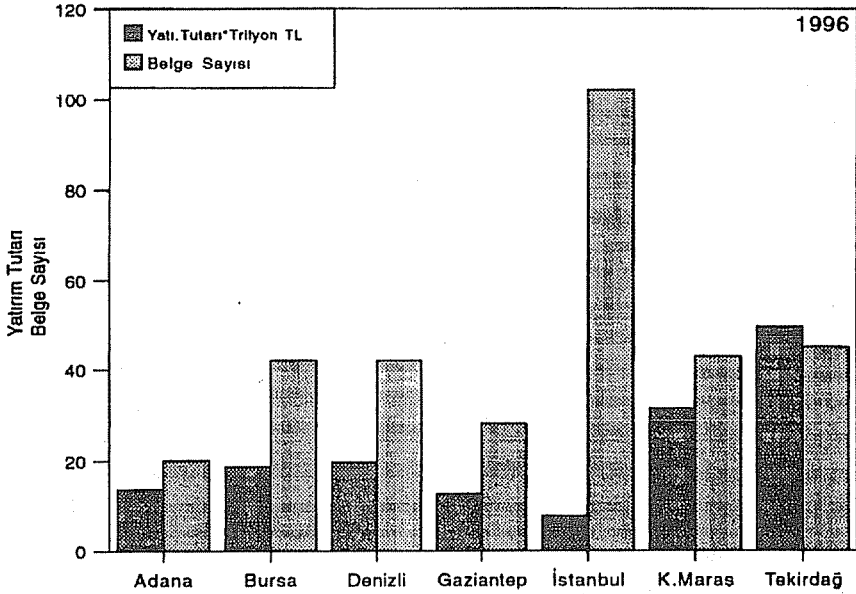
Şekil 4. Yatırım teşvik tutarlarının mahiyetlerine göre Güney Doğu Anadolu Bölgesi için, yıllar itibariyle değişimi.



Şekil 5. İller bazında tekstil yatırım tutarı ve belge sayısının 1994 yılı dağılımı.



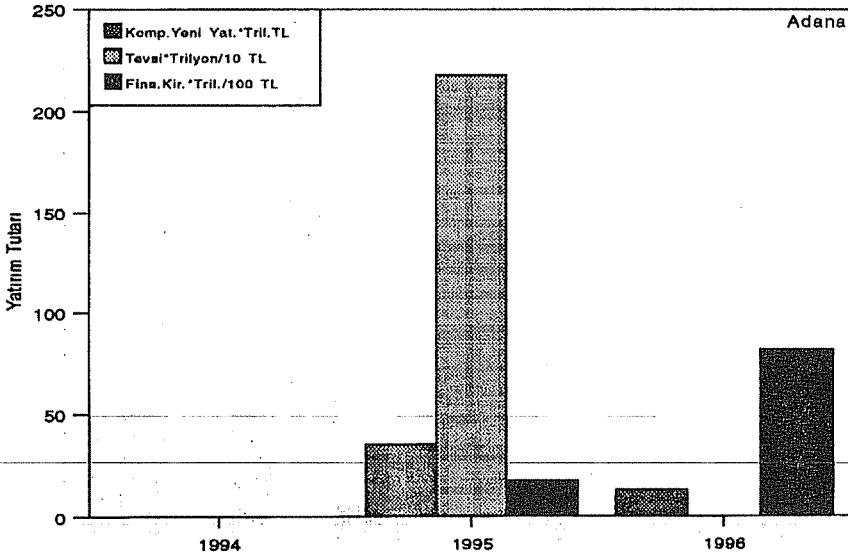
Şekil 6. İller bazında tekstil yatırım tutarı ve belge sayısının 1995 yılı dağılımı.



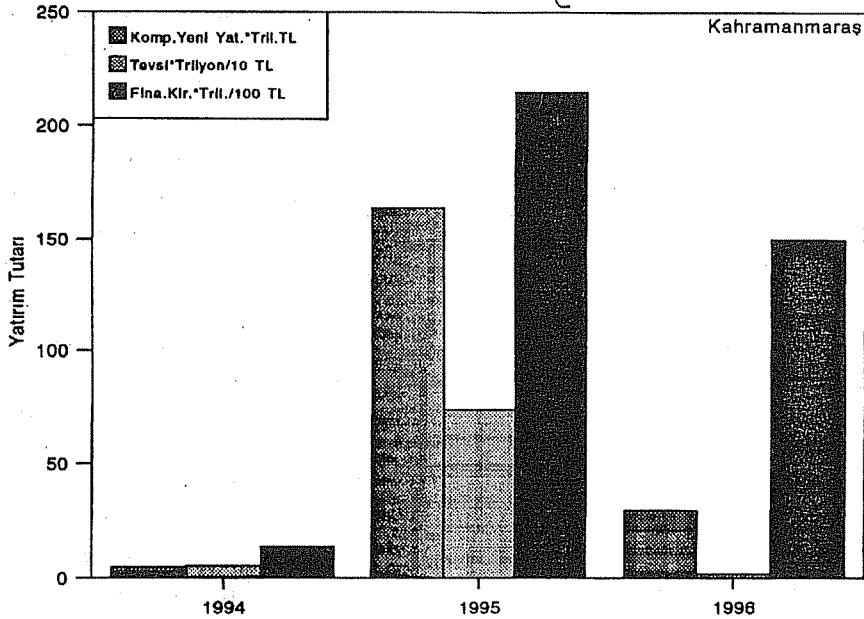
Şekil 7. İller bazında tekstil yatırım tutarı ve belge sayısının 1996 yılı dağılımı (1. altı aylık dönem).

rağmen önemli bir pay aldığı, İstanbul'un ise belge sayısının çokluğuna karşın yatırım tutarı açısından gerilerde kaldığı, bunda da bu ilin zaten gelişmiş olduğunun dikkate alındığı ve teşvik unsurlarının genelde komple yeni yatırımların dışında uygulandığı söylenebilmektedir.

Şekil 8, 9, 10, 11 ve 12 de sırasıyla Adana, Kahramanmaraş, Gaziantep, Denizli ve Bursa illerindeki son üç yıldaki (1996 yılı 1. altı aylık dönem) yatırım tutarının önemli kısmını oluşturan, komple yeni yatırım, tevsi ve finansal kiralama şeklindeki teşviklerin dağılımı gösterilmiştir (6,7). Görüldüğü üzere, Adana'da düzensiz bir dağılım gerçekleşmiş, 1995 yılında tevsi yatırımları varken, bir önceki ve bir sonraki yıllarda hiç gerçekleşmemiştir. Finansal kiralamanın ise 1996 yılında arttığı, buna karşılık komple yeni yatırımın azaldığı izlenimi tespit edilebilmektedir. Kahramanmaraş'ta ise komple yeni yatırımın yanında, finansal kiralamanın da ağırlık kazandığı, Gaziantep'te de komple yeni yatırımda 1996 yılında bir önceki yıla göre çok büyük düşüş olduğu, ancak finansal kiralamanın arttığı görülebilmektedir. Denizli'de de 1995 yılında komple yeni yatırım ve tevsi teşviklerinin ağırlıklı olduğu, fakat 1996 yılında tevsinin yerine finansal kiralamanın ön plana çıktığı görülmektedir. Bir tekstil merkezi olan Bursa'da ise, komple yeni yatırımın yanında diğer illere göre tevsi ve finansal kiralamanın da

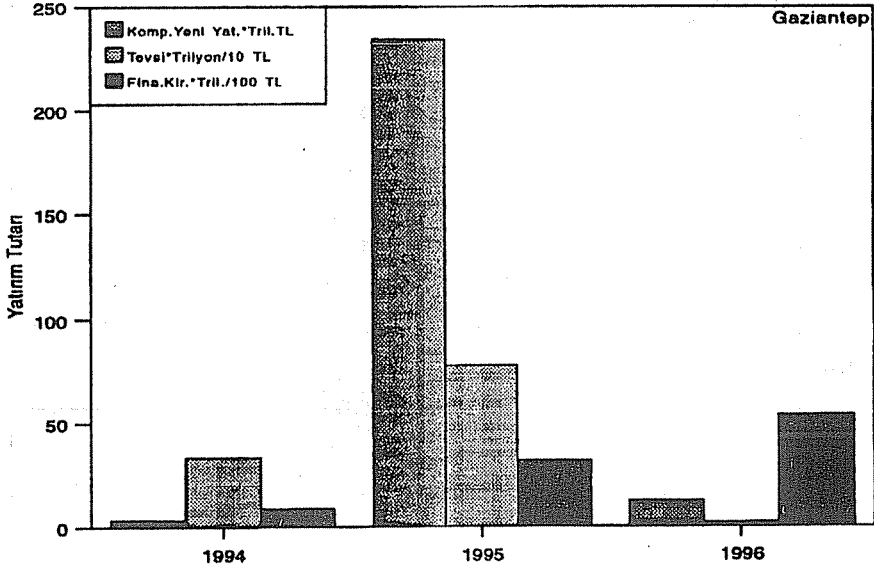


Şekil 8. Adana'daki tekstil yatırım mahiyetlerinin yıllara göre değişimi.

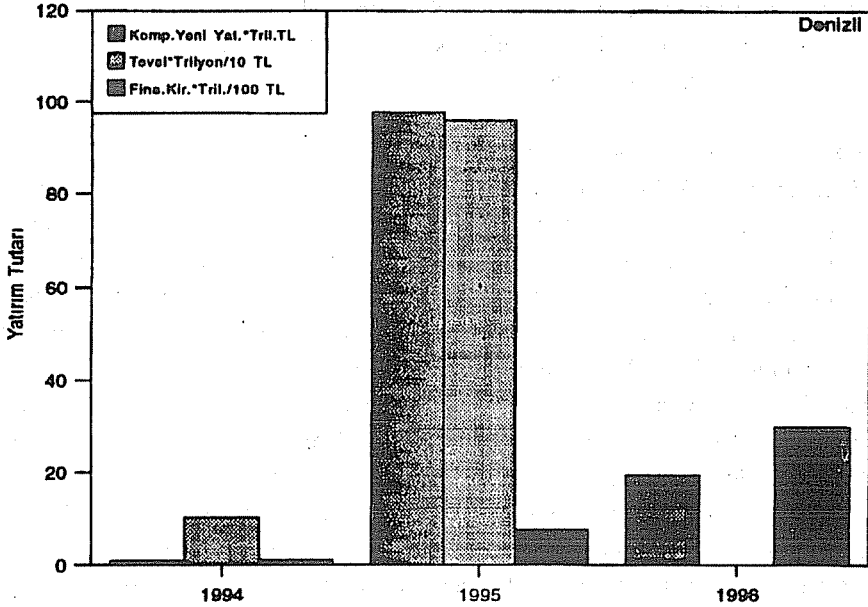


Şekil 9. Kahramanmaraş'taki tekstil yatırım mahiyetlerinin yıllara göre değişimi.

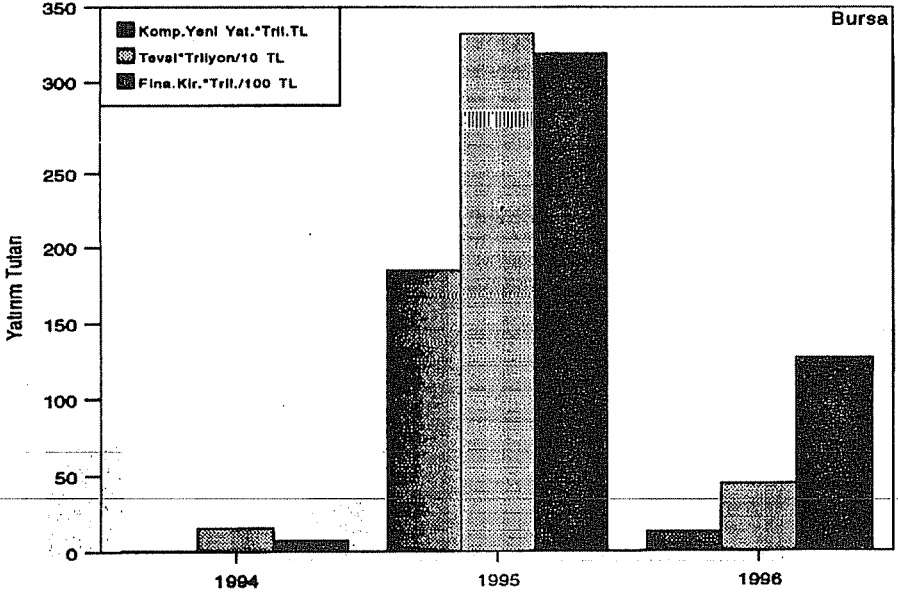
*YATIRIM TEŞVİKLERİ, ANA İLKELER, SEKTÖREL DAĞILIMLAR VE
TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE DURUM*



Şekil 10. Gaziantep'teki tekstil yatırım mahiyetlerinin yıllara göre değişimi.



Şekil 11. Denizli'deki tekstil yatırım mahiyetlerinin yıllara göre değişimi.



Şekil 12. Bursa'daki tekstil yatırım mahiyetlerinin yıllara göre değişimi.

özellikle 1995 yılında büyük oranlarda gerçekleştiği söylenebilmektedir. Ancak 1996 yılında komple yeni yatırımda büyük bir düşüşün olduğu da dikkat çekmektedir. Bunun yanında tevsî yatırımların Bursa'da ve Adana'da (1995 yılında) kendini hissettirmesi, bu illerdeki mevcut tekstil işletmelerinin, kapasite artımı ile büyüme politikaları amaçladıklarını ortaya koymaktadır.

3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Türkiye, Gümrük Birliği Anlaşması ile Avrupa Birliği Ülkeleri sanayisi arasında uyum sağlamak amacıyla, yatırımlara özellikle 1995 yılı esas olmak üzere hız vermeye başlamıştır. Bu amaçla yatırımcıya; yatırım teşvikleri adı altında, tarım, madencilik, imalat, enerji ve hizmetler sektörlerinde teşvik vermektedir. Ancak son yıllarda yatırım teşviklerinde imalat sektörünün çok ön plana çıktığı, bunda da dokuma-giyimin etkili olduğu görülmektedir. 1995 yılında imalat sektörünün, toplam içerisinde %87.6 değerine, dokuma-giyimin ise tek başına %71.9 gibi hayli yüksek rakamlara çıktığı tespit edilebilmektedir. Buradan Türkiye'de son yıllarda yapılan yatırımların, tekstil endüstrisine doğru kaydığı kolaylıkla belirlenebilmektedir. Ayrıca yatırımların mahiyetlerine bakıldığında yine 1995 yılı için %82.7 ile komple yeni yatırımın, %13.4 ile tevsinin oluştuğu belirlenebilmektedir. Bu ise Türkiye genelinde yeni tesislerin planlandığını ve mevcut tesislerin de kapasite artımına gittiğine işaret etmektedir. Bunun da modern teknoloji transferi ile istihdam sayısının artmasını mümkün kıldığı

gözükmektedir. Diğer yandan yatırımların büyük oranda Marmara Bölgesinde gerçekleştiği, bunu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Ege ve İç Anadolu Bölgelerinin izlediği, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinin ise hemen hemen ihmal edildiği görülmektedir.

Tekstil yatırımları açısından teşvikler ele alındığında ise, öteden beri ağırlığını koruyan Bursa, İstanbul ve son dönemlerde ihmal edilen Adana gibi mevcut tekstil merkezlerinin yanında, Türkiye'nin Denizli, Kahramanmaraş ve Gaziantep gibi kentleri kazandığı da memnuniyetle görülmektedir. Bütün bu illerde genel olarak komple yeni yatırım, tevsii ve finansal kiralama şeklinde yatırımların ön plana çıktığı, ancak bilhassa eski ve büyük tekstil işletmeleri açısından önem arzeden, modernizasyon içerikli yatırımların düşük oranlarda seyrettiği, bunun ise düşündürücü olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak yatırım teşviklerinin kapsam ve destek unsurları açısından daha cazip hale getirilmesine, Türkiye ve dünya gerçekleri gözönünde bulundurularak özellikle önemli ve gerekli görülen öncelikli yatırımlara ağırlık verilmesi ve yeni endüstri merkezlerinin de yaratılmasına katkı sağlayacak yatırım teşvik politikalarının hedeflenmesi olumlu sonuçlar sağlayacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. 94/6411 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı, 13 Ocak 1995 tarih ve 22170 sayılı Resmi Gazete.
2. 95/2 nolu Yatırımlarda Devlet Yardımları ile İlgili Tebliğ, 4 Nisan 1995 tarih ve 22248 sayılı Resmi Gazete.
3. 95/6569 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı, 10 Mart 1995 tarih ve 22223 sayılı Resmi Gazete.
4. Temel Ekonomik Göstergeler, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Temmuz 1996.
5. Koç,E. ve Oğulata,R.T., Türkiye'de Yatırım Teşvik Politikası ve Tekstil Yatırımlarında Genel Durum, Tekstil İşveren Dergisi, Sayı 205, s.27-32, 1996.
6. Oğulata,R.T, Koç,E. ve Çiçek,A., Türkiye Genelinde Yatırım Teşvikleri ve Tekstilin Konumu, Tekstil Teknoloji Dergisi, 4-14, Kasım 1996.
7. 1994, 1995 ve 1996 yılları Yatırım Teşvik Belgeleri ile İlgili Resmi Gazeteler.



TÜRK TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE YATIRIMLARIN YÖNÜ VE YARATILAN İSTİHDAM

R.Tuğrul OĞULATA ve Erdem KOÇ

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

ÖZET : *Türkiye son yıllarda tekstil endüstrisine yoğun yatırımlar yapmış ve bu sanayi dalını ülkenin en önemli sektörü haline getirmiştir. Özellikle 1995 yılında Gümrük Birliği'nin de etkisiyle büyük boyutlara varan tekstil makineleri ithalatı gerçekleştirilmiş, ancak yapılan yatırımlarda herhangi bir kriter esas alınmamıştır.*

Bu nedenle yapılan tekstil yatırımlarının eğilimlerinin belirlenmesi uygun görülmüştür. Bunun yanında emek yoğun olan tekstil endüstrisinin, artan yatırımlarla istihdama etkisi de önemli görülmüş, işsizlik sorunu üzerindeki olumlu katkıları gösterilmeye çalışılmıştır.

INVESTMENT TRENDS IN THE TURKISH TEXTILE INDUSTRY AND THE EMPLOYMENTS CREATED

ABSTRACT : *Türkiye has made dense investments in textile industry in the recent years and as a result brought this industry branch as the most important of the national industrial sector. Especially in 1995 with the effects of entering to Customs Union, the textile machinery imports were achieved in a large scale although no criterion has been adopted into the investment policy.*

For this reason, it has been found convenient to determine the trends in textile investments performed. Alog with this, the effect of textile industry being labor densed on the employments created by increasing investments has also been considered as important and the positive contributions of this industry to the unemployment problems have been tried to be shown.

1. GİRİŞ

Devlet tarafından verilen yatırım teşvikleri; bölgelerarası dengeleri ve yatırım öncelikleri ile istihdam politikaları gözönüne alınarak yatırımcıya değişik şekillerde katkıyı kapsamaktadır. Bu amaçla Türkiye; gelişmiş yöreler, kalkınmada öncelikli yöreler ve normal yöreler olmak üzere 3 kategoriye, kalkınmada öncelikli yöreler ise 1. ve 2. derecede öncelikli yörelere ayrılarak ve bazı yörelerde Sanayi Kuşağı olarak değerlendirilerek bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda; gümrük vergisi ve fon muafiyeti, yatırım indirimi, makine ve teçhizat alımlarında katma değer vergisi desteği, dış kredi teminat mektubu masraflarına katkı, arsa sağlanması, kalite ve standart sağlanması, enerji desteği ve kredi ile çeşitli mevzuatta öngörülen destekler değişik şekil ve oranlarda yatırımcıya teşvik olarak verilebilmektedir. Verilen teşvikler; tarım, madencilik, imalat, enerji ve hizmet sektörlerinde olmak üzere komple yeni yatırım, tevsi, tamamlama, modernizasyon, finansal kiralama v.b. şeklinde olabilmektedir (1, 2, 3).

Sektörler arasında son yıllarda kapsam olarak en büyük payı imalat sektörü almaktadır. Bu sektörün içinde de en büyük kısmı dokuma-giyim (tekstil) oluşturmaktadır. 1995 yılında imalat sektörü, bütün yatırım teşviklerinin %87.6'sını, dokuma-giyim ise tek başına %71.9'unu oluşturmuştur (4). Bu tüm sektörler gözönüne alındığında çok büyük bir oranı ifade etmekte ve Türkiye'nin yatırımlarında ağırlıklı olarak tekstile kaydığını göstermektedir. Aynı eğilim 1996 yılında da yaşanmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin genel anlamda sanayisi ve ekonomik geleceği hakkında bir yön çizen yatırım teşviklerinin, tekstil yatırımları açısından ele alınması gerekmektedir. Değişen dünya ve Türkiye pazar eğilimlerinin gerçekleri doğrultusunda, bu yatırımların doğru uygulanıp uygulanmadığı, gerekli olup olmadığı analiz edilmelidir. Bu amaçla bu çalışmada Türk sanayisinin parlayan sektörü olan tekstilde, yatırımların hangi kriterler doğrultusunda nasıl yoğunlaştığı, Türkiye'de hangi yörelerde hangi tekstil yatırımlarının arttığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

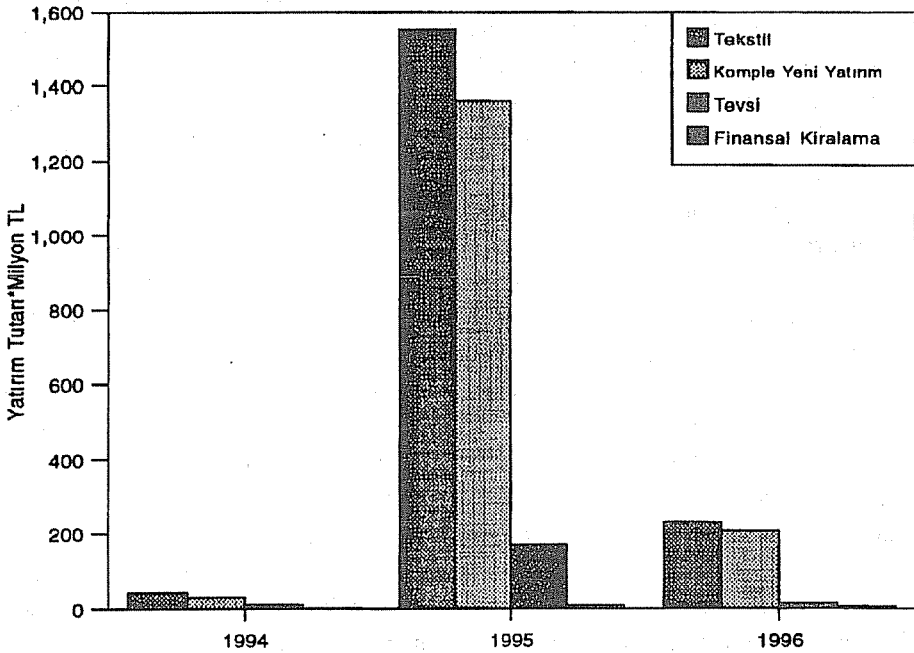
Ayrıca sözkonusu yatırımların, kanayan yara haline gelen ülkemiz istihdam sorunu üzerindeki etkileri de araştırılmış ve kısa vadede sorunu hafifletici önlemlerin alınmasında devlet tarafından yapılanlar analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla devletin yatırımcıya sunduğu teşviklerin istihdam açısından, özellikle teşviklerde ağırlığını koruyan tekstil endüstrisi bakımından araştırılması uygun görülmüş ve bu konudaki devlet politikasına dikkat çekilmek istenmiştir.

2. TEKSTİLDEKİ YATIRIM EĞİLİMLERİ

Türkiye'nin genel anlamda sanayisi ve ekonomik geleceği hakkında bir yön çizen yatırım teşviklerinin, tekstil yatırımları açısından derinlemesine ele alınması zorunlu görünmektedir. Değişen dünya ve Türkiye pazar eğilimlerinin gerçekleri doğrultusunda, bu yatırımların doğru uygulanıp uygulanmadığı, gerekli olup olmadığı analiz

edilmelidir.

Şekil 1'de teşvik olan tekstil yatırımlarının 1994, 1995 ve 1996 (1. altı aylık dönem) yıllarındaki mahiyetleri gösterilmiştir. Buradan, Türkiye genelinde gerçekleştirilecek tekstil yatırımlarının büyük kısmının komple yeni yatırım, az bir kısmının ise tevsi şeklinde olduğu anlaşılmaktadır (5). Dolayısıyla Türkiye'nin tekstil alanında yeniden yapılanmakta olduğu ve daha ziyade yeni tesislerin kurulduğunu, ancak mevcut tesislerin kapasite artımı veya modernizasyon içerikli çalışmalarının pek yoğun olmadığı rahatlıkla görülebilmektedir. Bu bakımdan özellikle komple yeni yatırımlardaki ve tevsi yatırımlardaki, yatırımcı eğiliminin nasıl olduğu, Türkiye ve Dünya gerçekleri gözönüne alınarak bir piyasa araştırması sonucunda, değişen tüketici istekleri dikkate alınarak doğru yatırım tercihlerinin yapıp yapılmadığının tespiti, bu sektörün geleceği açısından oldukça önem arz etmektedir.



Şekil 1. Yatırım teşvik tutarlarının mahiyetlerine göre Türkiye genelinde yıllar itibariyle değişimi.

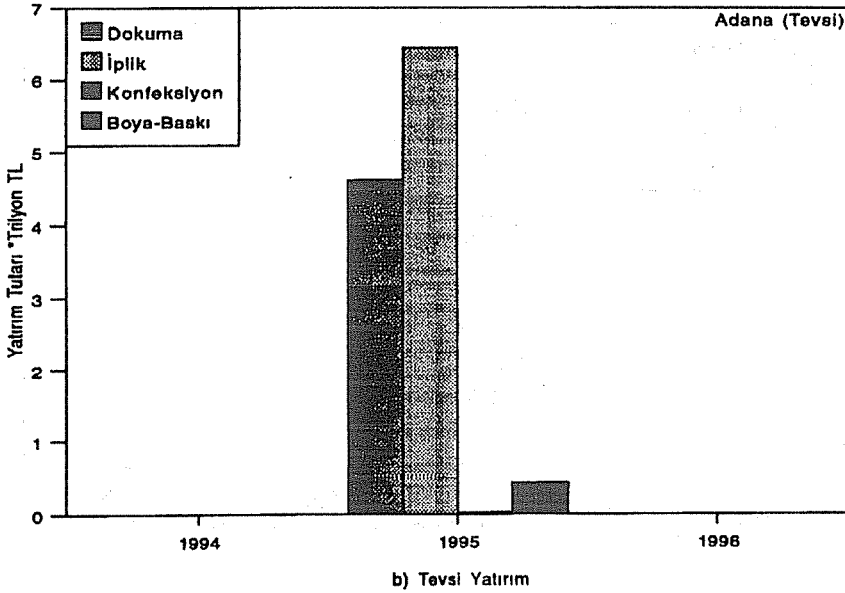
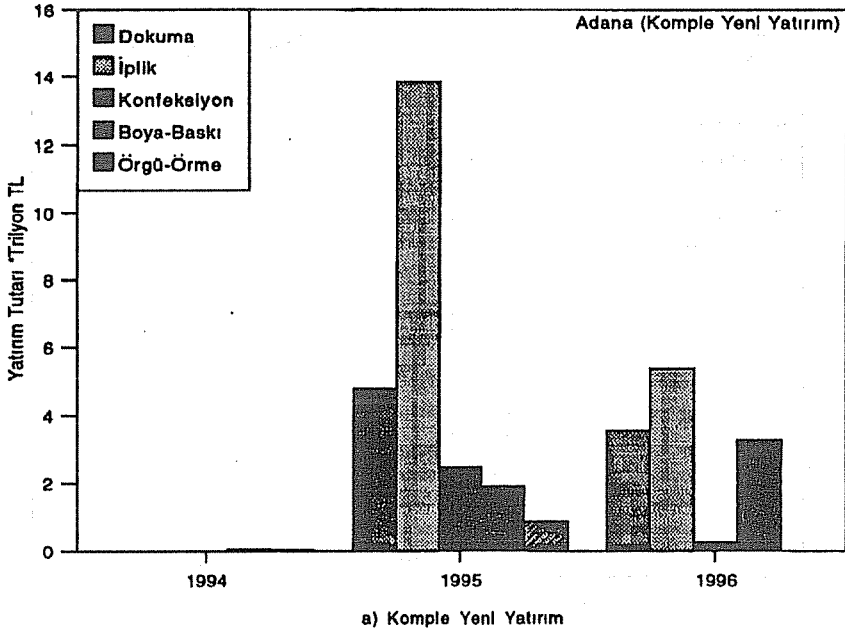
Bu nedenle son üç yıldaki (1996 yılı 1. altı aylık dönem) tekstil yatırım teşviklerinin hangi alanlarda gerçekleştiği tekstil yatırımları açısından önemli görülen illerde, komple yeni yatırım ve tevsi için, Hazine Müsteşarlığı yatırım teşvikleri tebliğlerinden belirlenmeye çalışılmıştır (6).

Şekil 2-6'da sırasıyla Adana, Bursa, Denizli, Gaziantep ve Kahramanmaraş'daki komple yeni yatırım ve tevsi mahiyetli tekstil yatırımlarının; dokuma, iplik, konfeksiyon, boya-baskı gibi alanlardaki dağılımı yıllar itibariyle gösterilmiştir. Görüldüğü gibi komple yeni yatırımlarda; Adana'da 1994 yılında bir yatırım görülmezken, 1995 yılında iplik yatırımlarının çok fazla olduğu bunu düşük oranlarda dokuma, konfeksiyon, boya-baskı ve örgü-örmenin izlediği, 1996 yılında iplik yatırımlarının daha az tutarda olmak üzere yine önde olduğu, ancak konfeksiyon ve örgü-örme yatırımlarının çok az olduğu görülmektedir. Bursa'da ise yine iplik yatırımlarının 1995 yılında önde olduğu, bunu dokuma, boya-baskı ve örgü-örmenin takip ettiği, Denizli'de ise dokumanın ön plana çıktığı, iplik ve boya-baskı yatırımlarının daha sonra geldiği görülmektedir. Gaziantep'te ise iplik yatırımlarının çok fazla olduğu, Kahramanmaraş'ta da iplik yatırımlarının ve bunun ardından dokuma yatırımlarının geldiği görülmektedir.

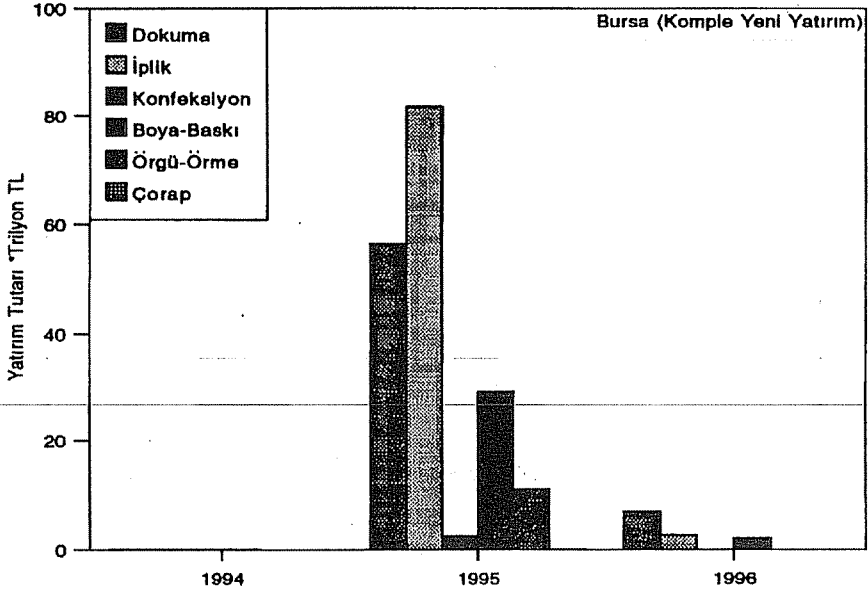
Tevsi yatırımlarda ise Adana'da sadece 1995 yılında iplik ve ardından dokuma yatırımlarının, Bursa'da ise aynı yıl dokuma, boya-baskı ve iplik yatırımlarının hemen hemen aynı ağırlıkta olduğu, Denizli'de dokumanın çok önde olduğu bunu daha düşük oranlarda diğerlerinin takip ettiği, Gaziantep'te ise sadece iplik yatırımlarının yoğun olduğu, Kahramanmaraş'ta da dokuma ve ardından iplik yatırımlarının geldiği görülmektedir.

Genel olarak yatırımların yoğunlaştığı yıl olması bakımından 1995 yılı yatırımlarında tekstil yatırım alanları değerlendirilecek olursa; Adana, Bursa, Gaziantep, Kahramanmaraş illerinde iplik yatırımlarının ağırlıklı olduğu, Denizli'de dokuma yatırımlarının ön plana çıktığı tespit edilebilmektedir. Bu tespit, Şekil 7'de verilen, 1995 yılı tekstil makineleri ithalatının, uygulama alanlarına göre dağılımından da görülebilmektedir (7). Görüldüğü gibi Türkiye'de son yıllarda yapılan tekstil yatırımlarının özellikle iplik ağırlıklı olduğu, bunu dokumanın izlediği anlaşılmaktadır. Yapılan yatırımlar o kadar büyük boyutlara ulaşmıştır ki, tekstil makineleri sevkiyatına bakıldığında, 1994 yılında 100.132 olan kısa elyaf iği, 1995 yılında 288.220 olarak gerçekleşerek Hindistan ve Endonezya'dan sonra Türkiye 3. sırayı almış, open-end makinelerde ise 61.956 rotorla, 1995 yılında Türkiye dünya piyasalarında 1. sıraya oturmuştur. Genel olarak dokuma tezgahlarında ise mekiksiz tezgahlarda 1995 yılında büyük bir atılım yapılarak, dünyada 6. sıraya gelinmiştir (7, 8).

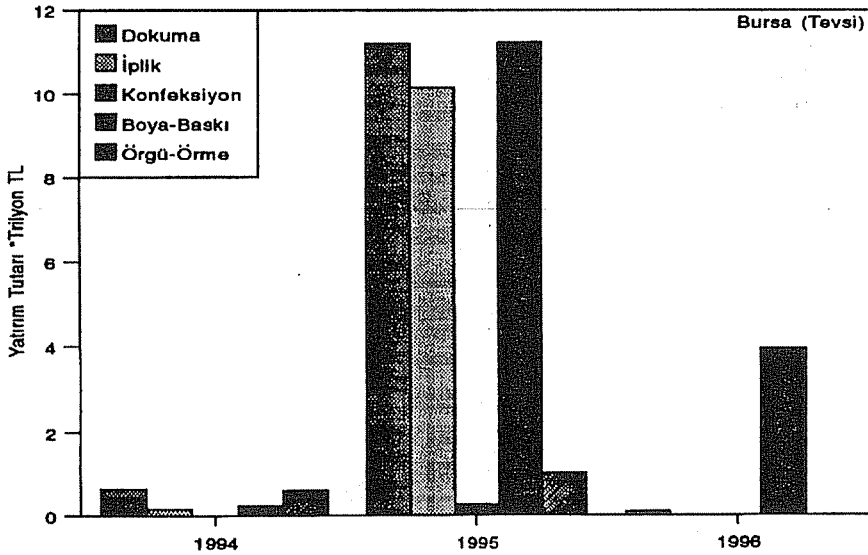
Ancak bu dönemde yapılan yatırımlarda, genel olarak herhangi bir fizibilite çalışması yapılmadan girişimlerde bulunulmuştur. Örneğin Türkiye genelinde iplik yatırımları 1. sırayı almış, bunda da çoğunluğu zaten kapasite fazlası bulunan open-end yatırımları oluşturmuştur. Fakat Türkiye'de bugün dahil yakın gelecekte ring ipliği denilen katma değeri yüksek ince ipliklerin üretimine ihtiyaç duyulmaktadır (9). Bunun yanında mevcut ring tesislerdeki iğlerin yarısından fazlasının en az 15-20 yaşında olması ve bunların eski teknolojiye sahip ve ekonomik ömürlerini tamamlamış olmaları nedeniyle



Şekil 2. Adana'daki tekstil yatırım alanlarının yıllara göre dağılımı.

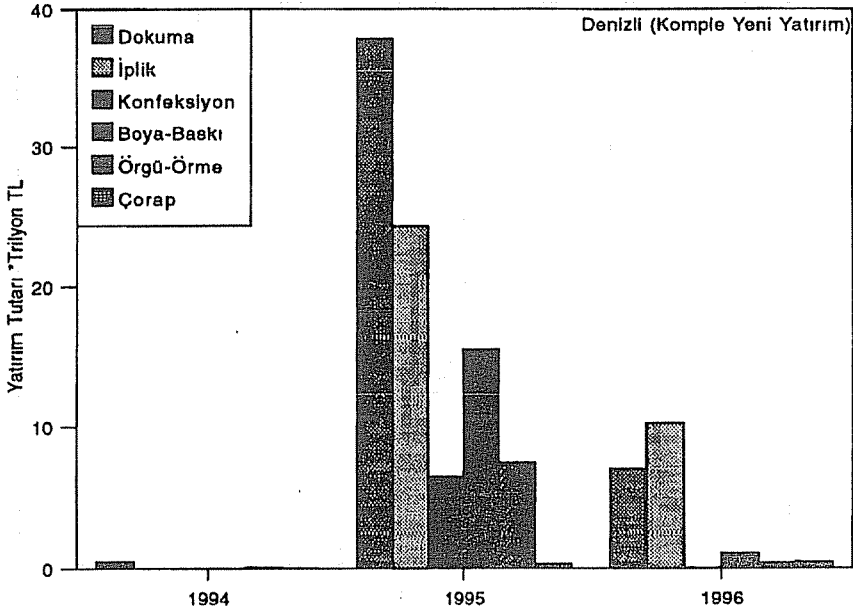


a) Komple Yeni Yatırım

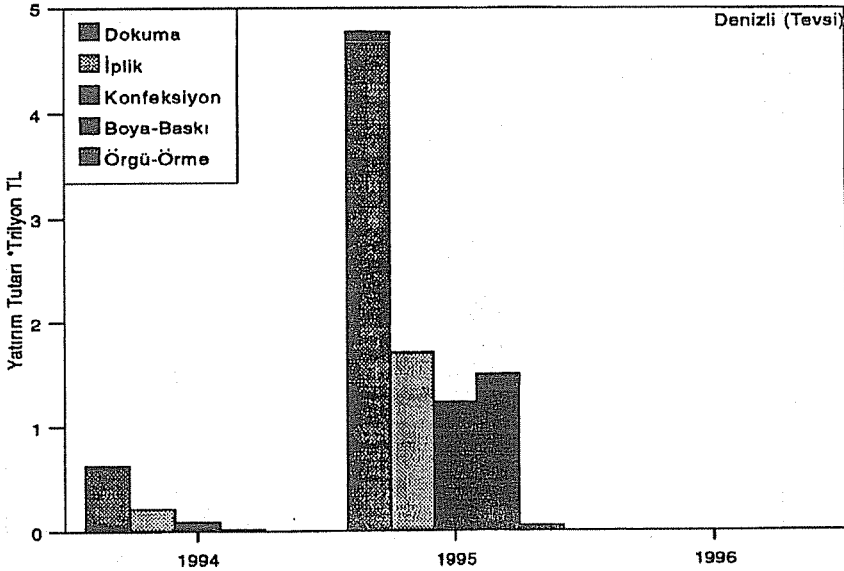


b) Tevsi Yatırım

Şekil 3. Bursa'daki tekstil yatırım alanlarının yıllara göre dağılımı.

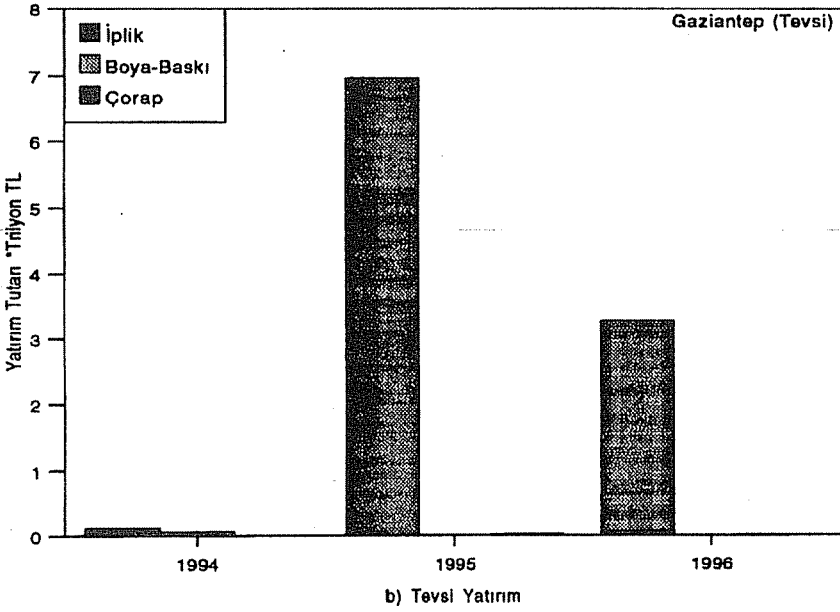
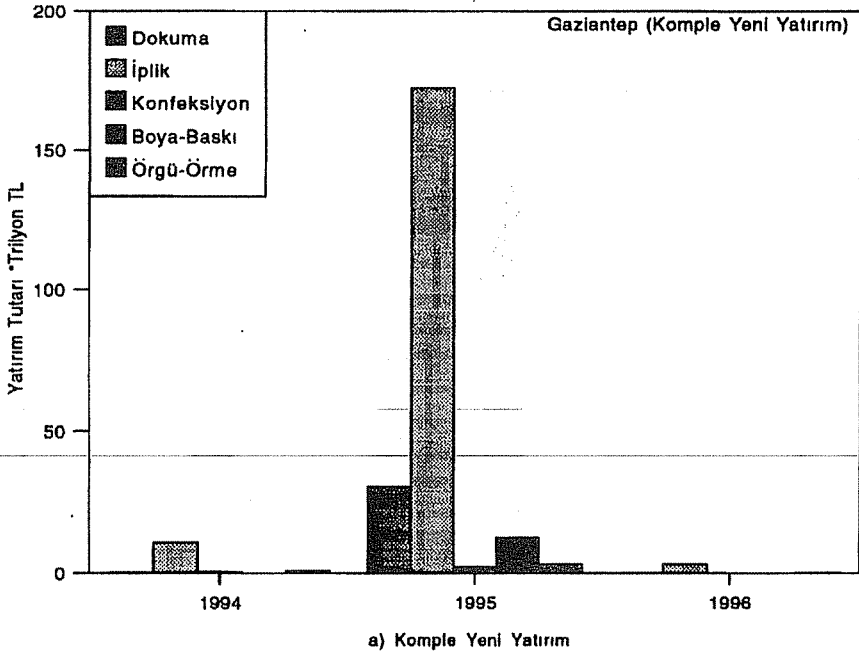


a) Komple Yeni Yatırım

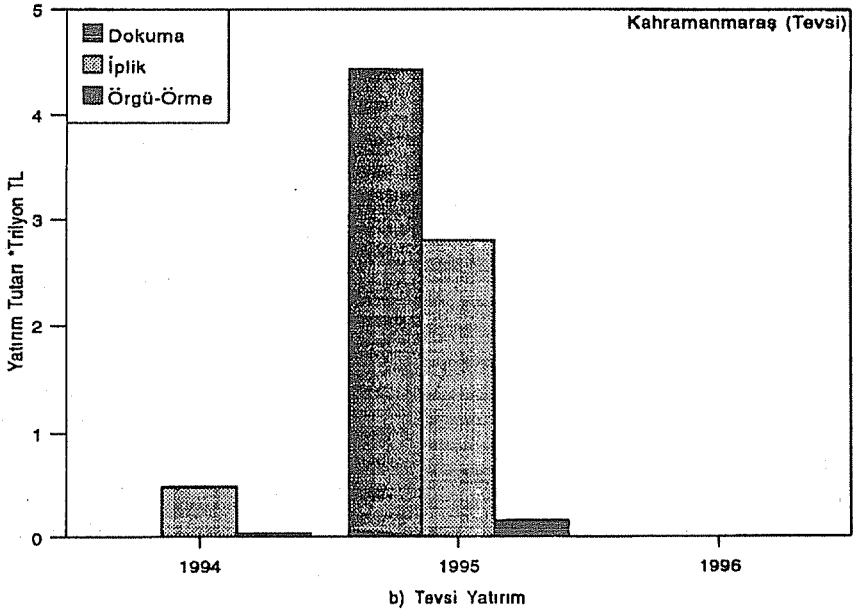
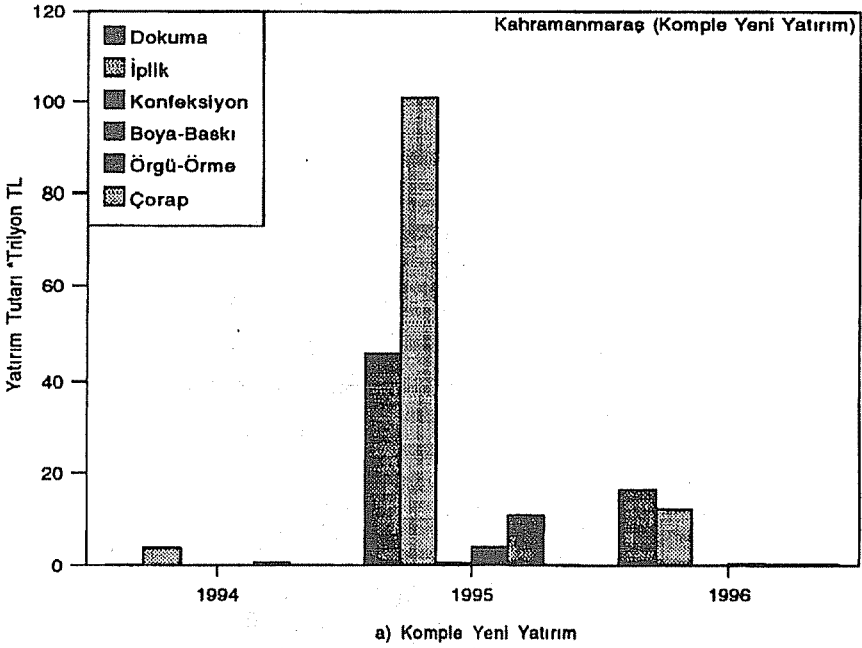


b) Tevsi Yatırım

Şekil 4. Denizli'deki tekstil yatırım alanlarının yıllara göre dağılımı.

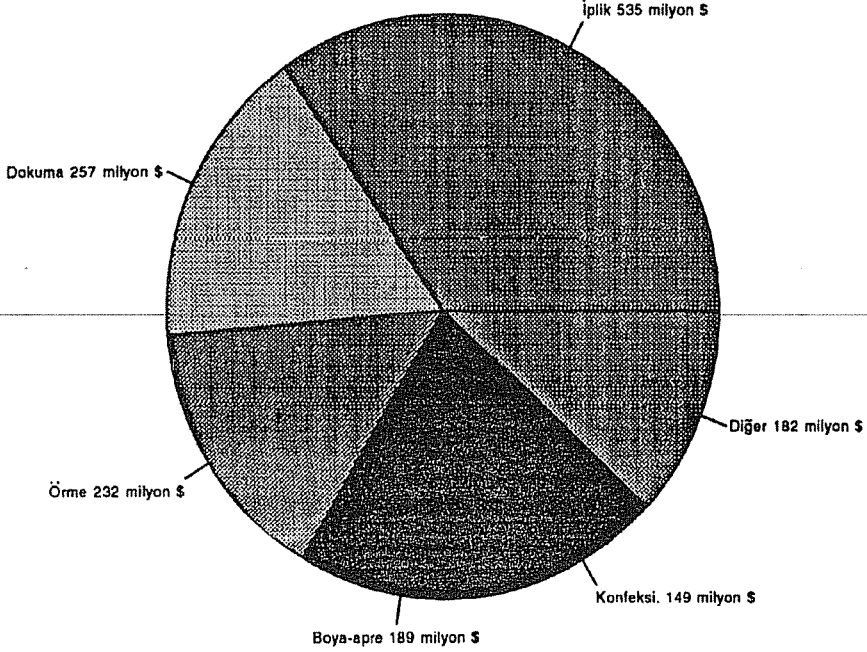


Şekil 5. Gaziantep'teki tekstil yatırım alanlarının yıllara göre dağılımı.



Şekil 6. Kahramanmaraş'taki tekstil yatırım alanlarının yıllara göre dağılımı.

tesislerin modernizasyon çerçevesinde yeni yatırımlara bu alanda gitmelerini gerektirmektedir. Böylece özellikle hazır giyimin ihtiyaç duyduğu nitelikli iplikler üretmek imkanı yaratılarak, Türk konfeksiyonculuğunun, Avrupa pazarlarında daha iyi bir konuma gelmesi de sağlanabilecektir.



Şekil 7. Tekstil makinaları 1995 yılı ithalatı (Toplam 1544 milyon \$).

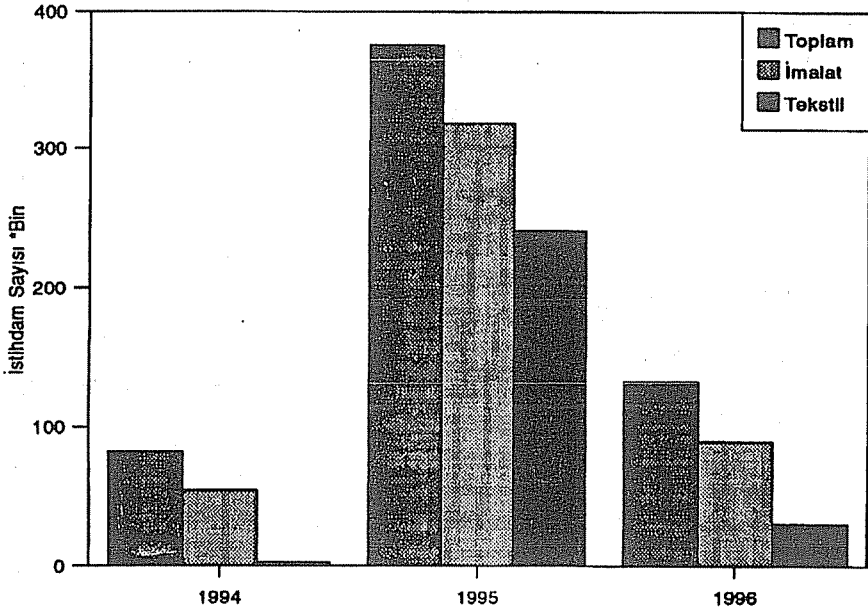
Benzer durum dokuma makineleri içinde sözkonusudur. Bu sahada da daha düşük emek gerektiren, daha verimli ve kaliteli üretim sağlayan mekikciksiz tezgahların, ekonomik ömürlerini tamamlayan tezgahların yerine tercih edilmeleri gerekmektedir.

3. TEKSTİLDE İSTİHDAM DURUMU

Son yıllarda Tekstilin önem kazanması ve verilen teşviklerin büyük kısmının bu sahaya aktarılması, tekstilin istihdam açısından da değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Şekil 8'de yatırım teşviklerinin Türkiye genelinde yaratacağı istihdam sayıları, sektörler toplamı ile imalat sektörü ve tekstil için yıllar itibariyle gösterilmiştir (10). 1995 yılında verilen teşviklerin yaratacağı istihdamın bir önceki yıla göre büyük bir artışta olduğu belirlenebilmektedir.

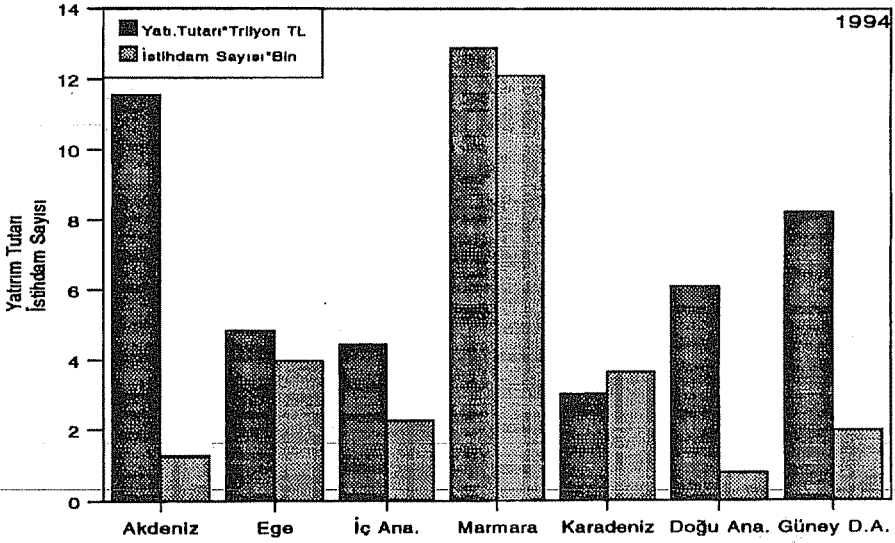
Türkiye genelinde verilen bu yatırım teşviklerinin neden olduğu istihdam



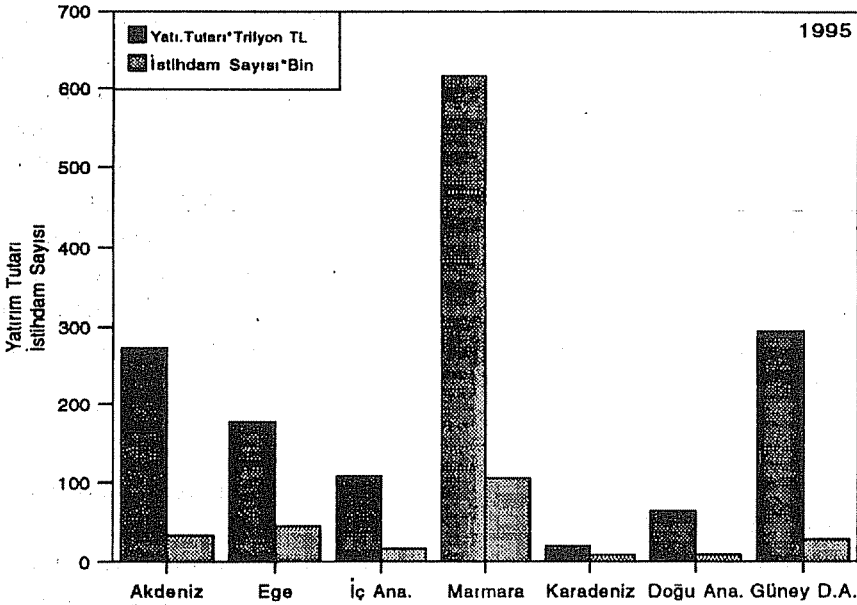
Şekil 8. Yatırım teşviklerinin neden olduğu istihdamın yıllara göre değişimi.

olanaklarının; bölgelerarası dengesizlikleri giderici yönde olup olmadığı ve özellikle işsizlik nedeniyle gerçekleşen iç göç gibi toplumsal olayların olumsuz etkilerinin önümüzdeki yıllarda da devam edip etmeyeceği açısından, bölgeler bazında da ele alınması gerekmektedir. Şekil 9, 10 ve 11'de yine tekstil yatırımlarına verilen yatırım tutarları ile yaratılan istihdam sayıları, 1994, 1995 ve 1996 (1. altı aylık dönem) yılları için bölgelere göre gösterilmiştir. 1994 yılında istihdam sayısında çok yüksek rakamlara ulaşmamakla birlikte, Marmara Bölgesinin açık farkla önde olduğu, bunu Ege ve Karadeniz Bölgelerinin izlediği, Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinin ise çok düşük düzeyde olduğu görülmektedir. 1995 yılında yatırımlardaki rekor artışlar istihdama da yansımış, ancak Marmara Bölgesinin sayı olarak artan istihdam gücü ile yine lider olduğu görülmüştür. Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin artan istihdam sayılarının ardından ise Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri son sıraları paylaşmıştır. Benzer eğilim 1996 yılı içinde görülmektedir.

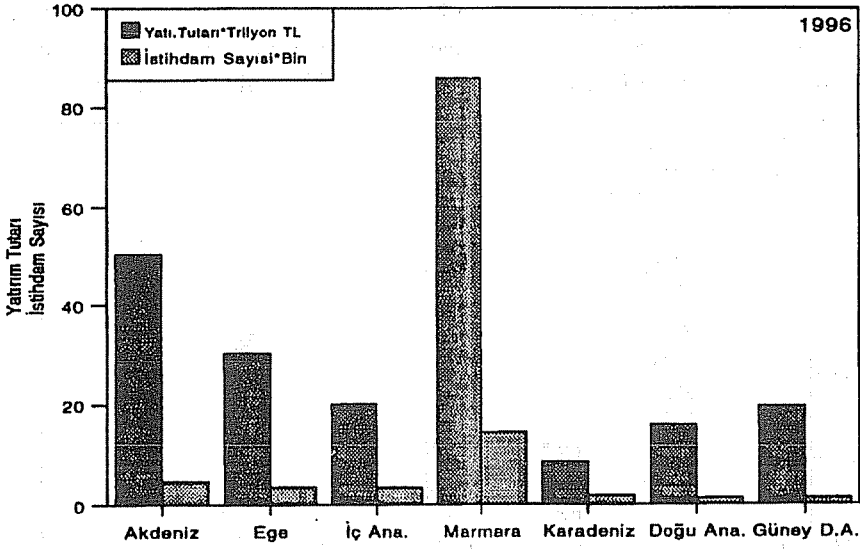
Bölgeler bazındaki bu istihdam incelemesinin, bölgelerin kendi içerisindeki bütün illeri kapsamayacağı, bazı illerin sürükleyici rol oynayacağı açıktır. Bu yüzden eskiden beri tekstil endüstrisinin yoğun olduğu ve bu yüzden de işgücü potansiyeli nedeniyle iç göç alan Adana, Bursa, İstanbul gibi büyük şehirlerle, yakın zamanlarda sanayileşme ve özellikle de tekstil yatırımlarında büyük bir atılım içerisinde bulunan Denizli,



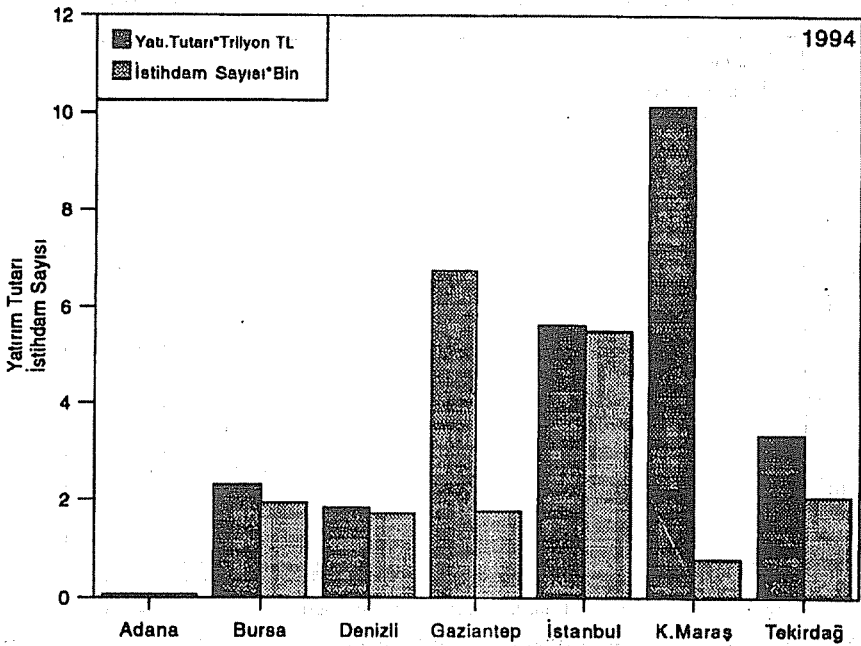
Şekil 9. 1994 yılı yatırım tutarı ve istihdam sayısının bölgelere göre değişimi.



Şekil 10. 1995 yılı yatırım tutarı ve istihdam sayısının bölgelere göre değişimi.

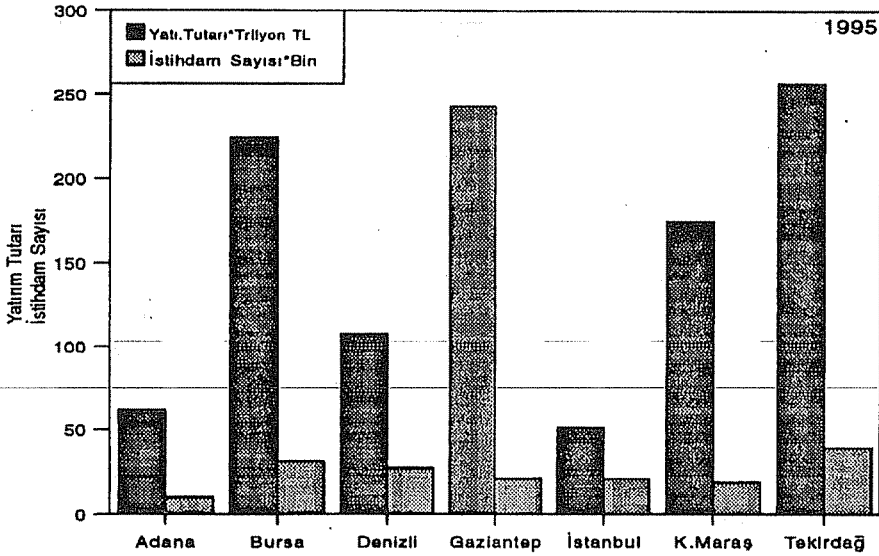


Şekil 11. 1996 yılı (1. altı aylık dönem) yatırım tutarı ve istihdam sayısının bölgelere göre değişimi.

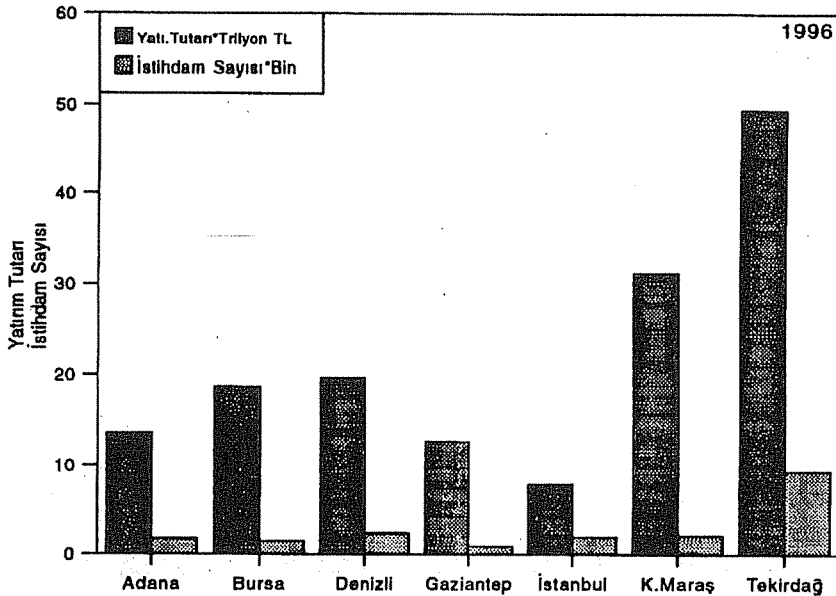


Şekil 12. 1994 yılı tekstil yatırım tutarı ve istihdam sayısının illere göre dağılımı.

Gaziantep, Kahramanmaraş, Tekirdağ illerinin son üç yıldaki (1996 yılı 1. altı aylık dönem) yatırım tutarına bağlı olarak yaratılacak istihdam sayısı değişimlerinin Şekil 12, 13 ve 14'de gösterilmesi uygun görülmüştür. 1994 yılında Adana'da tekstil



Şekil 13. 1995 yılı tekstil yatırım tutarı ve istihdam sayısının illere göre dağılımı.



Şekil 14. 1996 yılı (1. altı aylık dönem) tekstil yatırım tutarı ve istihdam sayısının illere göre dağılımı.

yatırımlarının ve istihdam olanaklarının hemen hemen hiç olmadığı, istihdam açısından İstanbul'un en önde olduğu, bunu Tekirdağ, Bursa, Gaziantep ve Denizli'nin izlediği, yatırım tutarında ise en büyük payı Kahramanmaraş'ın aldığı bunu Gaziantep, İstanbul ve Tekirdağ'ın takip ettiği görülmektedir. 1995 yılında ise daha fazla istihdam olanakları yanında, iller arasında dengeli bir durumun olduğu görülmektedir. 1996 yılında ise 1. altı aylık dönemden sezinlendiği kadarı ile Tekirdağ'ın yine önde olmasına rağmen genelde yatırım tutar ve istihdam sayısı bakımından büyük düşüşler olmaktadır. Burada 1995 yılı teşvik rakamlarına ulaşılmayışı istihdam sayısının azalmasına en büyük etken olmuştur (10).

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Türkiye ile Avrupa Birliği ülkeleri arasında 1 Ocak 1996 yılında başlayan Gümrük Birliği süreci ile tekstil sektöründe büyük bir hareketlilik başlamış ve bu nedenle özellikle 1995 yılı ve sonrasında devlet teşvikleriyle önemli yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Bilhassa İtalya'da yapılan ITMA-95 Tekstil Makinaları Fuarında büyük bağlantılar kurulmuş ve bunun sonucunda 1.5 milyar doların üzerinde tekstil makineleri ithalatı yaşanmıştır. İthalatın büyük kısmını iplik sistemleri, ardından da dokuma makineleri oluşturmuştur. Yapılan yatırımlar o kadar büyük boyutlara ulaşmıştır ki, tekstil makineleri sevkiyatına bakıldığında 1995 yılında Türkiye kısa elyaf iğinde dünyada 3. sırayı, open-end makinelerinde ise 1. sırayı almıştır. Genel olarak dokuma makinelerinde ise dünyada 6. sıraya gelmiştir.

Ancak bu dönemde yapılan yatırımlarda genel olarak herhangi bir fizibilite çalışması yapılmadan çoğunluğun tercihi esas alınarak girildiği ve çoğu yatırımcının bu işi karlı görerek asıl uzmanlık alanlarının dışında ikinci bir girişim alanı olarak görmeleri ağırlık kazanmıştır. Örneğin Türkiye genelinde iplik yatırımları 1. sırayı almış, bunda da çoğunluğu zaten kapasite fazlası bulunan open-end yatırımları oluşturmuş, ring ipliği denilen katma değeri yüksek ince ipliklerin üretimi ise yeterince dikkate alınmamıştır.

Bunun yanında mevcut ring tesislerdeki iğlerin yarısından fazlasının en az 15-20 yaşında olması ve bunların teknolojilerinin düşüklüğü ve ekonomik ömürlerini tamamlamış olmaları nedeniyle tesislerin verimlilik ve kaliteyi artırmaya yönelik modernizasyon çerçevesinde yeni yatırımlara bu alanda gitmelerini gerektirmektedir. Böylece özellikle hazır giyim ihtiyacı duyduğu nitelikteki iplikler üretmek imkanı yaratılarak, Türk konfeksiyonculuğunun Avrupa pazarlarında daha iyi bir konuma gelmesi de sağlanabilecektir. Benzer durum dokuma makineleri içinde sözkonusudur. Bu alanda da daha düşük emek gerektiren, daha verimli ve kaliteli üretim sağlayan mekikciksiz tezgahların, ekonomik ömürlerini tamamlayan tezgahların yerine tercih edilmeleri gerekmektedir.

Türkiye'de yatırımların doğru yönde yapılması hususunun yanında, istihdam olanaklarında değerlendirilmesi önemli bir konu olarak görülmektedir. Genelde emek

yoğun olan tekstil endüstrisi, istihdam açısından olumlu bir durum sergilemektedir. Özellikle yatırım ve istihdam bakımından zayıf bölgelerin, bölgelerin niteliğine göre istihdam yaratacak bu tür yatırımlarla desteklenmesi gerekmektedir. Bu destekte bilhassa kısa zamanda faaliyete geçebilecek küçük ve orta ölçekli işletmelerin kurulmasına veya kapasite artımına yönelik yatırımlara öncelik verilmesi uygun olacaktır. Bu yatırımlarda dokuma-giyim gibi hammadde sorunu yaşanmayan iç ve dış pazara yönelik, kısa zamanda faaliyete geçirilebilecek işletmelere öncelik verilmelidir. Özellikle konfeksiyon alanındaki işletmelere; işçi başına kuruluş ve işletme maliyetlerinin düşük olması ve gerekli elemanın kolay yetiştirilebilmesi dolayısıyla daha fazla destek verilmelidir. Bununla beraber 1995 yılında dokuma-giyim sektöründeki yatırımlara, toplamın %71.9'u oranında teşvik verilmişse de, artan yatırım tutarları ile birlikte teşviklerin, önümüzdeki yıllarda da devam etmesi ve bölgelerarası dengelerin gözönünde bulundurulması, kısa vadede istihdam sayısının artırılabilmesi bakımından soruna çözüm yolunda katkı sağlayabilecektir.

5. KAYNAKLAR

1. 94/6411 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı, 13 Ocak 1995 tarih ve 22170 sayılı Resmi Gazete.
2. 95/2 nolu Yatırımlarda Devlet Yardımları ile İlgili Tebliğ, 4 Nisan 1995 tarih ve 22248 sayılı Resmi Gazete.
3. 95/6569 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı, 10 Mart 1995 tarih ve 22223 sayılı Resmi Gazete.
4. Temel Ekonomik Göstergeler, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Temmuz 1996.
5. Koç,E. ve Oğulata,R.T., Türkiye'de Yatırım Teşvik Politikası ve Tekstil Yatırımlarında Genel Durum, Tekstil İşveren Dergisi, Sayı 205, s.27-32, 1996.
6. 1994, 1995 ve 1996 yılları Yatırım Teşvik Belgeleri ile İlgili Resmi Gazeteler.
7. Tekstil Yatırımlarında Hangi Ürünlere Yönelmeli, Capital Dergisi, Sayı 10, 100-104, Ekim 1996.
8. Dünya Tekstil Makineleri Sevkiyatı, Tekstil İşveren Dergisi, 27-32, Haziran 1996.
9. Acar,A., Lokomotif Tekliyor mu?, Forum Dergisi, 4-6, Eylül 1996.
10. Koç,E., Oğulata,R.T., ve Çiçek,A., Türkiyede İstihdam ve Tekstil Yatırımlarının Etkisi, Tekstil Teknik Dergisi, Sayı 145, s.8-18, 1997.

ÇUKUROVA BÖLGESİNDE GÜNEŞ PİLİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DENENMESİ

Orhan BÜYÜKALACA ve Mustafa KARAÇORLU
Ç.Ü., Makina Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada güneş pilinden elektrik enerjisi üretimi ve akümülatör kullanılarak depolanması deneysel olarak araştırılmıştır. Deneyler, güneş enerjisinden sıcak su üretimi için düz güneş toplayıcılarının yaygın olarak kullanıldığı Adana'da yapılmıştır. Güneş pilinden sağlanan elektrik enerjisi ile akümülatörün önce şarj sonra deşarj ve aynı anda hem şarj hem de deşarj edilmesi şeklinde gerçekleştirilen deneylerde toplam sistem veriminin ortalama %6 mertebesinde olduğu görülmüştür.*

TESTING PHOTOVOLTAIC ELECTRICITY PRODUCTION IN ÇUKUROVA REGION

ABSTRACT : *In this study, photovoltaic electricity production and its storage using an accumulator was investigated experimentally. Experiments were performed in Adana in which flat plate solar collectors are commonly used for hot-water production. In the experiments, using the electricity produced by a solar cell, a battery either charged firstly and then discharged or charged and discharged at the same time. It was found that the mean total system efficiency was 6%.*

1. GİRİŞ

Toplumlar yaşam standartlarını yükseltebilmek için daha çok enerji tüketmekte ve enerji tüketim hızı teknolojinin artmasına paralel olarak gittikçe artmaktadır. Günümüzde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü fosil kökenli yakacıklardan temin edilmektedir. Ayrıca hidrolik ve nükleer enerjiden de belirli oranlarda faydalanılmaktadır. Bu alışılmış enerji kaynaklarına ilave olarak güneş, rüzgar, gel-git ve dalga enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarından da faydalanmak mümkündür. Bu tür kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak da adlandırılmaktadır. Ancak günümüzde alternatif enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerji üretimi içerisindeki payı küçüktür. Fosil kökenli yakacakların sınırlı olduğu ve yakın bir gelecekte tükeneceği bilinmektedir. Ayrıca enerji fiyatlarında sürekli bir artış görülmektedir. Bütün bu faktörler son yıllarda alternatif enerji kaynaklarına yönelişi hızlandırmıştır.

Ülkemizin belirli bölgeleri, alternatif enerjinin en güncel ve en çok uygulama alanı olan güneş enerjisi yönünden oldukça zengindir. Güneş enerjisinden faydalanarak sıcak su üreten düz güneş toplayıcıları yurdumuzun Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Düz levhalı güneş toplayıcılarının üretimi tamamen yerli malzeme ve teknoloji ile yapılmakta olup bu konuda yeterli altyapı ve bilgi birikimi oluşmuş durumdadır. Güneş enerjisinden ısı olarak (sıcak su üretiminde olduğu gibi) faydalanmak mümkün olduğu gibi, güneş pilleri kullanılarak elektrik enerjisi de elde edilebilir.

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken kristallerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları 100 cm^2 civarında, kalınlıkları ise özellikle en yaygın olan silisyum güneş pillerinde 0.2-0.4 mm arasındadır (1,2). Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir (3). Uygulamada güç çıkışını artırmak amacı ile çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmektedir. Bu yapıya güneş pili modülü adı verilmektedir. Bu modülleri de birbirlerine seri ya da paralel bağlayarak, güneş pili dizisi oluşturmak da mümkündür. Güneş pillerinin verimini arttırmak, maliyetini ucuzlatmak ve üretim aşamasında çevreye verilen zararı azaltmak için yeni malzemeler ve üretim teknikleri üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Günümüzde kullanılan modern güneş pillerinin çalışma prensibi bundan yaklaşık 160 yıl önce ortaya konmasına rağmen (4), ilk güneş pili 1940'lı yılların sonunda imal edilmiştir (5). İlk güneş pili 1958 yılında Vanguard-I adı verilen uydunun elektrik enerjisini sağlamak üzere kullanılmıştır. İmal edilen ilk güneş pillerinin verimi yaklaşık %5 civarında olmuştur. İlk pilin imalinden günümüze kadar güneş pilleri üzerinde bir çok araştırma yapılmış olmakla birlikte güneş pillerine olan ilgi 1970'li yılların başında patlak veren petrol krizinden sonra artmıştır.

Güneşten yeryüzüne bir saatten az bir zaman dilimi içerisinde gelen enerji tüm dünyanın bir yıllık toplam enerji ihtiyacını karşılayacak büyüklüktedir. Yeryüzüne güneşten gelen enerji ortalama olarak 1.2×10^{17} W'tır. Güneş pilleri yardımıyla elektrik enerjisi üretiminin temiz olması, çevreyi kirletmemesi, yerel uygulamalara uygun olması, çok az bakım gerektirmesi, işletme masraflarının çok düşük olması gibi birçok avantajları vardır. Bu avantajlara karşın, birim yüzeye gelen güneş ışınımının düşük olmasından dolayı büyük yüzey alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca güneş enerjisi sürekli olmadığından depolama gerektirir. Bu ise akümülatör gibi bir depolama sistemini gerekli kılar. Güneş pili kullanarak elektrik enerjisi üreten sistemlerde özel olarak imal edilmiş akümülatörlerin kullanılmaması durumunda, güneş pilinden elde edilen gerilim ile akümülatörün şarj gerilimi arasında bir fark oluşabilir. Bu durumda gerilimi dengeleyebilmek için, pil ile akümülatör arasına bir gerilim düzenleyici (şarj regülatörü) yerleştirilmelidir.

Diğer bir sorun ise akümülatörden çekilebilecek gerilimin cinsi ve büyüklüğü ile bu enerjinin kullanılacağı cihazların gereksinimleri arasındaki farktır. Ülkemizde evlerde kullanılan elektrikli cihazların büyük bir çoğunluğu alternatif akımla (AC) ve 220 V gerilimle çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı akümülatörden çekilen doğru akımın (DC) alternatif akıma çevrilmesi gereklidir. Ayrıca gerilimin de 12 V'tan 220 V'a yükseltilmesi gereklidir. Bu amaçla, akümülatör ile yük arasında bir çevirici/yükselticiye (invertör) ihtiyaç vardır.

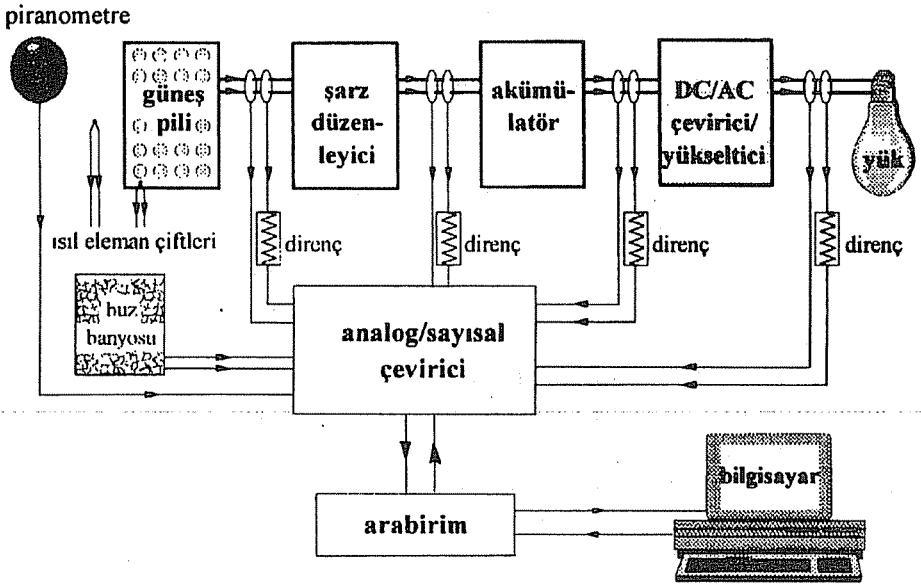
Güneş pilleri günümüzde birçok alanda elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. Güneş pili sistemleri özellikle elektrik enerjisi gereksiniminin küçük olduğu ve elektrik hattı bulunmayan yerleşim yerlerinden uzak yöreler için uygun olmaktadır. Örneğin küçük hesap makinaları, saatler, konutlar, deniz fenerleri, yatlar, televizyon ve radyo verici istasyonları, petrol boru hatlarının korunması, orman gözetleme kuleleri gibi birçok sistem için gerekli elektrik enerjisi güneş pillerinden temin edilebilir (6). Güneş pilleri günümüzde bazı ülkelerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Örneğin, Kenya'da 1991 yılında 10000'nin üzerinde evin elektrik enerjisinin güneş pillerinden sağlandığı bildirilmiştir (7). Almanya'da bazı sokak lambaları güneş pilleri ile çalışmaktadır (8). Ülkemizde ise güneş pillerinin kullanımı yaygın değildir. Elektrik İşleri Etüd İdaresi tarafından su pompalanması ve aydınlatma amaçlı küçük ölçekli bazı projeler gerçekleştirilmiştir (9). Ayrıca Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 756 Wp'lik bir sistem kurularak dört kişilik bir ailenin elektrik enerjisi gereksiniminin 2 kWh'lik bir bölümünün karşılanması amaçlanmıştır (10). Bu çalışmada kullanılabilir bir güneş pili sistemi için gerekli parçaların dışarıdan ithal edilmesinin zorunlu olduğu belirtilmiştir.

Büyükalaca ve Karaçorlu (11), örnek enerji tüketim senaryoları hazırlayarak, Adana için güneş pili ile elektrik enerjisi üretiminin hangi koşullarda ekonomik olduğunu incelemişlerdir.

Güneş pili sistemlerinin tasarımı için, sistemi oluşturan elemanların performanslarının gün boyunca değişiminin ve toplam sistem veriminin bilinmesi önemlidir. Bu amaçla, küçük ölçekli bir düzenek kurularak, güneş enerjisi yönünden zengin ve sıcak su üretimi için düz toplayıcıların yaygın olarak kullanıldığı bir bölgemiz olan Çukurova bölgesinde güneş pili kullanılarak elektrik enerjisi üretimi deneysel olarak araştırılmıştır.

2. DENEY DÜZENEGİ

Güneş pili kullanılarak elektrik enerjisi üretiminin Çukurova Bölgesi koşullarında denemesi amacıyla güneş pili hariç bütün elemanları ülkemizden temin edilen bir deney düzeneği kurularak deneyler yapılmıştır. Deneylerin yapıldığı düzenek şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir. Sistem bir güneş pili, bir şarj devresi, bir akümülatör, bir AC/DC çevirici/yükseltici (invertör), bir yük ve değişik ölçüm aletlerinden oluşmuştur.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik resmi.

Sistemde Siemens tarafından üretilmiş 0.36 m^2 yüzey alana sahip tek kristal yapı, standart şartlarda (1000 W/m^2 güneş ışınımı ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ pil sıcaklığında) 53 Wp güce sahip bir silisyum güneş pili modülü kullanılmıştır. Pilden elde edilen elektrik enerjisi, 3 yaşındaki kuru tip bir kurşun-asit akümülatörde depolanmıştır. Akümülatörün kapasitesi 38 Ah 'tir ve maksimum 13.6 V 'luk bir gerilim ile şarj edilebilmektedir.

Kullanılan güneş pilinden elde edilen gerilim, pil üzerine gelen güneş ışınımına bağlı olarak 0 ile 21 V arasında değiştiğinden (8) pil ile akümülatör arasına bir şarj düzenleyicisi yerleştirilmiştir. Güneş pili sistemleri için özel olarak imal edilmiş şarj düzenleyicileri mevcut olmakla birlikte bunlar ülkemizde imal edilmediğinden fiyatları oldukça yüksektir. Bu göz önüne alınarak yerel imkanlara yönelinmiş ve bölgemizde faaliyet gösteren bir firmaya (12) şarj düzenleyicisi imal ettirilerek deneylerde kullanılmıştır.

Deney düzeneğinde, 150 W'lık bir adet çevirici/yükseltici kullanılarak akümülatörden çekilen elektrik enerjisi DC den AC ye çevrilmiş ve aynı zamanda gerilimi yükseltilmiştir. Şarj düzenleyicisinde olduğu gibi çevirici/yükseltici de yerel imkanlarla (12) imal ettirilmiştir.

Deneyler iki grup halinde yapılmıştır. Birinci grup deneylerde tüm gün boyunca (gün doğuşu ile gün batışı arasında) güneş pilinden elde edilen enerji akümülatörde depo edilmiş ve gün batımından sonra bir yük vasıtası ile akümülatördeki enerji deşarj edilmiştir. İkinci grup deneylerde ise tüm gün boyunca aynı anda hem akümülatör şarj edilmiş, hem de güneş pilinden elde edilen elektrik bir yük tarafından kullanılmıştır. Yük olarak birinci grup deneylerde 60 W'lık, ikinci grup deneylerde ise 25 W'lık ampüller kullanılmıştır.

Deneylerde güneş piline gelen güneş ışınımı, ortam sıcaklığı, pil sıcaklığı ve sistemde dört değişik noktada gerilim ve akım ölçülmüştür. Pil üzerine gelen güneş ışınımının doğru olarak ölçülebilmesi için iki değişik piranometre kullanılmıştır. Kullanılan piranometreler 0.3 μm ile 3 μm arasındaki bütün dalga boylarında gelen güneş ışınımına duyarlıdır. Yapılan deneylerde, iki piranometreden elde edilen ışınım değerleri arasındaki farkın %5'den küçük olduğu görülmüştür. Güneş pili etkinliğini belirleyen parametrelerden bir tanesi de pil sıcaklığı olduğundan deneyler süresince hem güneş pili yüzey sıcaklığı hem de ortam sıcaklığı ölçülmüştür. Bunun için ısı eleman çiftlerinden faydalanılmıştır. Gerek güneş pili verimini gerekse sistemde kullanılan diğer her bir elemanın verimini ve bunlara bağlı olarak toplam sistem verimini belirleyebilmek için deney düzeneğinde dört noktada gerilim ve akım ölçülerek bu noktalardaki elektrik enerjisinin büyüklüğü belirlenmiştir. Ölçümler güneş pili çıkışında, şarj devresi çıkışında, akümülatör çıkışında ve çevirici/yükseltici çıkışında yapılmıştır.

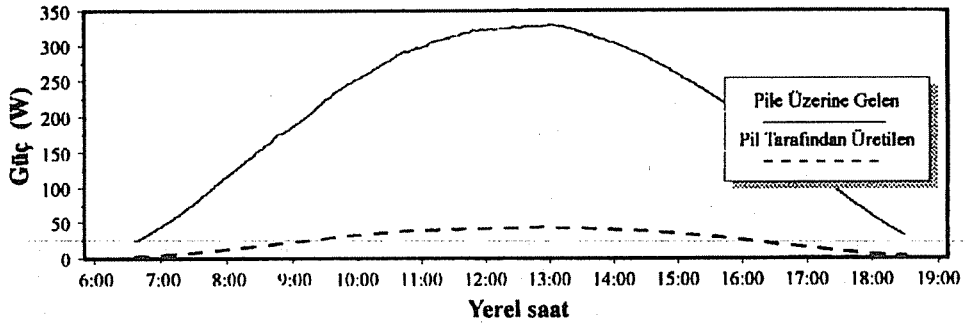
Ölçümlerin gün boyunca kısa süreli aralıklarla, düzenli olarak yapılabilmesi için bilgisayar kontrollü bir veri toplama sistemi kullanılmıştır. Sistem, 16 bitlik bir analog-sayısal çevirici, bir bilgisayar ve analog-sayısal çevirici ile bilgisayar arasında bağlantıyı sağlayan bir arabirimden oluşmuştur. Piranometre ve ısı eleman çiftlerinde üretilen elektro motor kuvvetler analog-sayısal çeviriciye gönderilerek sayısal sinyallere çevrilmiştir. Gerilim ölçümü için, sinyal düzenleyici devreler kullanılarak sinyaller analog-sayısal çeviricinin çalışma aralığına (± 5 V) getirilmiştir. Akım değerlerinin

ölçülebilmesi için ise sinyaller dirençler üzerinden geçirilerek, dirençler üzerinde meydana gelen gerilim düşümü analog-sayısal çeviriciye gönderilmiştir. Yazılan bir bilgisayar programı yardımıyla veri toplama sistemi kontrol edilmiştir. Deneyler süresince her bir dakikada bütün kanallar taranarak elde edilen değerler bilgisayarda depolanmıştır.

Deneyler Adana'da, 1996 yılı Mart-Haziran ayları arasında ve Eylül ayı içerisinde gün doğuşundan batımına kadar yapılmıştır. Güneş pili tam güneğe 36° eğimle (Adana için enlem açısı) yerleştirilmiştir. Birinci grup deneylere gün batımından sonra deşarj işlemine geçilmiş ve akümülatördeki gerilim sabah deney başlangıcındaki gerilim seviyesine düşüncüye kadar devam edilmiştir. Bu işlem günden güne değışmekle birlikte yaklaşık üç saat sürmüştür.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

İlk olarak gün doğuşu ile batışı arasında depolama, gün batışından sonra kullanma şeklinde gerçekleştirilen 1. grup deneylerden elde edilen sonuçlar ele alınmıştır. Tipik bir günde (12 Haziran 1996) güneş pili üzerine gelen güneş ışınımının ve pilden elde edilen gücün gün boyunca değışimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi güneş pilinden elde edilen güç, güneş pili üzerine düşen güneş ışınımının değışimini takip etmektedir.

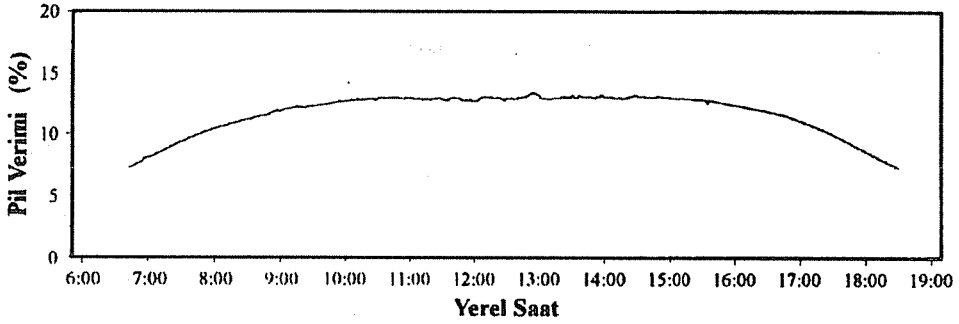


Şekil 2. Pil üzerine gelen ve pil tarafından üretilen gücün gün boyunca değışimi.

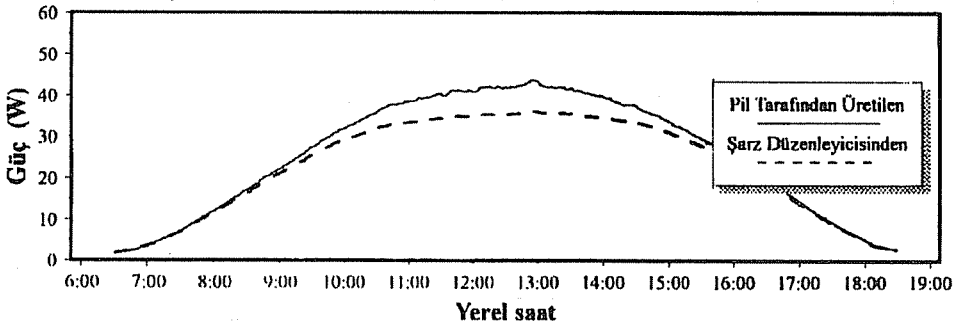
Şekil 2'de verilen değerler kullanılarak elde edilen güneş pili verimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Pil veriminin saat 9 ile 17 arasında hemen hemen sabit olduğu ve değışiminin yaklaşık %12 olduğu görülmektedir.

Aynı günde şarj düzenleyicisinden elde edilen güç Şekil 4'te verilmiştir. Pilden elde edilen enerjinin tamamı akümülatöre gönderilememekte, bir miktarı şarj düzenleyicisi üzerinde ısıya dönüşmektedir. Şarj düzenleyicisi verimi sabah yaklaşık %97'den başlayarak azalmakta ve saat 13 civarında bir minimuma (%83) ulaştıktan sonra artarak akşam saatlerinde tekrar sabahki değışimine ulaşmaktadır (Şekil 5).

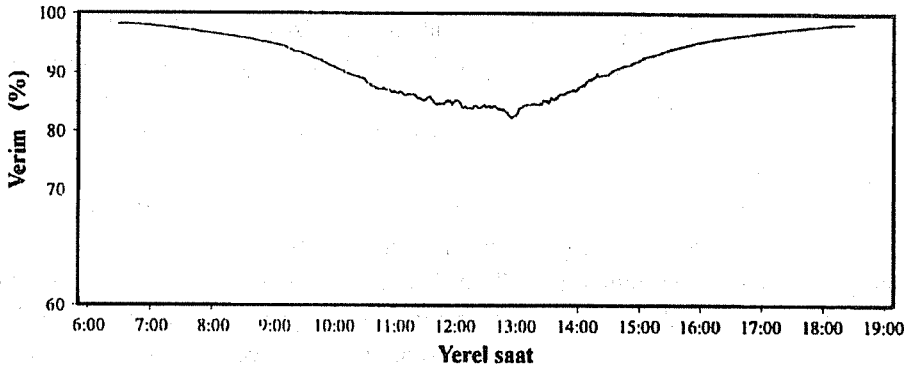
ÇUKUROVA BÖLGESİNDE GÜNEŞ PİLİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DENENMESİ



Şekil 3. Güneş pili veriminin gün boyunca değişimi.

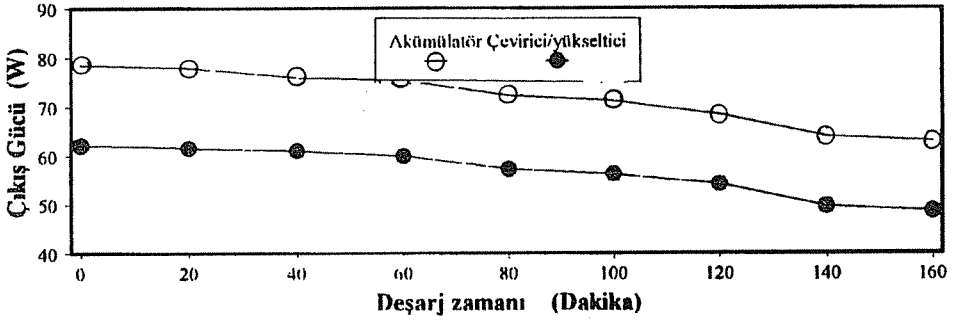


Şekil 4. Pili tarafından üretilen ve şarj düzenleyicisinden çekilen gücün gün boyunca değişimi.

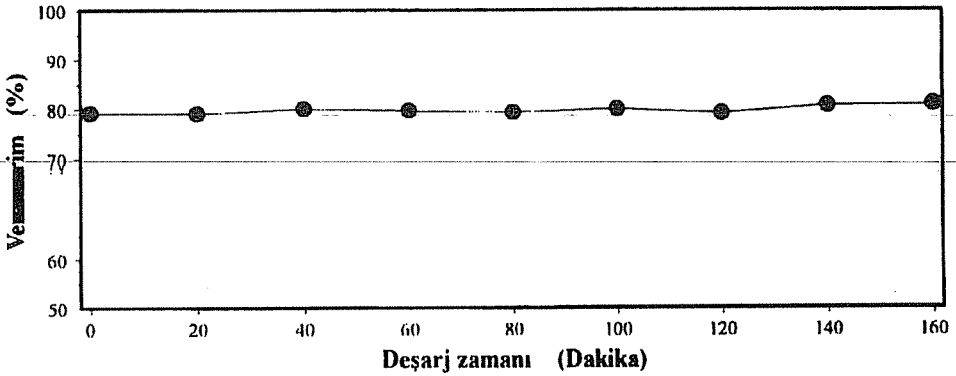


Şekil 5. Şarj düzenleyicisi veriminin gün boyunca değişimi.

Şarj işleminin tamamlanmasından sonra gerçekleştirilen deşarj süresince akümülatörden ve çevirici/yükselticiden çekilen gücün zamanla değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Şarj düzenleyicisinde olduğu gibi, akümülatörden çekilen enerjinin tamamı yüke gönderilememekte, bir miktarı çevirici/yükselticide ısıya dönüşmektedir. Şekil 7'den ise çevirici/yükselticinin deşarj işlemi süresince %81 gibi sabit bir verimle çalıştığı görülmektedir.



Şekil 6. Akümülatörden ve çevirici/yükselticiden çekilen gücün deşarj zamanı ile

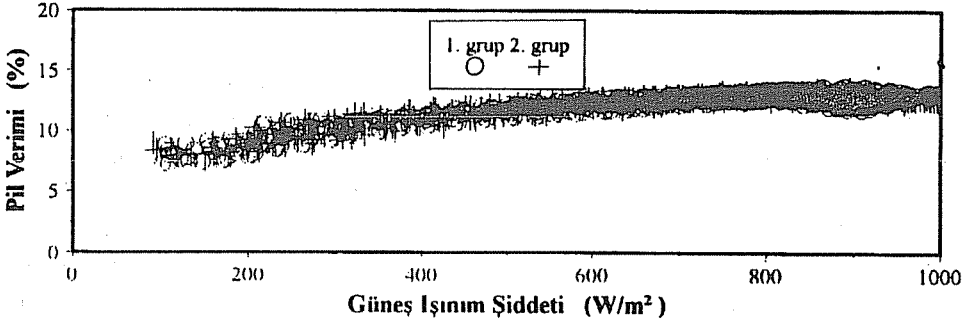


Şekil 7. Çevirici/yükseltici veriminin deşarj zamanı ile değişimi.

Burada sonuçları verilen tipik bir deney gününde, şarj işlemi süresince akümülatöre gönderilen toplam enerji miktarı yaklaşık 283 Wh olurken deşarj işleminde bu enerjinin ancak 191 Wh'ı çekilebilmiştir. Aradaki fark akümülatörde şarj ve deşarj işlemleri sırasında meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır. Buradan akümülatörün yaklaşık %70 verimle çalıştığı anlaşılmaktadır.

Ölçüm yapılan diğer günlerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 8'de değişik günlerde gerçekleştirilen 1. ve 2. grup deneylerden elde edilen güneş pili veriminin pil üzerine gelen güneş ışınımının şiddeti ile değişimi görülmektedir. Buradan pil verimi açısından 1. ve 2. grup deneyler arasında bir fark olmadığı görülmektedir. Pil verimi yaklaşık %8'den başlayarak ışınımın artmasıyla artmakta ve maksimum ışınımında %13'e ulaşmaktadır. Buradan ortalama pil veriminin yaklaşık %12 olduğu görülmektedir.

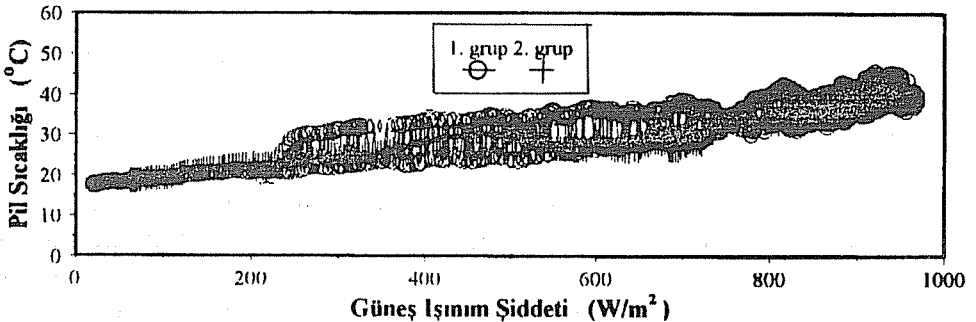
Bir güneş pilinin ürettiği enerji, ışınım şiddeti, pil sıcaklığı ve çekilen yüke bağlı olarak değişir (13). Bu durum, pilin akım-gerilim karakteristiği olarak ifade edilir. Akım-gerilim karakteristiğine göre, güneş pili sabit ışınım şiddetinde ve sabit sıcaklıkta, ancak belirli bir gerilim ve akımda maksimum gücü verir. Bu nokta



Şekil 8. Deney yapılan değişik günlerde elde edilen güneş pili verimleri.

maksimum güç noktası (W_p) olarak adlandırılır. Pil bu noktada maksimum verimle çalışırken bu noktadan uzaklaştıkça pil verimi düşmektedir. Bu nokta güneş ışınımına ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Kullanılan deney düzeneğinde akümülatörün şarj seviyesinin değişmesine bağlı olarak pilden çekilen gerilim ve akım zamanla değişmekte bu sebeple de pil veriminde bir değişme görülmektedir (Şekil 8). Sistemin sürekli olarak maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayacak şekilde özel olarak tasarlanmış şarj düzenleyicileri de mevcuttur.

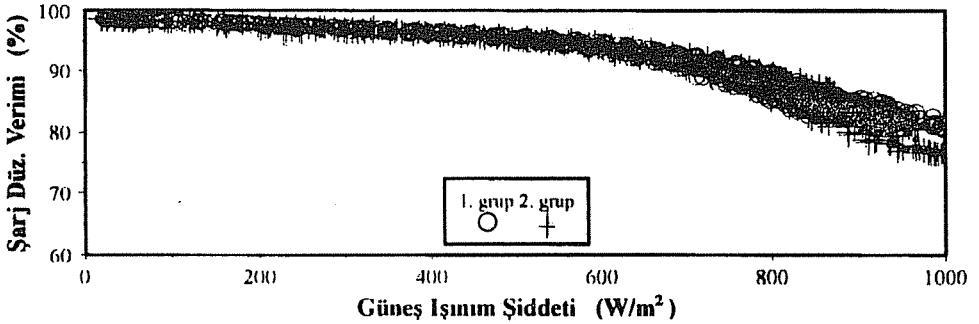
Pil verimini etkileyen bir parametre de pil sıcaklığıdır. Pil sıcaklığının artması pil verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 9'da ölçüm yapılan bazı günlerde pil sıcaklığının güneş ışınımı ile değişimi gösterilmiştir. Işınım değeri arttıkça, pil sıcaklığı da artmaktadır. Büyük ışınım değerlerinde pil sıcaklığı artmakta ve bunun sonucu olarak da pil veriminde bir azalma gözlenmektedir. Şekil 8'den da görüldüğü gibi yaklaşık 700 W/m^2 ışınım değerinden sonra pil veriminin artış hızında bir azalma olmaktadır. Bu, pil sıcaklığındaki artıştan kaynaklanmaktadır.



Şekil 9. Deney yapılan değişik günlerde ölçülen pil sıcaklıkları.

Yukarıda da bahsedildiği gibi pil tarafından üretilen enerjinin bir kısmı şarj düzenleyicisi üzerinde kaybolmaktadır. Güneş ışınım şiddetinin artmasıyla pil tarafından üretilen ve dolayısıyla düzenleyici üzerinden geçen enerji artmaktadır. Bu

durumda düzenleyici üzerindeki kayıplar artmaktadır. Bu durum Şekil 10'dan açıkça görülmektedir. Bu şekilde şarj düzenleyicisi veriminin pil üzerine gelen güneş ışınımının şiddeti ile değişimi gösterilmiştir. Işınım şiddetinin artmasıyla düzenleyici veriminde özellikle 600 W/m^2 'den sonra belirgin bir düşme gözlenmektedir. Bu durumda düzenleyici verimi %80 civarında olmaktadır. Ortalama şarj düzenleyicisi verimi %91 civarındadır. Pratik olarak düzenleyici üzerindeki kaybı sıfırlamak mümkün olmamakla beraber, daha iyi bir şarj düzenleyicisi ile kayıplar azaltılabilir. Sistemde kullanılan şarj düzenleyicisi yerel imkanlarla imal ettirilmiştir. Daha yüksek verimle çalışan, güneş pili sistemlerinde kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış düzenleyiciler mevcut olmakla birlikte bunlar ülkemizde imal edilmemekte, ithali gerekmektedir. Ancak bunların fiyatı bu çalışmada kullanılan düzenleyicinin fiyatından yaklaşık 1.5 kat daha fazladır. Pil veriminde olduğu gibi, sistemin önce şarj edilip daha sonra deşarj edilmesi (1. grup) veya aynı zamanda hem şarj hem de deşarj edilmesi (2. grup), şarj düzenleyici verimini etkilememektedir.



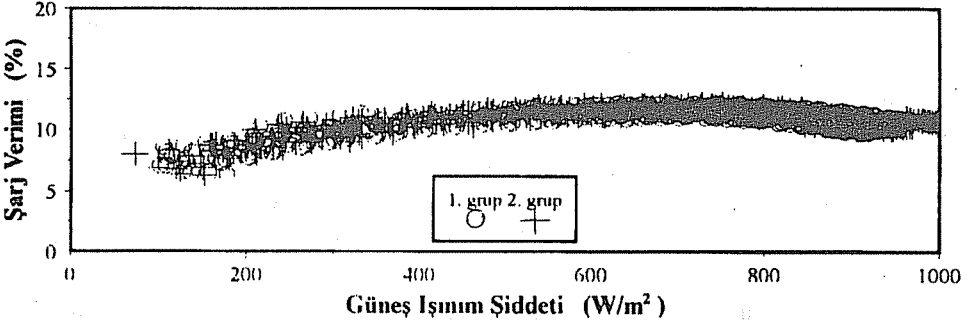
Şekil 10. Deneysel yapılan değişik günlerde elde edilen şarj düzenleyicisi verimleri.

Şekil 11'de, pil verimi ve şarj düzenleyicisi verimini içeren toplam şarj verimi gösterilmiştir. Ortalama şarj verimi %11 mertebesinde dir. Yaklaşık 700 W/m^2 ışınım değerinden sonra pil verimindeki düşmelerden ve şarj düzenleyicisindeki kayıpların artmasından dolayı şarj veriminde belirli bir düşme görülmektedir.

Şarj süresince akümülatöre gönderilen toplam enerjinin, deşarj süresince akümülatörden çekilen enerji ile karşılaştırılması sonucu elde edilen akümülatör veriminin yaklaşık %70 olduğu görülmüştür. Akümülatörlerin veriminin tiplerine ve yaşlarına bağlı olarak %70 ile %80 arasında değiştiği (7) ve kullanılan akümülatörün 3 yaşında olduğu göz önünde bulundurulursa kullanılan akümülatör için elde edilen bu verimin kabul edilebilir bir değer olduğu görülür.

Çevirici/yükseltici verimi de 1. ve 2. grup deneyler için birbirine yakın çıkmıştır. Ortalama çevirici/yükseltici veriminin %80 olduğu hesaplanmıştır. Şarj düzenleyicisinde olduğu gibi güneş pili sistemleri için özel olarak imal edilmiş

çevirici/yükselticiler mevcut olmakla birlikte, bunların fiyatı bu çalışmada kullanılan çevirici/yükseltici maliyetinin yaklaşık 4 katıdır ve ülkemizde imal edilmemektedir. Literatürde çevirici/yükseltici verimlerinin %75 ile %95 arasında değiştiği bildirilmektedir (3).



Şekil 11. Deney yapılan değişik günlerde elde edilen şarj verimleri.

Deneyler sonucu elde edilen 1. ve 2. gruba ait toplam sistem verimleri de birbirleriyle uyum içerisindedir. Ortalama toplam sistem verimi % 6 olarak bulunmuştur. Her iki grup için de sistem yaklaşık aynı verimle çalışmıştır. Bu ise böyle bir sistemin esnek olarak kullanılabilceğini ortaya koymaktadır ve pratikte önemlidir. Bazı günlerde, güneş pili sisteminden gün boyunca enerji talebi olmayacaktır. Enerjiye ancak akşam saatlerinde ihtiyaç olacaktır. Bazı günlerde ise gün boyunca şarj işlemi esnasında aynı zamanda sistemden enerji çekilecektir. Toplam sistem veriminin bu iki değişik çalışma koşullarından bağımsız olması, böyle bir sistemin esnek olarak kullanılabilceğini ortaya koymaktadır.

Daha iyi bir şarj düzenleyicisi ve çevirici/yükseltici kullanılarak toplam sistem veriminde belirli bir artış sağlamak mümkündür. Ancak bu, sistem maliyetinde belirli bir artışı da beraberinde getirecektir. Diğer taraftan herhangi bir uygulama için gereken enerji sadece güneş pili sisteminden sağlanıyorsa bazı günlerde bulutlanmadan dolayı şarj işlemi yapılamacağı göz önünde bulundurulurak akümülatör kapasitesinin buna göre belirlenmesi gereklidir.

Gelişen teknoloji ile birlikte watt başına güneş pili maliyeti her yıl düşmekte ve önümüzdeki yıllarda da düşmeye devam edeceği beklenmektedir. 1996 yılı için watt başına pilin üretim maliyeti yaklaşık 3 \$'dır. Bu fiyatlara kar payı, paketleme ve taşıma masrafları, gümrük ve fon vergisi gibi maliyetler eklenince, watt başına pil maliyeti 8 \$'a kadar yükselmektedir. Ülkemizdeki mevcut ekonomik şartlara göre 53 Wp'lik bir güneş pili 440 \$'a satın alınabilmektedir. Bazı üretici firmalar, 100000 \$ ve üzerindeki pil satışlarında % 20 'lik bir indirim yapmaktadırlar. Güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üreten bir sistemin toplam maliyetinde %70 ile %90 arasında değişen oranda bir paya

sahip olan pil maliyetinin düşmesiyle toplam sistem maliyeti de büyük oranda düşecektir. Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün biraz daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Buna paralel olarak da klasik enerji kaynakları hızla tükenmektedir. İleriki yıllarda arz talep dengesini karşılamak üzere alternatif enerji kaynaklarının kullanılması kaçınılmazdır. Bu alternatif enerji kaynaklarının en önemlilerinden birisi de güneş enerjisidir. Günümüzde pahalı ve verimlerinin düşük olması sebebiyle çok fazla kullanılmamakta birlikte, güneş pili sistemlerinin uzun ömürlü olmaları, çevreyi kirletmemeleri, gürültüsüz çalışmaları, bakım gerektirmemeleri ve en önemlisi enerji kullanımı için para ödenmemesi gibi sebeplerle yakın bir gelecekte yaygın olarak kullanılmaları beklenmektedir.

Değişik amaçlar için kullanılan güneş pili satışları son on yılda büyük bir artış göstermiş ve bu artışın önümüzdeki yıllarda da artan bir hızla devam edeceği tahmin edilmektedir. 2000 yılında yıllık pil satışının aileler ve kişisel amaçlı sistemler için 40 MWp, endüstri amaçlı uygulamalar için 150 MWp, elektrik hattı bulunmayan yerleşim bölgelerine elektrik sağlamak amacıyla taşıyan toplu sistemler için 250 MWp'e ve şebeke bağlantılı elektrik üretimi sistemleri için 100 MWp mertebesine çıkması beklenmektedir (14).

4. SONUÇ

Yapılan deneyler sonucunda, yurt dışından satın alınan bir güneş pili ve diğer elemanları yerel imkanlarla imal edilen sistemin toplam veriminin % 6 olduğu bulunmuştur. Verim açısından 1. grup ve 2. grup deneyler arasında bir fark görülmemiştir. Bu sistemin esnek olarak kullanılabileceğini, pilden elde edilen enerjinin bazı durumlarda sürekli olarak kullanılabileceğini, bazı durumlarda ise daha sonra kullanılmak üzere depolanabileceğini göstermektedir.

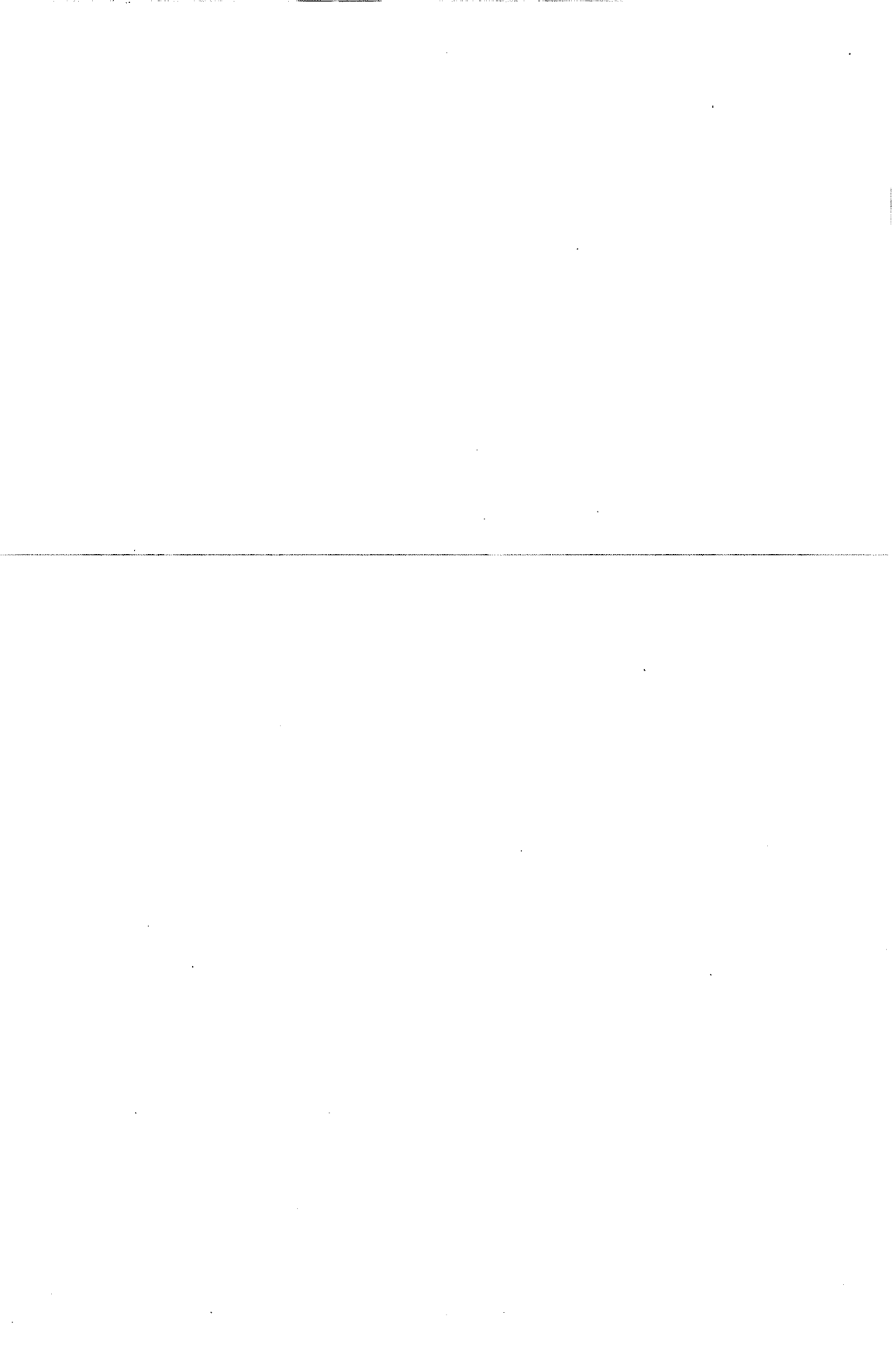
Deneyssel olarak incelenen sistemde, kullanılan güneş pilinin ideal şartlardaki verimi %14.74 'tür. Buna yüzeye gelen güneş ışınımı ve pil sıcaklığı etki etmektedir. Yapılan deneyler sonucunda ortalama güneş pili veriminin % 12 olduğu görülmüştür. Güneş pilinden alınan gerilim değerlerini akümülatörün şarj gerilimine uydurmak amacıyla sisteme ilave edilen şarj düzenleyicisinin ortalama veriminin % 91 dolaylarında olduğu bulunmuştur. Elektrik enerjisinin depolanması amacıyla kullanılan akümülatörün yaklaşık % 70 verimle çalıştığı hesaplanmıştır. Akümülatörden çekilen enerjiden kullanıma uygun gerilim türünü ve büyüklüğünü elde etmek için kullanılan çevirici/yükselticinin ortalama %80 verimle çalıştığı bulunmuştur. Güneş pili sistemleri için özel olarak tasarlanmış şarj düzenleyicileri ve çevirici/yükselticiler ve daha kaliteli akümülatörler kullanılarak toplam sistem veriminde belirli bir artış sağlamak mümkün olmakla birlikte bu, sistem maliyetinde belirli bir artışı da beraberinde getirecektir.

Günümüz şartlarında, güneş pili sistemleri yüksek fiyatları ve düşük verimleri dolayısıyla ancak elektrik hattı bulunmayan uzak bölgeler için avantajlı olabilmektedir.

Ancak hem enerji fiyatlarındaki artış hem de pil teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak pil fiyatlarının düşmesi ve verimlerinin artması sebebiyle bu sistemlerin yakın bir gelecekte daha yaygın olarak kullanılacağı tahmin edilmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Chow,D., *Solar Cells Brochures and Catalogues*, Novaest International Company Ltd., Taiwan, 1995.
2. Ichikawa,Y., *Fabrication technology for large-area a-Si solar cells*, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 34, 321-328, 1994.
3. Markvart,T., *Solar Electricity*, John Wiley and Sons Inc., 1994.
4. United Nations, *The Direct Conversion of Solar Energy to Electricity*, United Nations Publication, New York, 1992.
5. Chapin, D.M., Fuller, C.S. ve Pearson, G.L., *A new p-n junction photocell for converting solar radiation into electrical power*, *J. Appl. Phys.* 25, 676-677, 1954.
6. Çolak, M., *Güneş pilleri ve uygulamaları*, *Mühendis ve Makina*, Cilt 32, 21-25, 1991.
7. Hankins,M., *Small Solar Electric Systems for Africa*, Commonwealth Science Council, U.K., 1991.
8. Siemens, *Solar Energy Products Catalog and Brochures*, Germany, 1996.
9. E.Y.E., *Güneş Pilleri*, *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü*, Ankara, 1992.
10. Çolak,M. ve Erdiş,F., *Fotovoltaik prensibi ile güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretimi*, *Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, Araştırma Raporu*, 1989.
11. Büyükalaca,O. ve Karaçorlu,M., *Çukurova Bölgesi için küçük ölçekli güneş pili sistemi tasarımı*, *Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* Cilt 11, 139-151, 1996.
12. Or Elektronik, *Or Elektronik Regülatör, İnvörtör ve Transformatörleri Broşür ve Katalokları*, 1996.
13. Duffie,J.A. ve Beckman,W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., 1991.
14. Hill,R., *Photovoltaic market analysis*, *Solar Cells and Their Applications*, (Ed : Partain, L.D.), John Willey and Sons Inc, 1995.



OKYANUSLARIN JEOMORFOLOJİSİ VE TEKTONİĞİ (1)**Selim ÖZALP***Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye***M. Gürhan YALÇIN***Niğde Üniv., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde / Türkiye*

ÖZET : *Bu çalışmada okyanus tabanının topoğrafyası; derin deniz tabanı ve kıtasal kenarlar olmak üzere iki temel kısma ayrılmıştır. Ayrıca okyanus tabanının jeolojik ve jeofizik karakteristikleri, tektoniği ve kıyasal sınıflaması, okyanus suyunun kökeni ve içeriği ile okyanuslardaki volkanik aktivite hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.*

GEOMORPHOLOGY AND TECTONICS OF THE OCEANS

ABSTRACT : *In this study, the topography of the ocean floor can basically be divided into two parts; these are deep-sea floor and continental margin. In addition necessary information about geological and geophysical characteristics, tectonic and coastal classification, the origin of ocean water and its implications and volcanic activity of oceans were given.*

(1) GEOMORPHOLOGY AND TECTONICS OF THE OCEANS : Ollier,C.D., 1981, Tectonics and Landforms, (Ed.K.M. Clayton), 215-231, Longman, London.

1. GİRİŞ

Günümüzde yapılan son sınıflamalara göre okyanus tabanı; okyanus yükselimleri, abisal düzlükler ve tepeler, hendekler, deniz dağları, guyotlar, sismik olmayan sırtlar, kıta şelfi, kenar platolar, deltalar, yay-gerisi havzalar, yay-hendek aralığı, kıta harici denizler, kıta yamacı, denizaltı kanyonları ve kıtasal yükselimler gibi jeomorfolojik yapılara sahiptirler.

Bu jeomorfolojik yapıları levha tektoniği açısından doğru olarak yorumlamak, yeryuvarının evrimini açıklamaya ışık tutacak önemli etkenlerden bir tanesi olacaktır.

2. DENİZALTI JEOMORFOLOJİSİ

Topoğrafik olarak okyanus tabanı iki temel kısma ayrılabilir; derin-deniz tabanı ve kıtasal kenarlar. Derin deniz tabanı ise aşağıdaki kısımları içermektedir.

Okyanus Yükselimleri : Yayılma alanları, orta-okyanus sırtları veya basit olarak okyanus yükselimleri ile derin deniz tabanının tamamı yaklaşık 4 km derinde yayılmaktadırlar. Bunlar okyanusun %30'luk kısmını oluştururlar.

Kuzey Atlantik orta-okyanus sırtındakine benzer ağır yayımlı yükselimler, merkezde yüksek engebeye ve farklı graben veya yarılmaya sahiptirler. Doğu pasifik yükselimindeki gibi hızlı-yayımlı yükselimleri orta yarımlım olmadığı geniş dışbükey doruklara sahiptir. Yükselimler okyanusun en genç parçasıdır, çökel örtüsü hiç yok veya çok az olup, transform faylar tarafından kesilmişlerdir. Bunlar topoğrafik olarak kayalık kısımlar ile 2 km'nin üzerindeki dik şevleri veya hendekleri gösterirler.

Abisal Düzlükler ve Tepeler : Abisal düzlükler okyanusun yaklaşık %42'sini oluşturmaktadır ve 3-6 km derinlikte meydana gelirler. Tepeler sık sık yastık lav şeklindeki bazaltlardan oluşmuş olup, bunlar yayılma alanlarında şekillenmişlerdir. Sırtta hareket eden deniz tabanı, çöken ve kalınlığı artan bir çökel örtüsü ile örtülüdür. Bu çökeller genellikle kahverenkli kildir, ancak biyojenik silikat ve karbonat, su derinliği ve genişliğine bağlı olarak etkili olabilir. Düzlükler, bazen yükselen tepelerin çökel birikimi ile örtülmesi sonucunda oluşurlar. Derin denizel çökeller çok yavaş birikirler. Bu miktar, her bin yılda sadece birkaç mm oranındadır.

Hendekler : Okyanusun ortada olmayan fakat kenara yakın en derin kısımlarıdır. Yaklaşık yarı kıtasal kenarı takip eden hendekler okyanus tabanının ortası kadar derindir. Bazısı, gerisinde And dağlarının bulunduğu Güney Amerika'da olduğu gibi kıtasal kenarı takip eder, fakat buna karşılık Kuzey Amerika'nın sahil dizileri beraberinde bir hendek bulundurmamaktadırlar. Hendeklerin tamamı ada yayları ile birlikte bulunur. Hendekler okyanus kenarındaki abisal düzlükler ile öteki kenardaki kıtasal yamaç veya yay gerisi havzaları ile sınırlandırılmışlardır.

Deniz Dağları : Bunlar deniz tabanındaki özel volkanlardır. Bazıları zincirler biçiminde, astenosferdeki sıcak noktalar üzerindeki okyanus plakasının hareketini işaret eder, ötekiler ise rastgele dağılmışlardır.

Guyotlar : Bunlar yassı tepeli deniz dağlarıdır. Geçmişte gömülmelerinden itibaren atmosfer aşındırmasına uğramışlardır. 2000'nin üzerinde deniz dağı ve guyot olduğu bilinmektedir.

Sismik Olmayan Sırtlar : Bunlar Walvis sırtı, Rio Grande sırtı ve Ninety sırtı gibi kabuğun altındaki mümkün sıcak noktaları gösteren volkanik hatlardır.

Kıtasal sınırlar aşağıdaki kısımları içermektedir:

Kıta şelfi : Bu ortalama derinliği 130 m ve uzanımı 200 m olan "shelf break" adı verilen, eğimin değişmesi ile okyanus kenarında sona eren kıyıda denize doğru uzanan sığ plafdır. Ortalama şelf genişliği 75 km'dir ve ortalama eğim derecesi 1/500'dür. Bölgesel engebe kısmen 20 m kadar uzanabilir.

Bloom (1), seviyesindeki bütün buzul östatik düşümlerinin tespit edildiği şelf derinliği ile eğim değişiminin, Kuvaterner'deki deniz seviyesi değişimlerinin kesinlikle kökensel olarak ilişkisini gösterdiğine inanmaktadır. Ayrıca derinlikteki değişim izostasik ve diğer tektonik yükselimler veya depresyon, buzul aşındırması ve buzul sonrası çökelim tarafından oluşturulmuştur. Bazı şelfler kayaçları kesmekte, fakat yüzlerce metrelik çökele sahiptirler. Yüzey çökelleri akarsu, rüzgar veya halice aittir. Bunların çoğu sedimanter dereceli şelfin küçük kanıtları olup deniz seviyesindeki hızlı buzul sonrası yükselimler tarafından bazı aşamalarla azaltılırlar. Kuvaterner şelfleri geçmişteki tipik şartlar altında değildir. Şekilleri ve içerikleri eski deniz şartlarını yorumlamada sınırlı kullanılır.

Kara yönündeki birçok şelf karadaki komşu düzlüklerle devam ederler. Birkaç vadi, güncel çökel örtüsünden dolayı şelfi keser, fakat dış kısım sık sık kanyon başlangıcı tarafından aşındırılır.

Tektonik aktivite deniz tabanları kısmen düz olduğu zamanlarda bile aktif olabilir. Bazı güncel kıtasal şelflerin en üst yüzeyleri düzdür, fay blokları, tabanın altında bulunur. Sellwood ve Jenkyns (2) İngiltere'de Jura'ya ait eski bir örneği araştırmışlardır. Jura havzaları büyük ancak önemsiz çökmeler ile karakterize edilmiştir, fakat çökme daima deniz tabanı seviyesini koruyacak kadar yeterli olmuştur. Bu Jura örneği güncel şelfler ile tam olarak karşılaştırılmaz, fakat "epeiric" deniz (kıtanın geniş kısmı üzerinde yayılan deniz) özelliği sunar ve Atlantik'in açılması bununla ilişkilidir.

Kenar Platolar : Bunlar bazı bakımlardan şelfler gibidirler, fakat daha derindirler. Bunlar belki de düşey atımlı fay şelfleridir, fakat bazıları muhtemelen kıtasal alan olarak gelişmede başarısız olmuş kıtasal kabuğun yayılmış küçük alanlarıdır. Bunlar bazen "mikrokıtalar" olarak tanımlanırlar.

Deltalar : Dünyanın büyük nehirleri onlarca kilometre kalınlığında, yüzlerce kilometre uzunluğunda, kaynak alanları ile ilişkili olan büyük deltalar oluştururlar. Amazon, Nijer ve Mississippi çok iyi bilinen örneklerdir.

Yay-Gerisi Havzalar : Ada yayları esas olarak batı Pasifik'de bulunmuş yarı

atmosferik bir özelliktir. Bunlar yayılma alanlarının birçoğunda yay-gerisi havzalar olarak bilinen sığ deniz tarafındaki kıta gerisinden yayılırlar.

Yay-Hendek Aralığı : Bu bir açıklığa verilmemiş talihsiz bir isimdir. Bu isim, derin deniz hendeğinin dik kıta kenarı ile onun arkasında yer alan ada yayı arasındaki sığ deniz kısmını tanımlamaktadır.

Kıta Harici Denizler : Ada yaylarının olmadığı durumlarda, diğer engeller kıta kenarındaki küçük denizleri ayırabilir. Bunlar kıta harici denizler olup, özellikle Atlantik'te bulunurlar.

Kıta Yamacı : Şelfin eğiminden daha fazla eğime sahip olan bu kısım 200 m'den daha derin, kıtasal yükselimin üstündeki kısım ise genellikle 2-3 km derinliktedir. Ortalama yamaç eğimi yaklaşık 4°'dir, fakat daha dik olanları Florida yarımadasındaki ve Güney Avustralya'daki yamaç gibi 27° olabilir. Esas olarak yamaç düz veya dolambaçlı olup, genişliği 15 ile 30 km arasında değişir.

Kıta-yamaçları çeşitli yapı ve kökenlidirler. Bazıları fay-iç-sevidirler (kıta kenarının kayması ile oluşmuştur). Diğerleri dağılmış yamaçlar olup, yine bunlarda biriktirilmiş çökeller, setlerin (fay blokları, mercan resifleri, volkanik kitleler) gerisinde çeşitli biçimde tutulabilirler.

Denizaltı Kanyonları : Bunlar çok büyük kanyonlar olup, bazen kıta vadilerinde olduğu gibi kolları ile kıta yamacını kesmekte ve şelfin üstüne doğru uzanmaktadır. Bunlar kesitte V şekillidirler, 1000 m'den daha derindirler ve derinliğin uzanımı 5000 m'den fazladır. Bunlar bütün kıyılarda bulunurlar, bazıları büyük nehirlere bağlı olarak oluşurken, diğerleri kıta yamaçlarında oluşurlar. Birçoğu sert kayaları aşındırarak yarmaktadır.

Kanyonların türbidit akıntıları için, oluk biçiminde işlevleri olduğu bilinmekte olup, bu akıntıların kanyonların bir kısmını tamamen aşındırabileceği düşünülmektedir. Akdeniz, Miyosen'de kuru bir tektonik havza durumundayken, Akdeniz kanyonları yüzeydeki nehirler tarafından aşındırılmıştır (3).

Kıtasal Yükselim : Kıtasal yükselimler, dağeteği alüvyon ovasının denizaltındaki eşdeğeridirler ve birkaç kilometre derinlikte kıta yamacının tabanında bulunurlar. Bunlar yaklaşık 1°'lik yamaç eğimine sahiptirler ve okyanus tabanının yaklaşık %5'ini kaplarlar. Sismik çalışmalar, bunların çökel kamalanmalarında oluştuğunu, 6 km'den fazla kalınlığa sahip bulunduğunu ve kıta yamacının tabanından 600 km kadar uzağa yayıldığını göstermektedir.

Bazıları denizaltı kanyonlarının ağızlarında tepelere sahiptirler, bazıları ise sahip değildir, fakat hepsi de tamamen kıtasal çökelden oluşmuşlardır. Menderesli set sınırlı vadiler yelpazeyi dolambaçlı olarak keserler ve bunu türbidit akıntıları ile şekillendirirler. Örneğin Monterey Yelpazesindeki bir vadi 36 km uzunluğunda ve setleri 370 m'ye kadar yükselmektedir.

Tablo.1 denizaltı topoğrafyasının bazı ek tanımlayıcı bilgilerini vermektedir. Tablo.2

ise önemli denizaltı fizyografik kısımlarının baskın olan jeolojik ve jeofizik karakterlerini vermektedir.

Tablo 1. Denizaltı topografyasının ana özellikleri ve tipik boyutları (4).

Özellik	Tipik boyutlar	Yorumlar	Örnek
Kıta şelfi	Genişlik > 300 km Engebe: < 20 m Derinlik: < 200 m Eğim: < 1:1000	Deniz yönündeki sınır veya eğim değişiminin olduğu bölgedeki eğim oranı > 1:40	ABD kuzeydoğusu
Kenar plato	Şelfe benzer Derinlik: 200-1200 m	Deniz yönünde set yada eşik yok	Blake platosu
Kıta harici deniz	Şelfe benzer Derinlik: 100-1500 m Engebe: genellikle > 40 m	Deniz yönünde set yada eşik	Maine körfezi
Kıta yamacı	Genişlik: birkaç ile 150 km Engebe: bölgesel > 2000 m Derinlik: 100+ ile 2000+ m Eğim: > 1:40 (3-6°)	Üst sınır "şelf break"dir; kanyonlarla bağlantılı yüksek engebe söz konusu	ABD kuzeydoğusu
Kenar şev	Genişlik: birkaç km Yükseklik: 2000-4000 m Derinlik: 1000-3000 m'den başlar Eğim: > 1:10	Çok dik yamaç	Blake şevi
Hendeğin kıta yönündeki yamacı	Yükseklik: birkaç bin metre Derinlik: 500-5000 m Eğim: > 1:40	Hendekle her zaman ilişkili	Puerto Rico kuzeyi
Kıtasal yükselim	Genişlik: > 300 km Engebe: < 40 m Derinlik: 1500-5000 m Eğim: 1:1000 ile 1:700 arası	Deniz yönündeki değişim sınırı < 1:1000, ancak 1:2500 (ve 1:50) olabilir	ABD kuzeydoğusu
Dış sırt	Genişlik: > 150 km Yükseklik: 200-2000 m	Havza yada hendeğin deniz tarafında bulunur	Puerto Rico kuzeyi
Kenar havza	Değişik boyutlarda Derinlik: < 5000 m Eğim: genellikle < 1:1000	Yeni dış sırt pozisyonu olarak tanımlanan kıta yamacı	Blake platosu alanı
Kenar hendek	Genişlik: 30-100 km Uzunluk: 300-5000 km Derinlik: 3000-10000 m Engebe: > 2000 m	Dar, dik kenarlı	Puerto Rico Hendeği

Tablo.1 (devamı)

Özellik	Tipik boyutlar	Yorumlar	Örnek
Kıtasal sınır	Şelfe benzer Engebe: 100-1000 m Derinlik: 2000 m'den fazla Eğim: 1:1000 1:40	Yükselimler ve çökmeler olağandır	Güney Kaliforniya dolayı
Denizaltı kanyonu	Genişlik: 1-15 km Engebe: 20-2000 m Derinlik: 20-2000 m Eğim: < 1:40	Genellikle kata yükselimini keser; 500 km uzunlukta	Hudson Kanyonu, New York dolayı
Abisal tepeler	Genişlik: 100 m-100 km Yükseklik: birkaç ile 1500 m	Abisal düzlüğün deniz tarafında genellikle kuşaklarda bulunur	Batı Atlantik Abisal Tepeleri
Abisal düzlükler	Genişlik: birkaç ile 1000 km Derinlik: genellikle > 3000 km Eğim: < 1:1000 (ile 1:10000) Engebe: yok	Küçük düzlükler hendek tabanında oluşur; çok düzdürler	Nares ve Sohm Düzlükleri, Kuzey Atlantik
Okyanus Yükselimleri	Genişlik: 300-500 km Yükseklik: 5000 m'den fazla	Oldukça değişken engebe ile asismik özellikler	Bermuda Yükselimi
Asismik sırtlar	Genişlik: 150 km'ye kadar Uzunluk: 4000 km'ye kadar Yükseklik: 4000 m'den fazla	Asimetrik	Walvis Sırtı
Deniz dağları	Genişlik: 2-100 km Yükseklik: > 1000 m Derinlik: 0-2000 m	Denizaltı volkanları; atoller oluşabilir	Doğu Pasifik
Okyanus platoları	Boyutlar okyanus yükselimlerine benzer Eğim: üstte < 1:1000 kenarlarda > 1:40	"Mikrokıtalar" olarak da isimlendirilebilir	Mascarene Platosu Hint Okyanusu
Orta Okyanus Sırtı	Genişlik: 2000-4000 km Uzunluk: 35000-40000 mil Yükseklik: 1-3 km Derinlik: 0-5000 m	Kenar ve zirve alanlarını içerir. Dünyanın en büyük dağ sıralarını oluşturur	Orta Atlantik Sırtı
Sırt kenarı	Genişlik: 500-1500 km Engebe: 1000 m'den fazla Derinlik: > 3000 m	Kırılmış platonu içerir	Orta Atlantik Sırtı
Sırt zirvesi	Genişlik: 500-1000 km Engebe: 2000 m Derinlik: 2000-4000 m	20-50 km genişlikte olabilen yayılma kuşaklarını içerir	Orta Atlantik Sırtı

Tablo 2. Bazı büyük denizaltı fizyografik bölgelerinin hakim jeolojik ve jeofizik karakteristikleri (4).

Bölge	Yüzeysel jeolojisi	Jeofiziksel karakteristikler	Muhtemel oluşum
Kıta şelfi	Her boyuttan pekişmemiş karasal çökeller	Asismik, gömülü volkanlar üzerinde manyetik anomaliler, işaret eder yapılar	Sırt ve çukurların yerini gösterir
Kıta yamacı	Pekişmemiş karasal siltler ve killer; yerli yerinde taşlaşmış ve aşındırılmış	Asismik, kıtanın dik ilişkili ana manyetik anomali	Kıtanın yapısal kenarını gösterir
Kıta yükselimi	Türbidit akıntıları tarafından çöktürülmüş ve diğer çevre akıntıları tarafından yeniden taşınmış pekişmemiş silt ve killer	Asismik, manyetik özelliği az	Sedimanter prizma, belki eski hendeklerin yerini almış
Abisal düzlükler	Türbidit akıntularına bağlı ve pelajik kökenli pekişmemiş silt ve kumlar	Asismik, belirgin dalga yapıları ile ilişkili olmayan çizgisel modelleri gösteren manyetik anomaliler	Sedimanter düzlük abisal tepe alanını üzerler
Abisal tepeler	Alkali bazalt ve gabro	Abisal düzlüklere benzer	Daha eski Orta Okyanus sırtı kabuğu
Orta Okyanus Sırt kenarı	Abisal tepelere benzer	Asismik, sınırlara paralel önemsiz çizgisel manyetik anomaliler	Daha eski Orta Okyanus Sırtı kabuğu, zirve noktasının yüzeye ulaşmış ve zamanla hareket etmiştir
Orta Okyanus Sırt zirvesi	Alkali bazalt ve gabro (serpantin)	Rift üzerinde büyük manyetik anomali ile birlikte sismik özellik Yüksek sıcak akıntı	Okyanus kabuğu oluşturan ve sırt zirvesinden uzaklaştıran manto malzemesine giriş zonu

3. MERCAN RESİFLERİ

Mercan resifleri, mercanların ve diğer canlıların, özellikle de mercanları birbiriyle çimentolayan su yosunu ve organizmaların kalıntıları içeren kireçtaşı topluluklarıdır. Mercan resifleri çökme ve tektonik ile ilgili problemleri beraberinde getirmekle beraber, bütün problemleri çözmede oldukça yararlı veriler sunarlar.

Mercanların yaşamasıyla ilgili birkaç faktör sözkonusudur. Mercanların ışığa ihtiyacı vardır, bu nedenle genellikle 50 m'ye kadar olan derinlikte yaşarlar, ancak bazı şartlar altında 100 m derinlikte de yaşayabilirler. Yaşayabilmeleri için gerekli ısı derecesi 25°C civarında olup, 18°C ısıya kadar da dayanabilirler. Normal deniz tuzluluğu istenilir. Kapalı havzalarda ise tatlı su veya aşırı tuzluluk istenmez. Bunlar üstüste tutunabilmek için katı bir temel, besin içeren dalga gelimi ve az siltlenme isterler, bu nedenlerle nehir ağızlarında bulunmazlar.

Sondağlar bazı mercan adalarının büyük kalınlıklara erişen kireçtaşları içerdiklerini göstermiştir (Marshall Adasındaki Eniwetok'da 1400 m ve Bikini mercan adasında 1500 m). Mercan kireçtaşları böyle büyük derinliklerde gelişmeye başlayamaz. Bunun tek açıklaması mercanın geliştiği derinlikteki orijinal durumundan resifin tabanına doğru batmaya başlaması ve bu gelişimin hızlı bir çökme ile korunmuş olmasıdır. Bu uzun bir süre almış ve bu seviyeler Tersiyer'de tekrar eski durumlarına dönmüş olabilir.

Bunun tersine -75 m'de bir platformda bütün ada gruplarının bulunduğu Bermuda gibi bazı mercan resifi alanları da vardır. Avustralya'nın Büyük Set Resifi yaklaşık 140 m derinlikteki bir platform üzerindedir.

Günümüzdeki resifler arasında bazı ilginç coğrafik farklılıklar vardır. Hindistan ve Pasifik okyanusundaki resifler ayırıcı bir zonun şekillendiği ve ada arkasında önemli korunmanın olduğu pembe su yosunu sırtına sahiptirler. Atlantik resifleri ne pembe su yosunu sırtına, ne de kırıcı zona sahip değillerdir ve buradaki mercan adaları küçük olma eğiliminde olup, kolaylıkla yok edilirler. Bu gerçek, günümüzü ilgilendiren ortam özelliğidir, fakat geçmişteki resifler günümüzün bazı özelliklerindeki değişimleri işaret edebilirler, bu yüzden ki bizler uniformitarianizm tezini yürütmekten çok uzağız.

Mercan resifleri gerilerindeki kara kütleleri ile ilişkilerine bağlı olarak çeşitli gruplara ayrılmıştır. Kenar resifleri gerçekte ada tabanında gelişirler ve sahil çizgisinde şekillenirler. Kenar resif ile gerideki ada arasında lagün yoktur.

Set resifleri bir lagün tarafından ana karadan ayrılmışlardır. Mercan adaları ortada bir lagün ile mercan resifini çevreler, fakat geride ada yoktur.

Mercan resiflerinin gelişmesi ve farklı tiplerinin bulunması deniz seviyesi değişimiyle yakından ilgilidir. Deniz seviyesinin düşmesi bir kenar resifinin gelişmesi için oldukça uygundur. Deniz seviyesinin düşmesinden önce kısa bir süre için denize doğru büyür.

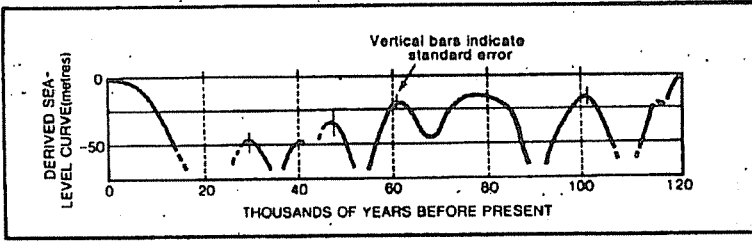
Yükselen deniz seviyesi ile resifler yukarı ve dışarı doğru büyür ve iç kesimde bir lagün ile set resifi şekillenir. Nitekim 1838'de Darwin, set resiflerinin sadece yükselen deniz seviyesi ile oluşabileceğini ortaya koymuştur. Halka şekilli set resifinin merkezinde bulunabilecek bir ada, yükselen bir denizle kaplandığı zaman mercan adaları yükselen deniz seviyesi ile özel bir gelişim gösterirler.

Eğer deniz seviyesi çok hızlı yükselirse; mercan gelişiminin hızlı olmayacağı açıktır ve eğer derinlik çok fazla olursa bunların hepsi ölebilir. Pekçok guyot bu şekilde tamamı ölmüş eski mercan resifleri ile kaplanmıştır. Darwin gözlemlenmiş resif dizileri için genel bir çökme önermiş olup, bu teorisi hâlâ genelde prensip olarak kullanılmaktadır.

Diğer araştırmacılar Pleistosen'deki deniz seviyesi değişimlerinin mercan tiplerini etkilediğini ileri sürmüşler ve yaklaşık 1000 m'deki oldukça benzer derinliğe sahip pekçok lagüne dikkati çekmişlerdir. Düşük deniz seviyesinin olduğu bir zamanda resifler oluşabilir, mercanlar ölür ve resifler aşındırılabilir. Deniz seviyesi tekrar yükseldiğinde, mercanlar o anki seviyeye doğru gelişebilir ve genç set resifini

oluşturabilirler. Bu görüşe itirazlar genel bir teori olarak çeşitli noktalarda yapılabilmektedir (lagünler derinde böyle düzenli olmaz, ada gerisindeki resif aşındırılmaz v.b.), fakat deniz seviyesi değişiminin etkilerindeki gerçekte şüphe yoktur.

Gerçekte deniz seviyesi mercan resifi alanlarını, özellikle de tektonik yükseltilerin olduğu bu tip yerleri oldukça etkilemiş olabilir. En güzel örnek Chappell (5) ve diğer bazı araştırmacılar tarafından Yeni Gine'deki Huon yarımadasında çalışılmıştır (Şekil 1). Burada mercan taraçaları deniz seviyesinin üzerinde 2500 m'de bulunabilmektedir. Bu bölge iyi gözlenen bir alandır, bu nedenle mercan yapısının detayları gözlenebilmektedir. Yükselen deniz seviyesi mercanın yukarı ve dışarı doğru gelişmesi ile anlaşılabilir, hareketsiz bir ortam alçak resiflerin gömülmesi ile dışı doğru büyümeleri, ancak yukarı doğru büyümeye ile açıklanabilir ve düşen deniz seviyesi bir önceki resifin eski üst katmanları üzerinde yeni bir resif gelişiminin başlaması ile açıklanır. Yapılan gözlemler ile bu hatlar boyunca deniz seviyesinin bir yükselme ve alçalma tablosu hazırlanabilir. Kat ile yaş verme, uranyum serileri ile yaş verme, deniz seviyesi değişimleri zaman tablosuna yerleştirilebilir.



Şekil 1. Huon Yarımadası'ndaki (Papua Yeni Gine) eski yükselmiş mercan düzlüklerinden ortaya çıkartılan deniz seviyesi eğrisi. Dönen noktalar çok sığ su fasiyesi yada gel-git platformunun deniz seviyesi üzerine çıktığı yerleri göstermektedir (5).

Günümüzde, dünyanın birçok kısmındaki deniz seviyesinin son buzul devrinden beri şu anki durumuna yükseldiği ve 120.000 yıl önceki deniz seviyesinin son buzularası devredeki seviyeye hemen hemen eriştiği çok iyi bilinmektedir. Belki ± 4 m'lik değişimler vardır, fakat bu seviye geçmişi gösteren en iyi ölçüdür. Yeni Gine'de 120.000 yıllık bir taraça yaklaşık 240 m yükselmiştir. Eğer bu düzenli bir yükseltiler olarak kabul edilirse, bu periyodun üzerindeki yükseltiler oranı yılda 2 mm olacaktır. Haritalama ile deniz seviyesi değişim verilerine karşılık bu kabul, sabit bir yükseltilerdir. Son 120.000 yıldan beri Şekil 1'de gösterildiği gibi bir deniz seviyesi eğrisinin oluşması mümkündür.

Yükseltilmiş mercan resifleri dünyanın pekçok yerinde bulunmuş olup, bu metot farklı bölgelerdeki göreceli tektonik hareketlerin oluşması için genişletilebilir. Kaileuna'nın batı adasındaki tek yükseltilimli Trobriands, merkezi Kiriwina'daki iki yükseltiler ve doğu

Kitava'daki yaklaşık beş yükselim gibi bazı ada grupları farklılık gösteren yükselimleri işaret ederler. Diğer adalar, faylanmalarından beri sahip oldukları mercan taraça istifleri tarafından örtülmüşlerdir. Bu yüzden mercan resifleri tektonik yorum için örttüğüleri küçük bir alandan dolayı oldukça yetersizdirler.

4. TEKTONİK VE KIYISAL SINIFLAMA

Kıyıların pek çok sınıflamasını yapmak mümkün olup, bunlar harcanan enerjiye, kıyasal materyalin doğallığına ve diğer özelliklere bağlıdır. Biz burada yapı ve tektonikle ilgili sınıflamalarla ilgileneceğiz.

En eski sınıflamalardan biri; kıyıda dolambaçlı kayalık yapıdan oluşan Atlantik tipli kıyılar ile kıyıya paralel kayalık yapıdan oluşmuş Pasifik tipi kıyılardır.

Öteki sınıflamalar kıyı çizgisinin regresyon ile birlikte kıyıların su yüzüne çıkması yada su altında kalmasına veya çökelin derecelenme öncesine bağlıdır. Johnson (6); su yüzüne çıkma, su altında kalma, nötr ve birleşik olmak üzere dört ana gruptan oluşan bir sınıflama yapmıştır. Maalesef hemen hemen bütün kıyılar birleşik olarak oluştuğundan dolayı bu sınıflama çok az kullanılır.

Shepard (7), günümüz kıyılarını son buzullaşmadan beri deniz seviyesinin östatik yükselimi sonucunda su altında kalmış olarak kabul etmiş ve kıyıları iki tipe ayırmıştır: Birincil olanlar; su altında kalmışlardır başka şekilde değiştirilmemişlerdir. İkincil olanlar; aşındırma ve biriktirme ile değiştirilmişlerdir.

Valentin (8), kıyının denize doğru mu yükseldiğini, yoksa karaya doğru mu alçaldığını saptayacak faktörler olarak sahil çizgisi aşındırması ve derecelenme öncesi ile birlikte su altına dalma ve su yüzüne çıkmanın kullanıldığı bir sistem tasarlamıştır.

Inman ve Nordstrom (9), muhtemelen kıyıların en çok tektonik temele dayalı sınıflamasını sunmuşlardır. İlk olarak kıyasal özellikleri üç kısma ayırmışlardır:

Birincil özellikler tektonik plakalarla birlikte bulunur, bunlar yaklaşık 1000 km'lik kıyı boyunca çizgisel boyutlar, yaklaşık 100 km'lik kıyı ovası ve kıta şelflerini içeren kıyı çizgisi boyunca olan boyutlar ve okyanus tabanından yaklaşık 10 km'lik dağ zirvelerine ait olan düşey boyutlardır.

İkincil özellikler erozyon işlevleri ve depolanma ile birlikte gelişir ve yaklaşık 100 km'lik uzunluk, 10 km'lik genişlik ile 1 km'lik yüksekliğe sahiptirler.

Üçüncül özellikler dalga etkisine bağlıdır.

Bir sahil kuşağı ilk iki özelliğin terimleri ile tanımlanır ve bir kara kuşağı ise üçünün özellikleri ile birlikte oluşur.

Tektonik açıdan kıyı zonu aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1. Çarpışan kıyılar

a. Kıta-kıta çarpışmasına bağlı kıyılar; Amerika'nın batı kıyılarındaki gibi ince bir plaka ile kalın bir kıtanın çarpıştığı yerlerdir.

b. Ada-Yay çarpışmasına bağlı kıyılar; Endonezya'daki Filipinler ve Aleutian ada yayları gibi ince plakaların çarpıştığı yerlerdir.

2. Sürüklenme kenarlı kıyılar

a. Yeni sürüklenme kenarlı kıyılar; Kızıldeniz ve Kaliforniya Körfezi gibi yeni şekillenmiş yayılımlara bağlı olarak oluşurlar.

b. Afro-sürüklenme kenarlı kıyılar; Atlantik ve Hint Okyanusu kıyılarındaki gibi karşı kıyıların birlikte sürüklendiği yerlerde oluşurlar.

c. Amero-sürüklenme kenarlı kıyılar; Amerika'nın doğu kıyılarındaki gibi diğer kenardaki bir çarpışan kıyı ile kıtalardaki sürüklenme kenarlı kıyılarda oluşurlar.

3. Kenar deniz kıyıları, Vietnam ve Güney Çin'deki gibi ada yayları tarafından açık okyanustan korunmuş kıyılardır.

Tektonik kıyıların dünyadaki dağılımı Şekil.2'de ve istatistiksel dağılımı Tablo.3'te gösterilmiştir. Bu sınıflamada sorunlar vardır. Örneğin; Hindistan kuzeye kayıyorken Afro-sürüklenme kenarlı bir kıyıya sahip olabilir, fakat Asya ile çarpıştığında ve Himalayaların karşısındaki yerini aldığı anda, Amero-sürüklenme kenarlı bir kıyı olur, buna rağmen kıyı özelliklerinin çoğu değiştirilmemektedir. Şekil.2'de Akdeniz'in Avrupa kıyısı bir çarpışma kıyısı olarak gösterilmektedir, bununla beraber sürüklenme kenar kıyısı gibi bir durumu kavramak için bir deney yapılabilir. Bu ve diğer sebeplerden dolayı Inman ve Nordstrom daha az düşünce karakteristiğine dayalı bir başka sınıflama geliştirmişlerdir (Şekil.3).

1. Dağlık kıyı: Şelf genişliği 50 km'den azdır, kıyı dağları 300 m veya daha yüksektir. Sahil genellikle kayalık ve uçurumdur.

2a. Dar şelf, tepelik kıyı: Şelf genişliği 50 km'den azdır. Kıyı tepeleri 300 m veya daha alçaktır. Sahilde burun ve körfezleri vardır.

2b. Dar şelf, düz kıyı: Şelf genişliği 50 km'den dardır. Düzlükler biraz yükseltilmiş olabilir.

3a. Geniş şelf, düz kıyı: Şelf genişliği 50 km'den az, düşük uzanımli kıyı düzlüğü geniş bir sahil zonu tarafından sınırlanmıştır.

3b. Geniş şelf, tepelik kıyı: Şelf genişliği 50 km'den az. Kıyı ovasına dereceli geçiş.

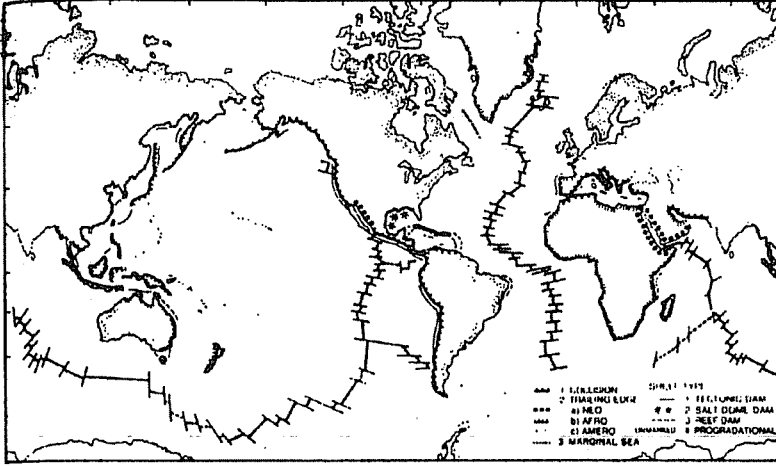
4. Delta kıyısı: Genellikle nehrin denize döküldüğü yerlerde depolanmış çökellerden oluşmuş kıyı boyunca 50 km veya daha çok uzanım gösterirler.

5. Resif kıyısı

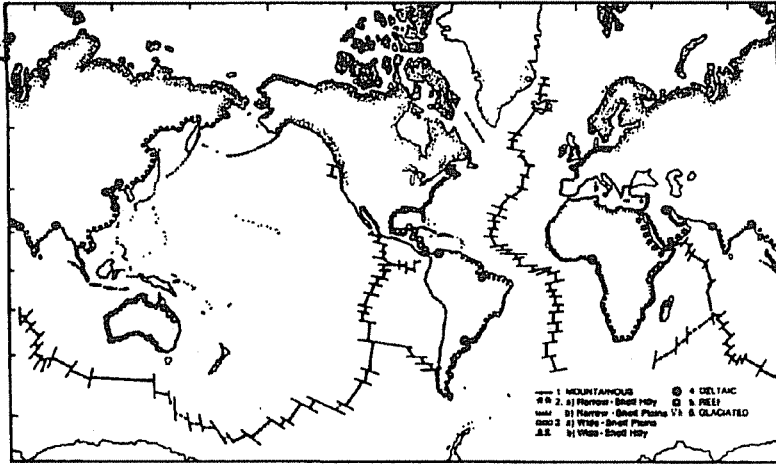
6. Buzul kıyısı: Buzulun aşındırıcı etkisi baskındır.

Bu morfolojik kıyı tiplerinin dünya dağılımı Şekil.3'te ve bu sınıflama ile erken tektonik sınıflama arasındaki ilişki Tablo.4'te gösterilmiştir.

Aynı şekilde Potter'ın sınıflaması ve Audley-Charles'ın tektonik bölgeleri vurgulayarak deltaları sınıflaması, Inman ve Nordstrom sınıflamasının kıyıları tektonik temele dayanarak sınıflamasına imkan vermiştir.



Şekil 2. Tektonik kıyı ve şelf tiplerinin dünyadaki dağılımı (9).



Şekil 3. Morfolojik kıyı tiplerinin dünyadaki dağılımı (9).

5. DENİZALTI JEOMORFOLOJİSİNİN TEKTONİK DURUMU

Derin deniz topoğrafyasının kökeni hakkında genel bir görüş vardır. Okyanus ortası yükselimi, yarıma ile işaret edilebilen bir yayılma alanı olup, abisal düzlükleri oluşturmak için deniz tabanının kayması ve çökmesi ile oluşmaktadır. Deniz tabanının topoğrafyası transform ve diğer faylar boyunca gelişen volkanik püskürmeler ile tektonik şevler tarafından değiştirilir.

Tablo 3. Dünya kıyı kuşaklarının birincil özelliklere göre istatistiksel dağılımı (bkz. Şekil 2) (9).

Kıta	Toplam kıyı uzunluğu (10 ³ km)	1.Çarpışan kıyı		2. Sürüklenme kenarlı kıyı				3. Kenar deniz kıyısı			
		10 ³ km	%	a. Neo-		b. Afro-		c. Amero-		10 ³ km	%
				10 ³ km	%	10 ³ km	%	10 ³ km	%		
Avrupa-Asya	75.2	9.7	12.9	7.8	10.4	1.7	2.3	31.4	41.7	24.6	32.7
Afrika	24.7	1.6	6.5					23.1	93.5		
Kuzey Amerika	43.4	11.4	26.3	2.4	5.5			24.2	55.8	5.4	12.4
Güney Amerika	27.3	9.0	32.9	2.4	8.8			12.5	45.8	3.4	12.5
Aktartika	24.5										
Avustralya	14.9	2.5	16.8	1.3	8.8			5.7	38.2	5.4	36.2
Büyük adalar (>2500 km ²)	136.1	82.3	60.5			14.5	10.6	39.3	28.9		
Küçük adalar (<2500 km ²)	93.0	60.3	65.0					32.7	35.0		
Antarktika dışında kalanlar	439.7	171.1	89.1	18.9	4.3	29.8	6.8	155.4	85.4	38.8	8.8

Tablo 4. Birincil tektonik sınıflama ile kıyıların morfolojik sınıflamasının karşılaştırılması (% olarak) (9).

Morfolojik sınıf	Birincil tektonik sınıf						
	1.Çarpışan kıyı	2. Sürüklenme kenarlı kıyı				3. Kenar deniz kıyısı	
			a. Neo-	b. Afro-	c. Amero-		
Dağlık kıyı (1)	97.2	8.0				2.5	
Dar şelf, tepelik kıyı (2a)		75.1	14.1			5.6	
Dar şelf, düz kıyı (2b)		15.9	46.2		1.5	3.1	
Geniş şelf, düz kıyı (3a)			4.0		89.3	3.1	
Geniş şelf, tepelik kıyı (3b)					2.2	77.4	
Delta kıyısı (4)		1.0	3.4		1.3	5.8	
Resif kıyısı (5)			3.0		1.9	5.6	
Buzul kıyısı (6)	2.8		29.3		3.8		
Toplam	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Antarktika dışındaki dünya kıyılarının yüzdesi	39.0	4.6	7.5		35.2	8.1	

Plaka tektoniği açıklamalarında aktif ve pasif kıyılar arasında bir fark vardır. Atlantik kıyıları pasif olup, okyanus kıtadan ayrı olarak yayılır. Çökel birikmesi sınırlı kıtalarda oluşan tipik şelf, yamaç ve derin deniz ile kıta arasındaki kıta yükseliminden meydana gelmektedir. Amazon ve Nijer gibi geniş nehirler büyük deltalar oluşturur. Bu izostatik bir karşılık olabilir, ancak çökme veya diğer yatay hareketler tarafından etkilenmemiştir, çünkü çökelmiş deniz tabanı bunlardan türemiş kıtalar olarak aynı oranda hareket ederler. Genelde pasif kıyılardaki yamaçlar az eğimli olacaktır, fakat her zaman böyle olmaz. Örneğin Güney Avustralya kıta yamacı çok dik olmasına rağmen pasiftir. Avustralya Antarktika'dan ayrıldığında, bu kesim küçük değişken şevli bir yamaç olarak şekillenen, sahilin oldukça gerisinde kurak ve kıtanın sınırlı bir erozyon ile düzleştirdiği bir bölgeye birkaç büyük nehirin boşalması ile oluşan çökellere sahiptir.

Pasif kıyılar boyunca, orijinal süperkıtanın dağılması ile yeniden yaş verilen kenar havzalarda çökel oluşumu vardır. Kuzey Amerika'daki kalın çökel kamalanması, Afrika çevresindeki pekçok depolanma havzaları ve Avrupa'daki Kuzey Denizi ve İrlanda Denizi'nin havzaları tipik olup, bunlara sık sık Kretase yaşı verilmiştir. Batı Avustralya'daki geniş bir havzada Ordovisiyen'den beri hemen hemen sürekli çökel biriktirilmiştir (10).

Tektonik aktiviteli kıyılar; ada yayları, hendekler, yay-gerisi havzalar ve pekçok tartışmalı özelliklere sahiptir. Güneybatı Pasifik, Yeni Gine, Yeni Zelanda ve Tonga arasındaki bir üçgende denizler, hendekler ve sırtlar karmaşası ile gerçekten oldukça karışıktır. Yitim tercih edilen bir açıklama olmakla beraber, tek başına tam bir açıklama olarak kabul edilmez. Bazı hendekler boştur, bazıları yatay olarak çökelmiş tabakalara sahiptirler ve bazıları da yüksek derecede bozmuş çökellere sahiptirler. Bu nedenle bazı çökme işlemleri, gözlemlenmiş dizileri açıklamak için gerekmektedir. Yay-gerisi havzalarında da yaş, yayılma tarihi, sıcak akıntı, çökel kalınlığı ve öteki özelliklerin çözümlenecek olması, kabul edilmenin mümkün olacağını göstermektedir.

6. OKYANUS SUYUNUN KÖKENİ VE İÇERİĞİ

Dünyanın oluşumu; ister sıcak bir kütlelin soğumasıyla, isterse soğuk gezegenlerin gelişmesiyle olsun, atmosfer ve hidrosfer volkanizma sonucu çıkan gazlardan oluşmuştur. Sıcak bir dünya uzayda eski atmosferini kaybedebilir, 400°C'ye kadar soğuduğunda ise sadece su kalabilir ve katılaşma ile kazanılan miktar çok az olabilir. Ayrıca daha sonra su, volkanik gaz çıkması şeklinde litosferden eklenebilir ve çok sık olan bir volkanik aktivite beklenebilirdi. Bu sebepten dolayı kısa bir yarılanma süresinin (half-life) oluşabilmesi için oldukça çok bulunan radyoaktif elementlerden dolayı dünya tarihinin başlarında gaz çıkma olayı daha çoktu. Elbette soğuyan bir dünya litosferden çıkan gazlara ait bütün sulara da sahip olabilecektir.

Volkanik aktivite ve hidrosferde toplanan suyun çoğalması bu sebepten dolayı

birbiriyle yakından ilgilidir. Artan su birikiminin periyodları, artan volkanizma periyotları ile ilişkili olmalıdır. Hidrosferin kökeninin araştırılması volkanizma tarihine bir ışık tutabilir.

Dünyadaki su ne zaman bir araya geldi ve jeolojik zamanlar sırasında kazanılma ve kaybedilme dengesi neydi? Birkaç mümkün hipotez farklı zamanlarda ortaya atılmıştır. Bunlar şunlardır;

1. Dünya soğurken geniş bir okyanus katılma ile şekillenmiştir ve yer kaybı ile yavaşça büzülmüştür. Günümüzde bu çok imkansız ve tartışılması gereksiz gibi görülmektedir.

2. Okyanus dünya tarihinin başlarında oluşmuştur ve durgun bulunduğu beri var olmuştur. Bununla beraber, volkanların ilk suya biraz katkıda buldukları bilmektedir, bu nedenle diğer modeller geliştirilmiştir.

3. Volkanlardan sağlanan küçük artışlar ile geniş durgun okyanus.

4. Jeolojik zaman boyunca okyanusların sürekli gelişmesi, bunlar birkaç farklı kısma ayrılabilir;

(a) Zaman boyunca okyanusların benzer düzgün gelişimi,

(b) Başlangıçta çok volkanik gaz oluşturan kısa yarılanma-süresi izotoplarının radyoaktivitesi nedeniyle oldukça hızlı gelişim,

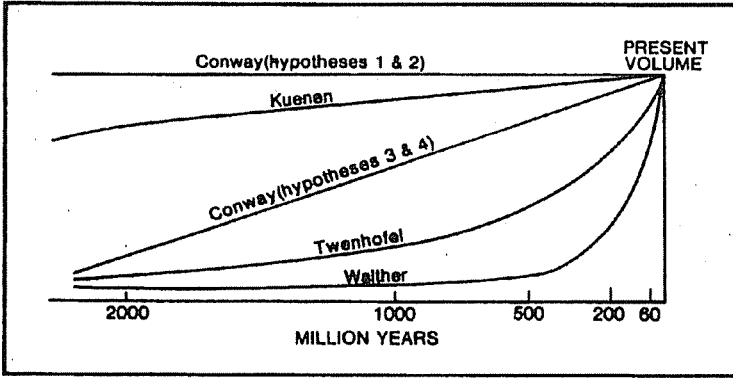
(c) Jeolojik kanıtlara dayanarak birkaç bilim adamı Jura'daki su oluşumunun hızlı bir şekilde arttığını öne sürmüşlerdir.

Bu hipotezlerden bazıları Şekil. 4'de gösterilmiştir. Okyanus suyunun kökeni hakkındaki en önemli teoriler Rubey (11) ve Mason (12) tarafından ortaya konmuştur.

Rubey (11), su kökeni hakkındaki klasik tezinde, jeolojik zaman boyunca su hacminin artması gerektiği neticesine varmıştır. Kıtasal kaymanın kabul edilmesinden önceki bir devirde, Rubey okyanus havzalarının derinliğinin artması ile fazla bir suyun içerilebileceğini düşünmüştür. Carey gelişen bir dünya ve okyanus alanlarının artması ile gerekli kapasitenin elde edilebileceğini ileri sürmüştür. Deffeyes (13) plaka tektoniği modelini kullanarak, yeni deniz tabanının $2,5 \pm 0,2$ km²/yıl olarak oluştuğu temelde, bırakılan suyun oranını (eğer ilk su serpantinleşmeye neden oluyorsa) $2,9$ km³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunu $0,4$ km³/yıl olarak hesaplayan Hess (14)'e göre, yenilenme tamamen farklı yayılma oranlarına bağlıdır. Yeni oran Kambriyen'den sonraki zamanlardaki deniz suyunun günümüzdeki hacmini oluşturabilmektedir.

Dünyadaki suyun kökeni sadece olayın bir parçasıdır. Biz en çok suyun bulunduğu okyanus havzalarının kökenini dikkate almak zorundayız. İlk olarak araştırılması gereken okyanus havzalarının esas özelliklerini inceleyeceğiz.

1. Okyanus havzaları başlıca tabanında simanın bulunduğu ve sialik kıtaların kenarları ile sınırlandırılmış farklı kıtalardan oluşur, sadece sığ denizler kıta şelflerini örtmektedir.



Şekil 4. Jeolojik zamanlar süresince okyanus suyunun miktarındaki değişim (12).

2. Olay basit olarak açıklanırsa, okyanuslar kenarlarda dolu olarak gözüktürler. Su miktarındaki oldukça küçük artışlar karalardaki geniş alanlara taşabilir ve oldukça az su kayıpları kıta yamaçlarını en kısa sürede ortaya çıkarabilir.

3. Buna karşılık deniz sınırları jeolojik zamanlar boyunca sürekli değiştirilirler. Kıtalar ve derin okyanusların yerdeğiştirilmesi söz konusu değildir. Derin okyanus çökelleri kıtalarda bulunmazlar.

4. Jura'dan daha yaşlı olmayan çökeller okyanus havzalarında bulunmakta olup, yaş verilmeyen okyanus tabanı Jura'dan daha yaşlıdır. Belki de hepsinden daha çok şaşırtıcı olan şey ise, hem bütün eski okyanus havzalarının yok olmuş olması, hem de derin okyanus havzalarının Jura'dan önce var olmaması fikrinin ortaya atılmasıdır.

Günümüzde genel olarak tercih edilen hipotezler yitim ile bitirilmiş eski okyanuslardır. Birlikte hareket eden, çarpışan, daha sonra yeni okyanusun oluşumu ve eski okyanusun yitimi ile yeni birleşme ve kayan kısım boyunca kırığın geliştiği bir plakalar sistemi düşünülmektedir. Fakat bu mekanizmanın daha eski deniz tabanını yok etmesi ve bundan dolayı da eski deniz tabanının toplam eksikliğini açıklamada yetersiz olması nedeniyle anlaşılır değildir (kıtasal plakaların hareket ettiği gerçeğinin en iyi şekilde açıklanmasına rağmen).

Bir başka ve gerçeğe daha az uygun açıklama ise yerkabuğunun yeni deniz tabanının oluşması ile genişlemesidir, kıtalar daha az yada daha çok sabittirler. Bu açıklama sadece Carey (15) tarafından ileri sürülmüştür. Bu Mesozoyik'ten beri, Eopasifik olarak adlandırılan bir alan hariç, bütün modern okyanus havzalarının oluşumunu açıklayamamaktadır. Bu durum oldukça sınırlıdır, fakat önemli bir geliştirme Steiner (16) tarafından yapılmıştır. Mesozoyik'ten beri oluşturulan yeni deniz tabanı hakkında küçük bir tartışma vardır, fakat pekçok jeolog sabit bir dünyada deniz tabanının eşit miktarda çöktüğünü düşünmeyi tercih etmektedir.

Eğer dünya gerçekten genişliyor ise ve özellikle büyüme sadece Mesozoyik'te başladı ise, suyun kökeninin tekrar incelenmesi gerekmektedir.

İlk problem pre-Mesozoyik'te suyun nerede olduğudur. Eğer okyanus suyu günümüzdeki kadar bulunsaydı, o zaman daha küçük bir dünyada suyun aynı miktarı günümüzden daha derin ortalama su derinliğine neden olurdu. Bu jeolojik kanıtlar ile ispat edilemez gibidir, çünkü pre-Kretase'de kesinlikle pekçok kara parçası vardı ve pekçok deniz sığ idi.

Eğer okyanus havzaları Kretase'de aniden oluşsaydı deniz seviyesinde bir düşüş olurdu, nitekim suyun aynı miktarı daha geniş bir dünyaya doğru dağılmış ve özellikle yeni oluşmuş okyanus havzalarını doldurmuştur. Genel olarak, Kretase taşkınların olduğu bir zamandı, bu nedenle eğer okyanus havzaları birden oluşsaydı, su oranını korumak yada deniz seviyesini yükseltmek için yeterli oranda oluşturulabilirdi. İnanmaktayız ki, eğer su sadece volkanik gazlar tarafından oluşturabilseydi, o zaman artan su üretiminin periyodu ile artan volkanizmanın periyodunun birbirine uyması gerekirdi. Brezilya'nın Kretase Parana platosu bazaltları 750000 km²'nin üzerinde bir alanı kaplamaktadırlar ve esas olarak Güney Afrika'nın Jura yaşlı Karroo bazaltları 140000 km²'nin üzerinde alan kaplamalarına rağmen bir kat daha geniştirler. Fakat dünya üzerinde genel olarak volkanik aktivitenin karalarda oldukça fazla olması belirgin değildir ve buna göre yeni oluşmuş okyanuslarda ki denizaltı volkanlarından suyun oluşması ihtimali oldukça azdır.

Eğer Mesozoyik'te kıta kayması başlasaydı ve yerkabuğunun genişlemesi kabul edilseydi, o zaman su oluşumu için yeni bir model önerilmeliydi. Dünya tarihinin ilk başlarında, su oldukça hızlı çoğalmaktaydı, fakat daha sonra miktar muhtemelen daha yavaş arttı. Bu durumda su sığ denizlerde ve dünyanın sialik kabuğu boyunca ara sıra oluşturuldu, nitekim okyanus havzaları henüz oluşturulmamıştı. Jura'da ve daha sonraki zamanlarda kabuk parçalandı, okyanus havzaları oluşturuldu, fakat su oluşumundaki bir artış ile okyanus havzaları aynı şekilde günümüze kadar korunmuştur. Muhtemelen volkanik aktivite ve gaz çıkması aynı zamanda artmıştır.

Anahtar işaret tayin etmede çeşitli hipotezlerin mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bundan dolayı kayma miktarı, su oluşumu ve volkanizma birbirleriyle ilgilidir ve en azından herhangi bir hipotezde var olan karşılıklı ilişkilerdeki niteliksel kontrollerin yapılmasını sağlamaktadırlar.

Daha çok soru sormadan önce, biz ne tür bir volkanizmanın su oluşturacağını düşünebiliriz. Bütün olasılıklarda, bir okyanus genişlediği zaman, daha çok suyun geldiği yayılma boyunca yeni bazaltlar oluşturulur; başka bir deyişle dünyada bilinen volkanların bu olaya etkisi muhtemelen oldukça azdır ve denizaltı volkanizması imkansızdır, fakat sakın bir bazalt oluşumu okyanusa su eklenmesini mümkün kılabilir. Bunu hesaplamak ve saptamak son derece zor olabilir. Ancak bu hiç olmasaydı, ölçülen su oluşumunda etkileme olabilirdi.

Su oluşumunun bazı ölçümsel hesaplamaları Holmes (17) tarafından oldukça net bir şekilde sunulmuştur. Volkanlardan gelen suyun yıllık ortalama üretimi $1,4 \times 10^{16}$ gr olarak hesaplanmıştır. Okyanusların ve denizlerin toplam hacmi $1,4 \times 10^{24}$ gr'dır. Bundan dolayı günümüzdeki volkanik gaz çıkarma oranının 100 milyon yılda okyanusları doldurabileceği görülmektedir. Bu zaman uzunluğu çok kısa olup, bir miktar suyun dönüşümlü olacağı açıktır. Hesaplamayı doğru olarak göstermek için her yıl oluşan ilk su miktarını ve özellikle de ne kadar miktar suyun döndüğünün veya eklendiğinin bilinmesi mümkün olmayan okyanus altı sırtlarındaki volkanlar tarafından eklenecek su miktarını bilmek gerekir.

Okyanusların ortalama derinliği 3,8 km'dir. Eğer günümüzdeki ortalama deniz seviyesi korunsaydı, okyanus tabanının her yeni km^2 'si genişleyen yeryüzünün ihtiyacı olan $3,8 \text{ km}^3$ su ile örtülmesi ile oluşturulacaktı. İlk bakışta suyun bu oranda oluşabilmesi imkansız gibi görülmektedir.

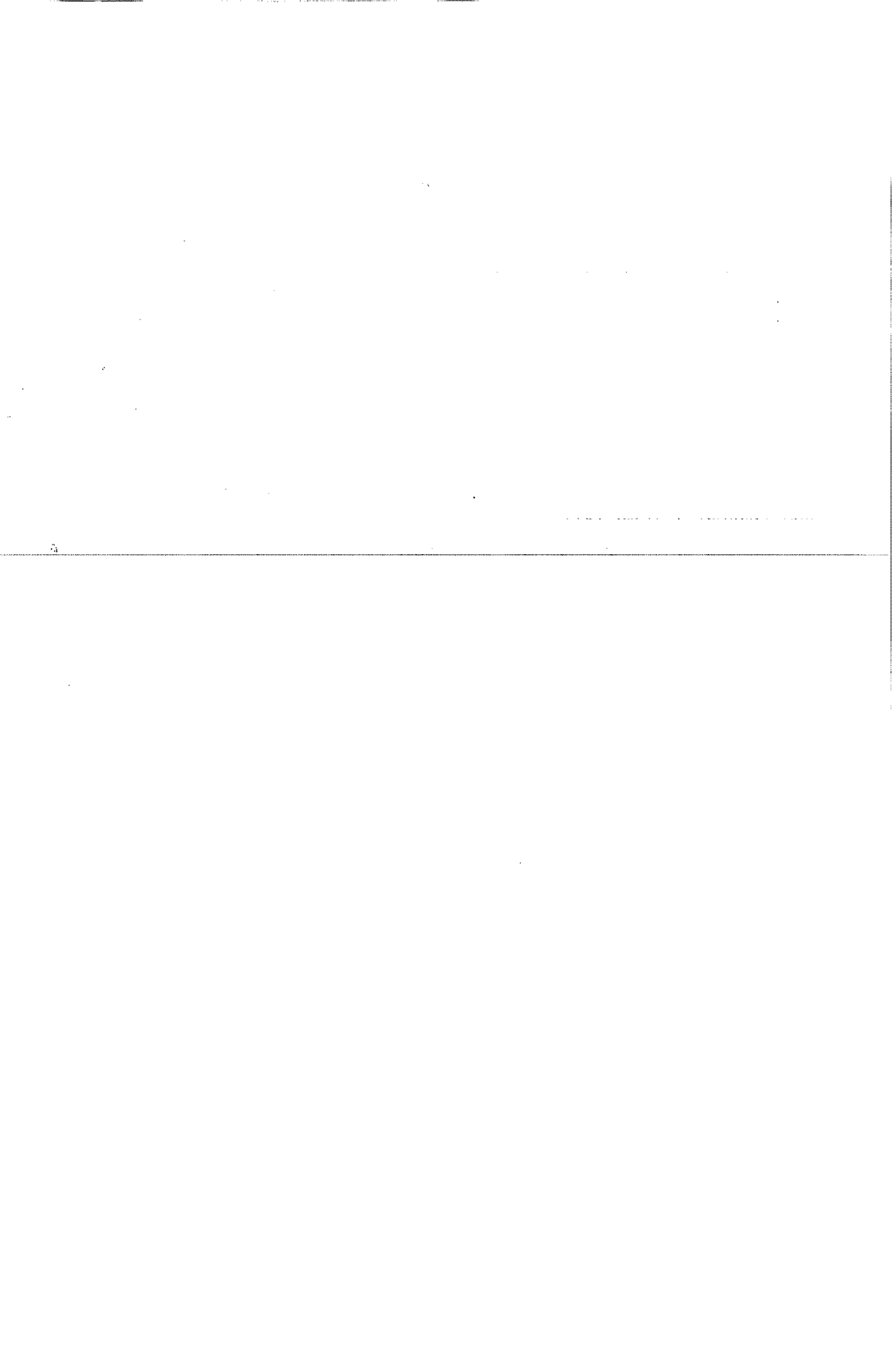
Ancak genişleyen dünya hipotezleri, su hacminin büyümesi problemini manto hacminin büyümesinden ayıramaz. Dünyanın ortalama bir cm^2 'si farklılaşma öncesi mantodaki suyun en azından %0,2'sini içeren 2×10^5 gr su ve 109 gr mantoya sahiptir. Hatta eğer bu miktar birkaç faktör tarafından artırılacak olursa, bu aşırılık gibi görünecektir.

Eğer su, oluşumunu gaz oluşumu ile devam ettirmede başarısız olursa, uzun sürede okyanus havzalarının gaz çıkarması ile deniz seviyesi düşebilir. Deniz seviyesinin alçalma ve yükselme tarihi belki de bu probleme ışık tutabilecek en önemli etkidir.

7. KAYNAKLAR

1. Bloom, A.L., *Geomorphology*, Prentice-Hall, New Jersey, 1978.
2. Sellwood, B.W. and Jenkyns, H.C., *Basins and swells and the evolution of an epeiric sea (Pliensbachian-Bajocian of Great Britain)*, *Jl. Geol. Soc. Lond.*, 131, 373-88, 1975.
3. Hsu, K.J., *When the Mediterranean dried up*, *Scientific American*, 227, 26-36, 1972.
4. Heezen, B.C. and Wilson, L., *Submarine geomorphology*, in *Encyclopedia of Geomorphology*, R.W. Fairbridge (ed), Reinhold, New York, pp. 1079-97, 1968.
5. Chappell, J., *Geology of coral terraces, Huon Peninsula, New Guinea: a study of Quaternary tectonic movements and sea-level changes*, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 85, 555-70, 1974.
6. Johnson, D.W., *Shore Processes and Shoreline Development*, Wiley, New York, 1919.
7. Shepard, F.P., *Submarine Geology*, Harper and Row, New York, 1973.
8. Valentin, H., *Principles and problems of a handbook on regional coastal geomorphology of the world*, Paper read at the Symposium of the IGU Commission on Coastal Geomorphology, Moscow, 10, 1970.
9. Inman, D.L. and Nordstrom, C.E., *On the tectonic and morphologic classification of coasts*, *J. Geol.*, 79, 1-21, 1971.

10. Fairbridge, R.W. and Finkl, C.W., *Geomorphic analysis of the rifted cratonic margins of Western Australia*, *Z. Geomorph.*, 22, 369-89, 1978.
11. Rubey, W.W., *Geological history of seawater: an attempt to state the problem*, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 62, 1111-48, 1951.
12. Mason, B., *Principles of Geochemistry*, Wiley, New York, 1966.
13. Deffeyes, K.S., *The axial valley: a steady-state feature of the terrain*, in H. Johnson and B.L. Smith (eds), 1970, *op. cit.*, pp. 194-122, 1970.
14. Hess, H.H., *History of the ocean basins*, in *Petrological Studies: A volume to honour A.F. Buddington*, A.E.J. Engel, H.L. James and B.F. Leonard (eds), *Geo. Soc. Am.*, 1962.
15. Carey, S.W., *The Expanding Earth*, Elsevier, Amsterdam, 1976.
16. Steiner, J., *An expanding Earth on the basis of sea-floor spreading and subduction rates*, *Geology*, 5, 313-8, 1977.
17. Holmes, A., *Principles of Physical Geology*, Nelson, London, 1965.



YOZGAT-SORGUN-KÜÇÜKKÖHNE LİNYİTLERİNDE FİZİBİLİTE ETÜDÜ VE KARLILIĞIN BELİRLENMESİ *

Hüseyin VAPUR ve Mesut ANIL

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

ÖZET : *Bu çalışmada, Yozgat-Sorgun-Küçükköhne linyit rezervinin yeraltı işletmesine yönelik işletme projesinin incelenmesi yapılmıştır. Yeniçeltek Kömür ve Madencilik A.Ş. bünyesinde Sorgun Linyit İşletmesi'ne bağlı olan bu sahadan alınan örneklerin mekanik özellikleri saptanmıştır. Ayrıca sahada M.T.A. tarafından yapılan incelemelerde ortaya konan bulgular , kömürün kalorifik analiz değerleri ve işletme hakkındaki veriler değerlendirilmiştir. Yapılacak yatırım ve harcamalara göre projenin rantabilite uygunluğu hesaplanmış ve karlılık analizi yapılmıştır. Hazırlık ve işletme dönemleri için birim ilerleme (\$/m) ve birim üretim (\$/ton) maliyetleri hesaplanarak ekonomik analiz yapılmıştır. Bulunan sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.*

THE FEASIBILITY PROJECT AND ECONOMICAL ANALYSIS OF YOZGAT-SORGUN-KÜÇÜKKÖHNE LIGNITE DEPOSIT

ABSTRACT : *In this study, underground mining feasibility project of Yozgat-Sorgun- Küçükköhne lignite deposit has been prepared. Rock mechanic tests have been performed on the samples taken from the area of Sorgun lignite district belonging to Yeniçeltek Mining Company. Beside this, all the reports, knowledges of mining company and calorifical analysis that were done on the samples of coal by MTA have been evaluated. The feasibility of the project and sensitivity analysis of the project on the investment and spendings were done. For the preparation works and later in production stage, the unit cost of production (\$ / m) and cost of excavation (\$/ ton) has been calculated and an economical analysis was performed. All the results obtained from this feasibility project were investigated and compared.*

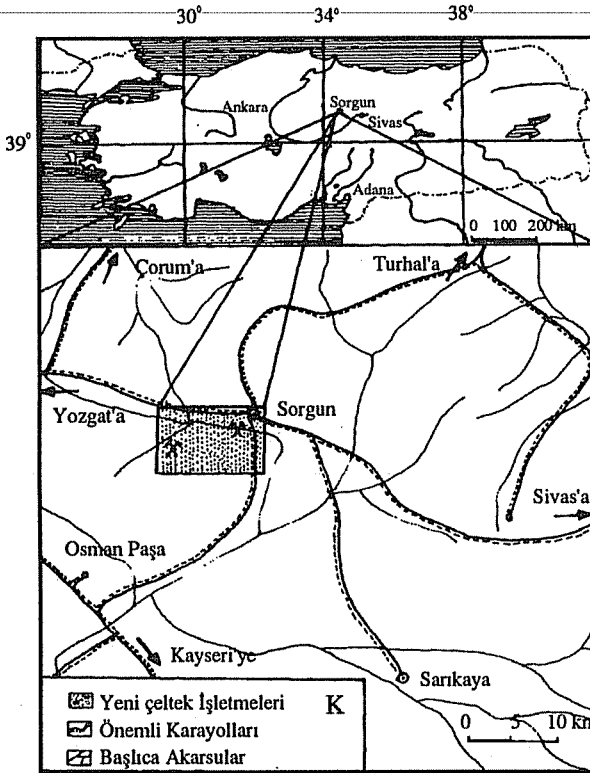
* Bu çalışma Ç.Ü. FBE- 95- 56 nolu proje çerçevesinde desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Ülkemiz yaklaşık 8,36 milyar ton linyit rezervine sahiptir. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (T.K.İ) elindeki saha rezervi 6,06 milyar ton olup toplam rezervin % 70'i devlet tarafından işletilmektedir. Geri kalan kısmı ise özel sektöre ait küçük ve orta ölçekli işletmelerce kontrol edilmektedir (1).

Genelde bu şirketler ilk yatırım maliyetinin ucuzluğu ve rezerv miktarının düşük olduğu durumlarda yeraltı üretimini klasik madencilik metodları ile sürdürmektedirler. Bazı işletmeler ise kısmi mekanizasyon (hidrolik direk, mafsallı sarma, havalı patlatma, oda topuk v.b.) uygulayarak günlük üretim miktarını artırmak ve işçilik masraflarını düşürmeyi amaçlamaktadırlar.

Bu makalede Yeniçeltik Kömür ve Madencilik A.Ş. Yozgat, Sorgun-Küçükköhne linyit sahasının (Şekil.1) üretim yöntemi ve kârlılık analizine yönelik bir araştırmanın sonuçları sunulmaktadır.



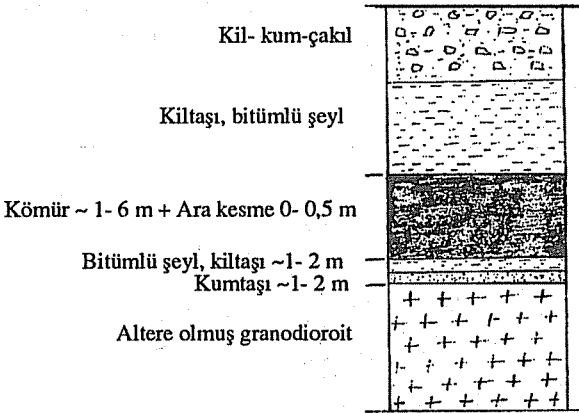
Şekil 1. Yozgat, Sorgun-Küçükköhne Linyit Sahası Yer Bulduru Haritası.

Büyük hazırlıkları tamamlanmakta olan ve deneme üretimi geçertmeli uzun ayak metoduyla gerçekleştirilen yeraltı işletmesinde günlük üretimde düşüklük gözlenmiştir.

Ayrıca işçilik ve malzeme giderleri de kârlılığı azaltmaktadır. Sorunların çözümü için mutlaka kapsamlı bir fizibilite etüdü yapılabilmesi gerektiğinden öncelikle kömür tavan ve taban taşının temel jeomekanik özellikleri saptanmıştır. Sahanın üçgen metoduyla önceden belirlenen görünür rezervi, poligon yöntemi ile revize edilerek toplam 3.961.000 ton bulunmuştur. Buna göre 2 yıllık yatırım dönemi ve yıllık 60.000 ton üretim için 19 yıllık işletme dönemini kapsayan makina ve ekipman, yatırım tutarları termin tabloları oluşturulmuştur. Toplam yıllık gider ve gelirler hesaplanarak başabaş noktası bulunmuştur. Buradan projenin rantabilite ve kârlılık analizleri yapılarak uygunluğu belirlenmiştir.

2. Kömür Revervinin Konumu ve Teknolojik Özellikleri

Rezerv sahasında 4 temel birim gözlenmektedir. Bunlar en altta granit ve granodioritler onun üzerinde uyumsuz göl fasiyesinde oluşan ve içerisinde kömür damarı bulunan Eosen serisi gelir. Kömür damarı doğu-batı doğrultulu ve tabaka eğimi 15° - 20° arasındadır. Daha sonra kömür tabakasının üzerinde Pliosen ve Kuaterner serileri gelir. Kömür damarı sahanın genelinde tek bir damar halinde olup, yer yer ince kil ve marn tabakalarıyla ardalanmaktadır (2).



Şekil 2. Küçükköhne Linyitleri Genelleştirilmiş Dikme Kesiti (2).

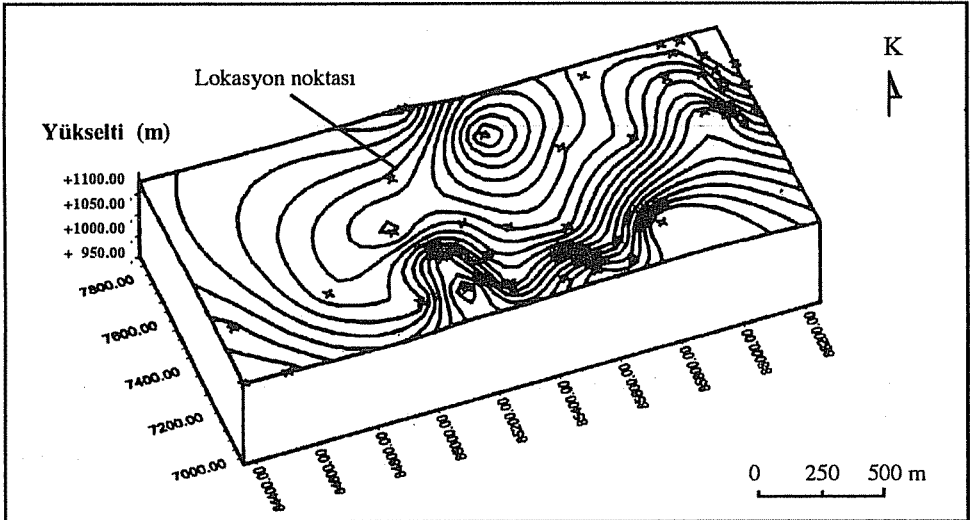
Kömür kalitesi saha içerisinde çok değişkendir. 1980'lerin başında açılan sondajlara ait karot örneklerinin analizleri MTA laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kalorifik değerler Tablo.1'de verilmiştir. Burada da görüldüğü gibi kömürlerde toplam kül oranı arttıkça ısıl değer düşmektedir.

Analizlerde kömürün önemli ölçüde karbonat içerdiği ve siyah toz halinde koklaştığı gözlenmiştir. Sorgun linyitlerinin 1500 kcal/kg den küçük olan kesimlerde linyit üretimi

ekonomik olmadığından yapılmayacaktır. Sondaj verilerini kullanarak Surfer paket programında çizilen blok diyagramlar Şekil 3 ve 4'te verilmiştir.

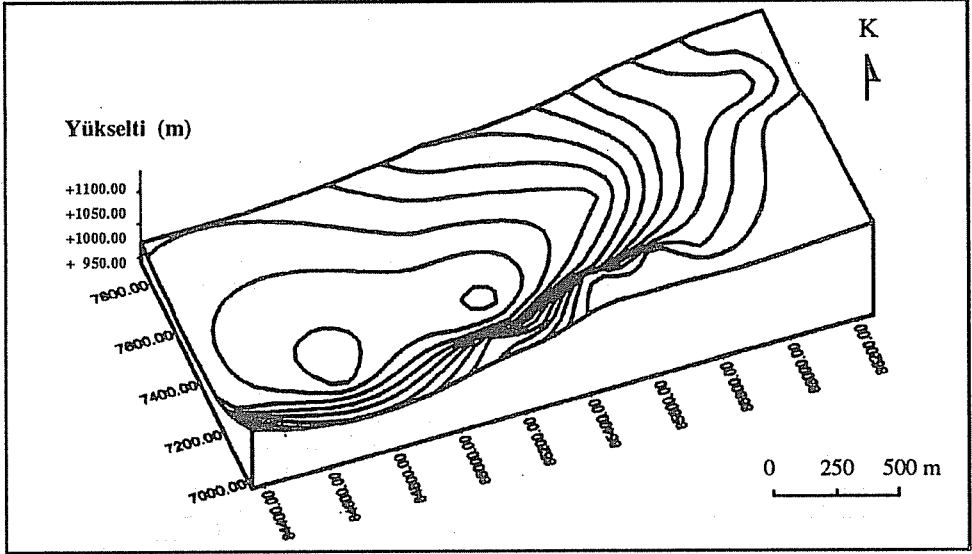
Tablo 1. Küçükköhne linyitlerinde Yabancı ve Isıl Değere Ait Numune Analiz Sonuçları (2).

Kısa analiz	Orjinal	Havada kuru	Kuru	Saf kömür
Nem içeriği (%)	12,73 ±2,84	4,43 ±1,68	-	-
Kül (%)	47,32 ±11,72	51,28 ±12,1	55,99 ±11,6	-
Uçucu madde (%)	20,11 ±2,82	22,81 ±7,28	22,31 ±4,19	51,7 ±5,31
Sabit karbon (%)	19,84 ±6,27	21,57 ±7,09	21,70 ±7,78	48,30 ±5,3
Kükürtler				
Yanar kükürt (%)	3,91 ±0,77	4,26 ±0,87	4,51 ±0,98	-
Külde (%)	0,11 ±0,06	0,12 ±0,07	0,12 ±0,07	-
Pirit-kükürdü (%)				-
Toplam kükürt (%)	4,03 ±0,76	4,38 ±0,86	4,63 ±,98	-
Koklaşma(ISO ile)				
Kok (%)	66,9 ±4,97	72,78 ±5,07	76,67 ±4,19	-
Gaz (%)	33,1 ±5,93	27,22 ±5,06	23,33 ±4,19	-
Isıl Değer(Kcal/kg)				
Alt kalori "	2228 ±667,9	2476,28 ±746,9	2647 ±730	5809,71 ±1101
Üst kalori "	2422,6 ±690,2	2636,85 ±769,8	2715,86 ±783	6106,71 ±1111



Şekil 3. Rezerv sahası lokasyon noktalarını gösteren blok diyagram.

Küçükköhne sahasının genel toplam rezervi poligon yöntemi ile 3.961.000 ton bulunmuştur. Arıoğlu(1988)'e göre $R = a \cdot F \cdot t \cdot g$ formülü esas alınmaktadır. Burada;
 a = Jeolojik belirsizlik faktörü (1-0,8), ~ 0,9
 F = Poligon Alanı, toplam 1.499.851 m² (Planimetre ile belirlemiştir).
 g = Kömürün yoğunluğu, 1.3 ton/m³
 t = Sondaj ile kesilen damar kalınlığı, 2.30 m(ortalama)

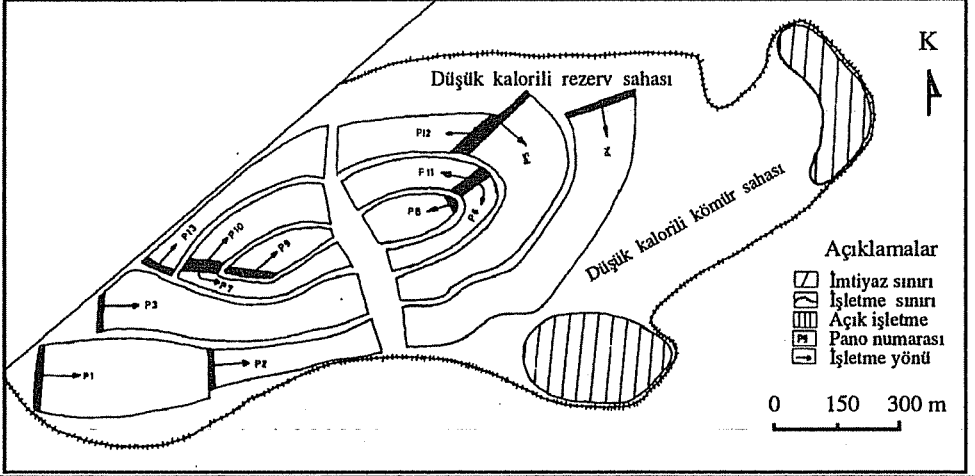


Şekil 4. Rezerv sahası kömür tavan kotlarına göre blok diyagramı.

Ancak bu rezervin içinde 582.075 ton olan ve örtü kazı oranı açık işletmeye uygun iki adet sahada bulunmaktadır. Yeraltı işletmeye uygun rezerv toplamını bulmak için Şekil 5'de görüldüğü gibi saha 13 panoya ayrılmıştır. Tablo.2'de pano rezervleri toplamı 1.731.390 ton olarak hesaplanmıştır. Düşük kalorili işletilemeyen rezerv toplamı ise $3.961.000 - (1.731.390 + 582.075) = 1.325.590$ ton'dur.

3. Yan Kayaçların Temel Jeomekanik Özellikleri

Küçükköhne Yeraltı İşletmesi deneme üretimi yapan uzun ayağın göçük tarafında (tavan taşı= bitümlü şeyl-kiltaşı) ve desandrelerden (taban taşı = granodiorit) numuneler almarak ISRM(1981) standartlarına göre Ç.Ü Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bir dizi deneye tabi tutularak sınıflandırılmıştır (Tablo.3). Çıkan sonuçlarda granodioritin alterasyon geçirdiği anlaşılmaktadır. Numunelerden bazıları anizotropik yapıdadır. Kayaç bünyesinde kısmi çatlaklarda gözlenmiştir. Bu yüzden değerler granit türü kayaçlar için normalin altında çıkmıştır.



Şekil 5. Küçükköhne Sahası ve Panoların Oluşturulması (4).

Tablo 2. Pano rezervleri ve işletme süreleri (5).

PANO NO	ORT. KÖMÜR KALINLIĞI (m)	PANO ALANI (m ²)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU ³ (ton/m ³)	GÖRÜNÜR REZERV (ton)	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)	PANO ÖMRÜ (Yıl)
P 1	2.30	72500	1.3	216775	136568	2,28
P 2	2.80	33750	1.3	122850	73396	1,22
P 3	2.55	72500	1.3	240338	151413	2,52
P 4	2.10	92500	1.3	252252	158919	2,64
P 5	2.30	78750	1.3	235463	148342	2,47
P 6	2.15	20000	1.3	55900	35217	0,58
P 7	2.45	20000	1.3	63700	40131	0,67
P 8	2.15	21250	1.3	59400	37422	0,62
P 9	2.60	18750	1.3	63375	39926	0,66
P10	2.45	31250	1.3	94450	59503	0,99
P11	2.70	25000	1.3	87750	55283	0,92
P12	3.00	33750	1.3	131625	82924	1,38
P13	2.42	32500	1.3	102245	64414	1,07

TOPLAM 1 731 390 1 090 775

*A.İş. 1	2.70	45000	1.3	157950
*A.İş. 2	5.80	56250	1.3	424125

TOPLAM 582075

Bitümlü şeyl-kiltaşında ise karot almak zor olduğu için 5x5x5 cm boyutlu kesilmiş küp numunelerde tabakalaşma yönüne dik deneyler yapılmıştır. Deneylerde numunelerin çoğu dağılmış ve deney 5 kez tekrar edilmiştir.

Kesilmiş bloklardaki örneklerde $s b = \sim 15,15 \times I_s(50)$ ve silindirik koratlarda ise $s b = \sim 17,24 \times I_s(50)$ olarak bulunmuştur. Deneyler sonucu bulunan ortalama eksenel

basınç değeri (s b) Onika (7) ve Arıoğlu (3)'na göre desandre açmada delik boyu tasarımında ve toplam delik sayısının belirlenmesinde kullanılmıştır. Buna göre;

Delik boyu: $L = \frac{V \cdot n_m \cdot t \cdot d}{K \cdot 0,27 \cdot \sqrt{\sigma_b \cdot F}}$ formülünden hesaplanmıştır. Kullanılan veriler;

s b= Ort. basınç dayanımı= ~70 MPa

n_m =Delici adedi = 3adet

t d= Delme süresi =120dak/vardiya

F=Kazı kesiti = 10,2 m²

V=Delme hızı 10 cm/dak

K =Belirsizlik faktörü) = ~1,1

Delik boyu = (10.3.120)/[1,1.027 (700.10,2)^{0,5}]= 144 cm bulunmuştur.

Matkap uzunluğu 150 cm seçilmiştir.

Birim delik adedi (n)= 0,27(s b/F)^{0,5} = 0,27(700/10,2)^{0,5} = 2,23 adet/m²

Toplam Delik adedi (N) = 2,23 adet/m² . 10,2 = 23 adet/m² bulunmuştur.

Tablo 3. Yan Kayaçların Temel Jeomekanik Özellikleri.

Taban taşı (Altere olmuş granodiorit)							
Deney no	Eksenel basınç σ_b =MPa	Elastisite Modülü E=GPa	Çekme dayanım σ_b =MPa	N tipi Schmidt	Plastisite Değeri	Nokta yük $I_s(50)$ =MPa	Vp m/sn
1	65,04	15,48	6,50	64	14,06	5,02	4569,54
2	112,75	21,66	11,27	60	8,33	4,05	4096,38
3	58,45	23,29	5,84	63	8,62	6,55	4084,16
4	131,60	21,44	13,16	63	12,69	6,32	4230,77
5	82,94	19,29	8,30	65	16,92	4,57	4050,92
6				59	8,47	4,96	4809,38
7				57	5,26	4,60	3985,76
8				60	15,00	4,10	4894,26
9				66	13,63	6,77	5079,36
10				55	6,15	5,40	4441,55
Ortalama	90,20±31,28	20,23±3,01	9,01±3,13	61,20±3,58	10,91±4,02	5,23±0,99	4424,21±396,1
Tavan taşı (bitümlü şeyl- kilaşı)							
1	6,0	2,10	0,60	38	32	0,52	3333,33
2	7,40	2,59	0,74	37	24	0,44	3846,15
3	8,40	2,94	0,84	41	17	0,54	3571,42
4	6,73	2,35	0,67			0,51	2272,72
5	7,30	2,55	0,73			0,46	4166,66
6						0,61	3333,33
7						0,34	3333,33
8						0,39	3846,15
9						0,51	4166,66
10						0,42	3846,15
Ortalama	7,17±0,88	2,51±0,31	0,72±,88	38,66±2,08	24,33±7,5	0,47±0,08	3571,59±556,94

4. İşletmede Hazırlık ve Üretim Anındaki Birim Maliyetlerin Bulunması

Yapılan bu çalışmada maliyetler hesaplanmadan önce yeraltı işletmesi ile ilgili olarak havalandırma, nakliyat, tahkimat, su atımı, basınçlı hava ve diğer çalışmalarla ilgili boyutlandırmalar yapılarak malzeme ve işçi sayıları belirlenmiştir. Maliyet ve kârlılık analizlerinde maliyetler TL değerinin enflasyon nedeni ile değişken olması sonucu \$ olarak öngörülmüştür. Ayrıca fiat hesaplamalarında ;

$F=P(1+r)^n$ formülü (8,9) kullanılmıştır.

Burada;

F= Paranın n yıl sonra ulaşacağı değer

r = Faiz oranı(%)

n= Geçen yıl sayısı

P= Paranın bugünkü değeri'dir.

Birim maliyet hesaplamalarında yapılan çalışmada amortisman, faiz, malzeme, elektrik, basınçlı hava, yedek parça, bakım onarım, işçilik v.b. bulunan giderler toplanarak ilerleme veya üretim miktarına bölünerek birim maliyetler bulunmuştur. Amortisman süresi ortalama 5 yıl alınmıştır. Faiz hesaplamalarında ise

$F= A.i. (n+1)/2n$ formülü (10,11)'ne göre hesaplamalar yapılmıştır. Burada ;

F= Yıllık faiz gideri

A= Toplam işletme yatırımı

i = Faiz oranı (%10)

n= Eskime süresi

Tablo 4. Faliyet Türüne Göre Birim İlerleme Ve Üretim Maliyetleri (5).

Hazırlık Dönemi		İşletme Dönemi	
Desandre açma	307,5 \$/m	Vinç nakliyesi	0,597 \$/ton
Nakliye galerisi	107,62 \$/m	Lokomotif nakliyatı	1,01\$/ton
Damar içi galeri	83,77 \$/m	Su atımı maliyeti	0,1 \$/ton
Başyukarılar	97,72 \$/m	Havalandırma maliyeti	0,38\$/ton
		Basınçlı hava tesisi	2,04 \$/ton

Hidrolik direkli uzun ayak = 8,494 \$/ ton

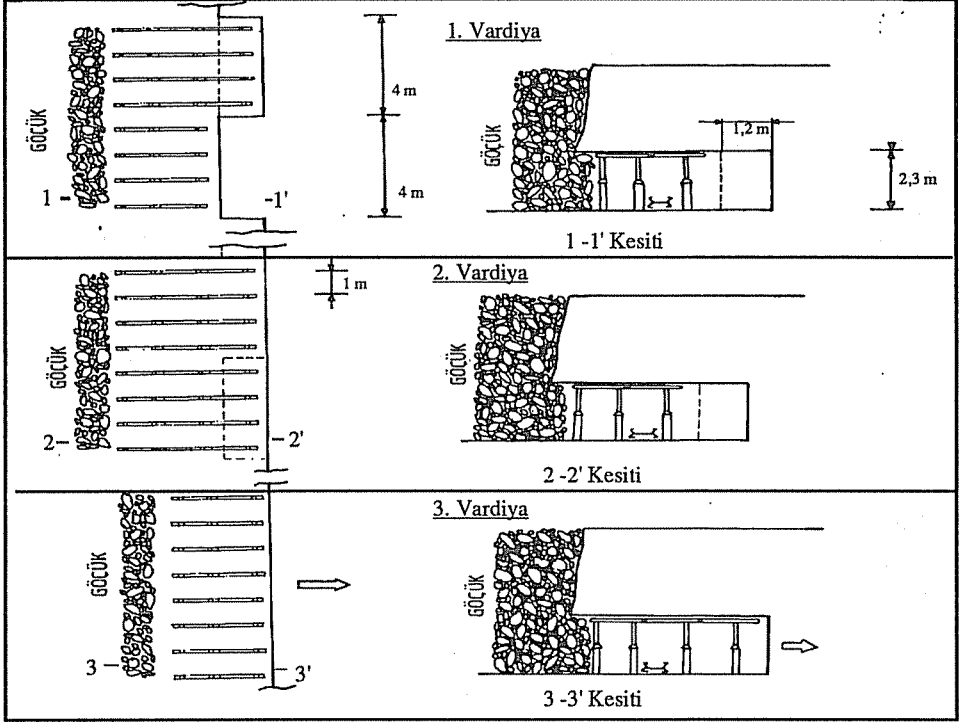
Arına dik tahkimatlı uzun ayak : 11,30 \$/ton

Arına paralel ağaç tahkimatlı uzun ayak : 11,27 \$/ton

İşletme döneminde birim üretim maliyetleri uzun ayakta kullanılan tahkimat sistemine göre hidrolik direk -mafsallı sarma uygulamasında en düşük maliyet çıkmıştır. Ağaç tahkimata oranla malzeme, işçilik ve zaman kazançlı vardır. Şekil 6'da hidrolik tahkimatlı uzun ayak görülmektedir

5. Projenin Rantabilite Hesabı ve Başabaş Noktasının Bulunması

Oluşturulan makina ve donanımlar ile yıllara göre yatırım tablolarındaki giderlere uygun olarak her bir harcama türüne göre üretim maliyetleri bulunmuştur. Toplam yıllık üretim maliyeti 1.175.496,2 \$/yıl ve birim maliyet 18,92 \$/ton tür (Tablo 4).



Şekil 6. Hidrolik Tahkimatlı Uzun Ayak Plan ve Kesit Görünümleri.

Yıllık gelirler triyajdan geçmiş 48000 ton kömür için alınacaktır (burada kayıp oranı % 20). Toplam gelir 1508805 \$/yıl'dır.

Parça (+ 30 mm) : 39,72 \$/ton . 22550 ton/yıl = 613345 \$/yıl

Parça (0-30 mm) : 24,10 \$/ton : 25450 ton/yıl = 895686 \$/yıl

Toplam 1508805 \$/yıl

Projenin rantabilite hesabı için proforma gelir, fonların akış tablosu, indirgenmiş nakit akımları ve indirgenmiş yatırım giderleri tabloları oluşturulmuştur.

$$\text{Rantabilite} = \frac{\text{İndirgenmiş nakit akımları}}{\text{İndirgenmiş yatırım giderleri}} = \frac{2062850,44 \$}{1589622,00 \$} = 1,298 > 1 \text{ olduğundan}$$

proje rantabl'dır. Başabaş noktası ise gelirlerin giderlere eşit olduğu noktadır (8).

Tablo 4. Birim Ton Başına Üretim Maliyetinin Hesaplanması.

Gider Türü	Tutarı	Birim Maliyet
1. Yardımcı Maddeler Giderleri		
a. Patlayıcı Madde Giderleri	21600 \$/yıl	0,36 \$/ton
b. Oto Lastiği Giderleri	300 \$/yıl	0,005 \$/ton
c. Tahkimat Malzemesi Giderleri	40406 \$/yıl	0,673 \$/ton
d. Halat Giderleri	805 \$/yıl	0,0134 \$/ton
e. Manyeto Giderleri	250 \$/yıl	0,004 \$/ton
f. Yedek Parça Giderleri	33692,27 \$/yıl	0,562 \$/ton
2. Enerji, Yakıt ve Yağ Giderleri		
a. Elektrik Enerjisi Giderleri	128643 \$/yıl	2,144 \$/ton
b. Akaryakıt Giderleri	21360 \$/yıl	0,356 \$/ton
c. Yağ Giderleri	3450 \$/yıl	0,057 \$/ton
3. Tamir ve Bakım Giderleri	40858,2 \$/yıl	0,681 \$/ton
4. Hazırlık (Damar İçi Galeri) Giderleri	104224 \$/yıl	1,737 \$/ton
5. Tarama Giderleri	24549 \$/yıl	0,409 \$/ton
6. İdari Personel Giderleri	27010 \$/yıl	0,450 \$/ton
7. İşçilik Giderleri	509092 \$/yıl	8,485 \$/ton
8. Amortisman Giderleri	109048 \$/yıl	1,817 \$/ton
9. Devlet Hakkı, Madencilik Fonu(%10 Kâr)	37034,3 \$/yıl	0,617 \$/ton
10. Faiz Giderleri	23174,5 \$/yıl	0,386 \$/ton
<u>11. Genel İmal ve İdare Giderleri</u>	<u>50000 \$/yıl</u>	<u>0,833 \$/ton</u>
Genel Toplam	1175496,2 \$/yıl	18,92 \$/ton

% Kapasiteye göre başabaş noktası:

$$\text{Sabit giderler} / (\text{Sabit gelirler} - \text{değişken giderler}) = \\ 755359,3 \$ / (1508805 \$ - 420137 \$) = \% \mathbf{69,384}$$

Fiat olarak başabaş noktası (\$):

$$\text{Sabit Giderler} / [1 - (\text{Değişken giderler} / \text{Sabit gelirler})] = \\ 755359 \$ / [1 - (420137 \$ / 1508805 \$)] = \mathbf{1046866,34 \$/yıl}$$

Üretim miktarına göre başabaş noktası (ton):

$$\text{Fiat olarak başabaş noktası} / \text{ortalama birim satış fiatı} = \\ 1046866,34 \$/yıl / 27 \$/ton = \mathbf{38773 \text{ ton /yıl}} \text{ olarak bulunur.}$$

6. Projenin Kârlılık Analizi

Köse ve Kahraman (12) kârlılık ölçmede kullanılan yöntemleri statik ve dinamik olarak başlıca iki tipe ayırmışlardır. Statik yöntemlerde kârlılık oranı ve geri ödeme süresinin bulunması esastır. Dinamik yöntemler ise net bugünkü değer, iç verim oranı ve yıllık eşdeğer masrafların söz konusu olduğu yöntemlerdir (3,10).

Kârlılık oranı belirli bir dönemde elde edilen kârın kullanılan sermayeye oranıdır. Pratikte en çok kullanılan kârlılık oranları basit ve ortalama kârlılık oranlarıdır.

6.1. Basit Kârlılık Oranının (Peak Profit) Belirlenmesi

Bir yıllık net kârın başlangıç yatırımına oranıdır.

$R = (K + F) / Y$, $R_s = K / S$ (8,10,12,14) . Küçükköhne linyit sahasına ait veriler aşağıda sıralanmıştır.

R = Toplam yatırım basit kârlılık oranı

R_s = Öz sermayenin kârlılık oranı

K = İndirgenmiş net kâr(yıllık maximum değer) : 123522 \$

F = Yıllık ortalama faiz giderleri : 23174,5 \$

Y = Toplam yatırım (İlk yatırım + işletme sermayesi) : 795715 \$

S = Öz sermaye : 150000 \$

$R = (K + F) / Y = 146696,5 / 795715 = 0,155$ yani % 15,5 tir.

$R_s = K / S = 123522 / 150000 = 0,82$ yani % 82 bulunur.

Görüldüğü gibi R ve R_s değerleri uygulamadaki faiz oranından (% 10) büyük olduğundan proje fizibildir.

6.2. Ortalama Kârlılık Oranının Belirlenmesi

Zamana bağlı olarak ortalama yatırımın ortalama kazanç oranıdır. Ortalama kârlılık aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$R_o = K_o / Y_o$, $Y_o = \dot{I} + H + [(Y_s - H) / 2]$ dir (8,10,12,14). Burada;

R_o = Ortalama kârlılık oranı

Y_o = Ortalama yatırım

Y_s = Sabit yatırım : 795715 \$

\dot{I} = İşletme sermayesi : 150000 \$

H = Hurda değeri : 100000 \$

K_o = Ortalama kâr : 109734,1 \$

$Y_o = 150000 + 100000 + [(795715 - 100000) / 2] = 597857,5$ \$

$R_o = 109734,1 / 597857,5 = 0,1835 = \% 18,35$ bulunur.

6.3. Geri Ödeme Süresinin Belirlenmesi (Pay - back Period)

Kâr ve amortismanlar her yıl için birbirine eşitse geri ödeme (amortizasyon) süresi :

$n = Y / K + A < n'$ (8,10,12,14). formülü ile hesaplanır. Burada;

n = Geri ödeme süresi (yıl)

n' = Geri ödeme süresi üst sınırı

Y = Toplam yatırım

A = Yıllık amortisman

K = Yıllık kâr (vergi öncesi veya sonrası alınabilir).

Kullanılabilir kârlar her yıl için farklı olduğu için proje maliyetine eşit oluncaya kadar toplanacaktır. Geçen yıl sayısı amortizasyon süresini verecektir. Yatırım döneminde toplam 795715 \$ yatırım yapılacaktır. Kârlar toplanırsa geri ödeme süresi yaklaşık 7,5

yıldır. Yatırımcı tarafından maximum kabul süresi 10 yıl olduğuna göre ; 7,5 yıl < 10 yıl olduğundan proje kabul edilebilir.

6.4. Net Bugünkü Değer Hesabı (Present Value Method)

Bir yatırımın gelecekteki sağlayacağı nakit girişlerinin bugünkü değeri ile yatırım maliyetine olan etkisidir. İndirgeme faktörleri $(1+i)^{-n}$ formülü yardımı ile hesaplanır.

$$NBD = \sum_{k=1}^n \frac{NG_n}{(1+i)^k} + \frac{H}{(1+i)^n} - Y \quad (8,10,12,14). \text{ Bu formülde;}$$

NBD = Net bugünkü değer

Y = Yatırım tutarı : 795715 \$

H = Hurda Değeri : 100000 \$

n = Proje ömrü : 5 yıl

i = Faiz oranı : % 10

NG_n = Nakit girişi (n. yıldaki)

$NBD = 920304,39 \$ + (100000 \$ \cdot 0,16) - 795715 \$ = 140625 \$$

$= 140625 \$ > 0$ olduğundan proje uygulanabilir

6.5. İç Verim Yöntemi Kârlılık Analizi (İnternal Rate Of Return Method)

Projenin gelecekteki net nakit girişlerinin bu günkü değerini yatırım maliyetine eşit kılan faiz oranının bulunmasına yönelik bir yaklaşımdır. Net bugünkü değeri sıfır (0) yapan faiz oranının (r) bulunmasına yöneliktir. Net bugünkü değer hesabı ile aynı formül kullanılır.

$r =$ İç verim oranı (olup yaklaşık denemeler yapmak suretiyle saptılır).

Kullanılabilir kârlar % 12,45'e göre hesaplandığında toplam = 795715 bulundu. Bu oran piyasa faiz ortalaması olan % 10'dan büyük olduğu için proje ekonomiktir.

6.6. Yıllık Eş Değer Masraf (Annuite) Yöntemi

Yöntem daha çok birden fazla projenin karşılaştırılması durumunda yıllık gelirler yerine ,yıllık masraflara göre yapılır. Toplam masrafı en düşük olan proje kabul edilir.

İlk yatırım eşdeğer masrafı aşağıdaki formülden bulunur. Belirlenen ortalama yıllık gider ile (amortisman hariç) toplanarak projelerin yıllık toplam masrafları hesaplanır ve en düşük olan proje seçilir.

$$A = Y \left(\frac{i(1+i)^n}{i(1+i)^n - 1} \right) \quad \text{formülü ile bulunur (8,10,12,14). Burada;}$$

A = Annuite (Yıllık Eşdeğer Masraf)

Y = Yatırım Tutarı(795715 \$)

i = Piyasa Faiz Oranı (% 10)

$n =$ Projenin Ekonomik Ömrü(19 yıl)

$$A_{\frac{n}{i}} = (795715.0,1. (1+0,1)^{19}) / ((1+0,1)^{19} - 1) = 95125 \text{ \$/yıl}$$

Yıllık işletme gideri (Amortisman hariç) = 1175496,22 - 109048 = 1066448,22 \\$/yıl

Toplam yıllık masraf = 1066448,22 + 95125 = 1161573,22 \\$/yıl bulunmuştur.

7. SONUÇLAR

Bu proje Küçükköhne Yeraltı İşletmesi'nin durumuna uygun çözümler üreterek, satın alınacak araç, gereç giderleri için hesaplamalar yapılmıştır. Projenin ileriki yıllarda yapacağı harcamalar belirlenerek termin planları hazırlanmıştır. Proje rantabilite uygunluğu ispatlanarak ekonomikliği kanıtlanmıştır.

Klasik madencilik faaliyetlerinin yapıldığı çoğu özel şirketten biri olan Küçükköhne Yeraltı İşletmesi'nde hızlı ilerleme, emniyetli çalışma, işçilik masraflarını düşürme, kesintisiz kazı ve nakliyat için mekanize üretime geçmek gerekir. Fakat işletme ömrü ve rezervinin düşük olması, kalorifik değerinin 2000 - 4000 kcal/kg değişkenliği talebi düşürmekte ve üretici firmanın ilk yatırımları azaltmasına neden olmaktadır.

İşletmede yarı mekanize olarak tahkimat sisteminin hidrolik direk mafsallı-sarma ile yapılması öngörülmüştür. Uygulamanın ilk yatırım, enerji ve donanım masrafları yüksek olmakla birlikte işçilik ve malzeme (ahşap), zaman kazancı ve iyi bir tavan kontrolü sağlamaktadır. Kömür metan içeriğinin düşük olması ile birlikte iş güvenliği açısından hava çıkış desandresi ağızına emici vantilatör kurulması lazımdır.

Kömür kazısının delme patlatma + martopikör ile yapılması ile yükleme-boşaltma noktalarında toz oluşturmaya havalandırma yanında su fisketelerinde toz bastırma için kullanılmasını gerektirir. Galeri ve desandre açma hazırlık işlerinde kömür yankayaçlarının özelliklerine uygun patlayıcı ve delik düzenleri seçimi yapılmamıştır. Nakliyatta desandre dibi akrosaj galerileri oluşturulmamış ve yerüstü ile iletişim ve sinyalizasyon sorunlarından dolayı dolu ve boş vagonların nakliyatında zaman kaybı gözönünde tutulmamıştır.

8. KAYNAKLAR

1. Kural,O., Linyit ve Kullanım Alanları, Kömür, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Sayfa 294-326, İstanbul, 1988.
2. Öz,D. ve Dümenci,S., Yozgat-Sorgun-Küçükköhne Ruhsatlı Sahasının Raporu, Yeniçeltek Sorgun Kömür İşletme Müdürlüğü, 12 sayfa, Sorgun, 1981.
3. Arıoğlu,E., Çözümlü Madencilik Problemleri, TMMOB Maden Müh Odası Yayını, 307 sayfa, Ankara, 1988.
4. Çankaya,M., İR. 510 Ruhsat Numaralı Sahanın Kömür Maden İşletme Projesi (yayımlanmamış),Yeniçeltek İşletme Arşivi, 40 sayfa, Sorgun, 1986.
5. Vapur,H., Yozgat-Sorgun-Küçükköhne Linyit Rezervinin Yeraltı İşletme İle Fizibilite Etüdü, Ç.Ü.Yük.Lis.Tezi, 124 Sayfa, Adana, 1977.

6. ISRM, *Rock Characterization, Testing and Monitoring*, Brown, E.T., *Suggested Methods*, Pergamon Press, Sayfa 70-140, Oxford, 1981.
7. Onika,D., *Excavation of Mine Opening*, Miş. Publishers, Moskova, 1972.
8. Kahrıman,A., *Maden İşletme Projeleri Hazırlama ve Değerlendirme*, C.Ü. Yayını, 300 Sayfa, Sivas, 1993.
9. Gentry,D.W. ve O'neil,T.J., *Mine Investment Analysis*, Chelsea, 1984.
10. Aksöz,İ., *Maliyet Hesapları*, Ege Ü., *Tekstil Fakültesi*, 270 Sayfa, İzmir, 1983.
11. AYTEKİN,Y., KÖSE,H., GÜRGEN,S. ve ONUR,H., *Aydın Şahinali Linyit Havzası Güney Panosu Yeraltı İşletme Projesi*, D.E.Ü. Maden Müh.Böl. Yayını, 150 sayfa, İzmir, 1986.
12. Köse,H., Kahraman,B., *Maden İşletme Ekonomisi*, D.E.Ü. Yayını, No:194, 210 Sayfa, İzmir, 1992.
13. Akgüç, Ö., *Yatırım Projelerinin Teşebbüs Yönünden Değerlendirilmesi, "Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi"*, Devlet Yatırım Bankası Yayını, Ankara, 1970.

YERALTI METAL MADEN İŞLETMELERİNDE OPTİMUM MEKANİZASYON DERESESİNİN BELİRLENMESİ

M.Suat DELİBALTA

Ç.Ü., Adana Meslek Yüksekokulu Maden Progr., Adana / Türkiye

ÖZET : *Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlediği günümüzde, yeraltı madenciliğinde de sürekli yeni çözümler ve gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Maden işletmeleri bu gelişmelere, ancak tesislerin artan Mekanizasyonu ve Rasyonalizasyonu yardımıyla ulaşabilmektedir.*

Bu maksatla sunulan araştırmada; bir işletmenin işçilik maliyetleri düzeyi, üretim maliyetleri ve mekanizasyon derecesi arasında hangi ilişkilerin var olduğu soruları ele alınarak, optimum mekanizasyon derecesinin belirlenmesi ve Etibank Üçköprü Krom İşletmesinde uygulama olanakları incelenmiştir.

THE DETERMINING OF OPTIMUM MECHANISATION DEGREE IN UNDERGROUND METALLIC MINING

ABSTRACT : *New development in underground mining have been continuously advanced due to rapid technological changes in current time These development in mining have been achieved using mechanisation and rationalisation system.*

In this research, the relationship between workes cost, production cost and mechanisation degree of mining was studied Thus the optimum mechanisation was determined and its application possibility was also investigated.

1. GİRİŞ

Tüm ekonomik sistemlerde yerli hammaddelerin daha rasyonel ve kayıpsız üretimi, temel bir istektir. Tüklenen hammaddelere giderek artan ihtiyaç ve dünya pazarında hammadde fiyatlarının yükselme eğilimi; yerküremizin doğal zenginliklerini mümkün olduğunca iktisatlı kullanma zorunluluğunu göstermektedir. Bütün dünya ülkelerinde, bilim adamları bu problemlerle uğraşmakta ve madencilik sektörü de ister istemez bu talepleri gözönünde bulundurmaya zorundadır.

Bundan dolayı yeraltı madenciliğinde sürekli yeni teknolojik çözüm ve ilerlemeler oluşmakta ve maden işletmeleri bu gelişmelere, ancak tesislerin artan mekanizasyonu ve rasyonalizasyonu yardımıyla ulaşabilmektedir.

Bilindiği üzere işçilik maliyetleri özellikle yeraltı maden işletmesinin toplam maliyetinde, göreceli yüksek bir paya sahiptir. İşçilik maliyetlerinin sürekli artışı, önemli ölçüde üretim maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Gerçi mekanizasyon nedeniyle sermaye ve enerji maliyetleri ve de araçların tamir-bakım maliyetleri yükselir, fakat etkin bir mekanizasyonla çalışma verimi yükseltilecek ekonomiklik sağlanabilir.

2. MEKANİZASYON VE MEKANİZASYON DERECESESİ

Bugün mekanizasyondan ne anlıyorsunuz sorusu; genellikle "her zaman aynı şekilde tekrarlanan, değişken bir akış sürecinin yerini doldurma" olarak tanımlanır. Bunun teknikteki anlamı: El ile veya bedensel yapılan çalışmaların yerini, makina çalışmasının almasıdır.

Böylece bugün çalışma prosesinin ilerleyen teknikleştirilmesine tanık olmaktadır. Sonuçta; şimdiye kadar elle yapılan her çalışma, baştan arzu edilen sona kadar hiçbir bedensel müdahaleye gereksinim olmadan makina tarafından yapılabilmektedir.

Daha önceleri mesleki çevrelerde otomasyon olarak tanımlanan olgu, aslında mekanizasyonun bir derecesi anlamına gelmektedir. Gerçi Rasyonalizasyon, Mekanizasyon ve Otomasyon arasında tam bir sınırlama didaktik esaslardan dolayı gerekli, fakat prensipte mümkün olmadığından, böylece farklı gelişme düzeyleri içine geçmektedir (1).

Mekanizasyon kavramı; makinalar vasıtasıyla bedensel işgücünün desteklenmesi daha doğrusu yerini almasıdır. Mekanizasyonun en önemli hedefi; hem ağır, bedensel, yorucu ve sağlığa zararlı faaliyetlerin azaltılması ve yok edilmesi hem de bir işletmenin ürünleri kalitesinin ve ekonomikliğinin yükseltilmesidir.

Bedensel işgücünün mümkün olduğunca geniş ölçüde yerinin doldurulmasıyla personel maliyetleri azaltılmakta ve ücret artışının daha az etkisinde bir tesis ortaya konulmaktadır. Ancak araçların gerekli etkin kullanımıyla malzeme maliyetleri yükselmekte, öyleki mekanizasyon bu maliyet türleri içerisinde önemli bir paya sahip olmaktadır.

Mekanizasyonun devam eden gelişimi, genellikle makina kullanımı veya iş akışının düzenlenmesini üstlendiğinde otomasyon'u tanımlar. Bazen genel çalışma proseslerinde Mekanizasyon ve Otomasyon; teknik yardımcı araçların artan kullanımı dolayısıyla, teknikleştirme kavramı olarak özetlenir.

Mekanizasyon derecesi; mekanizasyon düzeylerinin sayısal nitelendirilmesinde bir tanım değerini göstermektedir. Madencilik için ne Almanya'da ne de uluslararası ortak bir tanımlama yapılamamaktadır. Fakat sıkça;

- Süreçsel baz'da mekanize edilmiş ve bütün izlenmiş proseslerin zamansal işlem sonucu olarak tanımlanır veya
- Sayısal baz'da mekanize edilmiş ve bütün izlenmiş proseslerin sayısal işlem sonucu olarak tanımlanır.

Bu şekilde tanımlanmış bir mekanizasyon derecesi, gerçekte tek bir ifade gücü bakımından sınırlamalar gösterir. Çünkü;

- 1) İncelenen sistemin türüne göre mekanizasyon derecesinin sadece çok kaba bir karakteristiğini mümkün kılar.
- 2) Farklı bölüm prosesleri, mekanizasyon hedefleri için asla eşdeğer bir önemde tutulamazlar.

O halde mekanizasyon derecesi; mümkün olduğunca dikkatli incelenmeli ve mekanizasyonun gayesi doğru değerlendirilmelidir. Eğer prosesler önce yukarıdaki tanıma göre; mekanizasyon dereceleri halinde kabaca sınıflandırılır ve daha sonra seçilen bu mekanizasyon kriterlerinin gerçekleşme payı araştırılırsa, ancak o zaman iyi bir değerlendirme mümkün olur. Fakat pratikte bu koşulları sağlamakta, sık sık güçlüklerle karşılaşılır (2).

3. YERALTI METAL MADEN İŞLETMELERİNDE MEKANİZASYON DÜZEYLERİ

Maden işletmeleri ve uzunayak tesislerinin mekanizasyon düzeylerinin tanımlanmasında kullanılan tarifler (Tam mekanize, Yarı mekanize ve Mekanize olmayan ayaklar) prensip olarak metal madenciliğinde kullanılmaz.

Güç maden yatakları koşullarına sahip metal madenciliğinde mekanizasyon, sadece yavaş ve yöntemler tekniğindeki ilerlemelere dar bağlamda uygulanabilmektedir. Buna rağmen masif ve yaklaşık düzgün yataklanmış demir madenlerinde, mekanizasyon çok daha hızlı geliştirilmiştir. Bu yataklar; örneğin Tavan Ayak, Oda-Topuk ve Oda yöntemleri gibi büyük hacimli üretim yöntemlerinin uygulanmasına ve de verimli makinaların kullanılmasına olanak tanımıştır (Şekil.1) (3).

3.1. Birinci Mekanizasyon Düzeyi

Kazı çalışmalarında kullanılan sütunlu veya sehpalı delici makinalar ile birlikte, iri yapısı ve düşük başlangıç maliyetiyle 1910'lu yıllarda üretim nakliyatına hakim olan Skreyper, birinci mekanizasyon düzeyini oluşturmaktadır.

	Mekanizasyon Düzeyi I	Mekanizasyon Düzeyi II	Mekanizasyon Düzeyi III
Üretim			
Yükleme			
Nakliyat			

Şekil 1. Yeraltı Metal Madenciliğinde Mekanizasyon Düzeyleri.

Ancak hareket azlığı ve sınırlandırılmış yola bağımlı verimliliği dolayısıyla Skreyper'de sınırlar oluşmaktaydı. Buna karşın Skreyper dilim halinde uygulanan Oda-Topuk yöntemlerinde uzun yıllar kullanılmıştır.

3.2. İkinci Mekanizasyon Düzeyi

Ya lastik tekerlekli yükleyiciler şeklinde ya da kombine kepçeli yükleyiciler olarak 1960'lı yılların başında raysız, mazotla (dizel) çalışan yükleme ve nakliyat araçlarının kullanılmasıyla başlamıştır.

Bu ikinci mekanizasyon düzeyi; ilerleyen gelişmeler sayesinde delik delme, ateşleme ve tahkimat tekniklerini hem de diğer bütün çalışma süreçlerini kapsayarak, üretim tekniğinin köklü bir değişimini sürdürmüştür.

3.3. Üçüncü Mekanizasyon Düzeyi

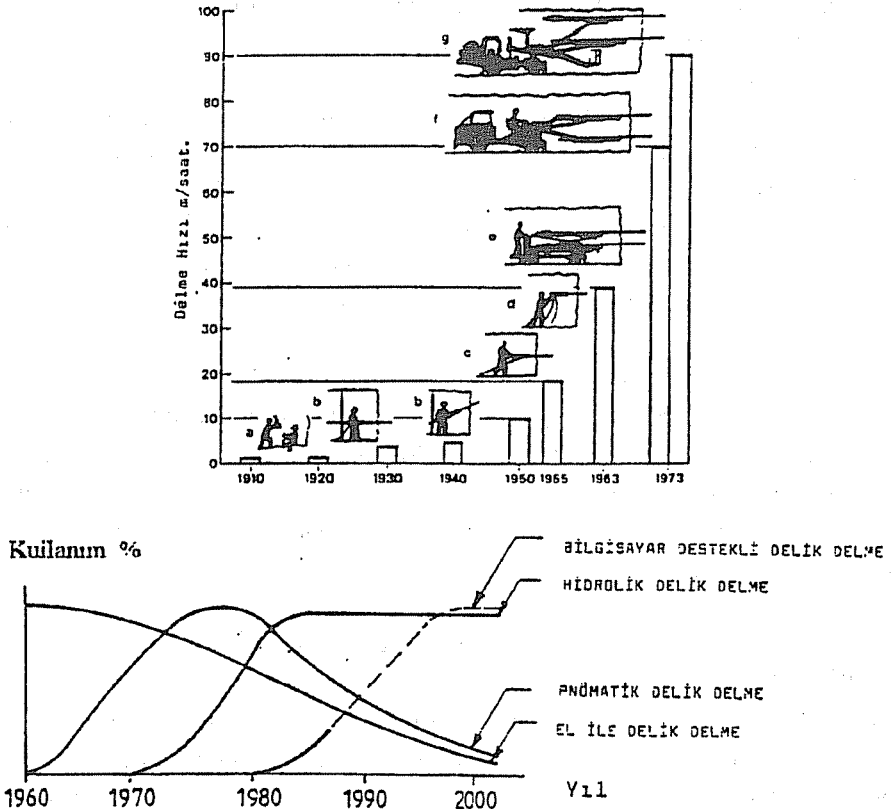
Keserek üretimle bir üçüncü mekanizasyon düzeyinden bahsedilir. Tam mekanizasyonun bu türü; damar şeklindeki maden yataklarında, zincirli konveyörler ve çift tamburlu kesici-yükleyicilerin kullanımı halinde denenmiştir. Gelişme potansiyeline sahip bu teknoloji, birçok bakımdan ilginçti. Ancak en önemli gelişmeye, uygun yataklanmış cevherlerde kazı için Continuous Miner'in 1965 yılında uygulamaya girmesiyle erişilmiştir. Sistem ilk kez Alman demir madeni işletmelerinden Konrad, Legende ve Bülden yeraltı ocaklarında kullanılmış ve üretim miktarı üç kat artırılarak kazı randımanı %20'den %70'e yükseltilmiştir (3).

Çok iyi teçhiz edilmiş kesici araç teknolojisi, mevcut ekonomik sınırları öyle geriye çekmiştir ki, böylece yüksek dayanımlı cevherlerin de makinayla kazılabilirliği mümkün olmuştur.

3.4. Bugünkü Durum

Üretim tekniğinin bugünkü durumu; 2. ve 3. mekanizasyon düzeyi ile yani mobil-dizel sistemle çalışan yükleme-nakliyat tekniği ve keserek kazı ile nitelendirilmektedir. LHD- (Load, Haul, Dump = Doldur, Taşı, Boşalt - DTB) - veya CM - Continuous Miner - gibi kavramlar, bu gelişmenin uluslararası genişliğini ve aynı zamanda makina tekniğinin artan rollerini göstermektedir.

Hareketli yükleyicilerdeki tüm makina ve çalışma özelliklerini kapsayan LHD-Tekniği, evrensel bir sistem kavramını oluşturmaktadır. O yalnız düz yataklarda yer almamış aynı zamanda rampa tekniğinin başlangıcıyla dik yatakların da tamamen üretimini etkilemiştir. Aynı şeyler delik delme aracı (Jumbo) için de geçerlidir (Şekil-2).



Şekil 2. Delik Delme Araçlarının Gelişimi ve Kazı Süreci (4, 5)

Artan mekanizasyon derecesi; planlama ve organizasyonda aşırı titiz bir iş bölümünü de beraberinde getirmiştir. Kazı, Yükleme ve Nakliyat için verim ve kapasitesi birbirine uygun araç kombinasyonları ve yardımcı araçlar seçilmelidir. Pano uzunlukları, nakliyat yolları ve çalışma noktalarının sayısı makina tekniğiyle öyle kesiştirilmelidir ki, bütün araçlar karşılıklı uyumlu çalışabilsin. Ayrıca Tamir - Bakım işleri organize edilmeli, atölye ve hizmet personeli eğitilmeli, ücret sistemi değiştirilmeli vb. gibi faaliyetler dikkate alınmalıdır. Bunun için işletmede, hazırlıklardan havalandırmaya kadar tamamen yeni bir altyapı oluşturulmalıdır.

4. ETİBANK ÜÇKÖPRÜ KROM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Etibank Üçköprü Maden İşletmesi, adını faaliyetin başlatıldığı ilk ruhsat sahasından almıştır. İşletmenin esas çalışma konusu krom cevherlerinin aranması, üretilmesi ve zenginleştirilmesidir. Bölgede ilk kromit arama ruhsatı 1887 yılında verilmiştir. Etibank ise faaliyetlerine 1957 yılında Fethiye ilçesinde başlamıştır. 1960 yılında Göcek'teki sosyal ve idari tesislere geçilmiş ve bugünlere gelinmiştir.

Muğla ve Denizli ili sınırları içerisinde bulunan sahaların Göcek İşletme Merkezine uzaklığı 25-140 km arasında değişmektedir.

Yeraltı işletmelerinden yapılan üretim, ocak önlerinde tenörlerine göre Tüvenan I, II ve III olarak ayrılmaktadırlar. Tüvenan Cevherler Göcek'teki eleme, jig tesislerinde ve Karagedik'teki konsantrasyon tesislerinde eleme ve zenginleştirme işlemlerine tabi tutularak, alıcı firma istekleri doğrultusunda satılık cevher haline getirilmektedir.

Yeraltı maden işletmesi mekanizasyon derecesi belirlenirken; bir yöntemin uygulanmasında gerekli faaliyetler yerine konulur ve burada mekanize edilmiş faaliyetlerin payı araştırılırsa, kapsamlı ve nispeten kolay anlaşılabilir bir tanım büyüklüğü ortaya çıkar.

Kazı işlerindeki mekanizasyon derecesinin nasıl bulunacağı; Tablo.1'de örnekleme ve uygulama aşamasında verilmiştir (6,7). Yaklaşık olarak faaliyetlerin ayrı ayrı mekanizasyon dereceleri tespit edilerek, Tablo.1 geniş ölçüde detaylandırılabilir. Bundan sonra işlemler devresinin mekanizasyon derecesi, bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak bulunur. Aynı şekilde yükleme-nakliyat çalışmaları içinde benzer işlemler tekrarlanabilir (8).

5. MEKANİZASYON DERECESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLER

Mekanizasyon derecesi; her çalışma devresi için seçilmiş bulunan ve farklı kategoriler halinde sınıflandırılmış sistemlerde, çalışma bölümünün nispi önemi ile ölçülür. Genellikle olası kriterlerin seçimindeki güçlükler, mekanizasyon derecesinin detaylı bir değerlendirmesinin ne kadar zor olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Kazı İşlemleri Devresinin Mekanizasyon Derecesi (6,7)

ÇALIŞMA GİRİŞİ	FAALİYETLER	ÖRNEKLEME		UYGULAMA
		Mekanizasyon (a)	Mekanizasyon (b)	Uçköprü İşletmesi
		[Evet:1/Hayır:0]	[%]	Mekanizasyonu (c) [%]
DELİK DELME	(1) Delici makinanın tutulması	1	100	0
	(2) Delici makinanın pozisyon alması	1	100	0
	(3) Delici matkabın itilmesi	1	100	0
	(4) Delici matkabın değiştirilmesi	0	0	0
	(5) Delici alet tekniği	1	50	50
DOLDURMA/ SIKILAMA	(6) Ateşleyici kapsülün yerleştirilmesi	0	0	0
	(7) Patlayıcı madde doldurmak	1	50	0
ATEŞLEME	(8) Ateşleme tellerinin bağlanması	0	0	0
FAALİYETLER TOPLAMI	Σ 8	Σ 5	Σ 400	Σ 50
MEKANİZASYON DERECESİ		5/8 % 60	400/8 % 50	50/8 % 6.25

Mekanizasyon derecesinin değerlendirilmesinde, şayet bir kriter;

- Mekanizasyonun bir hedefini veya niteliğini tanımlarsa ve ayrıca,
- Değişen mekanizasyon derecesiyle işletmede monoton artan veya azalan bir eğilimin değerini gösterirse, aynı zamanda farklı araçlar için düzey farklılıklarını nitelendirirse, ancak o zaman uygun olur.

Araştırmacı Bilimadamı Schulz bunları; ekonomik-teknik, salt teknik ve salt ekonomik kriterler olarak ayırt etmektedir (9).

Taşkömürü madenciliğinde mekanizasyon derecesinin en önemli hedefi, ton/yevmiye olarak ifade edilen spesifik üretimin yükseltilmesidir. Bundan dolayı ekonomik-teknik kriter olarak önce üretim miktarı ve personel ihtiyacı seçilmektedir. Ekonomik kriter olarak sistem maliyetlerini (Amortisman ve faizler, Tamir-Bakım, Enerji vb. giderleri) tanımlayan Schulz, salt teknik kriter olarakta sistemde kurulu makina gücünü esas almaktadır (9).

Schulz'dan hareketle; verilerin araştırılmasında bu yöntem biçimleri ve de koşullar, kolaylıkla metal madenciliğine devredilmeyebilir. Değişken kriter olarak kurulu güç ile nakliyat araçlarının yerine konulmasında, diğer bütün sınır şartları sabit tutulamayabilir. Örneğin bir Skreyper ve bir LHD aracı aynı kurulu güç ve mümkünse aynı başlangıç fiyatına sahip olsalar dahi, nakliyat verimliliklerinde belirli farklılıklar olabilir. Diğer büyüklükler için de aynı benzerlik geçerlidir.

Bir metal maden işletmesinin tasarımında nakliyat kapasitesinin önemi nedeniyle, aracın her defasında verim birimi seçilir. Buna göre mekanizasyon derecesinin değerlendirilmesi için izlenen kriterler Tablo.2'de özetlenmiştir.

6. AMACA UYGUN OPTİMUM MEKANİZASYON DERECESİNİN SEÇİMİ

Teknolojik çağın yaşandığı günümüzde, pekçok diğer sektörler gibi modern madencilik de fevkalade yüksek bir mekanizasyon derecesiyle nitelendirilmektedir.

Tablo 2. Metal Maden İşletmeleri Mekanizasyon Derecesinin Değerlendirilmesinde Kriterler (2).

KİSTASLAR	SCHULZ	REFERANS BÜYÜKLÜKLER			
		ARAC		VERİM	
		Delik Delme	Yükleme/Nakliyat	Delik Delme	Yükleme/Nakliyat
Üretim miktarı-/ Delik Delme-/ Nakliyat Verimi	$\frac{\text{ton}}{\text{gün}}$	$\frac{\text{m}^3.\text{Kazı}/\text{ZE}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{m}^3.\text{m}/\text{ZE}^*}{\text{araç}}$	-	-
Personel İhtiyacı	$\frac{\text{Yevmiye}}{\text{gün}}$	$\frac{\text{Yevmiye}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{Yevmiye}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{Yevmiye}}{\text{m}^3.\text{kazı}/\text{ZE}}$	$\frac{\text{Yevmiye}}{\text{m}^3.\text{m}/\text{ZE}}$
Kurulu Güç	KW	$\frac{\text{KW}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{KW}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{KW}}{\text{m}^3.\text{kazı}/\text{ZE}}$	$\frac{\text{KW}}{\text{m}^3.\text{m}/\text{ZE}}$
Sermaye İhtiyacı	DW	$\frac{\text{GE}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{GE}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{GE}}{\text{m}^3.\text{kazı}/\text{ZE}}$	$\frac{\text{GE}}{\text{m}^3.\text{m}/\text{ZE}}$
Sistem Maliyeti	$\frac{\text{DM}}{\text{gün}}$	$\frac{\text{GE}}{\text{araç}}$	$\frac{\text{GE}}{\text{araç}}$	-	-
Spesifik Sistem Maliyeti	$\frac{\text{DM}}{\text{tonxgün}}$	-	-	$\frac{\text{GE}}{\text{m}^3.\text{kazı}/\text{ZE}}$	$\frac{\text{GE}}{\text{m}^3.\text{m}/\text{ZE}}$
GE:Birim-Para	ZE:Birim Zaman				

*Açıklama: $\text{m}^3.\text{m}/\text{ZE} = \text{m}^3.\text{m}/\text{sn} = \text{m}^4/\text{sn}$ büyüklüğü nakliyat araçlarının verim faktörü olarak tanımlanır.

Madencilik'te mekanizasyonun özellikle hızlı bir gelişimi bugünkü yüzyılda, öncelikle geçen birkaç on yılda sağlanmıştır. Bu süreç devam etmekle birlikte, madencilik'te robotların kullanımı daha şimdiden ciddi biçimde araştırılmaktadır.

Bir taraftan çalışma veriminin yükseltilmesiyle işletmelerin ekonomikliğinin iyileştirilmesi, diğer taraftan kısmen de gerekli, özellikle tehlikeli ve ağır bedensel işlerden madenciyi kurtarmak dileği, madencilik'te mümkün olduğunca yeterli bir mekanizasyona geçiş gayretleri için en önemli hareket esaslarını oluşturmaktadır.

Ayrıca ülkelerin ekonomik gelişim düzeyleri fevkalade bölgesel ve global farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklara özellikle endüstri ülkeleri ve gelişmekte olan ülkeler arasında rastlanır. Gelişmiş ülkelere kıyasla üçüncü dünya ülkeleri, genellikle ucuz işgücünün büyük bir sunumu, iş arayanların düşük eğitim seviyesi, kronik sermaye azlığı ve genişletilmiş yetersiz altyapısıyla tanımlanır. Bölgesel gelişmenin zıtlıkları karşısında ister istemez problemler ortaya çıkmakta, dolayısıyla mekanizasyon derecesinin seçiminde bu hususlara da dikkat edilmelidir. Bu yüzden optimum mekanizasyon derecesini belirlemede, faktörleri ayrıntılı olarak incelemek haklı gerekçeleri oluşturmaktadır (10).

Klasik iktisat anabilim dalı gelirin kaynağı olarak; işçilik, toprak ve sermaye üretim faktörlerini ayırt eder. Üretim faktörlerinden toprağın yerine yeraltı kaynağını veya maden yatağını dikkate almak, doğrusu maden ekonomisi esaslarına göre mantıklı olur.

Üretim faktörlerinin kullanımı ve üretim sonucu arasındaki ekonomik-teknik ilişkiler, işletme üretim teorileri yardımıyla açıklanır. Böylece yaklaşık az sermaye birimiyle çok işçilik birimleri veya tam tersi olarak az işçilik birimiyle çok sermaye birimleri birleştirilebilir. Birinci durum emek yoğunluklu, ikincisi sermaye yoğunluklu bir teknolojiyi temsil eder. Aynı zamanda birinci durum düşük mekanizasyon dereceli, ikinci durum ise yüksek mekanizasyon dereceli bir teknolojiyi temsil eder. Üretim faktörlerinin kullanımı ve sonucu arasında kurulan üretim tekniği bağıntısı, üretim fonksiyonu olarak tanımlanır.

Şayet doğadaki maden yatakları benzer kabul edilir ve sabit üretim faktörleri olarak mevcut amaçlar için incelenirse, bir maden işletmesinin planlanmasında sadece işçilik ve sermaye kombinasyonları etkisi dikkate alınabilir. Bu her iki değişken üretim faktörü için, o zaman üretim fonksiyonu şöyle olmaktadır:

$$Q=f(K,A)$$

Burada;

- Q: Üretim Sonucu, Kazanç
- K: Üretim Faktörü, Sermaye
- A: Üretim Faktörü, İşçiliktir.

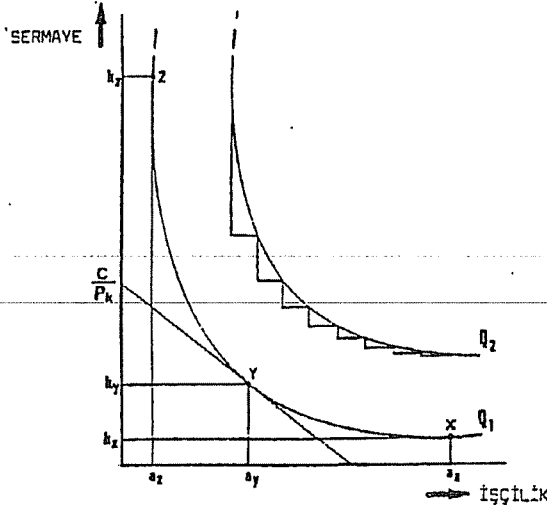
Üretim fonksiyonu, grafiksel olarak Şekil.3'te görüldüğü gibi eşnicelik eğrisiyle oluşturulur. Bir eşnicelik eğrisi, eşit üretim sonuçlarında bütün teknik olası faktör kombinasyonu noktalarının birleştirilme hattı olarak meydana gelir. O ayrıca, belirli bir kazanç gösteren farklı faktör kombinasyonları için bütün noktaların geometrik yeridir. Böylece örneğin Kazanç Q1 eğrisinde, $kx : ax$ faktör kombinasyonuna denk gelen X noktası, işçilik yoğunluklu üretim tekniğiyle meydana gelir. Aynı kazanç, Z noktasında $kz:az$ faktör kombinasyonu ile sermaye yoğunluklu bir teknolojiyle de sağlanabilir.

Ayrıca bu aralıkta farklı faktör bileşenleriyle temsil edilen teknolojiler de bulunabilir, örneğin aynı kazancı gösteren Y noktası gibi. Benzer düşünceler daha yüksek bir üretim miktarını gösteren eşnicelik Q2 eğrisi için de geçerlidir. Şekil.3'te görülen Q1 eğrisindeki X ve Y noktaları eşit kazanç sağlama durumundadırlar.

Üretim sonucu Q1 eğrisinde işçilik faktörünün ax' 'den ay' 'e azaltılması, yani düşük mekanize düzeyli bir teknolojinin daha yüksek mekanize düzeyli bir teknolojiye geçişi, ancak kx' 'den ky' 'e sermaye faktörünün yükseltilmesiyle sağlanabilir (Şekil.3).

7. MİNİMUM MALİYETLER KOMBİNASYONU VE MEKANİZASYON DERECESESİ

Bir eşnicelik eğrisi üzerinde düzenlenmiş farklı mekanizasyon derecelerinin üretim teknikleri - farklı üretim kombinasyonlarıyla temsil edilir- teknik olarak eşit değerlidir, çünkü hepsi eşit üretim sonuçlarına ulaşır. Ancak bunlar ekonomik olarak asla eşit değerde değildir.



Şekil 3. Üretim Faktörleri ve Üretim Sonucu Arasındaki İlişki Olarak Üretim Fonksiyonları.

Buna göre bir üretim faktörü kombinasyonunun maliyetler toplamı;

$$C = a \cdot P_a + k \cdot P_k$$

Burada;

C: Üretim faktörleri kombinasyonunun maliyetler toplamı; (a, k),

a: İşçilik faktörünün kullanım miktarı,

k: Sermaye faktörünün kullanım miktarı,

P_a: İşçilik faktörü değeri,

P_k: Sermaye faktörü değeri.

Ekonomik prensip; satıştan sağlanan karı artırmak için, tesis maliyetlerini minimize etmeyi talep eder. Çünkü böylece kazanç; satış miktarı ve maliyetlerin farkı olarak maksimum sonuç'a ulaşır. Bu hem amaç'a uygun mekanizasyon derecesinin hem de teknoloji seçimi için üretim teorisinin son derece önemli bir ifadesidir.

Minimum maliyetler kombinasyonu, grafik yoluyla artaya çıkartılabilir. Bu amaçla ilgili bağıntı şöyle düzenlenir;

$$k = \frac{C}{Pk} - \frac{Pa}{Pk} \cdot a$$

Grafiksel gösterimde formül, eşmaliyet çizgisi olarak C/Pk mutlak birimiyle nitelendirilmiş bir doğrultuya ve Pa/Pk yükselmesine tekabül eder. O halde minimum maliyetler kombinasyonu, eşmaliyet doğrultusu ve eşnicelik eğrisinin değme noktası olarak meydana gelir. Şekil.3; Y noktasında Q1 eşnicelik eğrisine teğet olan eşmaliyet çizgisini belirtmekte hem de üretim faktörlerinin minimum maliyetler kombinasyonunu göstermektedir.

Belirli bir mekanizasyon derecesi, üretim fonksiyonunun her faktör kombinasyonuna uyar, çünkü bir işletmenin veya yöntemin mekanizasyon derecesi; işçilik ve sermaye üretim faktörlerinin her defasında kullanım miktarının direkt ifadesidir. Bundan dolayı üretim faktörlerinin minimum maliyetler kombinasyonu yalnız maliyet yöntem tekniğini değil, aynı zamanda en uygun mekanizasyon derecesini göstermesi bakımından çok önemlidir (10).

8. SONUÇLAR

Günümüz madencilik sektöründe ulaşılmış bulunan teknolojik seviyenin, geleneksel yöntemlerle sürdürülmesi pratik anlamda çok zorlaşmıştır. Yeni sistemlerin keşfi, bir alternatif çözüm olarak saklı tutulmak üzere, mevcut sistemlerin optimizasyonunun geliştirilmesi gerekmektedir.

Maden işletmelerinin bu gelişmelere ulaşabilmesi ve dünya piyasasında rekabet edebilmesi ise, ancak tesislerin artan mekanizasyon ve rasyonalizasyonu yardımıyla sağlanabilir. Mekanizasyonun en önemli hedef; hem ağır, bedensel, yorucu ve sağlığa zararlı faaliyetlerin azaltılması ve yok edilmesi hem de bir işletmenin ürünleri kalitesinin ve ekonomikliğinin yükseltilmesidir. Rasyonalizasyon ise; bir işletmenin verimlilik ve ekonomikliğinin artırılmasında gerekli tedbirleri tanımlar. Buna göre;

- Yüksek mekanizasyon dereceli bir sisteme geçmeden önce; kapsamlı jeolojik, teknik ve ekonomik etütler yapılarak, ileriye dönük kısa, orta ve uzun vadeli planlar için piyasa analizleri hakkında mevcut bilgiler detaylandırılmalıdır.

- Mekanizasyon derecesi; her çalışma devresi için orada ayrılmış bulunan ve farklı kategoriler halinde sınıflandırılmış sistemlerde, çalışma bölümünün nispi önemi ile ölçülür.

- Artan işçilik maliyetleri; kazı ve nakliyat faaliyetlerinde gerçekleştirilecek rasyonalizasyon çalışmalarıyla aşağı çekilebilir.

- Kazı işlerinde %6.25 gibi düşük bir mekanizasyon derecesi tespit edilen Etibank Üçköprü Krom işletmesinde emek yoğunluklu çalışmalar sürdürülmektedir.

- Etkin bir mekanizasyona geçiş ile; çalışma koşulları iyileştirilerek, işletme verimi ve ekonomikliği yükseltilebilir.

- Mekanizasyona geçişte; hazırlıklardan havalandırmaya kadar işletme bazında tamamen yeni bir altyapı oluşturulması ve iyi bir organizasyon yapısının gerekliliği asla unutulmamalıdır.

- Yüksek mekanizasyon dereceli maden işletmelerinde, daima daha yüksek nitelikli kalifiye elemanlara gereksinme olacağına dikkat edilmelidir.

- Ekonomik prensip; satıştan sağlanan karı artırmak için, tesis maliyetlerini minimize etmeyi talep eder. Bundan dolayı üretim faktörlerinin minimum maliyetler kombinasyonu; yalnız maliyet yöntem tekniğini değil, aynı zamanda optimum mekanizasyon derecesini göstermesi bakımından çok önemlidir.

- Sermaye yoğunluklu yüksek mekanizasyon veya emek yoğunluklu düşük mekanizasyon dereceli bir teknoloji'yi uygulamadan önce, ülkenin sosyo-ekonomik koşullarının da gözönünde bulundurulması ayrıca gereklidir.

9. KAYNAKLAR

1. Ellsiepen,E., *Wirtschaftliche Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung, Erzmetall Bd. XVIII. H. 9, s. 450-455, Wülfrath, 1965.*
2. Vogt,R., *Untersuchung zur Übertragbarkeit der von Schulz entwickelten Kriterien zur Bewertung des Mechanisierungsgrad des Steinkohlenbergbaus auf den Gangerzbergbau, s. 3-7, TU-Berlin, Mai, 1993.*
3. Goslar,L., *Betriebskonzentration und Abbautechnik im Deutschen Erzbergbau, Braunkohle-Heft 8, s. 254-263, August, 1975.*
4. Holdo,J., *Der Moderne Streckenvortrieb und seine Entwicklung in den nächsten Zwanzig Jahren, Glückauf 21, s. 399-404, April, Stockholm, 1977.*
5. Tampella Ltd. *Tamrock Group, Handbook of underground Drilling, s.113, Tamrock SF-33310 Tampere, Finland, 1993.*
6. Wilke,F.L., Vogt,R., Ziogus,G., *Mechanisierung von Grubenbetrieben in Abhängigkeit vom Arbeitskostenniveau, TU-Berlin Institut für Bergbauwissenschaften, s. 2-7, Hanover, Oktober, 1993.*
7. Etibank Üçköprü Krom İşletmesi Teknik Gezi Notları, Göcek-Fethiye, 1993.
8. Delibalta,M.S., *Türkiye'deki Yeraltı Metal Maden İşletmelerinde Optimum Mekanizasyon Derecesinin Belirlenmesi ve Etibank Üçköprü Krom İşletmesinde Uygulama Olanakları, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 42-43, Ocak, İstanbul, 1995.*
9. Schulz,D., *Auswirkungen der Mechanisierung auf die Humanisierung im Steinkohlenbergbau. Wirtschafts-und sozialwissenschaftliche Fakultät der Universität zu Köln. Dissertation 1977, s.27, 53-56, 1977.*
10. Nötstaller,R., *Der Zweckmäßige Mechanisierungsgrad aus Bergwirtschaftlicher Sicht. Berg-und Hüttenmännische Monatsheft 128, 1 Jg. Heft 12, s.463-467, Wien, 1983.*

ADANA İÇMESULARINDA FLOR KONSANTRASYONLARININ İNCELENMESİ*

Ahmet YÜCEER ve Turan YILMAZ

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

ÖZET : Günümüzde florun diş çürüklerini önleyici etkisi bilinmektedir. Çocukluk çağında alınan flor, dişlerin gelişmesini sağlar. Diş hekimliğinde çocuklara verilecek flor dozunu belirlemek için içme sularının flor konsantrasyonlarının bilinmesi gerekmektedir. Bundan dolayı içme sularındaki flor konsantrasyonunun belirlenmesi her su kaynağı için ayrı önem taşımaktadır. Bu amaçla Adana İli'nde içmesuyu temininin yapıldığı yeraltı su kuyularının 35 tanesinden ve Seyhan Nehri'nden örnekler alınarak flor konsantrasyonları araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucu, flor konsantrasyonunun 0.1-0.5 mg/L arasında değiştiği görülmüştür. Seyhan Nehri sularında ise flor konsantrasyonunun 0.1 mg/L olarak sabit kaldığı gözlenmiştir. Bu durumda özellikle diş sağlığı açısından Adana içmesularına ilave flor desteğinin yapılması öngörülmektedir.

INVESTIGATION OF FLUORIDE CONCENTRATION IN ADANA DRINKING WATERS

ABSTRACT : Today, beneficial effect of fluorine on prevention of dental caries, particularly among children, is well known. Fluorine concentration must be known in drinking waters to determine fluorine doses for infants in dentistry. Because of this, determining fluoride concentration for each water supply becomes very important. For this reason, water samples were taken from 35 water wells and Seyhan River to determine fluorine concentration of Adana water supply. As seen from the analyses, fluorine concentration in well waters vary between 0.1-0.5 mg/L and 0.1 mg/L in the waters of Seyhan River. The study shows that fluorine should be added to Adana water supplies to protect dental caries.

* Bu çalışma Ç.Ü. Araştırma Fonu tarafından 95.E.9 nolu proje ile desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Flor doğada serbest halde bulunmaz ve doğadaki en aktif elektronegatif elementtir. Bu özelliğinden dolayı kolayca bileşik yapar ve en yaygın bileşikleri florid (florospa) CaF_2 , apatit (florapatit) $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$ ve kriyolit Na_3AlF_6 'dır. Az miktarda olmak üzere canlıların kemik ve dişlerinde bulunur (1). Su ile reaksiyonu göz ve mukoza için tahriş edici olan hidroflorik asiti oluşturur. Serbest flor tedavide kullanılmaz ancak flor iyonları germisid olarak gayet etkilidir ve bu sebeple diş çürümelerini önleyici etki gösterir (2). İçmesularına tatbik edilen flor bileşikleri Sodyum silikoflorür (Na_2SiF_6), Sodyum florür (NaF) ve Florosiklik asit (H_2SiF_6)'tir. Bunlardan en yaygın kullanılanı NaF 'dir (3).

Diş çürümelerinin nedeni, irsiyet hariç tutulduğunda, karbonhidratların fazla tüketimi, ağız sağlığı kurallarına uyulmaması ve yeterli miktarda flor alınmaması olarak sıralanabilir (4). Florun diş çürümelerini önleyici mekanizması, diş minelerinin çözünürlüğünü azaltması, remineralizasyonu artırması ve plak bakterileri inhibe etmesi şeklinde olmaktadır (5). Flor eksikliğinin neden olduğu diş çürümelerini önlemek için çeşitli uygulamalar vardır. Bunlar florür tabletleri, florürlü tuzlar, florürlü sütler ve içme sularına flor katılmasıdır.

ABD'de 7257 çocuk üzerinde yapılan diş incelemelerinde, dişlerde görülen çürük miktarları ve sudaki flor konsantrasyonu arasındaki ilgi tespit edilmiştir. En uygun flor konsantrasyonu 1.0-1.2 mg/L olarak bulunmuştur (6). Daha sonra 1945'ten başlayarak deneysel araştırmalar yapılmış ve içme sularına optimal doz olarak belirlenen miktarda flor katılarak ve içme sularındaki flor konsantrasyonu değiştirilmeden kontrol grupları alınmış, 10 yıl ve daha uzun süren araştırmalar sonucu doğumlarından itibaren optimal düzeyde florürlü su kullanan grupların diş çürüklerinde kontrol gruplarına oranla % 50-70 arasında azalmalar görülmüştür.

Bununla beraber içme sularındaki aşırı florür endemik opak, renklenmiş ve şekil bozukluğuna uğramış dişlerin ortaya çıktığı diş florozisine neden olmaktadır. Ayrıca 1960 yılında ABD'den 12-14 yaş grubu 9000 çocuk üzerinde yapılan bir araştırmada, hava sıcaklığının en uygun flor konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (7). ABD'de diş sağlığını koruma amaçlı içme sularına flor ilavesi 50 yılı aşkın bir zamandan beri yapılmaktadır. Buna bağlı olarak içme suları florlanan ve florlanmayan bölgelerde de karşılaştırmalı çalışmalar yapılmaktadır. Emniyetli ifade olarak ortalama 1 mg/L uygulandığı bildirilmektedir (8). Goodman ve Gilman (9) yaptıkları çalışmalar sonucunda florun NaF olarak akut zehirliliğini 5 g olarak vermişlerdir. Ancak bu değer üzerinde kurtulanlar olduğunu ve bu değer altında ölümlerin olduğunu da bildirmektedirler.

Adana İli içme sularının tamamı yeraltı su kuyularından sağlanmaktadır. Gerek ülke genelinde, gerekse Adana İli'nde içme sularının flor konsantrasyonlarının bilinmemesi, çocuklarda diş gelişimi sırasında flor verilip verilmemesini tartışmalı duruma

getirmektedir. Eksikliğinin ve fazlalığının dişler açısından problem oluşturması, optimal flor dozunun sıcaklığa bağlı olarak değişmesi ve özellikle flor desteği yapılacak vakalarda içme sularının flor konsantrasyonunun belirlenmesi önem kazanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

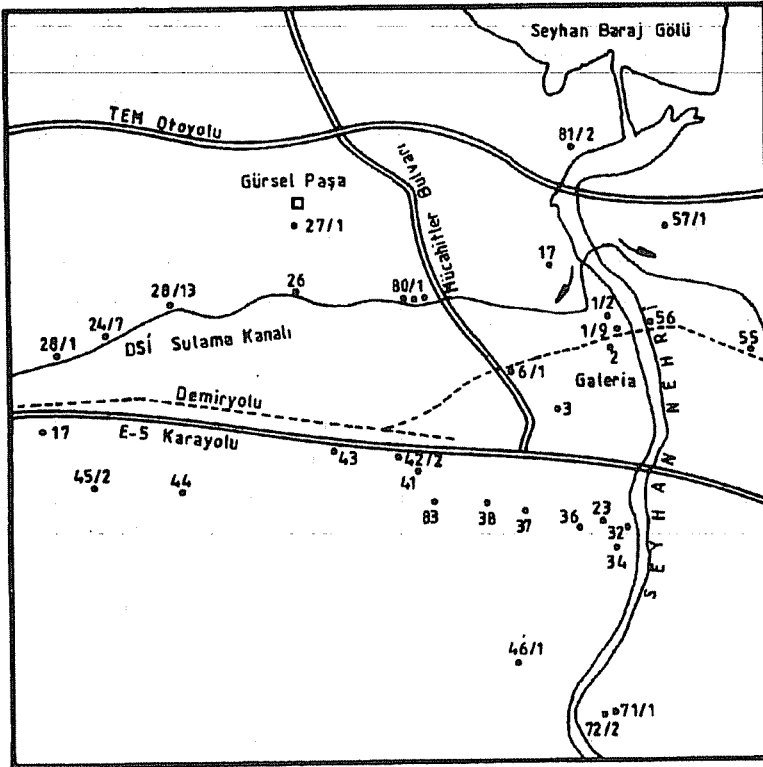
Alan Tanımı: Doğu Akdeniz Bölgesi'nde, Orta Torosların güneyinde yer alan Adana İli, 17,253 km² yüzölçümü ve 1,934,907 nüfusa (1990 sayımı) sahiptir. Bölgenin iklimi yazları sıcak, kışları ılık ve yağışlıdır. Adana İli kuzeyde Toroslarla çevrili olmasından dolayı normalden daha fazla sıcaklığa sahiptir. Yıllık ortalama atmosfer sıcaklığı 18.7 °C olan Adana'nın aylık sıcaklık ortalamaları Tablo 1'de verilmiştir. Seyhan Nehri üzerinde kurulmuş olan Seyhan Barajı şehrin kuzeyinde bulunmaktadır. Seyhan Nehri, baraj çıkışından itibaren Adana'yı kuzeyden güneye doğru ikiye bölmektedir. Adana'nın iki merkez ilçesinden Seyhan nehrin sağ sahilinde, Yüreğir ise sol sahilinde bulunmaktadır. Toplam il nüfusunun %70'i Seyhan İlçesi'nde yaşamaktadır. Adana'da içme suyu temini ASKİ'ye ait 140 adet yeraltı su kuyusundan yapılmaktadır. Bunun dışında kayıtlı ve kayıtsız 1000 civarında yeraltı su kuyusu bulunduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 1. Adana İli'nde aylık sıcaklık ortalamaları, (10).

Aylar	Ortalama	Yüksek	Düşük
Ocak	9.1	22.2	-1.7
Şubat	10.2	26.2	-6.6
Mart	12.7	30.7	-4.9
Nisan	16.9	36.7	0.1
Mayıs	21.2	41.3	7.1
Haziran	25.0	42.8	9.2
Temmuz	27.6	41.5	11.5
Ağustos	28.0	45.6	14.8
Eylül	25.2	42.7	9.3
Ekim	20.8	41.5	3.5
Kasım	15.5	34.3	-4.3
Aralık	10.9	26.7	-4.4

Numune Alma ve Analizler : Adana içme sularının temin edildiği yeraltı su kuyularından alınan numunelerde flor konsantrasyonları belirlenmiştir. Bunun için önce Seyhan Nehri boyunca sol (doğu) sahilde 5 adet ve sağ (batı) sahilde 8 adet olmak üzere toplam 13 adet kuyudan su numuneleri alınmıştır. Daha sonra Eski Adana'nın su temininin yapıldığı E5 Karayolu'nun güneyinde kalan bölgede Seyhan Nehri kıyısından başlayarak batıya doğru uzanan bir hat üzerinde bulunan 11 adet kuyudan numuneler

alınmıştır. Aynı şekilde Yeni Adana'nın su ihtiyacını karşılayan ve E5 Karayolu'nun kuzeyinde kalan bölgede bulunan yeraltı su kuyularından, Seyhan Nehri kıyısından başlanarak batıya doğru bir hat üzerinde seçilen 10 kuyudan olmak üzere toplam 21 adet numune alınmıştır. Ayrıca Seyhan Nehri'nden ve Seyhan Baraj Gölü'nden numuneler alınmıştır. Numunelerin alındığı kuyular Şekil 1'de verilen harita üzerinde gösterilmiştir. Alınan numuneler Ç.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'na getirilerek sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlikleri ve flor konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışmalarda pH Hanna Checker pH metre, elektriksel iletkenlik Hanna Conductivitymeter ve flor konsantrasyonu MN Nanocolor 100D filtreli spektrofotometre ile 560 NM dalga boyunda, hazır kit kullanılarak ve Alman Standart Metodları'na (DIN 38 405-D4-2) uygun olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Numunelerin alındığı kuyuların gösterildiği harita.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Seyhan Nehri boyunca sol ve sağ sahillere alınan kuyu suyu numunelerinin analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Yeni Adana'nın su ihtiyacını karşılayan kuyulardan alınan numunelere ait analiz sonuçları Tablo 3'te, Eski Adana'nın su ihtiyacını

karşılıyan kuyulara ait analiz sonuçları ve Seyhan Baraj Gölü ile Seyhan Nehri'nden alınan numunelerin analiz sonuçları ise Tablo 4'te verilmiştir. Ayrıca kuyuların bulunduğu noktalar Şekil 1'de verilen Adana yeraltısu kuyuları haritasında tablolardaki numaraları ile verilmektedir.

Tablo 2'deki sonuçlara bakıldığında Seyhan Nehri'nin doğu ve batısında yakın kıyıda bulunan yeraltı su kuyularının tamamında flor konsantrasyonunun 0.1 mg/L ve altında olduğu görülmektedir. Tablo 3 ve 4'teki sonuçlara bakıldığında ise Sebze Hali-K17 0.5 mg/L, Gürsel Paşa-K27/1 ve K-28/1 nolu kuyuda 0.4 mg/L flor bulunduğu görülmektedir. Diğer kuyuların tamamında flor konsantrasyonu 0.1-0.2 mg/L arasında değişmektedir. Flor konsantrasyonu 0.4-0.5 mg/L olan kuyular nehrin batısında en uç noktada sayılabilecek kuyulardır. Elektriksel iletkenlik suyun mineral içeriğinin bir göstergesidir. Tablolarda bu parametreye bakıldığında nehir kıyısından batıya doğru gidildikçe elektriksel iletkenliğin ve dolayısıyla mineral konsantrasyonunun arttığı, buna rağmen flor konsantrasyonunun belirtilen üç kuyu dışında artmadığı görülmektedir. Tabii sulara flor konsantrasyonu suyun geçtiği zemindeki kayaçların çözünabilirliğine bağlıdır. Bu durum da, çalışılan bölge kayaçlarında çözünebilir flor miktarının az olduğunu gösterir. ABD'de 1969 yılında 969 su kaynağında yapılan bir araştırmada, kaynakların büyük çoğunluğunda flor konsantrasyonu 0.3 mg/L'nin altında bulunmuştur (8).

Tablo 2. Seyhan Nehri yakın kıyı boyunca doğu ve batı sahillerde seçilen kuyulardan alınan numunelerin analiz sonuçları.

Kuyular	Sıcaklık (°C)	Flor,(mg/L)
Sağ Sahil		
K-81/2	19	0.1
Demirköprü-K6	18	0.1
Demirköprü-K3	18	0.1
Eski Topel Durağı-K17	17.5	0.1
Akkapı bölgesi-K46/1	18	0.1
Ali Dede Mh. Otopark içi-K36	18	0.1
Ulucami su kuyusu-K33	17	0.1
Türk Ocağı su kuyusu-K34	15	0.1
Sol Sahil		
Sepici su kuyusu-57/1	15	0.1
Köprülü su kuyusu-K56	20	0.1
Kazım Başer-K55	17	0.1
Kanara su kuyusu-K71/1	18	0.1
Kanara su kuyusu-K71/2	19	0.1

Tablo 3. Yeni Adana'daki kuyulara ait analiz sonuçları.

Kuyular	T, (°C)	pH	Eİ,(µS)	Flor, (mg/L)
Demir Köprü-K1/2	14	7.8	390	0.1
Köprülü-K1/9	21	7.8	470	0.1
Demirköprü-K2	21	7.8	419	0.1
Shell-K80	20	7.6	620	0.2
K-26	21	7.3	685	0.1
K-28/13	21	7.4	740	0.1
K-28/4	20	7.3	932	0.2
K-28/1	21	7.6	960	0.4
Gürsel Paşa-K27/1	21	7.6	1100	0.4
Gürsel Paşa-depo	21	7.6	1115	0.1

Tablo 4. Eski Adana'daki kuyulara ait analiz sonuçları.

Kuyular	T, (°C)	pH	Eİ,(µS)	Flor, (mg/L)
Türk Ocağı-K32	15	8.25	387	0.2
Ali Dede-K36	21	8.03	526	0.1
Hanedan-K37	21	7.65	755	0.1
Yeşil Yuva-K38	24	8.10	565	0.1
Meydan-K83	20	7.70	775	0.1
Emek-K41	20	7.65	1010	0.1
Şakir Paşa Havalanı-K42/2	21	7.86	900	0.1
Şakir Paşa İtfaiye-K43	20	7.80	780	0.1
Şakir Paşa	20.5	8.05	505	0.1
Metal Sanayii-K45/2	20.5	7.43	839	0.2
Sebze Hali-K17	21	7.29	1100	0.5
Seyhan Baraj Gölü	20	8.70	279	0.1
Seyhan Nehri	20	8.50	373	0.1

Yapılan literatür araştırmasında, bölgede flor ve diş sağlığı ilişkilerinde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak bölgede görev yapan diş hekimleriyle yapılan özel görüşmelerde, bölge insanında genelde flor eksikliğinden ve fazlalığından kaynaklanan yaygın rahatsızlık görülmediği vurgulanmıştır. Diş hekimlerinin zamanla flor tabletleri tavsiye ettiği de yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır. Richard ve ark. (7)'nin bildirdiğine göre, optimal flor dozu hava sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Buna göre sıcaklık 18 °C'nin altında ise uygun doz 1.1-1.3 mg/L, 19-26 °C arasında 1.0 mg/L ve 27 °C'nin üzerinde ise 0.5-0.7 mg/L olarak verilmektedir. Benzer şekilde Uluslararası

İçme suyu Standartları'na göre, uygun flor konsantrasyonunun sıcaklığa bağlı değişimi Tablo 5'te verilmiştir (11). Aynı kaynakta 70 kg ağırlığında bir insanın günlük ortalama su tüketimi 2.5 L olarak kabul edilmektedir. Ancak Tablo 1'den görülebileceği gibi, Adana'da özellikle yaz aylarında sıcaklığın çok yüksek olmasından dolayı kişi başına ortalama günlük su tüketimi 2.5 L'den fazla olmaktadır. Bölgede dış sağlığının daha iyi bir duruma gelebilmesi için Adana içme sularına flor ilavesi gerektiği analiz sonuçlarında ortaya çıkmaktadır. Ancak Adana'da içme sularına flor ilavesi yapılırken sıcaklığın aylık dağılımı ve sıcaklığa bağlı su tüketimindeki artışlar dikkate alınarak uygun flor dozu belirlenmelidir.

Tablo 5. WHO'nun içme suları için önerdiği flor kontrol limitleri (11).

Maksimum günlük hava sıcaklığının yıllık ortalaması (°C)	Önerilen flor kontrol limitleri,(mg/L)	
	Düşük	Yüksek
10-12	0.9	1.7
12.1-14.6	0.8	1.5
14.7-17.6	0.8	1.3
17.7-21.4	0.7	1.2
21.5-26.2	0.7	1.0
26.3-32.6	0.6	0.8

4. SONUÇ

Yapılan analizler sonucunda Seyhan Baraj Gölü, Seyhan Nehri ile nehrin doğu ve batı sahillerindeki kıyıya yakın kuyularda flor konsantrasyonları 0.1 mg/L bulunmuştur. Ayrıca K-28/1 (0.4 mg/L), Gürsel Paşa-K27/1 (0.4 mg/L) ve Sebze Hali-K17 (0.5 mg/L) kuyuları dışındaki diğer kuyularda flor konsantrasyonlarının 0.1-0.2 mg/L arasında değiştiği görülmüştür. Seyhan Nehri sularında da flor konsantrasyonu 0.1 mg/L civarında bulunmuştur. Bu konsantrasyonlar WHO (11) tarafından tavsiye edilen miktarların altındadır. Önümüzdeki yıllarda Adana'da içmesuyu temini ister Seyhan Nehri üzerinde kurulmuş olan barajlardan, isterse bugünkü gibi yeraltı su kuyularından yapılsın, her iki durumda da dış çürümelerinin önlenmesi için ilave flor desteği yapılması gerekmektedir. Flor desteği için önerilen en uygun metodlardan biri içmesularına flor katılmasıdır. Bunun için içmesularındaki mevcut flor konsantrasyonu belirlendikten sonra ilave edilmesi gereken flor miktarı, sıcaklık ve insanların su tüketimi öncelikle dikkate alınarak belirlenir. Ayrıca insanların beslenme alışkanlıkları ve tüketilen gıdaların flor içerikleri de dikkate alınması gereken önemli unsurlardır. Bundan dolayı bütün bu etkenler dikkate alınarak geniş kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Boztepe,H., *Anorganik Kimya I. Ç.Ü. F.E.F. yayını, Seri no:35, Adana, 1987.*
2. Kutlu,H., *Farmosötik Kimya ve Organomineraller I. İ.Ü. Eczacılık Fak., Semet Matbaası, Vize-Kırklareli, 314 sf, 1981.*
3. Saatçı,A.M., Zülfikar,B., Eroğlu,V., *İçmesularında Flor ve Diş Sağlığı. İçmesuyu Sempozyumu, İSKİ, İstanbul, 1996.*
4. Uslu,T., *Çocuk Dişhekimiğinde Flor. Türk Dişhekimleri Birliği Dergisi, Sayı 24, sf. 9-10, 1994.*
5. Araç,A., Ölmez,S., Kayalibay,H., Altay,N., *Ankara İli'nde Şişe ve Musluk Sularının Flor Seviyelerinin Spesifik İyon Elektrodu Yöntemi ile Saptanması. Türk Dişhekimleri Birliği Dergisi, Sayı 24, sf. 12-13, 1994.*
6. Dean,H.T., Arnol,F.A. ve Fluore,E., *Domestic Water and Dental Caries. Public Health Reports, Vol.57, 1155-79, 1942.*
7. Richards,L.F., *Determining Optimal Floride Levels for Community Water Supplies in Relation to Temperature. American Dental Association Journal, Vol.369-97, 1967.*
8. *National Academy of Sciences, Drinking Water and Health. Washington DC, p 433, 1977.*
9. Goodman,L.S. ve Gilman,A., *The Pharmacological Basis of Therapeutics. MacMillan Pub. Co., (National Academy of Sciences, 1977), 1975.*
10. *Adana Valiliği Çevre İl Müdürlüğü, Adana İli Çevre Durum Raporu, 1997.*
11. *WHO, International Standarts for Drinking Water, Third Edition, 1971.*

**BARIŞ AMAÇLI PATLAMALARIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ
BİR REAKTÖR TESİSİNDE NÜKLEER SİLAHLARININ
ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

Sebahattin ÜNALAN

Erciyes Üniv., Mühendislik Fakültesi, Kayseri / Türkiye

Veysel ÖZCEYHAN

Erciyes Üniv., Mühendislik Fakültesi, Kayseri / Türkiye

İlyas ÇÜRÜTTÜ

Mustafa Kemal Üniv., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İskenderun / Türkiye

ÖZET : *Günümüzde Nükleer Silahların İndirimi Anlaşması neticesinde silahları yoketme problemi meydana gelmiştir. Çok kıymetli nükleer yakıt olan ^{239}Pu 'dan yapılan bu silahlar yer altında inşa edilmiş bir reaktörde patlatılarak enerjisi bir akışkana verilebilir. Bu çalışmada 2 kt TNT'ye eşdeğer patlama ile elde edilen $8.3 \cdot 10^{12}$ J'luk enerjinin düşey yönde akan, %75 hava ile pulverize edilmiş, soğutucu akışkanlar su (H_2O) ve Flibe (Li_2BeF_4) tarafından absorbe edildiği kabul edilmiştir. Soğutucu akışkan jetinin kalınlığı trityum üretimi, enerji absorpsiyonu ve patlama odasının duvarlarında enaz tahribatı sağlamak için optimal bir değerde olmalıdır. Trityum üretimi ve enerji absorpsiyonu açısından bu kalınlık flibe için 4 m. olarak hesaplanmıştır. Bu reaktör tesisi 30 yıllık bir çalışma sonrasında depolama gibi amaçlar için kullanılması radyasyon açısından dolayı tehlikeli bulunmuştur. Emniyet için Flibe kalınlığı 9 m' den büyük olmalıdır.*

**CONVERSION TO ELECTRICAL ENERGY OF NUCLEAR WEAPONS
USING PEACEFUL NUCLEAR EXPLOSIVE REACTORS**

ABSTRACT : *At present, elimination of nuclear weapons is a problem. Nuclear weapons are produced from ^{239}Pu being enhanced nuclear fuel and are converted to energy by explosion in peaceful nuclear explosive reactor. The energy is absorbed by*

coolant fluid surrounding explosive zone. In this work, Explosion energy is assumed by 2 kt of TNT-equivalent. This energy was conducted to water (H₂O) or Flibe (Li₂BeF₄) which the volume fraction is 25% in form of liquid and 75% void. The thickness of coolant jet must be optimal value for tritium breeding, energy absorption and lowest wall damage caused of fission neutrons. This thickness is calculated as 4 meter for both of coolant fluids. The lifetime of the reactor plant is assumed to be 30 years. The reactor may be a storage end of this life. But, neutron activation on the stainless steel is hazardous for humans. Coolant thickness must be higher than 9 m for safety.

1. GİRİŞ

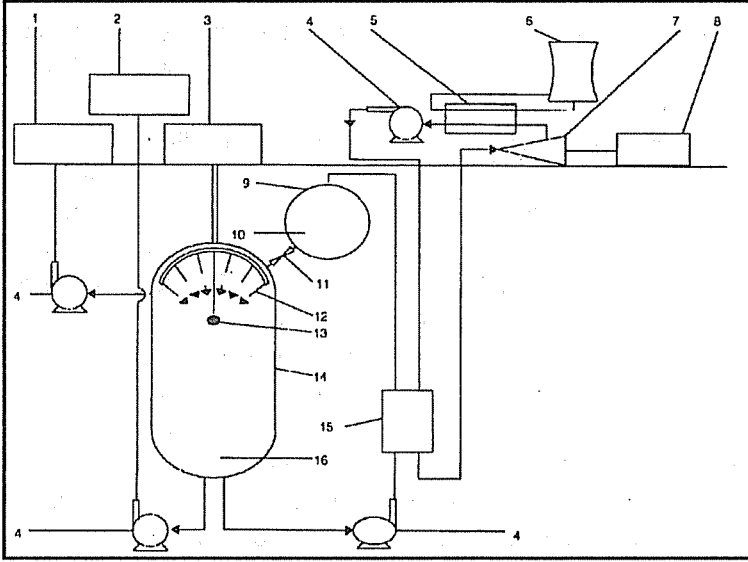
Bariçıl amaçlı nükleer patlamalar literatürde kısaca PACER (Peaceful Explosive Reactor) olarak bilinen bir reaktörde gerçekleştirilmektedir ve 1960' dan beri üzerinde çalışılmaktadır. İlk olarak füzyon reaksiyonlarının bir reaktör ortamında gerçekleştirilememesi sonucu, bir oda içerisinde Hidrojen Bombasının patlatılarak füzyon enerjisinin faydalı hale dönüştürülmesi düşünülmüştür. 1980'li yılların sonunda nükleer silahların indirimi gündeme gelince silahların yokedilmesinde bir metod olarak üzerinde yeniden durulmaya başlanmıştır. Literatürde PACER kavramı yeraltında inşa edilmiş, yaklaşık olarak küre şeklindeki büyük bir boşluğa sahip reaktöre verilen isimdir (1-5). Bu boşluğu meydana getiren duvarlar elastikiyeti yüksek ve nükleer özellikleri iyi bir çelik tabaka ile kaplanmıştır. Çelikten sonra ise kaya ve toprak dolgu patlamaları karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Yeraltında olmasının en büyük nedeni aktivasyon tehlikesinin minimum olması ve patlama şokuna karşı yer desteğinin sağlanmasıdır. İlk çalışmalarda 200 m.'lik çapa sahip boşluk içerisinde her 7 saatte 20 kt'luk TNT' ye eşdeğer bir patlama gerçekleştirilerek, yaklaşık olarak 200 atm. lik bir basınç ve 500 °C lik bir buhar üretimi sağlayacak 1000 MW'lık bir elektrik üretimi tasarlanmıştır (3,4). Daha sonra 20 m. lik bir yarıçapa sahip oda içerisinde, daha düzgün rejimde çalışması için, 2 kt'luk TNT'ye eşdeğer patlamalar her 40 dakikada bir gerçekleştirilecek şekilde bir yenilik düşünülmüştür (6,9). Bu yeni odanın iç yüzeyi 1 cm kalınlığında çelik ile kaplanmıştır. Bu çelik tabaka patlama şokuna karşı bir elastikiyet göstererek iç çeperleri muhafaza edecektir. Bu sayede hacimde ve basınçta büyük bir tasarruf sağlanacaktır. PACER reaktör tesisi Şekil.1'de görülmektedir. Patlamanın duvarlara olan etkisini daha da azaltmak için, patlama bölgesi düşey yönde akan bir soğutucu akışkan jeti ile çevrelenmiştir.

Soğutucu akışkan patlama enerjisini absorbe ederek basıncın ve oluşacak şok dalgasının şiddetini azaltacaktır. Su (H₂O) ve Flibe (Li₂BeF₄) bu tür reaktörlerde kullanılan klasik soğutuculardır. Flibe eriyik tuz teknolojisinin bir ürünüdür ve oldukça iyi nükleer ve termal özelliklere sahiptir. Bu soğutucu akışkan ile yüksek sıcaklıklarda (>600 °C) buhar elde edilebilir. Patlama sonrası meydana gelen fisyon nötronlarını yutan lityum vasıtasıyla trityum üretimine müsade eder. Trityum ise geleceğin Füzyon

*BARIŞ AMAÇLI PATLAMALARIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ BİR REAKTÖR TESİSİNDE
NÜKLEER SİLAHLARININ ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ*

Reaktörleri için mükemmel bir yakıttır. Su ise bol ve ucuz olarak iyi test akışkanıdır. Reaktörün ilk bir yılı test amaçlı olarak kullanıldığından ekonomik olması bakımından su tercih edilir.

Bu çalışmada Ref.(10)'da verilen geometri ve enerji alanı kullanılmıştır. Ref.(10)'daki çalışmada patlama füzyon bombaları (Hidrojen Bombası) ile sağlanırken bu çalışmada ise Filyon bombaları (Atom Bombası) ile gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Her iki patlamanında enerji alanı 2 kt TNT'ye ($=8.3 \cdot 10^{12}$ Joule) eşdeğer olarak alınmıştır. Fakat bunların arasında patlama sonrası meydana gelen reaksiyon ürünleri açısından büyük bir fark mevcuttur. Füzyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan enerjinin



- | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 Gaz ayrıştırma tesisi | 7 Türbin | 13 Filyon bombası |
| 2 Tuz ayrıştırma tesisi | 8 Elektrik jeneratörü | 14 Patlama odası |
| 3 Bomba sevk tesisi | 9 Eriyik tuz deposu | 15 Isı eşanjörü |
| 4 Pompa veya kompresör | 10 Soğuk eriyik tuz | 16 Isınmış eriyik tuz |
| 5 Buhar soğutma eşanjörü | 11 Vana | |
| 6 Soğutma kulesi | 12 Eriyik tuz jeti | |

Şekil 1. PACER reaktör tesisi.

%80' ni (14.1 MeV) nötronlar tarafından taşınırken, filyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan enerjinin % 3'ü (≈ 6 MeV) nötronlar tarafından taşınmaktadır. Dolayısı ile iki reaksiyon sonucu farklı enerjilere sahip nötronlar üretilecektir. Nötron reaktör teknolojisinde sermaye olarak kabul edilir. Bu nedenle en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekir. PACER uygulamasında bunun en iyi yolu soğutucu akışkanın iyi tesbit

edilmesidir. Eğer nötron faydalı şekilde değerlendirilmezse diğer malzemeler tarafından yutulur ve tehlikeli aktivasyon seviyelerinin oluşmasına neden olur. Bu çalışmanın amacı Flibe jeti kalınlığının, enerji absorpsiyonu ve yeni yakıt üretimi açısından en faydalı değerinin belirlenmesidir.

Nükleer tesislerin genelde belirli ekonomik ve teknolojik ömrü vardır. Bu ömrün sonunda reaktör tesisi büyük oranda yenilenir veya başka gayeler için kullanılabilir. Bu çalışmada ele alınan PACER reaktörün ömrü 30 yıl olarak kabul edilmiştir. 30 yıl kullanım sonrasında patlama odasının duvarlarında ve etrafındaki toprakta bir aktivasyon tehlikesi meydana gelecektir. Dolayısıyla ömrü biten reaktör canlı sağlığı açısından tehlikeli olacaktır. Bu nedenle 30 yıllık süre ve % 75 kullanım faktörüyle çalışma sonucunda canlı sağlığı açısından tehlikeli olmayan süre tesbit edilmesi gerekir. Bu süre sonrası patlama odası ve diğer elemanları başka amaçlar içinde kullanım açısından tehlikeli olmayacaktır.

Fisyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan enerjinin fisyon ürünleri arasındaki dağılımı Tablo.1'de verilmiştir. Bu tabloya göre toplam enerjinin çok az bir kısmı nükleer teknoloji açısından önemli olan nötronlar tarafından taşınmaktadır. Ancak elde edilen nötronlar her reaksiyon için yaklaşık olarak 2.5 tane olup kinetik enerjisi 6 MeV ($1 \text{ MeV} = 1.602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$) civarlarında olup, mutlaka değerlendirilmesi gereken bir potansiyeldir. Reaksiyon sonucu açığa çıkan enerjinin çok büyük bir kısmı ise ($\approx 168 \text{ MeV}$) parçalanmış izotopun yeni kısımları tarafından kinetik enerji formunda taşınmaktadır. Bu kinetik enerji soğutucu atomları ile çarpışmalar sonucu termal enerjiye dönüşmektedir. Tablo.1'e dikkat edilecek olursa fisyon reaksiyon enerjisinin belirli bir kesiminde γ ışınları tarafından taşınmaktadır. Oluşan enerji gamaları gerek Flibe ve gerekse patlama odasının ceplerindeki malzeme ile etkileşime girerek nükleer reaksiyonlar oluşturabilir. Ancak bu reaksiyonların ihtimali nötrona göre az olduğu için ihmal edilebilir. Nötrinolar ise hiçbir malzeme tarafından tutulamazdır. Parçalanmış ürünlerin aktivasyon bozunmaları sonucu 3-12 MeV 'luk bir gama enerjisi alınabilir. Fakat bu çalışmada ihmal edilmiştir.

Tablo 1. Bir fisyon sonucu açığa çıkan enerjinin fisyon ürünleri arasında dağılımı.

Ürünler	Enerjisi (MeV)	Faydalı Enerji (MeV)
Parçalanmış kısımlar	168	168
β yayını	8	8
γ ışınması	14	14
(n, γ) reaksiyonları	-	3-12
Nötrino yayını	12	-
Nötronlar	5	5
Toplam	207	198-207

Patlama odasında fisyon reaksiyonundan açığa çıkan enerjiyi absorbe eden soğutucu akışkan buhar fazına geçmektedir. Oda içerisinde sadece buhar olmayıp katı formda fisyon ürünleride mevcuttur. Aynı zamanda buharlaşmamış sıvıda olabilir. Patlama sonrası oluşan buhar kompresörlerle, sıvı ve katı karışımı ise pompalarla oda dışına taşınır. Gerek buhar ve gerekse sıvı büyük miktarda radyoaktif olduğundan direkt olarak türbin tesisine gönderilmeden eşanjörler vasıtasıyla enerjileri başka bir akışkana verilir. Bu suretle türbin tesisi aktivasyon kirlenmesinden korunmuş olur. Enerjisi alınan sıvı+buhar+katı karışımı ayrıştırma tesislerinden geçirilerek faydalı unsurları kullanılmak üzere alınır. Bu işlem genellikle elektroliz veya florizasyon ile gerçekleştirilir. Ayrıştırma sonucu bir kısım akışkan tekrar soğutucu akışkan olarak kullanılabilir.

Fisyon Patlaması 2 kt TNT'ye eşdeğer olması halinde $2.591 \cdot 10^{23}$ tane fisyon reaksiyonunun gerçekleşmesi gerekir. Her fisyon için 2.5 tane nötron açığa çıkarsa toplam fisyon nötronu her patlama için $6.476 \cdot 10^{23}$ tane olmalıdır.

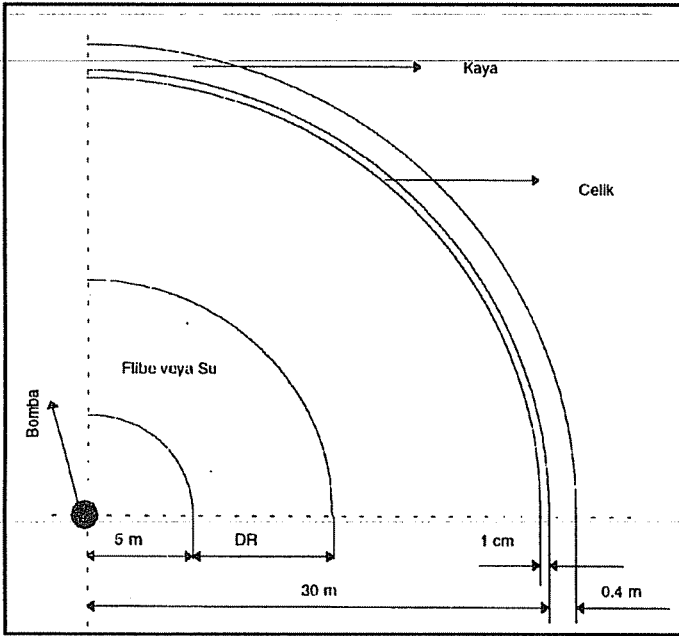
2. PROBLEMİN TARİFİ

Belirtilen reaktör tesisinde nötronik hesaplamaların yapılabilmesi için nötron akısını geometriye ve nötron enerjisi ile hareket doğrultusuna göre tarif eden Boltzman Transport Diferansiyel Denklemi'nin çözülmesi gerekir. Malzemelerin nötron karşısında nötronun kinetik enerjisine göre tavrı çok değişiktir. Genellikle nötron enerjisine bağlı olarak malzeme-nötron ilişkisini fonksiyonel olarak tariflemek mümkün değildir. Dolayısıyla da Boltzman Transport Denklemi'nin analitik çözümü mümkün değildir. Bu nedenle Etki-Kesit değerleri kullanılarak Boltzman Transport Denklemi nümerik olarak çözülebilir. Etki-kesit kavramı nötron-malzeme ilişkisi sonucu olabilecek yeni yapıların olma ihtimalini veren değerler olup büyük oranda deneysel metodlarla bulunmuşlardır. Etki-kesit değerleri nötron enerjisine göre düzenlenmiş olarak data kütüphaneleri şeklinde kullanıma sunulmuştur. Nümerik çözüm için reaktör odasının yapısı küreye benzediğinden ve patlama sonrası nötronların hareket doğrultusu küre yüzeyinin normal yönünde olduğundan küresel koordinatlar seçilmiştir.

Boltzman Transport Denklemi'nin nümerik çözümü için ANISN nötron transport kodu seçilmiştir (11). Bu kod tek boyutlu hesaplamalar için idealdir. Malzeme-nötron ilişkisini nötron enerjisine bağlı olarak veren kütüphane olarak CLAW-IV etki-kesitleri kullanılmıştır (12). Bu data grubu Los Alamos National Laboratory tarafından yayınlanmıştır (13). Bu kütüphanede tesir kesitleri nötron enerjisi 30 gruba ayrılarak belirlenmiştir. Bu enerjilerin 12 tanesi MeV, 9 tanesi KeV ve 9 tanesi ise eV mertebesindedir. Bu gruplar fisyon, füzyon, 1/E ve termal bölgeye göre düzenlenmiştir. Ortam 300 °K den daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bu nedenle sıcaklığın etki-kesitlere etkisini gösteren Doppler etkide dikkate alınmalıdır. Soğutucu homejen olarak dağıldığından ve % 75 hava ile genişletildiğinden, reaksiyon esnasında soğutucu-nötron

reaksiyonunun makroskopik tesir-kesitleri hemen hemen sabit kalacağından Doppler etkide ihmal edilebilir.

Nötron akısının açığa göre değişimi gaussian quadrature metodu kullanılarak S_{16} - P_3 yaklaşımıyla hesaplanmıştır (14). Hesaplamalar için kullanılan küresel geometri şematik olarak Şekil.2' de görülmektedir. Reaktörün yarıçapı 30 m.dir. Soğutucu akışkan jeti % 25 sıvı ve % 75 havadan homojen olarak karışmış olarak kabul edilmiştir. Bunun sebebi enerji absorpsiyon kabiliyetini ve nötron serbest yolunu artırmaktır. Soğutucu akışkan jetinin iç yarıçapı 5 m. olarak alınmıştır. Jetin dış yarıçapı jet kalınlığı 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 700, 900, 1200, 1500 cm olacak şekilde seçilerek her kalınlık için hesaplamalar tekrarlanmıştır. 1 cm'lik çelik kaplamadan sonra 40 cm'lik kaya ve toprak karışımı düşünülmüştür.



Şekil 2. Nümerik hesaplamalar için patlama odasının kesiti.

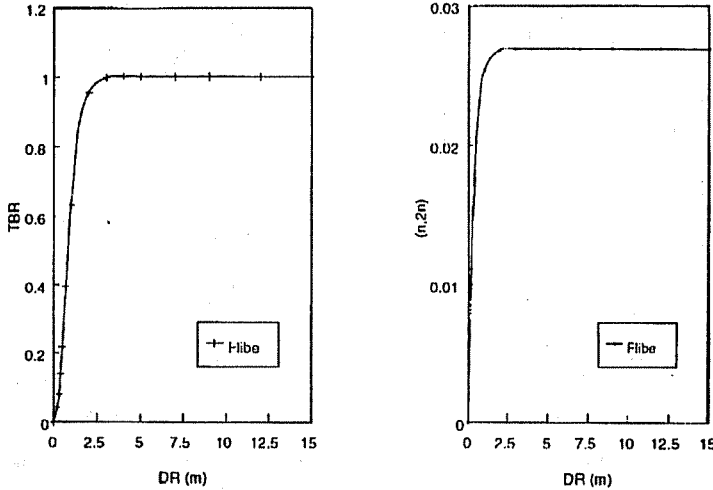
3. NÜMERİK SONUÇLAR

Fisyon patlaması sonucu bol miktarda, enjisi MeV mertebesinde olan nötron meydana gelecektir. Bu nötronlar soğutucu akışkanın atom çekirdekleri tarafından absorbe edilerek ya yeni bir füzyon yakıtı meydana gelecektir, yada $(n,2n)$ reaksiyonlarıyla nötron çoğalması meydana gelecektir. Her iki halde reaktör teknolojisi açısından temenni edilen hallerdir. Çünkü, yeni yakıt yeni enerji kaynağı ve $(n,2n)$ reaksiyonunda yüksek enerjili fisyon nötronlarının daha düşük enerjiye sahip yeni

nötronlara dönüşmesi demektir. Genelde düşük enerjili nötronlar ile herhangi bir malzeme daha iyi nükleer reaksiyon gerçekleştirebilir. Filyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan enerjinin ancak % 3'ü nötronlar tarafından taşınırken, % 60'ı ise parçalanmış çekirdeğin yeni parçalarının kinetik enerjisi olarak taşınır. Filyon sonucu yaklaşık olarak her filyon için 200 MeV'lik bir faydalı enerji elde edilir. Gerek nötronlar ve gerekse filyon ürünü yeni elementler kinetik enerjilerini çarpışmalar sonucu soğutucu akışkan ortamına bırakır. ANISN kodu ile elde edilen neticeler ERDEMLİ yardımcı kodu ile daha kullanışlı hale getirilmiştir (15). Sonuçların detaylı analizi aşağıda verilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan malzemeler ve bunların atomik yoğunlukları Ref.(10)' Tablo-I'de verilmiştir.

3.1. Tritiyum Üretimi

Tritiyum Lityum elementinin nötronlar ile bombardımanı sonucu yapay olarak üretilen bir Hidrojen (${}^3\text{H} = {}^3\text{T}$) izotopudur. Füzyon reaksiyonları için vazgeçilmez bir yakıttır. 21. yüzyılın enerji problemlerine çözüm olabilecek Füzyon Reaktörlerinin de yakıtı olması bakımından Flibe'nin (Li_2BeF_4) filyon nötronları ile etkileşimi sonucu Tritiyum üretme kapasitesinin hesaplanması gerekir. Flibe içerisindeki Lityum (Li) esas olarak tritiyum üretimine vesile olurken, Berilyum (Be) ise nötron çoğalmaktadır. Yani filyon nötronlarını yutarak enerjileri daha düşük 2 tane nötron neşretmektedir. Bu işlem nötronun sermaye olarak algılanması karşısında nükleer teknoloji açısından tercih edilen bir durumdur. Soğutucu akışkanın su (H_2O) olması halinde pratik olarak bir tritiyum üretimi ve nötron çoğalması meydana gelmez. Şekil.3'de Flibe için her filyon



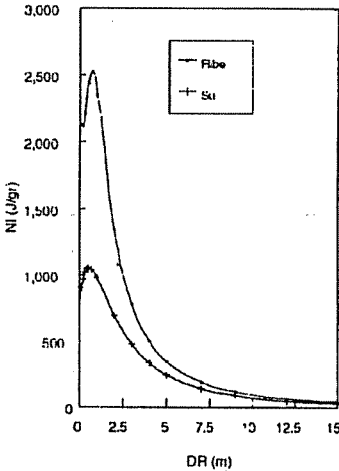
DR : Soğutucu kalınlığı TBR : Her filyon nötronu için tritiyum üretim oranı
(n,2n) : Her filyon nötronu için nötron çoğalma reaksiyonu

Şekil 3. Tritiyum üretiminin ve nötron çoğalmasının soğutucu kalınlığına göre değişimi.

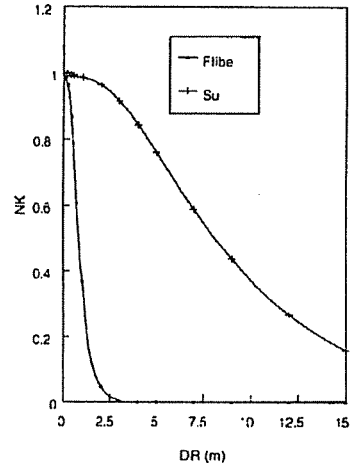
reaksiyonunun meydana getirdiği Trityum üretimi ve nötron çoğalmasının soğutucu akışkan bölgesinin kalınlığına göre değişimi görülmektedir. TBR ve (n,2n) her fisyon reaksiyonu için meydana gelen trityum atomunu ve (n,2n) reaksiyon sayısını belirtmektedir. Bu değerler toplam üretimin bulunması için toplam fisyon nötronu sayısı ile çarpılmalıdır. Şekil.3' teki eğrilere dikkat edilirse kalınlığın 400 m' den büyük değerlerinde trityum üretimi ve nötron çoğalması 1.002 ve 0.27 değerlerinde asimtotik olarak gitmektedir. Bu nedenle 400 cm üzerindeki akışkan kalınlığı fazla pompa gücü gerektireceğinden trityum üretimi açısından tavsiye edilemez.

3.2. Enerji Absorpsiyonu

Bu çalışmanın asıl gayesi fisyon enerjisinin elektrik üretimine yönlendirilmesidir. Bunun sağlanması içinde enerjinin buhar santrallerinde jeneratör hareketini temin eden buhar formunun elde edilmesi gerekir. Buhar üretimi içinde Flibe ve su patlama enerjisini absorbe etmelidir. Şekil.4'de patlama sonrası meydana gelen nötronların, soğutucu akışkan içerisinde meydana getirdiği ısınmanın soğutucu akışkan kalınlığına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Burada nötron enerjisinin tamamen veya büyük oranda absorbe edilerek patlama duvarlarına etkisinin azaltılması gerekmektedir. Şekil.4'e dikkat edilirse, DR'nin 1 m'den büyük değerlerinde, soğutucu akışkan kalınlığının artmasıyla soğutucu kütlesi de arttığı için her gram akışkan miktarının absorbe ettiği patlama ısı da düşmektedir.



NI : 1 gr soğutucunun ısınması



NK : Her fisyon nötronu için soğutucu bölge dışına kaçan nötron oranı

Şekil 4. Soğutucu akışkanda meydana gelen nötron ısınmasının soğutucu kalınlığına göre değişimi.

Şekil 5. Soğutucu bölge dışına kaçan nötronların soğutucu kalınlığına göre değişimi.

Tritiyum üretimi açısından optimum olan 400 cm kalınlıkta bu ısınmalar flibe için 503.33 J/gr olurken, su için 335.63 J/gr olmaktadır. Değerlerden de anlaşılacağı gibi Flibe sudan daha çok enerji absorbe edebilmektedir. Flibe'nin bu kabiliyeti reaktör geometrisinin küçük olmasına sebep olması bakımından iyidir.

Akışkan ortamında absorbe edilen nötronun çokluğu patlama odasının duvarlarının nötron hasarından iyi korunduğunun işaretidir. Bunun gerçekleşmesi içinde akışkan bölge dışına minimum nötron kaçığının olması gerekir. Şekil.5'de soğutucu bölgede, her fisyon nötronu için meydana gelen nötron kaçığının soğutucu bölge kalınlığına göre değişimi görülmektedir. Kalınlığın 400 cm değerinde kaçıklar flibe için % 0.02 iken su için bu değer % 84 mertebesindedir. Bu değerler flibenin nötronik performansının ne kadar iyi olduğunu göstermektedir. Fazla nötron kaçığı duvarlarda fazla tahrip demek olduğundan suyun kalınlığının çok büyük alınması gerekir. Buda pompalama enerjisini ve reaktör geometrisi artıracığından istenmez.

3.3. Patlama Odası Basıncı ve Buhar Sıcaklığı

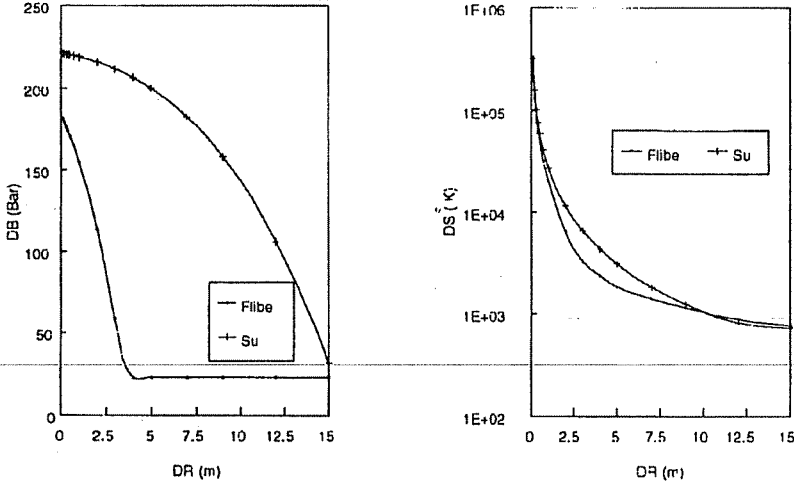
Patlama sonrası açığa çıkan enerji büyük oranda soğutucu akışkan tarafından absorbe edilecektir. Enerjiyi absorbe eden akışkan ısınarak buharlaşacaktır. Buhar kapalı patlama odasına dolarak oda basıncını artıracaktır. Termodinamikteki hal denklemlerine göre de buharın sıcaklığı artacaktır. Bu çalışmada patlama öncesi oda basıncının 3 atm ve giren akışkan sıcaklığında 300 °C olduğu olduğu kabul edilmiştir. Patlama sonrasında soğutucu akışkan oda çeperlerine çarparak ısısını bir miktar kaybedecektir. Bunun yanında fisyon sonucu ortaya çıkan ve fisyon enerjisinin belirli bir bölümünü taşıyan gama ışınları ve nötrinolar da oda çeperlerinde kaybolacaktır. Bu şekilde patlama enerjisinin % 20'sinin kaybolduğu % 80'inde soğutucu akışkan tarafından absorbe edildiği kabul edilmiştir.

Böyle bir reaksiyon odasında denge basınç ve sıcaklığı Ref.(7)'de verilen bağıntılarla hesaplanabilir. Ref.(7)'deki bağıntılara göre hesaplanan sıcaklık ve basıncın soğutucu kalınlığına göre değişimi Şekil.6'da verilmiştir. Bu eğrilere dikkat edilirse sıcaklık Flibe için 200 cm' ye kadar , su için 300 cm'ye kadar hızlı bir şekilde azalırken, daha sonra ise daha yumuşak bir değişim meydana gelmektedir. Bunun manası belirtilen kalınlık değerlerine kadar soğutucunun tamamı buharlaşırken, bundan sonra bir kısmı buharlaşmaktadır. 400 cm değerinde flibe için 1400 °K' lik ve su için ise 4400 °K'lik sıcaklığa sahip buhar üretilebilir. Bu değerler pratikte daha düşük olacaktır. Ayrıca patlama öncesi ve sonrası soğutucu akışkanın akma süresi uzatılarak fazla soğutucu ile bu değerler 600 °C seviyelerine çekilebilir. Suyun sıcaklığının daha aşağılara çekilmesi için daha fazla sıvı kütlesi gerekeceğinden geometri ve pompa gücü büyüyecektir. Bu ise reaktör teknolojisi açısından istenmez.

3.4. Çelik Kaplamada Radyoaktif Kirlenme

30 yıllık kullanım süresinin sonunda çelik yapısını oluşturan elementler fisyon

sonucunda açığa çıkan nötron ve gama ışınlarını yutarak kararlı olmayan bir seviyeye geçerler. Bu seviyeden tekrar çeşitli bozunma türlerine göre gama, nötron, proton, β^- ve β^+ tanecik ve ışınları yayımlanarak temel seviye olan en kararlı seviyeye dönerler.



DB: Patlama sonrası oda denge basıncı

DS : Patlama sonrası soğutucu sıcaklığı

Şekil 6. Patlama sonrası oda içerisinde meydana gelen denge basıncının ve sıcaklığının soğutucu kalınlığına göre değişimi.

Yayımlanan bu tanecikler ve ışınlar yine çevrede bulunan malzeme ve materyal tarafından absorbe edilir. Eğer canlı birisi bu çevre etrafında olursa sağlık açısından istenmeyen tahrişler meydana gelir. Temel seviyeye dönmek için yapılan tanecik yayını zamana göre azalarak devam eder. Temel seviyeye dönme süresi malzemeden malzemeye değişir. Bir kısmı saniyelik süreler sonra temel seviyeye dönerken diğer bir kısmı asırlar sonra ancak temel seviyeye döner. 30 yıl çalışma süresini takip eden zaman dilimlerinde bu temel seviye dönme esnasında bazı atom çekirdekleri insan sağlığı açısından tehlike arzeder. Çelik malzemesi için canlı açısından tehlikeli olmayan aktivasyon sınırları 10CFR61 (16) talimatına göre Ref. (10) Tablo.III' de verilmiştir. 30 yılı takip eden 10 yıl süresince meydana gelen aktivasyon değerleri soğutucunun flibe olması halinde, Ci/m³ olarak Tablo 2'de kalınlığın 300,400,500,700 ve 900 cm değerleri için verilmiştir. Bu değerler Ref. (10)'da verilen Tablo-II radyoizotoplar için yine Ref. (10)'da verilen 13-18 nolu denklemler ile hesaplanmıştır. Bu değerlere göre ⁵⁹Ni izotopundan yayımlanan X ışınları aktivitesinin 900 Ci/m³ değerinden fazla olmaması gerektiğinden, soğutucu kalınlığının 900 cm' den büyük değerleri sağlık için emniyetlidir.

900 cm. kalınlıktaki enerji absorbsiyonu ve buhar sıcaklığının düşük olması, fazla

*BARIŞ AMAÇLI PATLAMALARIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ BİR REAKTÖR TESİSİNDE
NÜKLEER SİLAHLARININ ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ*

akışkanın pompalama gücü ile geometriyi büyütmesi nedeniyle istenmeyen bir hal mevcuttur. Çünkü, soğutucu kalınlığının 400 cm değerinde yaymlanan ⁵⁹Ni'dan yaymlanan X ışınları 900 Ci/m³ den büyük olduğu için 30 yıl sonrasında başka amaçlar

Tablo 2. Çelik kaplamadaki nötron aktivasyonu (Ci/m³)

	1 saat sonra	1 gün sonra	1 ay sonra	1 yıl sonra	10 yıl sonra
DR = 300 cm					
⁶³ Ni	3.49345E+04	3.20929E+04	3.20752E+04	3.18718E+04	2.99443E+04
⁵⁹ Ni	1.05859E+03	1.05859E+03	1.05859E+03	1.05858E+03	1.05849E+03
⁶⁰ Co	1.18431E+02	1.18023E+02	1.06312E+02	3.17919E+01	2.29825E*04
⁹³ Mo	1.26812E+02	1.26812E+02	1.26810E+02	1.26787E+02	1.26561E+02
DR = 400 cm					
⁶³ Ni	3.47509E+04	3.47502E+04	3.47311E+04	3.45108E+04	3.24237E+04
⁵⁹ Ni	1.15185E+03	1.15185E+03	1.15185E+03	1.15184E+03	1.15175E+03
⁶⁰ Co	5.86737E+01	5.84714E+01	5.26695E+01	1.57505E+01	1.13861E*04
⁹³ Mo	1.17090E+02	1.17090E+02	1.17088E+02	1.17067E+02	1.16858E+02
DR = 500 cm					
⁶³ Ni	3.45155E+04	3.45149E+04	3.44959E+04	3.42771E+04	3.22041E+04
⁵⁹ Ni	1.14768E+03	1.14768E+03	1.14768E+03	1.14767E+03	1.14758E+03
⁶⁰ Co	2.91613E+01	2.90608E+01	2.61772E+01	7.82815E+00	5.65899E*05
⁹³ Mo	1.05277E+02	1.05277E+02	1.05275E+02	1.05256E+02	1.05069E+02
DR = 700 cm					
⁶³ Ni	2.93857E+04	2.93852E+04	2.93690E+04	2.91827E+04	2.74179E+04
⁵⁹ Ni	9.80224E+02	9.80224E+02	9.80223E+02	9.80215E+02	9.80134E+02
⁶⁰ Co	7.38737E+00	7.36190E+00	6.63141E+00	1.98309E+00	1.43358E*05
⁹³ Mo	8.17246E+01	8.17245E+01	8.17233E+01	8.17084E+01	8.15629E+01
DR = 900 cm					
⁶³ Ni	2.28912E+04	2.28908E+04	2.28782E+04	2.27331E+04	2.13583E+04
⁵⁹ Ni	7.64452E+02	7.64452E+02	7.64451E+02	7.64445E+02	7.64381E+02
⁶⁰ Co	1.96534E+00	1.95857E+00	1.76423E+00	5.27583E*01	3.81391E*06
⁹³ Mo	6.17104E+01	6.17104E+01	6.17094E+01	6.16982E+01	6.15883E+01

için kullanım açısından bir risk sözkonusudur. ⁵⁹Ni'un kararlı hale geçmesi için gereken yarı ömrü çok büyük olduğu (75000 yıl) için 30 yıllık çalışma süresini takip eden uzun yıllar patlama odasına bir canlı korumasız giremez.

4. SONUÇLAR

PACER reaktör odasında fisyon bombaları patlatılarak elde edilen enerji su veya

Flibe' nin buharlaşmasında kullanılabilir. Elde edilen buhar ısı eşanjörleri ile başka bir sıvının tekrar buharlaşması için kullanılabilir. Bu buhar, buhar türbininde değerlendirilebilir. 30 m'lik yarıçapa sahip patlama odasında 2 kt'luk TNT'ye eşdeğer bir fisyon patlamasında şu nötronik neticeler elde edilmiştir:

i) Flibe bu reaktör için ideal bir soğutucu akışkandır. Suya göre çok iyi termal özelliklere sahip olması nedeniyle reaktör geometrisinin daha küçük olmasına neden olur. Su Flibe'den daha yüksek bir denge basıncına neden olur. Bu basıncı karşılamak için çelik konstrüksiyon daha kalın olmalıdır.

ii) Flibe yeni yakıt üretimi açısından iyi performans sahibidir. Her fisyon nötronu için bir tane ($DR \geq 4$ m) trityum verebilmektedir. Trityum 20-30 yıl sonra üretime geçmesi planlanan füzyon reaktörleri için mükemmel bir yakıttır. Bu işlemin önemi trityumun tabii olarak bulunmadığı dikkate alınırsa daha iyi anlaşılacaktır.

iii) Su çok ucuz ve bol olmasının yanında oldukça kötü bir termal ve nükleer performans sergilemiştir. Fisyon nötronlarının büyük kısmını geçirerek (4-m^2 de %84) çelik duvarda büyük tahribatlara neden olabilecektir. Her gram için enerji absorpsiyonu buharlaşma ısısı düşük olduğu için çok fazla miktarları ve büyük geometrileri istemektedir.

iv) 30 yıllık reaktör kullanım süresi sonunda tesisin başka amaçlar için kullanımı açısından bir risk sözkonusudur. Bu risk ancak çok büyük flibe kalınlıklarında emniyetli hale gelir. Ancak bu kalınlıkta elde edilen buharın termal özellikleri çok kötüdür. Patlama 40 dk' da bir yapıldığından buharın yüksek sıcaklıkta olması gerekir. 4 m soğutucu kalınlığında ^{59}Ni izotopunun en alt katmandaki elektronunu yakalayarak termal seviyeye dönmeye çalışmasından elektron seviyeleri yeniden düzenlenir. Bu nedenle X ışınları yayımlanır. Bu ışığın aktivasyonu 10CFR61 talimatnamesindeki sınırların üzerinde olduğu için 30 yıl sonra patlama odasına canlı giremez. 4 m'de 1151 ci/m^3 değeri 900 ci/m^3 'e yakın olduğu için belirli özel elbiseler ile içeri girilebilir. İçeride ise elbiseye göre belirli süreler kalınabilir.

5. REFERANSLAR

1. "Engineering with Nuclear Explosives" , Proc. 3rd Plowshare Symp., Oak Ridge, Tennessee, 1964, TID -7695, U.S. Department of energy /Office of Scientific and Technical Information, 1964.

2. Teller,E., Talley,W. and Higgins,G., Constructive Uses of Nuclear Explosives, McGraw-Hill Book Company ,New York, 1968.

3. Hubbard,H.W. at al., "Project PACER Final Report" RDA-TR-4100-003, R&D Associates, 1974.

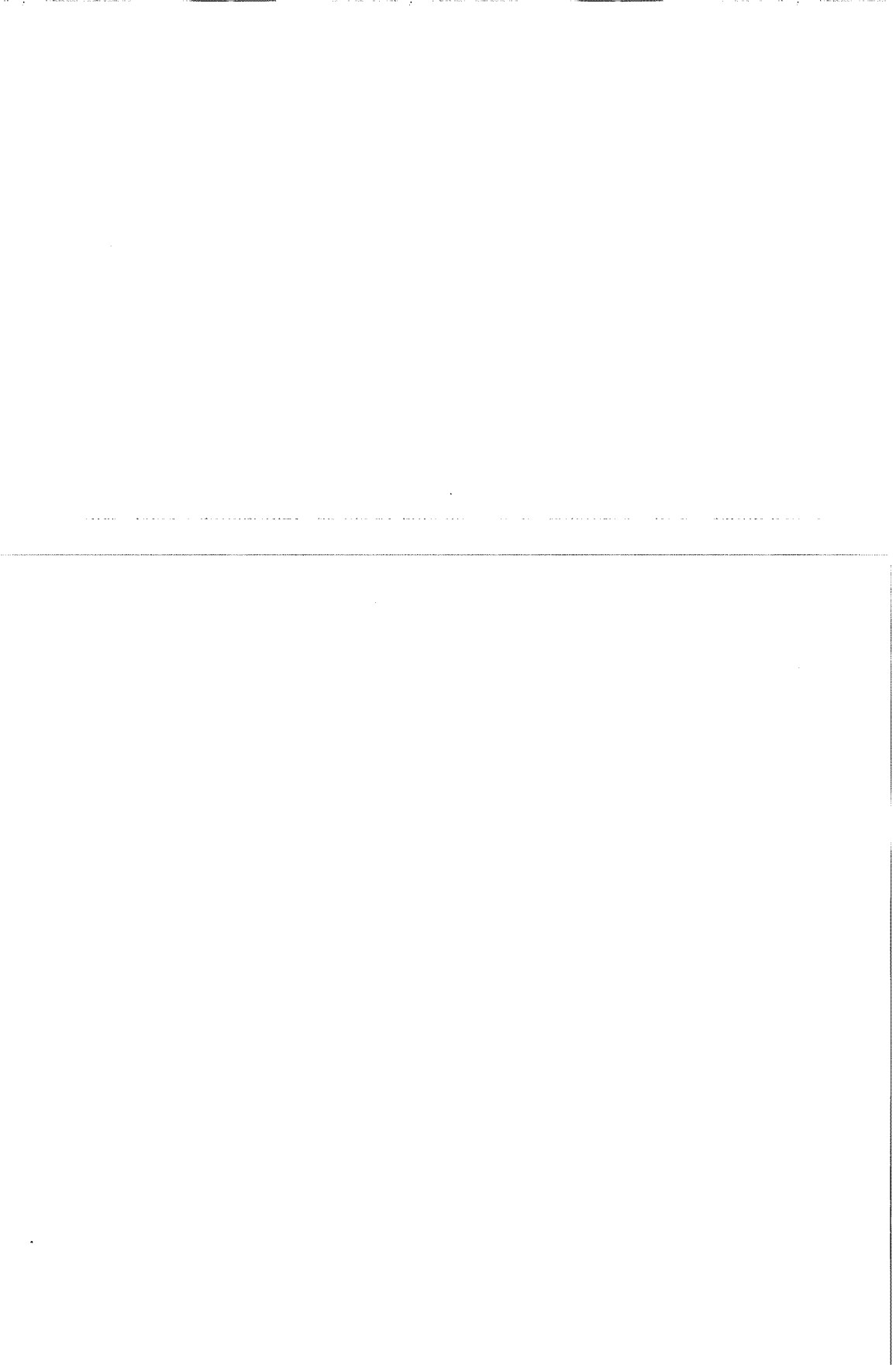
4. Hammond,R.P. at al., "Practical Fusion Power" Mech. Eng., 104, 34, 1982.

5. Seifritz,W., "HACER: A Grand Design for Fusion Power", Fusion, 4, 22, 1980.

6. Moir,R.W., "PACER Revisited", Fusion Technol., 15, 1114, 1989.

**BARIŞ AMAÇLI PATLAMALARIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ BİR REAKTÖR TESİSİNDE
NÜKLEER SİLAHLARININ ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

7. Call,C.J. and Moir,R.W., "A Novel Fusion Power Concept Based on Molten-Salt Technology: PACER Revisted", *Nucl. Sci. Eng.*, 104, 364, 1990.
8. Szöke,A. and Moir,R.W., "A Practical Route to Fusion Power", *Technol. Rev.*, 94, 20, July 1991.
9. Szöke,A. and Moir,R.W., "A Realistic, Gradual and Economical Approach to Fusion Power", *Fusion Technol.*, 20, 1012, 1991.
10. ŞAHİN,S. at al., "Neutronic Investigation of a Power Plant Using Peaceful Nuclear Explosives", *Fusion Technol.*, 26, 1311, Dec. 1994.
11. Engle,W.W.Jr., "ANISN, A One-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering", K-1693, Oak Ridge National Laboratory, 1970.
12. Al-Kusayer,A., ŞAHİN,S. and Drira,A., "CLAW-IV, Coupled 30 Neutrons, 12 Gamma-Ray Group Cross Sections with Retrieval Programs for Radiation Transport Calculations", *RSIC Newsletter*, p. 4. Radiation shielding Information Center, May. 1988.
13. Barrett,R.J. and MacFarlane,R.E., "CLAW, Coupled 30 Neutrons, 12 Gamma-Ray Group Cross Sections for Neutron Transport Calculations", LA-7808-MS, Los Alamos Scientific Laboratory, Apr. 1979.
14. Şahin,S., "Comparison of Diffusion and Transport Theory for Fast Reactor Shielding Calculations", *Atomkernenergie*, 22, 24, 1973.
15. Şahin,S., Yapıcı,H. and Ünalın,S., "ERDEMLİ, A Computer Program to Process ANISN Output Data", Gazi University, 1991.
16. "Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste", *Code of Federal Regulations*, Title 10, Part 61, 1982.



ÇEŞİTLİ MODERATÖR MALZEMELERİNİN (D,T) FÜZYON NÖTRONLARI KARŞISINDA NÖTRONİK PERFORMANSI

Sebahattin ÜNALAN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kayseri / Türkiye

İlyas ÇÜRÜTTÜ

Mustafa Kemal Üniv., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İskenderun / Türkiye

Veysel ÖZCEYHAN

Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kayseri / Türkiye

ÖZET : 21. yüzyılın enerji ihtiyacı günümüz nükleer reaktörlerinin yanında füzyon reaktörleriyle de karşılanabilecektir. Füzyon reaktörü (D,T) yakıt kullanıyorsa reaksiyon sonucunda 14.1 MeV'luk füzyon nötronları meydana gelecektir. Bu nötronlar füzyon reaksiyonundan açığa çıkan enerjinin %80'nini taşır. Gerek bu enerjinin faydalı hale getirilmesi ve gerekse nötronun değerlendirilmesi için Moderatör malzemeler kullanılmalıdır. Moderatör malzemeler nötron hızını, daha etkili nükleer reaksiyonların elde edildiği daha düşük seviyelere düşürür. Füzyon nötronları karşısında, nötron ekonomisi, yeni yakıt üretimi ve daha fazla enerji üretimi bakımından en iyi moderatör malzeleri olarak BeF_2 , C, Be, D_2O ve H_2O tespit edilmiştir. Optimum moderasyon kalınlığı ise 20-50 cm olarak hesaplanmıştır.

INVESTIGATION OF NEUTRONIC PERFORMANCE OF MODERATOR MATERIALS FOR (D,T) FUSION NEUTRONS

ABSTRACT : In 21. century energy requirement will be able to supplied fusion reactors as well as nowadays nuclear reactors. If fusion reactors use (D,T) fuel , 14.1 MeV fusion neutron will be provided at the end of the reaction. These neutrons carry %80 percent of energy was released in fusion reaction. Moderator materials must be used only for being this energy is useful and neutron appreciation. Moderator materials decrease the neutron velocity to lower level that it can be taken effective nuclear reaction in. Against the fusion neutrons, the best moderator materials are determined as BeF_2 , C, Be, D_2O , H_2O for neutron economy, new fuel production and more energy release. The optimal moderation thickness is calculated as 20-50 cm.

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasının enerji ihtiyacının önemli bir kısmı artan oranda fisyon santralleri ile karşılanmaktadır. Fosil ve Hidrolik enerjinin hemen hemen maksimum kullanım kapasitesine yaklaşılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise sürekli olmaması nedeniyle depolama problemi açısından avantajlı olmamaktadır. Aynı zamanda bu tür enerjilerin büyük güçlerde üretilebilmesi çok büyük tesisleri gerektirir. Dolayısıyla büyük bir hızla artan enerji talebinin günümüz metodlarıyla karşılanması hemen hemen mümkün görünmemektedir (1). Dünya Toryum, Uranyum ve Döteryum rezervleri düşünüldüğünde nükleer santraller daha cazip olmaktadır. Toryum ve Uranyum fisyon santralleri için , Döteryum ise füzyon santralleri için yakıt olabilirler. Bol miktardaki lityum ise nötron bombardımanı ile Tritiyuma dönüştürülerek yine füzyon reaktörleri için yakıt üretilebilir. Bu durumda, binlerce yıllık bir zaman için nükleer santrallerde yakıt yönünden enerji darboğazı meydana gelmez.

Artan enerji talebinin 21. yüzyılda ancak nükleer santrallerle karşılanacağı kaçınılmazdır. Yine günümüzdeki klasik fisyon santrallerinin önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde yakıt darboğazına düşeceği beklenmektedir (1). Meydana gelecek açığın ise teknolojik gelişimini tamamlaması beklenen füzyon reaktörleri tarafından kapatılabileceği tahmin edilmektedir. Bir füzyon reaksiyonu sonucu ise yakıtın Tritiyum ($^3\text{H}=\text{T}$) ve Döteryum ($^2\text{H}=\text{D}$) olması halinde (D,T) 14.1 MeV' luk yüksek enerjili nötronlar açığa çıkmaktadır. Bu nötronlar toplam füzyon enerjisinin %80' ini kinetik enerji formunda taşırlar. Yine bu enerjinin bugün için faydalı kullanımlar için başka bir ortama absorbe edilmesinin tek yolu Moderatör malzemelerdir. Nötron absorpsiyonu olmayacak şekilde nötron-atom çarpışmaları gerçekleştirilerek kinetik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesi gerekir.

Klasik fisyon reaktörleri Uranyum elementi yakmaktadır. Uranyum tabiatta bol miktarda mevcut olup % 99.3 ^{238}U izotopundan ve %0.7 ^{235}U izotopundan meydana gelmiştir. ^{238}U literatürde Fertil (Kolay parçalanamayan) yakıt olarak bilinmekte olup, parçalanarak enerji alınması için yüksek kinetik enerjili nötronlara ihtiyaç vardır. Düşük nötron enerjilerinde parçalanma yerine nötron absorpsiyonu meydana gelmekte ve bu yeni form çeşitli bozunma türleriyle ^{239}Pu gibi çok kıymetli nükleer yakıtı dönüşmektedir. ^{235}U ise fisil (kolay parçalanabilir) yakıt olarak bilinmekte olup çok yavaş (0.025 eV) nötronlarla çok büyük oranda parçalanabilmektedir. Nötron enerjisi yüksek olursa parçalanma oranı azalmaktadır. ^{239}Pu da ^{235}U gibi özelliklere sahiptir. Yüksek enerjili nötron kaynağı çok zor tedarik edildiğinden günümüzdeki reaktörlerin tamamı ^{235}U gibi izotopları yakacak şekilde dizayn edilmiştir. Dolayısıyla günümüz santrallerinde yakıtın %1 gibi çok düşük orandaki kısım enerjiye dönüştürülmekte, kalan kısmı çok büyük radyoaktiviteye sahip olarak kalmaktadır. Bu büyük kütle uzun yıllar canlı bünyesine zararlı olduğu için çok iyi bir şekilde izole edilerek depolanmalıdır. Yakıt içerisindeki fissile yakıt oranını artırmak yanar miktarı artırmak

demektir. Bu işlem zenginleştirme olarak bilinmektedir ve bu amaç için tasarlanmış reaktörlerde gerçekleştirilebilmektedir. Bugünkü üretim hızı ile bu tür bir yol nükleer yakıt darboğazına çözüm gibi görünmemektedir (1).

Günümüz nükleer santrallerinde reaksiyonlar bir önceki kuşakta gerçekleşen parçalanmadan üretilen nötronlar ile devam ettirilmektedir. Bu fisyon nötronları ise MeV seviyesinde enerjiye sahip olup fisil yakıtlar ile (^{235}U ve ^{239}Pu) düşük oranda parçalanma gerçekleştirirler. Bu nedenle fisyon nötronlarının hızlarının düşürülmesi gerekir. Bu amaçlarda nötronunun absorbe edilmesine izin verilmeden başka atomlarla çarpıştırılarak enerjisi azaltılmalıdır. Bu amaçla kullanılan malzemelere Moderatör denilir. Moderatörler bütün elementler olarak algılanamaz. Nötron çok küçük kütleyle sahip olduğu için her çarpışmada daha fazla enerji kaybetmesi açısından küçük kütleli bir atom ile çarpışmalıdır. Eğer büyük kütleli bir atom ile çarpışırsa çarpışma mekaniğinin prensiblerine göre sekerek çok az enerji kaybeder. Dolayısıyla nötron enerjisini azaltmak için büyük kütleli atomlar ile daha çok çarpışma gerçekleştirmelidir. Nötron reaktör teknolojisinde sermaye olarak kabul edilir. Bu nedenle de kaybını önlemek için moderatör malzemesinin nötron yutma kabiliyetinin çok az olması gerekir.

21. yüzyılın enerji ihtiyacını karşılamada bir diğer alternatif olan Füzyon Reaktörleri bugün teknolojik gelişimi henüz tamamlamamıştır. 20-30 yıl sonrası için gerekli şartlar sağlanarak ekonomik enerji üretimine müsait olması beklenmektedir. Testi sürdürülen birkaç model bu yönde ümit vermektedir (2). Füzyon reaksiyonunda da fisyonunda olduğu gibi nötronlar üretilir. Bu nötronların enerjisi füzyon yakıtının Döteryum ve Tritiyum olması halinde 14.1 MeV gibi çok yüksek seviyelerdedir. Bu enerji toplam füzyon enerjisinin %80' ini oluşturmaktadır. Faydalı amaçlar için bu enerjinin başka bir ortama aktarılması gerekir. Bu aktarma işlemi güçlüklerine rağmen moderatör malzemeleri ile sağlanabilir. Nötronun nükleer santrallerdeki ehemmiyeti dikkate alınacak olursa enerjisi alınırken, ilave olarak nükleer reaksiyonlar sonucu bir takım yan ürünlerde elde edilebilir. Moderator malzemesi içerisine Lityum katılarak yeni füzyon reaksiyonu için gerekli Tritiyum üretilebilir. Yine Uranyum ve Toryum katılarak fisyon gerçekleştirilebilir ve daha büyük oranda enerji sağlanabilir.

Bu çalışmada füzyon reaktörlerinin ve klasik fisyon reaktörlerinin birleştirildiği bir model ele alınacaktır. Fisyon reaktörlerinin kalbinin hacim merkezine füzyon reaktörünün yerleştirildiği kabul edilecektir. Bu suretle füzyondan çıkan nötronlar yeni fisyon reaksiyonlarında değerlendirilecektir. Günümüz reaktörleri fissile yakıtları (^{235}U ve ^{239}Pu) yakacak şekilde dizayn edildiği için işlemin gerçekçi olması bakımından füzyon nötronları değişik moderatör malzemeleri ile yavaşlatılmalıdır. Nötron enerjisi reaktör geometrisini büyük oranda etkilediğinden günümüz reaktörlerinin değerlendirilmesi açısından böyle bir işlem daha mantıklıdır. Gerçekte füzyon nötronları yüksek enerjiye sahip olduklarından direkt olarak fisyonda yapabilirler. Fakat

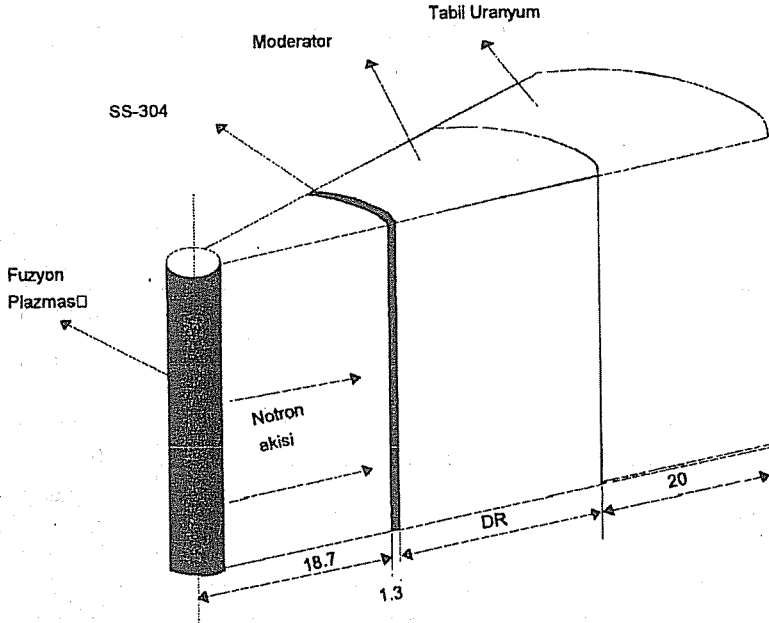
bu durumda daha çok fertil (^{238}U) malzemeler değerlendirilir. Bu da günümüz klasik fisyon reaktörlerinin atıl olması demektir. Bu amaçla füzyon ve fisyon reaksiyon odalarının arasına bir moderatör katman yerleştirilmelidir. Bu katmanın kalınlığı nötron enerjisinin düşümü ile direkt bağımlı olacaktır. Reaktör geometrisini direk etkilediğinden bu kalınlığın optimal bir değerde olması gerekir. Farklı işlevleri olan farklı yapıların bu şekilde belirli sıra ile dizilmesi Blanket olarak isimlendirilir (3).

2. PROBLEMİN TARİFİ

Belirtilen reaktör tesisinde nötronik hesaplamaların yapılabilmesi için Nötron akısını geometriye ve nötron enerjisi ile hareket doğrultusuna göre tarif eden Boltzman Transport Diferansiyel Denkleminin çözülmesi gerekir. Malzemelerin nötron karşısında nötronun kinetik enerjisine göre tavrı çok değişiktir. Genellikle nötron enerjisine bağlı olarak malzeme-nötron ilişkisini fonksiyonel olarak tariflemek mümkün değildir. Dolayısıyla da Boltzman Transport denkleminin analitik çözümü mümkün değildir. Bu nedenle Etki-Kesit değerleri kullanılarak Boltzman Transport Denklemi nümerik olarak çözülebilir. Etki-kesit kavramı nötron-malzeme ilişkisi sonucu olabilecek yeni yapıların olma ihtimalini veren değerler olup büyük oranda deneysel metodlarla bulunmuşlardır. Etki-kesit değerleri nötron enerjisine göre düzenlenmiş olarak data kütüphaneleri şeklinde kullanıma sunulmuştur. Nümerik çözüm için füzyon odasının yapısı gereği silindirik koordinatlar seçilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yapının kesiti Şekil-1' de görülmektedir.

Boltzman Transport Denklemi'nin nümerik çözümü için ANISN nötron transport kodu seçilmiştir (4). Bu kod tek boyutlu hesaplamalar için idealdir. Malzeme-nötron ilişkisini nötron enerjisine bağlı olarak veren kütüphane olarak CLAW-IV etki-kesitleri kullanılmıştır (5). Bu data grubu Los Alamos National Laboratory tarafından yayınlanmıştır (6). Bu kütüphanede etki kesitleri nötron enerjisi 30 gruba ayrılarak belirlenmiştir. Bu enerjilerin 12 tanesi MeV, 9 tanesi KeV ve 9 tanesi ise eV mertebesindedir. Bu gruplar fisyon, füzyon, 1/E ve termal bölgeye göre düzenlenmiştir. Ortam 300 °K' den daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Fakat, ortalama nötron serbest yolu değişmediğinden Doppler etki ihmal edilmiştir

Nötron akısının açığa göre değişimi Gaussian quadrature metodu kullanılarak S_{16-P_3} yaklaşımıyla hesaplanmıştır (7). Füzyon odası 1.3 cm. kalınlığında SS-304 çeliği ile çevrelenmiştir. Bundan sonra moderatör katman gelmektedir. Moderatörü ise 20 cm. kalınlığında % 54.5 hava ve %45.5 oranında tabii uranyumdan meydana gelen bir yapı takip etmektedir. Hava nötron performansını etkilemediği için hesaplamalarda ihmal edilmiştir. Şekil 1 nötronik hesaplamalarda kullanılan blanket yapısını göstermektedir. Tabii uranyum %99.3 ^{238}U ve %0.7 ^{235}U 'dan meydana gelmektedir. Tabii uranyum bir nevi moderatör malzemesinin nötron performansını belirleyen dedektör görevi olacaktır.



Şekil-1. Nötronik hesaplamalarda kullanılan blanket yapısı.

Hesaplamalarda kullanılan moderatörler ve diğer malzemeler ile bunların yoğunlukları ve atomik yoğunluklar Tablo-1' de verilmiştir. Moderatör malzemesi olarak literatürde bilinen ve tavsiye edilen Li (Lityum), Na (Sodyum), Be (Berilyum), Al (Aliminyum), Pb (Kurşun), Li_2BeF_4 (Flibe), D_2O (Ağır su), C (karbon), NaK (Sodyum potas), BeF_2 (Berilyum florür), B (bor), Mg (mağnezyum), H_2O (Hafif su), LiF (lityum flor), LiH (lityum hibrid) olarak alınmıştır. Bu malzemelerin fiziki yoğunlukları ve diğer özellikleri literatürde mevcuttur (8). Moderatör katman kalınlığı sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 60, 80 ve 100 cm alınarak hesaplamalar tekrarlanmıştır.

Füzyon reaksiyon odasının gücü 2.25 MW/m^2 olacak şekilde bir nötron akısı alınmıştır. Bu değerler literatürde geçmekte olup, bu güçteki bir reaksiyon her saniyede 10^{14} tane 14.1 MeV 'lik ($1 \text{ MeV} = 1.602189 \cdot 10^{-13} \text{ J}$) füzyon nötronu üretecektir (10,11).

3. NÜMERİK SONUÇLAR

Füzyon reaksiyonunda bol miktarda enerjisi MeV mertebesinde olan nötron meydana gelecektir. Bu nötronlar moderatör malzemenin atom çekirdekleri tarafından absorbe edilerek ya yeni bir füzyon yakıtı meydana gelecektir, ya da (n,2n) reaksiyonlarıyla nötron çoğalması meydana gelecektir. Her iki halde reaktör teknolojisi açısından temenni edilen hallerdir. Çünkü, yeni yakıt yeni enerji kaynağı ve (n,2n) reaksiyonunda yüksek enerjili füzyon nötronlarının daha düşük enerjiye sahip yeni nötronlara

Tablo-1: Kullanılan Malzemeler ve Atomik Yoğunlukları.

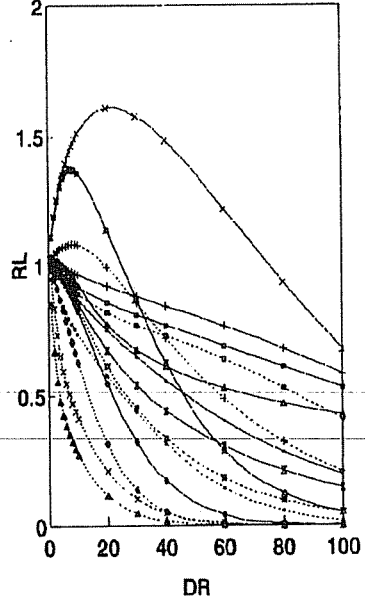
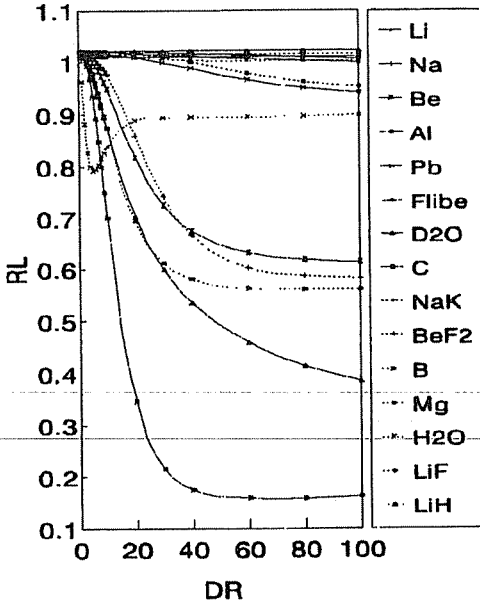
		İçerdiği İzotoplar	Yoğunluk (gr/cm ³)	Atomik yoğunluk*10 ²⁴ Atom/cm ³
Çelik Duvar	SS-304	¹² C ^{Si} ^{Cr} ^{Fe} ^{Ni}	7.81	7.87287*10 ⁻⁴ 6.73380*10 ⁻⁴ 1.72770*10 ⁻² 5.92626*10 ⁻² 8.05460*10 ⁻³
Moderatör	LiF	⁶ Li ⁷ Li ¹⁹ F	2.635	4.60088*10 ⁻³ 5.65811*10 ⁻² 6.11820*10 ⁻²
	LiH	⁶ Li ⁷ Li ¹ H	0.82	4.67173*10 ⁻³ 5.74523*10 ⁻² 6.21240*10 ⁻²
	Flibe	⁶ Li ⁷ Li ⁹ Be ¹⁹ F	1.98	1.80900*10 ⁻³ 2.23102*10 ⁻² 1.20600*10 ⁻² 4.82384*10 ⁻²
	Be	⁹ Be	1.82	1.21634*10 ⁻¹
	Na	²³ Na	0.971	2.54389*10 ⁻²
	Tabii Lityum	⁶ Li ⁷ Li	0.53	3.45947*10 ⁻³ 4.25441*10 ⁻²
	Hafif Su H ₂ O	¹ H ¹⁶ O	1.0	6.69222*10 ⁻² 3.34611*10 ⁻²
	Ağır Su D ₂ O	² H ¹⁶ O	1.105	6.56352*10 ⁻² 3.28176*10 ⁻²
	Berilyum Flor, BeF ₂	⁹ Be ¹⁹ F	1.986	2.54449*10 ⁻² 5.08899*10 ⁻²
	Mg	²³ Mg	1.74	4.36939*10 ⁻²
	Potasyum	³⁹ K	0.87	1.34008*10 ⁻²
	Sodyum potas	²³ Na ³⁹ K	8.79	4.77486*10 ⁻² 3.92221*10 ⁻²
	Karbon	¹² C	2.22	1.11132*10 ⁻¹
	Bor	¹¹ B	2.54	1.41508*10 ⁻¹
	Kurşun	²⁰⁷ Pb	11.35	3.29944*10 ⁻²
Al	²⁷ Al	2.70	6.02363*10 ⁻²	
Dedektör	%45.5 Tabii Uranyum	¹⁶ O	10.54	2.13960*10 ⁻²
		²³⁵ U		7.48860*10 ⁻⁵
		²³⁸ U		1.06231*10 ⁻²

dönüşmesi demektir. Genelde düşük enerjili nötronlar ile herhangi bir malzeme daha iyi nükleer reaksiyon gerçekleştirebilir. Eğer nötron moderatör malzeme tarafından yutulmaz ise çarpışma meydana gelecektir. Bu çarpışma sonucunda nötron yavaşlayacak

ve kaybettiği kinetik enerji termal enerjiye dönüşecektir. Füzyon enerjisinin %80'ini taşıması açısından bu çarpışma mekaniği önemlidir. Eğer nötron enerjisi faydalı enerjiye dönüştürülmez ise fazla kinetik enerjinin bir manası olmaz. ANISN kodu ile elde edilen neticeler ERDEMLİ yardımcı kodu ile daha kullanışlı hale getirilmiştir (9). Sonuçların detaylı analizi aşağıda verilmiştir.

3.1. Nötron Ekonomisi

Nükleer teknolojide nötron büyük öneme sahiptir. Çünkü belli başlı bütün reaksiyonlar nötron ile sağlanabilmektedir. Genellikle nötronun en iyi şekilde değerlendirilmesi arzulanır. Bu nedenle nötronun ne reaktör dışına gitmesine, ne de istenmeyen absorpsiyon reaksiyonlarını meydana getirmesine müsaade edilmemelidir. Dolayısıyla nötron enerjisi ve geometrinin bu amaca uygun düzenlenmesi gerekir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmada kullanılan moderatör malzemelerinin füzyon nötronlarını yutmaksızın yavaşlatması ve hatta (n,2n) reaksiyonlarıyla çoğaltması gerekir. Sonuç olarak moderatör bölgesi çıkışında füzyon nötronlarının sayısı kaynak nötronlarına göre çok az değişmelidir. Mümkün ise artmalıdır. Moderatör malzemelerinin füzyon nötronlarına karşı tavrını belirlemek için çelik bölgesi ve Moderatör bölgesindeki nötron kaçakları şekil-2 ve şekil-3'de moderatör kalınlığına bağlı olarak görülmektedir. Şekil-2'ye göre H₂O (hafif su), D₂O (ağır su), C (karbon), BeF₂ (berilyum florür), B (bor) ve Be (berilyum) gibi moderatör malzemeleri moderatör kalınlığının artmasıyla çelik bölgesinden daha az nötron geçmektedir. 40 cm kalınlıkta bu değerler sırasıyla %89, %53, %67, %66, %58 ve %17 dir. Daha önceki çalışmalara göre SS-403 çelik malzemesi çok fazla nötron absorpsiyon kabiliyeti yoktur (10,11). Yaklaşık olarak % 95 oranında kaynak nötronlarını geçirmektedir. Buna göre yukarıda belirtilen moderatör malzemeleri ya nötronlarla çok iyi bir çarpışma yapmakta ve nötron geri sekerek çelik bölgesine dönmekte, yada iyi bir nötron çoğaltma kabiliyetine sahip olduğu için meydana gelen bol miktardaki nötron çelik bölgesine geri dönmektedir. Bu durumda çelik bölgesindeki nötron kaçakları moderatör malzemeleri hakkında tam fikir vermez. Ama yukarıdaki malzemelerin bir ayrıcalığının olduğu aşikardır. Şekil-2'ye göre Pb, Be ve BeF₂ gibi malzemeler füzyon nötronlarından daha fazla nötron tabii uranyum bölgesine geçmektedir. Bu değerler Pb, Be ve BeF₂ için sırasıyla 20 cm' de 1.607 , 8 cm' de 1.375 ve 9 cm de 1.082 gibi maksimum noktalara erişmektedir. Bu değerler belirtilen malzemelerin nötron çoğaltma kabiliyetlerinin çok iyi olduğunu göstermektedir ve geçen toplam nötronu hesaplamak için toplam füzyon nötronu ile çarpılmalıdır. Sonuç olarak H₂O, D₂O ve C nötronlar ile çok iyi çarpışmalar yaparken, Pb, Be ve BeF₂ gibi malzemeler ise çok iyi (n,2n) reaksiyonları yapmaktadır. Her iki halde nükleer teknoloji açısından istenen özelliklerdir.



RL: Her füzyon nötronu için kaçak oranı

DR: Moderatör kalınlığı (cm.)

Şekil -2: Çelik bölgesinden kaçan nötronun moderatör kalınlığına göre değişimi.

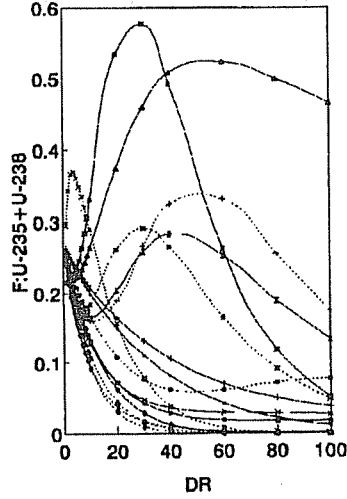
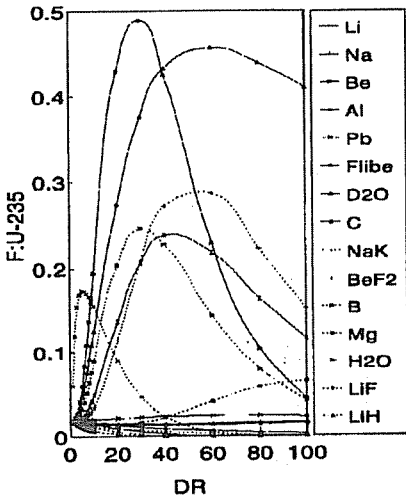
Şekil -3 : Moderatör bölgesinden kaçan nötronun moderatör kalınlığına göre değişimi.

3.2. Enerji Üretimi

Nükleer santrallerin ana gayesi enerji üretmektir. Bu amaçla moderatör malzemeleri enerji artışına yardım etmelidir. Şekil-4 moderatör bölgesindeki enerji absorpsiyonunun kalınlığa bağlı olarak değişimi görülmektedir. Bu şekle göre bütün malzemelerde 40 cm üzerindeki kalınlıklarda enerji absorpsiyonu maksimum değere ulaşmakta ve daha sonra asimtotik olarak sabit kalmaktadır. Yalnız lityum ve içerisinde lityum bulunan Flibe, LiF gibi malzemeler daha büyük kalınlıklarda asimtotik olmaktadır. Bu ise reaktör geometrisini büyüteceğinden istenmeyen bir durumdur. Bu seviyede füzyon enerjisini absorbe etme bakımından en iyi moderatörler H₂O, D₂O Be ve BeF₂ dir. Bu moderatörler sırasıyla füzyon enerjisinin, 40 cm kalınlıkta, %63, % 67, %65 ve % 57' ni absorbe etmektedir.

Şekil-5 ise tabii uranyum bölgesinde açığa çıkan enerjinin füzyon enerjisine göre oranını vermektedir. Şekideki yaklaşık yatay olan eğri moderatörsüz haldeki değerleri

göstermektedir. Bu şekiller H_2O , D_2O , C, Be, B ve BeF_2 'nin çok iyi bir performans gösterdiğinin işaretidir. Bu performansın sebebi nötronlar iyi bir çarpışma yaparak hızlarını düşürmek ve (n,2n) reaksiyonları ile yüksek enerjili nötronları düşük enerjili nötronlara dönüştürmektedir. Şekil-6 ve şekil-7 mukayese edildiğinde düşük enerjili nötronlar (0.025 ev \ll 14.1 MeV) ile yüksek oranda fisyon yapan ^{235}U toplam fisyon sayısının büyük bir kısmını sağlamaktadır. Bu da belirtilen moderatörlerin çok iyi bir şekilde füzyon nötronlarını yavaşlattığını yani modere ettiğini göstermektedir.



- F:U-235 : Bir füzyon nötronu için sadece ^{235}U 'nun meydana getirdiği fisyon sayısı
 F:U-235+U-238 : Bir füzyon nötronu için sadece tabii uranyumun meydana getirdiği fisyon sayısı
 DR : Moderatör kalınlığı (cm)

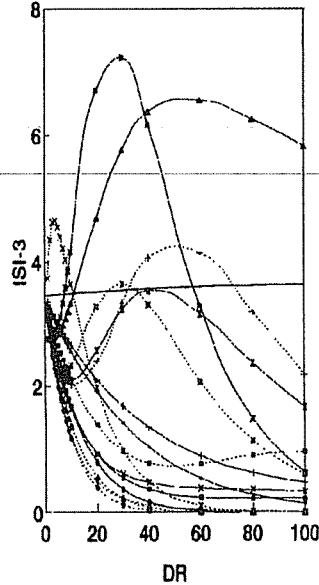
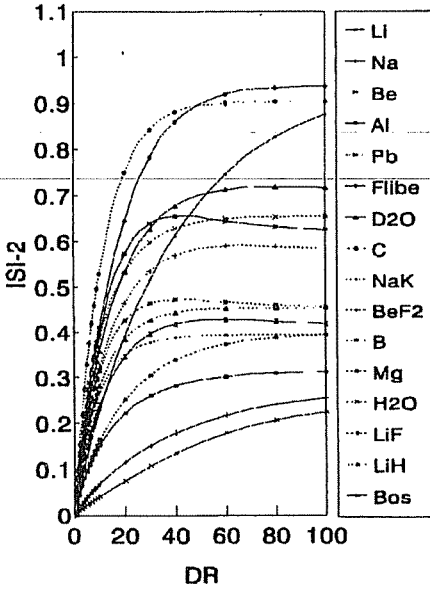
Şekil-6: Her füzyon nötronu için ^{235}U 'nun meydana getirdiği fisyon sayısının moderatör kalınlığına göre değişimi

Şekil-7: Her füzyon nötronu için Tabii Uranyumun meydana getirdiği fisyon sayısının moderatör kalınlığına göre değişimi

3.3 Yeni Yakıt Üretimi

Moderatör malzemelerinin yeni yakıt üretim kapasiteleride önemlidir. Yapay olarak üretilen trityum ve ^{239}Pu çok kıymetli füzyon ve fisyon yakıtlarıdır. Bu yakıtlar Li ve ^{238}U izotoplarının nötron yutmasıyla meydana gelmektedir. Bu nedenle yeni yakıt ancak içerisinde Lityum olan moderatör malzemesi ve tabii uranyum içerisindeki ^{238}U tarafından üretilir. Şekil-8 ve 9 sırasıyla bir füzyon nötronu için üretilen trityum ve

vermektedir. Bu değerlerin üzerinde olacak şekilde H_2O , D_2O , C, Be, B ve BeF_2 moderatör malzemeleri diğerlerinden farklı olarak tabii uranyum içerisinde daha fazla enerjinin açığa çıkmasına neden olmuştur. Bu malzemelerin sebep olduğu enerji artışı kiritik kalınlık değerlerinde maksimum olmaktadır. Bu maksimum değerler; H_2O için 4 cm. de 4.659, D_2O için 60 cm de 6.549, C için 40 cm de 3.544, Be için 30 cm de 7.227, B için 30 cm de 4.633 ve BeF_2 için 60 cm de 5.9 dur. Bu enerji artışları gerçek uygulamalarda daha düşük olacaktır. çünkü tabii uranyumun soğutulması için aralardan bir soğutucu geçirilmelidir.



Isı-2 : Moderatör malzemelerinin absorbe ettiği füzyon nötron enerjisi/14.1 MeV

Isı-3 : Uranyumun fisyonu ile açığa çıkan enerji/14.1 MeV

DR : Moderatör kalınlığı (cm)

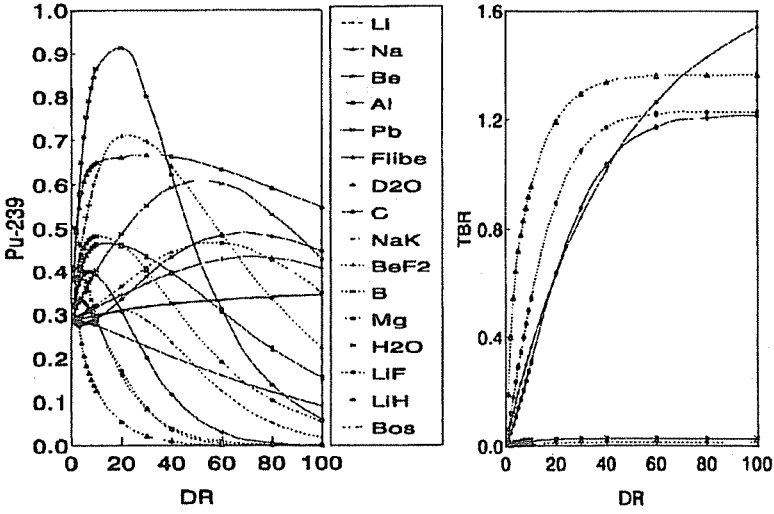
Şekil-4: Moderatör malzemesinin absorbe ettiği füzyon enerji değerinin moderatör kalınlığına göre değişimi.

Şekil-5: Tabii uranyumda fisyon ile açığa çıkan enerji değerinin moderatör kalınlığına göre değişimi.

Bu da urayumun birim hacimdeki yakıt yoğunluğunu düşürecektir. Yinede referans değerlere göre daha iyi bir performans göstermiştir (10,11).

Enerjideki bu muazzam artışın sebebini öğrenmek için tabii uranyum bölgesindeki fisyon miktarının araştırılması gerekir. Şekil 6'da ^{235}U ' un ve Şekil-7 de toplam fisyon oranı görülmektedir. Bu değerler bir füzyon nötronu için meydana gelen fisyon sayısını

^{239}Pu değerlerini göstermektedir. Şekil-8'e göre Flibe , LiF ve LiH 40 cm. moderatör kalınlık değerinden sonra 1.2 civarlarında asimtotik kalmaktadır. Li ise daha fazla kalınlık değeri istemektedir. 100 cm. de 1.55 lik bir değere ulaşmıştır. Ancak doyum noktası henüz elde edilmemiştir. Bu değerler tüketilenden çok trityum üretilebileceğini göstermektedir. Bu ise bir reaktör için geleceğin füzyon reaktörlerine kaynak teşkil etmesi bakımından çok caziptir. Moderatörlerin trityum üretim performansı literatür değerleriyle uyum göstermektedir (12,13).



DR: Moderatör kalınlığı (cm)

Şekil-8: Her füzyon nötronu için ^{238}U 'nun ürettiği ^{239}Pu değerinin moderatör kalınlığına göre değişimi.

Şekil-9: Her füzyon nötronu için moderatör içerisindeki lityumun ürettiği trityum değerinin moderatör kalınlığına göre değişimi.

^{239}Pu üretimi bakımından trityum üreten Li, Flibe , LiF ve LiH ilave olarak H_2O ' da moderatörsüz hale göre kötü bir performans göstermiştir. Bunun sebebi nötronların tabii uranyum bölgesine gelmeden lityum tarafından absorbe edilmesidir. Diğer moderatörler değişik kalınlıklarda bir maksimum değer vermiştir. En iyi performansı ise Be ve BeF_2 göstermiştir. Genellikle 60 cm. den büyük değerlerde bir düşüş gözlenmektedir.

4.SONUÇLAR

Literatürde çalışılan blanket yapısının kullanılmasıyla değişik moderatör malzemelerinin performansı (D,T) füzyon nötronları için test edilmiştir. Dedektör olarak %54.5 hava ile homojonize edilmiş oranında tabii uranyum kullanılmıştır. Bu

şekildeki bir yaklaşım füzyon ve fisyon reaktörlerinin birleştirilmiş versiyonu olan Hybrid Reaktörlerinin yapısına uygundur. Dolayısıyla bu çalışmada kullanılan model yakıt değiştirilerek bir reaktör olarak kullanılabilir. Moderatörün füzyon nötronlarını yavaşlatması ve (n,2n) reaksiyonlarıyla çoğaltması sonucu şu nötronik sonuçlar elde edilmiştir.

i) H_2O , D_2O , C nötronlar ile iyi bir çarpışma performansı sergilemiştir. Pb, Be ve BeF_2 ise çok iyi nötron çoğaltıcılarıdır..Bu değerler Pb, Be ve BeF_2 için sırasıyla 20 cm' de 1.607 , 8 cm' de 1.375 ve 9 cm de 1.082 gibi maksimum noktalara erişmektedir. Nötron çoğaltması yeni yakıt üretimi ve enerji üretimini artırma bakımından istenen bir durumdur.

ii) Tabii uranyum moderatör bölgesinden gelen moderize olmuş nötronları yutarak yüksek derecede enerji artışı meydana getirmiştir. Enerji artışları belirli moderatör kalınlık değerlerinde maksimum değerlere ulaşmaktadır. Bu artış füzyon enerjisinin H_2O için 4 cm. de 4.659, D_2O için 60 cm de 6.549, C için 40 cm de 3.544, Be için 30 cm de 7.227, B için 30 cm de 4.633 ve BeF_2 için 60 cm de 5.9 katı kadardır. Bu değerler Ref. (10,11)' deki değerlerden daha iyidir.

iii) Enerji artışında olduğu gibi ^{239}Pu üretimi de maksimum noktalara sahiptir. Yalnızca liyum içeren moderatörler iyi bir performansa sahip değildir. Trityum üretimi açısından 40 cm.lik moderatör kalınlığı kafi gelmektedir. Bu kalınlıkta her füzyon nötronu için 1.2 tane trityum üretilebilir. Bu değer füzyon reaktörünün kendi kendini beslemesi için kafi bir değerdir.

iv) Genel olarak gerek enerji artışı ve gerekse yeni yakıt üretimi açısından 40 cm üzerindeki moderatör kalınlığı faydalı bulunmamıştır. Aynı zamanda fazla kalınlık reaktör geometrisini büyüteceğinden istenmez.

REFERANSLAR

1. Şahin,S. "Nükleer Enerjide Yeni Dönem" İnsan ve Kainat Dergisi, Şubat 1992.
2. Itoh,S.I., Fukuyama,A. at al. "Steady-state operation regime of tokamak reactor plasma : consistency analysis" Fusion Technol. Vol.16, 343, 1989.
3. Şahin,S., Yapıcı, H., "Investigation of the neutronic potential of moderated and fast (D,T) hybrid blankets for rejuvenation of Candu spent fuel" Fusion Technol. Vol.16, 331 1989.
4. Engle,W.W.Jr., "Anisn, A One-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering," K-1693, Oak Ridge National Laboratory, 1970.
5. Al-Kusayer,T.A., Şahin,S. and Drira,A., "Claw-IV, Coupled 30 Neutrons, 12 Gamma-Ray Group Cross Sections with Retrieval Programs for Radiation Transport Calculations," RSIC Newsletter, p.4. Radiation shielding Information Center, May. 1988.

6. Barrett,R.J. and MacFarlane,R.E., "Claw, Coupled 30 Neutrons, 12 Gamma-Ray Group Cross Sections for Neutron Transport Calculations," LA-7808-MS, Los Alamos Scientific Laboratory, Apr. 1979.
7. Şahin,S., "Comparison of Diffusion and Transport Theory for Fast Reactor Shielding Calculations," Atomkernenergie, 22, 24, 1973.
8. David,R., Lide "Handbook of Chemistry and Physics" , 71. 1990-1991.
9. Şahin,S., Yapıcı,H. and Ünalın,S., "Erdemli, A Computer Program to Process Anisn Output Data," Gazi University, 1991.
10. Şahin,S., Yapıcı,H., Baltacıoğlu,E., "Rejuvenation of LWR spent fuel in a catalyzed fusion hybrid blanket" Kerntechnik , Vol.59, No 6 , 331, 1994.
11. Şahin,S., Baltacıoğlu,E., Yapıcı,H., "Potential of A catalyzed fusion-driven hybrid reactor for the regeneration of Candu spent fuel" Fusion Technol. Vol.16 ,331, 1989.
12. Şahin,S., Moir,R.W., Ünalın,S., "Neutronic investigation of A power plant using peaceful nuclear explosives" Fusion Technol. Vol.26, 388, 1994.
13. Şahin,S., Moir,R.W., Ünalın,S., "Neutronic investigation of inertial fusion energy blankets for Hylife-II and Magnetohydrodynamic applications" Fusion Technol. Vol.25, 388, 1994.



YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleri ile ilgili başka bir 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 Macintosh veya Macintosh uyumlu bilgisayarla yazılmış, biri orijinal ikisi fotokopisi olmak üzere üç nüsha olarak gönderilmelidir.

Makalelerin incelenmesi 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 1,5 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1,5 satır bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları ünvan 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 birlikte en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınlatılmış 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 sayfa altına * işaretini takip edecek şekilde dipnotu olarak yazılmalıdır.

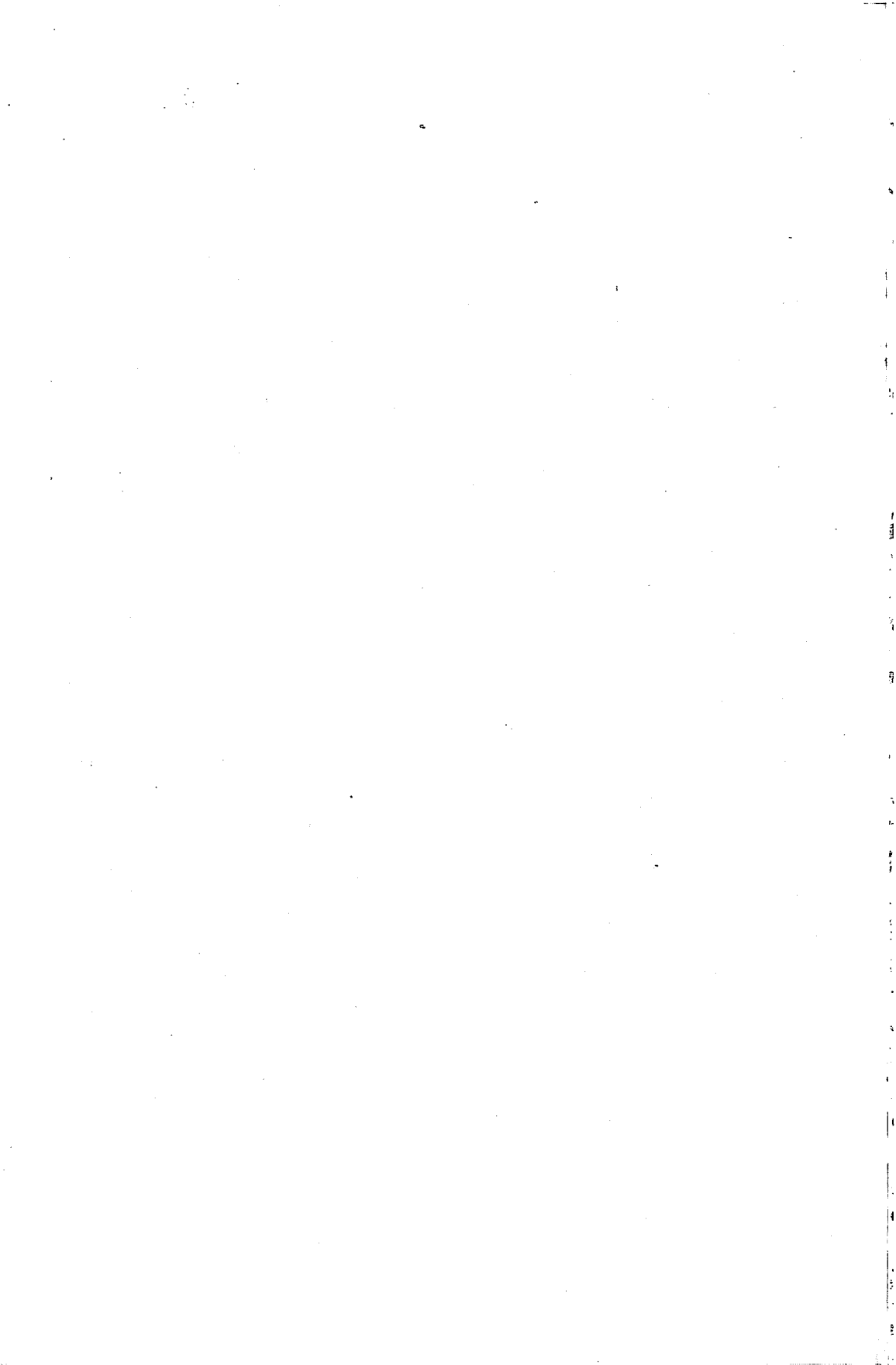
Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1., 1.2.,..... v.b. numaralandırılıp alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime başharfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),.... v.b. numaralandırılmalı ve numaralar sayfanın en sağına yerleştirilmelidir. Daktiloda bulunmayan işaretler, siyah 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 10 satır olmalıdır. Özeten 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. Numaralandırılma metinde verilmiş sıraya 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 başharfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde yılın 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.

Makalesi yayınlanan yazarlara bir adet dergi, 10 adet ayrı baskı gönderilir, ancak telif hakkı ödenmez. Dergiye gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlanma yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Yayınlanması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı-ADANA
Tel : (322) 338 63 57 Fax: (322) 338 61 26



Yatırım Teşvikleri, Ana İlkeler, Sektörel Dağılımlar ve Tekstil Endüstrisinde Durum <i>Investment Encouragements, Basic Rules, Decompositions in Sectors and the State of the Textile Industry</i> Erdem KOÇ, R.Tuğrul OĞULATA	223
Türk Tekstil Endüstrisinde Yatırımların Yönü ve Yaratılan İstihdam <i>Investment Trends in the Turkish Textile Industry and the Employments Created</i> R.Tuğrul OĞULATA, Erdem KOÇ	239
Çukurova Bölgesinde Güneş Pili ile Elektrik Üretiminin Denenmesi <i>Testing Photovoltaic Electricity Production in Çukurova Region</i> Orhan BÜYÜKALACA, Mustafa KARAÇORLU	255
Okyanusların Jeomorfolojisi ve Tektoniği <i>Geomorphology and Tectonics of the Oceans</i> Selim ÖZALP, M.Gürhan YALÇIN	269
Yozgat-Sorgun-Küçükköhne Linyitlerinde Fizibilite Etüdü ve Kârlılığın Belirlenmesi <i>The Feasibility Project and Economical Analysis of Yozgat-Sorgun- Küçükköhne Lignite Deposit</i> Hüseyin VAPUR, Mesut ANIL	289
Yeraltı Metal Maden İşletmelerinde Optimum Mekanizasyon Derecesinin Belirlenmesi <i>The Determining of Optimum Mechanisation Degree in Underground Metallic Mining</i> M.Suat DELİBALTA	303
Adana İçmesularında Flor Konsantrasyonlarının İncelenmesi <i>Investigation of Fluoride Concentration in Adana Drinking Waters</i> Ahmet YÜCEER, Turan YILMAZ	315
Barış Amaçlı Patlamaların Gerçekleştirildiği Bir Reaktör Tesisinde Nükleer Silahlarının Elektrik Enerjisine Dönüştürülmesi <i>Conversion to Electrical Energy of Nuclear Weapons Using Peaceful Nuclear Explosive Reactors</i> Sebahattin ÜNALAN, Veysel ÖZCEYHAN, İlyas ÇÜRÜTTÜ	323
Çeşitli Moderatör Malzemelerinin (D,T) Füzyon Nötronları Karşısında Nötronik Performansı <i>Investigation of Neutronic Performance of Moderatör Materials for (D,T) Fusion Neutrons</i> Sebahattin ÜNALAN, İlyas ÇÜRÜTTÜ, Veysel ÖZCEYHAN	337

Yapı Maliyetinin Hesabı İçin Bir Bilgisayar Programı <i>A Computer Program to Calculate Cost of a Construction</i> M.Emin ÖCAL, Halil DURUK	89
Teknoloji ve Yeni Mekansal Organizasyonları <i>Technology and It's New Spatial Organizations</i> Levin ÖZGEN	105
Yaşam Çevrelerinde Kentsel Kimliğin Sağlanması <i>Provision of Urban Identity in Living Environments</i> Tamer GÖK, Onur KARAGENÇ	129
Isı Kazancı Olarak Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonunun Hesaplanması <i>Calculation of Total Solar Radiation Transmitted Through Window as Heat Gain</i> Tuncay YILMAZ, Hüsamettin BULUT, Muammer ÖZGÖREN	133
Buğdayın Düşey Borularda Pnömatik Taşınması İçin Tasarım İlkeleri <i>Desing Principles for the Pneumatic Transportation of the Weat in Vertical Pipe</i> Tuncay YILMAZ, Vebil YILDIRIM, Beşir ŞAHİN	147
Turbomakinalarda Bir İç Akış Modelleme Yönteminin Analizi <i>Analysis of a Method for Modelling of Through Flows in Turbomachines</i> Saim KOÇAK, H.Ali HAMARAT	163
Bilgisayar Yardımıyla Otomatik Kesici ve Tutucu Seçimi <i>Computer Aided Automated Cutting Tool and Tool Holder Selection</i> M.Cengiz KAYACAN, İ.Hüseyin FİLİZ	177
Computer Aided Aggregate Scheduling of Machining and Assembly Systems by Using Directed Graphs <i>Bilgisayar Yardımı ile İmalat ve Montaj Sistemlerinde Küme Çizelgelemesinin Yönlendirilmiş Grafiplerle Çözümü</i> A.İhsan SÖNMEZ, Adil BAYKASOĞLU	187
The Effect of Manipulator Dynamics on Force Control Parameters <i>Manipülator Dinamiğinin Kuvvet Kontrol Parametrelerine Etkisi</i> İbrahim UZMAY, Hürvet SARIKAYA	199
Tekstilde İplik Üretim Teknolojisindeki Gelişmeler ve Otomasyon <i>Developments of the Yarn Production Technology in Textile and Automation</i> Osman BABAARSLAN	211