

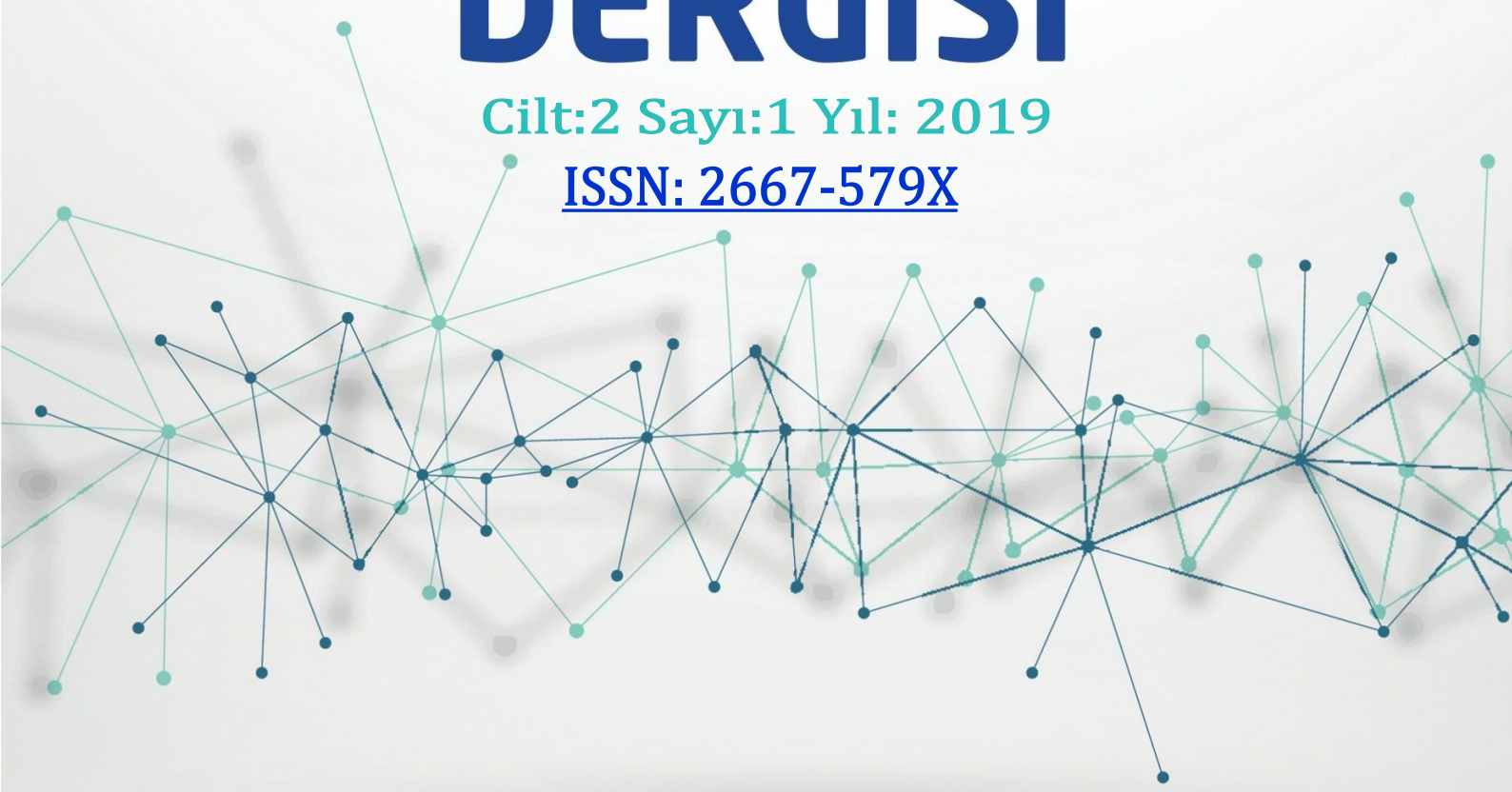


**BAYBURT
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Cilt:2 Sayı:1 Yıl: 2019

ISSN: 2667-579X





Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Cilt 2, Sayı 1

28.06.2019



dergipark.gov.tr/bufbd

BAYBURT ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Dergisi

Cilt 2, Sayı 1, Yıl 2019

İletişim:

Tel : 0 (458) 333 20 33

Fax : 0 (458) 333 20 40

eposta : bufbd@bayburt.edu.tr

Adres : Baberti Külliyesi Tuzcuzade Mahallesi Demirözü Yolu 5.Km. Eğitim Fakültesi
Zemin Kat No:Z 21/22 69000/Bayburt

Baskı: Bayburt Üniversitesi



Dergi Hakkında

Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri dergisi 2018 yılında yayın hayatına başlamış olup yılda iki kez yayınlanmaktadır. Dergi, özgün bilimsel araştırmalar ile uygulama çalışmalarına yer veren bir dergidir. Dergide, Fen ve Mühendislik Bilimlerinde yapılmış deneysel ve teorik ilerlemeleri konu alan analitik ve nümerik çözümleri içeren araştırma makalesi türündeki çalışmalara yer verilir.

Dergi, makaleleri sadece TÜBİTAK-Ulakbim tarafından sağlanan Dergipark çevrimiçi (online) sistemi yoluyla kabul etmektedir. E-mail ile gönderilen makaleler kabul edilmemektedir. Çevrimiçi sistem üzerinden yayınlarını sunan yazarlar, yine aynı sistem üzerinden yayın sürecini takip edebilmektedir. Kurallara uygun olarak sunulan bir makale, öncelikle Baş Editör tarafından ön incelemeden geçirilmekte, daha sonra ilgili alan editörü tarafından yönlendirilen bağımsız hakemler tarafından değerlendirilmektedir.

Dergiye gönderilen materyallerin tamamı veya herhangi bir bölümü; başka bir dergi, konferans vb. gibi yerlerde daha önce yayınlanmamış veya yayına kabul edilmemiş veya incelenmek üzere sunulmamış orijinal araştırmaları içermelidir. Makaleler; Türkçe veya İngilizce kabul edilmektedir. Eğer, gönderilecek makale Türkçe ise; başlık, özet ve anahtar kelimelerin İngilizcesi mutlaka olmalıdır. Derginin ortalama yayın inceleme hızı, her bir makale için 60 gündür.

Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, tamamen açık erişim makaleleri yayınlamaktadır, bu da tüm makalelere internette yayımlandıktan hemen sonra tüm kullanıcılar tarafından ulaşılabilmesi anlamına gelmektedir. Dergimize gönderilen makaleler için herhangi bir başvuru ve işlem ücreti talep edilmemektedir.

Telif Hakkı

Dergiye sunulan yazılar daha önce yayımlanmamış, başka yerde sunulmamış olmalıdır. Yazıların dergiye sunulması ile birlikte yazarlar, yazının telif haklarını yayımcıya devrettiklerini kabul ederler. Her türlü ticari amaç ve doküman dağıtım şekline toplu çoğaltma işlemleri için yayımcının izninin alınması ve yayımcıya ödeme yapılması gerekmektedir.



Sahibi

Prof. Dr. Selçuk COŞKUN
Bayburt Üniversitesi, Rektör

Yöneticisi

Prof. Dr. Metin UÇURUM
Bayburt Üniversitesi

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Ömer CAN
Bayburt Üniversitesi

Alan Editörleri

Prof. Dr. Metin UÇURUM
Bayburt Üniversitesi

Doç. Dr. Ümmügülüm ERDOĞAN
Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ
Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Selahattin KOŞUNALP
Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇOLAK
Bayburt Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet ÇINAR
Bayburt Üniversitesi

Doç. Dr. Enes DERTLİ
Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim CENGİZ
Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim H. KARAKAŞ
Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hamid YILMAZ
Bayburt Üniversitesi

Teknik Editörler (Yayın Editörleri / Dizgi)

Arş. Gör. Bilal TAYFUR *Bayburt Üniversitesi*

Arş. Gör. Emin USLU *Bayburt Üniversitesi*



İÇİNDEKİLER

Türkiye İnşaat Endüstrisinde Risk Tabanlı Alt Yüklenici Seçiminde TOPSIS Metodolojisi ve Değerlendirmesi (Araştırma Makalesi)

Orhan ERDOĞAN, Yağmur TOPRAKLI 1

Gain Increase of Horn Antenna with Waveguide Feeding Network by using 3D Printing Technology (Araştırma Makalesi)

Abdullah GENC 17

Tarhun ve Kişniş Tohumunun Uçucu Yağ Bileşenleri (Araştırma Makalesi)

Özlem YILMAZ, Güzin KABAN, Mükerrerem KAYA 26

MOORA Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Ceza İnfaz Kurumu için Yer Seçimi: Sivas İli Örneği (Araştırma Makalesi)

Ahmet Eren KAŞAK, Mürsel ERDAL 34

Solar Tracker Tek Eksenli Güneş Takip Sistemi Rüzgâr Kuvveti Dayanımının Analitik Çözümleri (Araştırma Makalesi)

Fatih YÜRÜK, Nihat GEMALMAYAN 43

İbadet Mekânlarında Mevcut Akustik Durum Analizleri: Rize Büyük Gülbahar Camii Örneği (Araştırma Makalesi)

Barış İLBAN, Mustafa KAVRAZ 56

Erzurum Ekolojik Koşullarında Bazı Yağlık Ayçiçeği Genotiplerinin Verim ve Önemli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi (Araştırma Makalesi)

Fırat SEFAOĞLU 63

Çift Düzlemsel Yenilme Mekanizmalarının Limit Denge ve Sayısal Analiz Yöntemleri Kullanılarak Karşılaştırılması (Araştırma Makalesi)

Yalın Umur DOĞAN, Nihat Sinan IŞIK 69



Ankrajlı İksalarda Analiz Sonuçlarının Saha Deneyleri ile Karşılaştırılması (Araştırma Makalesi)	
Uğur VURAL, Nihat Sinan IŞIK	83
<hr/>	
Sensör Füzyonu Algoritmaları ile Açısal Konum Referans Sistemi Tasarımı (Araştırma Makalesi)	
Oben ÖZKAN, Aydın YEŞİLDİREK	93
<hr/>	
Stability Analysis of Principal Parametric Resonance of Viscoelastic Pipes by Using Multiple Time Scales (Araştırma Makalesi)	
Ruşen SINIR, Berra Gültekin SINIR	104
<hr/>	
Leptin Hormonun Bazı Fizyolojik Sistemler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi (Derleme Makalesi)	
Tahsin UZUN, Bülent BAYRAKTAR	113
<hr/>	
Bayburt'ta Organik Tarımın Geleceği (Derleme Makalesi)	
Hakan KARA, Volkan GÜL	119
<hr/>	
Organik Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Türkiye'de Üretim Miktarı ve Değerlendirilmesi (Derleme Makalesi)	
Ayşegül YAVUZ, Ümmügülsüm ERDOĞAN	124
<hr/>	
Organik Tarım Ürünleri Konusunda Yapılmış Pazarlama Çalışmalarından Örnekler (Derleme Makalesi)	
Döndü ÇINAR, Bora GÖKTAŞ	131
<hr/>	
Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları (Derleme Makalesi)	
Özlem GÖKTAŞ, Betül GIDIK	145
<hr/>	
Elektrik Kaynaklı Yanma ve Yangın (Derleme Makalesi)	
Betül KAYA, Yunus KAYA	152



Türkiye İnşaat Endüstrisinde Risk Tabanlı Alt Yüklenici Seçiminde TOPSIS Metodolojisi ve Değerlendirmesi

Orhan ERDOĞAN*, Yağmur TOPRAKLI

Gazi Üniversitesi, Mimarlık, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

TOPSIS,
Alt Yüklenici,
Risk,
Risk Analizi,
İnşaat

Özet

Günümüz inşaat endüstrisinde faaliyet gösteren firmaların hayatlarını sürdürebilmeleri için, diğer piyasa aktörleri ile rekabet edebilmeleri gerekmektedir. Çalışmamızdaki ana hedef, firmaların piyasa koşullarında oluşabilecek risklerini öncelikli olarak tespit etmek, sonrasında bu riskleri minimize edip uygun ve verimli çalışma alanları oluşturmaktır. Yapılan çalışmada, inşaat endüstrisi içerisinde en etkin olan şantiye inşaat faaliyetleri incelenerek risk faktörleri tespiti yapılmıştır. Belirlenen risk faktörleri içerisinde de inşaat imalat sürecini doğrudan etkileyen alt yüklenici (taşeron) seçimi üzerinde çalışılmıştır. Alt yüklenici firma kullanımına en fazla ihtiyaç duyulan sektörlerden birisi de inşaat sektörüdür. Bu amaçla Ankara ilinde faaliyet gösteren bir inşaat ve proje şirketinin anahtar teslim resmi kurum binası yapım işi için taşeron firma seçim problemi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, uzman kişilerle sahada yapılan anket ve değerlendirme sonrası elde edilen veriler, sayısal kriterlere dönüştürülerek, alt yüklenici (taşeron) seçim aşamasında TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) metodolojisi kullanılarak, sonrasında elde edilen verilerle en ideal alt yüklenici seçimi yapılmıştır. Yaptığımız çalışma sonrası gözlemlenen, taşeron seçiminde her zaman sadece fiyat endeksli çalışmaların en uygun ve en ideal çözümü vermediğidir. Taşeron seçiminde, teklif fiyat oluşumu dışında diğer yan kriterlerinde titizlikle değerlendirilmesinin önemli olduğu tespit edilmiştir.

Topsis Methodology for Turkish Construction Industry and Risk-Based Subcontractors Selection Assessment

Keywords:

TOPSIS,
Subcontractor,
Risk,
Risk Analysis,
Construction

Abstract

Companies operating in today's construction industry should be able to compete with other market actors in order to maintain their lives. In our study, the main objective is to create appropriate and efficient working areas by minimizing the risks that may arise in market competitive conditions. In this context, site construction activities were examined in the construction industry and risk factors were determined. A study was carried out on the selection risk of sub-contractor, which is among the risk factors identified and directly affects the construction manufacturing process. One of the sectors most needed for the use of sub-contractor firms is the construction sector. For this purpose, the subcontractor company selection problem has been addressed for the construction work of a construction and project company operating in Ankara. In the solution of the sub-contractor selection problem, numerical criteria obtained after the survey with the experts were discussed and the technique for order preference by similarity to an ideal solution technique was used in the sub-contractor (partner) selection phase and the best sub-contractor selection was made with the data obtained afterwards. Observed after our work, in the selection of subcontractors is not always the most appropriate and ideal solution for the studies only with price index. In the sub-contractor selection, it has been determined that it is important to carefully evaluate the other side criteria apart from the proposal price formation.

1. GİRİŞ

Günümüzde inşaat ve yapı sektöründe gelişen teknolojilerle birlikte uzmanlık gerektiren işlemlerin artması, firmaları güç birliğine zorlamıştır. Yüksek bütçeli ihalelerde konsorsiyumların oluşması bu güç birliğinin sonucudur. Böylece firmalar güçleri ve uzmanlık alanları boyutunda işleri paylaşmaktadır. Konsorsiyum kurulamayan projelerde ise alt yüklenici uygulamaları firmaların işlerinin çözümüne katkı sağlamaktadır. Gelişen ve farklı mimari boyutlara dönüşen inşaat endüstrisi içerisinde alanlarında uzmanlaşmış alt yüklenici (taşeron) firmalar, imalât süreçlerindeki bu çok farklı uzmanlık isteyen dallarda ileri teknolojiler ve tekniklerde kullanarak oluşan karmaşık taleplere, uzmanlık seviyeleri boyutunda partner olarak katkı sunmakta, sorunlara çözüm bulmaktadır (Akıntan ve Morledge, 2013).

Tüm bu süreçlerin yanında birde firmaları etkileyen finansal faktörler vardır. Finansal etki nedeniyle ve sırt bu etkiyi minimize etmek adına alt yüklenici kullanan firmalar bulunmaktadır. Dolayısıyla, alt yüklenicilerin belirlenmesindeki süreçler kurumsal olmayan veya tek karar vericiler tarafından yönetilen firmalarda gözlemlenen yöntemler (kişi veya firmalara doğrudan verme) haricinde aslında çok basite indirgenemeyecek boyutta olan önemli bir süreçtir. Bu süreçte, duygusal verilerden çok matematiksel verilerle sonuca gitmek her zaman şirketlere zaman ve kar sağlamıştır.

Yapılan çalışmada odaklanılan ana hedef, sayısal olan veya olmayan kriterlerin aynı anda kullanılması ile ortaya çıkan çok seçenekli karar verme süreçleri içerisinde en uygun olan alternatifin seçilmesidir. Çalışma kapsamında karar verme süreçleri ile ilgili alt yüklenici karar kriterleri oluşturulmuş, elde edilen kriterler değerlendirilmiş ve sonrasında TOPSIS metodolojisi uygulanarak ana yüklenici firma için en uygun ve en ideal alt yüklenici seçimi yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1. Literatür Araştırması

Tez çalışması kapsamında birçok ulusal ve uluslararası literatürler incelenmiş, okumalar yapılmıştır. Yapılmış olan literatür taraması içerisinde, incelemesi yapılan konular ve çalışmaları yapan araştırmacıların bazıları aşağıda ana içerikleri ile sunulmuştur.

Tao, Z. Feng, W. [1]. Tedarik zinciri risk yönetimi içerisinde, tedarikçi seçimi, doğru tedarikçinin doğru zamanda, doğru miktarlarda, doğru kalitede bulma süreç çalışmasında TOPSIS uygulaması yapılmıştır.

Kabak, M. Sağlam, F. Aktaş, A. [2]. Farklı uzaklık hesaplama yaklaşımlarının TOPSIS üzerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi üzerine yapılmış bir çalışma. Bu çalışmada, pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak karar alternatifini belirlemeye çalışan bir ÇKKV (çok kriterli karar verme) yaklaşımı olan TOPSIS yöntemi ile çözümü ele alınmıştır.

Birgönül, T.M. Dikmen, İ. [3]. İnşaat sektöründe olası risk yönetimi, risk ve risk analiz yönetim sistemleri üzerinde yapılmış bir çalışma.

Sabuncuoğlu, O.A. Görener, A. [4]. İnşaat projesinde istenilen özellikte alt yüklenici seçiminde kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Bulanık İdeal Çözüme Dayalı Sıralama (TOPSIS) metodlarını içeren çalışma uygulaması.

Soba, M. Şimsek, A. Bayhan, M. [5]. Bir alışveriş merkezi inşaatı ile ilgili yer tespitinde (yatırım maliyetleri, müşteri potansiyeli, rakip durumu, sahanın fiziksel şartları... gibi) değerlendirmelerin bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak ideal yer tespit çalışması.

Aydın, H. Okul, B. Ayvaz, B. Kuşakçı, A.O. Kaçtı oğlu, S. [6]. İnşaat sektörü içerisinde imalat sürecindeki risklerle alakalı alt yüklenici seçiminde uygulanan seçim kriter değerlendirmeleri ve bu kriterler içerisinde TOPSIS ve VIKOR sistemlerinin kullanımına dönük yapılan çalışma.

Kabak, M. Uyar, Ö.O. [7]. Ulaştırma sektöründe faaliyet gösteren lojistik firmasında ağır ticari araç seçim problemi ile ilgili çok ölçütlü analitik ağ süreci (ASS) ile belirlenmiş araçların, PROMETHEE ile sıralaması yapılmış çalışma.

Çetin, İ. E. Akil, Y. Güler, I. A. [8]. İnşaat projelerinde yatırım kararları gibi işletmelerin hayati kararları sürecinde bulanık analitik hiyerarşi süreci ile karar verme üzerine yapılan bir çalışma. Bu çalışmada, Antalya merkezli bir inşaat firmasının konut çalışması öncesinde arsa yer seçimi probleminin bulanık analitik hiyerarşi

süreci ile çözümü hedeflenmiştir.

Boran, F. E. Genç, S. Kurt, M. Akay. D., [9].TOPSIS yöntemi ile etkin tedarikçi zinciri oluşturulması ile ilgili sezgisel bulanık kümeyle birleştirilmiş, TOPSIS yöntemi kullanımı ile tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışma. Özdemir, M. [10].TOPSIS, operasyonel, yönetsel ve stratejik problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemi (TOPSIS) ile çalışmanın içeriğinde, TOPSIS çok kriterli karar verme sürecinin yöntemlerinin ve örnekleme anlatıldığı çalışma... TOPSIS çok kriterli karar verme süreç içerisinde elde edilen kriterlerin değerlendirilmesi.

Yurdakul, M.İç, Y.T. [11].TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak, Türk Otomotiv Firmalarının performans ölçümü ve analizine yönelik yapılan bir çalışmayı içermektedir.

Wang, J.Y. Lee, S. H. [12].TOPSIS çözüm kriterlerdeki adımların geneli, ideal bir çözüm ve negatif ideal çözüme ulaşmak için elde edilen maksimum ve minimum değerlerin bulanık ortam süreçleri içerisinde kolayca genellenmesi üzerine yapılan araştırma.

Çiftçioğlu, B., [13]. İnşaat sektöründe AHP yöntemiyle yüklenici seçimi. Bir konut projesinde uygulamada örnek alınan ile bu çalışmada inşaat sektöründe ana yüklenicilik hizmeti veren işletmelerin üstlendikleri projelerde en uygun alt yüklenicileri seçmelerini sağlamak amacıyla, AHP yöntemi kullanılarak bir karar destek modeli geliştirmek amaçlanmıştır.

2. İNŞAAT ENDÜSTRİSİNDE RİSK VE RİSK YÖNETİMİ

2.1. Risk Tanımları

Çalışmamız da, inşaat endüstrisinin en büyük çalışma alanını oluşturan şantiye uygulamaları incelenmiştir. Bu alanda oluşabilecek riskler ele alınmıştır. Yapılan her çalışmanın başarı şansı, çalışmaya başlamadan henüz hazırlık safhasında iken karşınıza çıkabilecek olası risklerin önceden tespit edilip edilememesi ile doğru orantılıdır. Yapılan bu çalışmada öncelikli olarak saha şantiye yönetiminin en fazla karşılaşılabileceği risklere ait tespitler yapılmıştır. Sonrasında da bu risk faktörleri içerisinde en önemli ve en etkin risk faktörü bulunarak TOPSIS metodolojisi ile çözüm aranmıştır.

Risk, genel anlamda belirsizlik(olayların gerçekleşme olasılığının bilinmediği durum. krş. Risk) ifadesidir. TDK'ya göre risk ; niteliği hakkında tam bir bilgi edinilemeyen faktörlerin genel toplamıdır. Riskin önceden belirlenmesi, riskten etkilenmemenin en önemli aşamasıdır. Dolayısıyla, belirlenmiş bir risk artık genel anlamda risk olma niteliğinden çıkarak, çözülmesi gereken bir problem ve sonrasında da bu problemi çözecek bir yönetim sorunu haline dönüşmektedir.

Risk değerlendirme ve yönetim süreci; projenin kapsadığı sorunlar ile olası problemler arası dengenin sağlandığı ve doğru stratejik kararların uygulanması ile bu dengenin korunduğu olumlu getirilerin ağırlıklı olarak ortaya çıkmasını sağlayan bir yaklaşım olarak ifade edilebilmektedir(İMO Teknik Dergisi, 97,1307-1326,1996).

2.2. Risk Tespiti

Hazırlık safhasında, ana firmanın işverene teklifini sunmadan önce yapılması gerekli olan çalışmaları kapsamaktadır. Özellikle günümüz ekonomilerinde hızla değişen parametrelere bağlı olarak risk tespiti yapılmamış veya gerekli opsiyonel tedbirler alınmamış ise, sonrasında yaşanacak olası dalgalanmalardan şirketlerin vede projelerin etkilenmemesi mümkün değildir.

Olası risk faktörleri içerisinde gözlemlenen ve çalışmaları en fazla etkileyen risk faktörlerinin dağılımı (tablo-1.)aşağıda sunulmuştur.

Tablo 1. Risk faktörleri

Sıra No:	Riskler	Tanımlar
1	Finansal Riskler:	Enflasyon , döviz kurlarındaki ani yükselmeler, kredi maliyetlerinin artması,hak edişlerin zamanında ödenememesi, vergi-kanunlarındaki değişiklikler,taşeronların belirlenen sürede işi bitirememesine bağlı genel gider harcamaların artması...vb
2	Yapım İşlerinden Kaynaklanan Riskler:	Çevresel etkiler, hava şartlarına bağlı çalışılmayan günler, yönetim ve organizasyon hataları, seçilen alt yüklenicinin tecrübe eksikliğinin ve teknik yetersizliğinin bulunması, iş kazaları,İşçilerin başlattığı grev-iş durdurma, hırsızlık,...vb.
3	Tasarım Kaynaklı Riskler:	Uygulama projelerde yaşanan eksiklikler, uyumsuzluklar,...vb
4	Politik Riskler:	Hükümet politikalarının değişimi, yönetmelikler, kanunlar ve şartnamelerin idarece değiştirilmesi, bölgesel savaşlar, ambargolar, devlet ödemelerindeki değişiklikler, ödemelerin geciktirilmesi, seçimler,...vb
5	Doğal Afetler:	Sel,toprak kayması,deprem,yangın,...vb

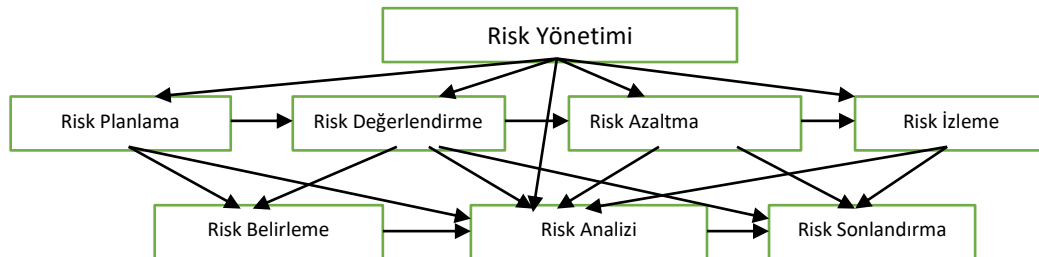
2.3. Risk Yönetimi:

Risk değerlendirme ve yönetimi; genel anlamda bir projede oluşması olası risk faktörlerinin önceden öngörülerek tanımlanmasını, çalışma üzerindeki olumlu veya olumsuz etkilerinin önceden saptanmasını, oluşabilecek belirsizliklerin etkilerini de göz önünde bulundurarak, gerekli düzenlemeleri yapmak, yapılan bu düzenlemeler sonrasında oluşabilecek risklerin gerçekleşmesi durumunda da alınabilecek önlemlerin önceden belirlenmesini ve planlamasını yaparak oluşabilecek tüm gerekli önlem ve yöntemi kapsayan yöntem ve uygulama tekniğidir (İMO Teknik Dergisi, 97,1307-1326,1996).

Proje uygulayıcılarının genel olarak üstlendikleri çalışmalarda olası risklerin etkilerini önceden tahmin edememeleri veya önemsememeleri sonrasında yaşanan süreçler her zaman projeleri uygulanamaz hale getirmiştir. Her uygulayıcı, çalışma yapacağı işin maliyet hesaplamasını yaptığı gibi olası risk faktörlerine hesaplamak durumundadır. Aksi durumda olası risklerden birinin bile gerçekleşmesi durumunda yönetici ve uygulayıcılarla birlikte projecinde zor durumda kalması kaçınılmazdır.

Dolayısıyla, her çalışmanın ilk ayağında tasarım ve maliyet hesaplamaları içerisinde kurgulanmış ve projenin tüm süreçlerinde düzenli olarak güncelleştirilmiş ve takip edilmiş bir risk yönetim süreci, tüm çalışma hayatında yöneticilerin başarılarına olumlu katkı sağlayan bir yönetim tekniğidir.

Yönetilebilir risk karar aşamaları, genel anlamda (tablo-2) aşağıdaki ifade edildiği gibidir. Riskler arası geçişler çok sıklıkla olabildiği gibi çözümleri de birbirleri ile doğru orantılıdır.

Tablo 2. Risk Yönetim İle İlgili Karar Aşamaları

Çalışmamız da; yönetilebilir risk faktörleri arasında bulunan ve yapım işlerinden kaynaklı riskleri oluşturan alt yüklenici risk problemi incelenerek, karar verme süreçleri içerisinde olası riskleri önleme, risk yönetme kapsamında TOPSIS metodolojisi kullanılarak, alt yüklenici risk faktörünün yönetilebilir sorununa çözüm aranmıştır.

3. İNŞAAT ENDÜSTRİSİNDE ALT YÜKLENİCİ TANIM VE KRİTERLERİ

3.1. Alt Yüklenici ve Tanımı

Alt yüklenici, işveren ile imzalanan sözleşmenin tarafı olan asıl yüklenici ile yaptığı anlaşma kapsamında işin bir kısmını gerçekleştiren kişi olarak tanımlanabilir. Nitekim'' Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliği''nin ekinde yer alan 'Yapım İşleri Genel Şartnamesinin' 4 üncü maddesinde de alt yüklenici, "sözleşme konusu işin nev'i itibariyle bir kısmını yüklenici ile yaptığı sözleşmeye dayalı olarak gerçekleştiren gerçek veya tüzel kişi" şeklinde tanımlanmıştır. TDK'da ise; alt yüklenici tanımına yer verilmediği, bunun yerine günlük kullanımda sıklıkla yer verilen "taşeron" kelimesinin kullanıldığı görülmektedir.

TDK'ya göre taşeron; "Büyük bir işin bir bölümünü yaptırmayı, asıl müteahhitten kendi üzerine alan ikinci müteahhit" olarak tanımlanmaktadır. Alt yüklenici tanımı bazı araştırmacılara göre de (Mbachu,2008), 'bir projede sözleşmenin bir parçası olarak belirtilen görevleri ifa etmek için ana yüklenici tarafından parayla tutulan uzman kişi' olarak ifade edilmektedir.

3.1.1. Alt Yüklenici Özellikleri Nelerdir

Alt yükleniciler, yaptıkları iş, mevcut takım ve personel kapsamında farklı özelliklere sahiptirler. Özellikle alt yüklenicilik faaliyeti, yapılan işlerin uzmanlık derecesine göre çeşitli sınıflandırmalar altında incelenmektedir. Genel anlamda alt yükleniciler 4 ana başlık altında uzmanlaştığı görülmektedir. Bunlar;

- Hafriyat ve alt yapı (kazı) işleri ile ilgili alt yükleniciler;
- Kaba (demir-beton-kalıp) işlerle ilgili alt yükleniciler;
- Teknik uzmanlık isteyen (mekanik-elektromekanik- elektrik -elektronik, vb) işlerle ilgili alt yükleniciler;
- Sanatsal uzmanlık isteyen (el becerisi sıva-seramik-kaplama, vb) işlerle ilgili alt yükleniciler;

3.2. Alt Yüklenici Uygulaması

3.2.1. Uygulama Avantajları

İnşaat endüstrisinin bu denli karmaşık ve karışık bir yapısı olması nedeniyle, oluşan süreçleri doğru ve düzgün, zamanında ve karlılık içerisinde sürdürülebilir kılınmasının en büyük etkenlerinden birisi de alt yüklenicilerdir. Ana yüklenici firmaların, alt yüklenici kullanımındaki kazanımları arasında;

- Farklı coğrafi bölgelerde iş yapabilme olanağı sağlar.
- Yönetimde kolaylık sağlar.
- Talepteki düzensizliğe karşı bir önlemdir.
- Ekonomiklik sağlar.
- Farklı yapı sistemleri ve teknolojilerinin kullanılmasına olanak sağlar.
- Ana yüklenici için esneklik sağlar.
- Çalışmalarda verimlilik artırır.
- Ürünün kalitesini artırır.
- İmalatlarla ilgili servis ve ekipman bakım süreci sağlar.
- İşin maliyet kontrolünü sağlar.
- İşin süresini kısaltır.
- Personel maliyetini düşürür.
- İmalât risklerini azaltır.
- Ekipman masraf ve giderlerini azaltır.
- Çalışma sürecinde oluşabilecek olası dış riskleri paylaşır.

3.2.2. Uygulama Dezavantajları

Tüm bu süreç içerisinde alt yüklenici uygulaması, her zaman fayda sağlamayabilir. Kendi içerisinde olumsuzluklar da barındırır. Bazen bu olumsuzluklar işin ilerleyişini, kalitesini, maliyetini ve hatta güvenliğini bile riske atabilecek boyutlara gelebilmektedir. Alt yüklenici uygulamalarının sahada oluşturabileceği olumsuzluklar ;

- Kontrol sorunu oluşması,
- İşinde uzman olmama,
- Denetimsizlik,
- Planlama sorunu,

- İstenilen kalitede iş yapamama,
- Performans düşüklüğü,
- Koordinasyon ve güvenlik eksikliği,
- Çalışanları ile alakalı malî riskler:
- Eğitim ve uzmanlık ile ilgili yeni gelişmeleri takip etmeme,
- İş güvenliğini umursamama,
- Teknolojik yenilenmeye yatırım yapmama,
- Atıkları kontrol altına almama sonrası çevreye verilen olası hasarlar.

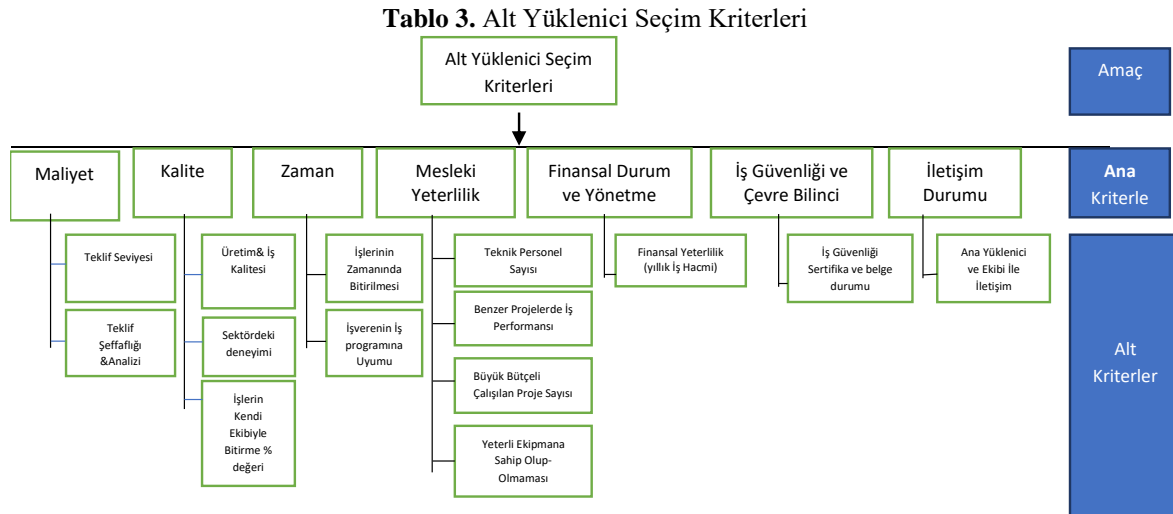
3.3. Alt Yüklenici Uygulama Seçim Kriterleri

Bütün bu olumlu ve olumsuz süreçlerin irdelenmesinden sonra, inşaat endüstrisi içerisinde alt yüklenici uygulaması önemli bir aktör olarak ortaya çıkmaktadır. Alt yüklenici kullanımının inşaat sektörüne sağladığı yararlar, olumsuzluklarına göre daha fazladır. Özellikle maliyet, nitelik, risk paylaşımı ve işin süresi açısından yüklenici firmanın kararlarına büyük esneklik getirir.

Alt yüklenicilerin doğru kriterlerle seçilmesi, proje yönetiminin genel başarısını arttıran en önemli ögedir. Ancak inşaat endüstrisinde alt yüklenicilerin belirlenme sürecinin önem ve değeri çoğu zaman önemsenmemekte veya ihmal edilebilmektedir.

Alt yüklenicilerin performansları ile alakalı genelleştirilmiş bir kriterler zinciri olmamasına rağmen, karar sürecinde genel bazı kriterlerinde göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu kriterler, benzer üretimin kalitesi, etkinliği, niteliği, uzman kişilerin istihdamı, şirketin sektörde tanınırlığı, şirkete erişilebilirliği, işlerin süresinde tamamlanması. vb kriterlerden oluşur(Arslan ve diğ.,2008).

Bu kriterlerle ilgili ‘Amaç-Ana Kriter-Alt Kriter ‘ (tablo-3.)kapsamında veriler toplanarak değerlendirme yapılır.



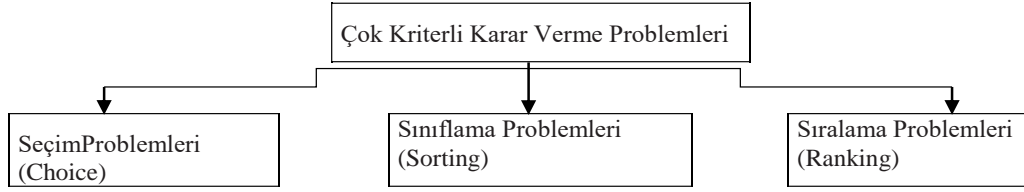
4. ALT YÜKLENİCİ SEÇİMİNDE ÇOKLU KRİTERLERLE KARAR VERME YÖNTEMLERİ

4.1. Çok Seçenekli Karar Verme Problemleri

Çoktan seçmeli veya diğer bir deyişle çok seçenekli karar verme süreci, karar verme konulu bilim içerisinde bir alt daldır. Karar verme süreçleri, genel anlamda seçeneklere göre analiz veya modelleme yapma süreçlerine dayanır. Çok kriter veya seçenekli karar verme süreçleri, genel olarak üç başlık içerisinde incelenebilir(Vassilev, M. ve diğerleri 2005) .

Bunlar (tablo-4.);

- 1-Seçim,
- 2-Sınıflama,
- 3-Sıralama problemleridir.

Tablo 4. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri

4.1.1. Seçim Problemleri

Seçim problemlerinde amaç, en iyi alternatifin belirlenmesiyada birçok alternatifin bulunduğu birileri ile kıyaslaması zor veya eşit ağırlıklara sahip bir küme içerisinde iyi bir seçim yapılmasıdır. Bir yöneticinin çok özel bir proje için seçeceği çalışan, bu tür problemlere bir örnek olarak gösterilebilir. Buradaki amaç oradaki problem için, doğru alternatifin, alternatif kümesi içerisinde seçilmesinden ibarettir(Turan, G. 2015).

4.1.2. Sınıflama Problemleri

Bu tür problemlerde alternatifler, belirli kriter veya tercihlere göre sınıflanırlar. Buradaki ana amaç, benzer özellikleri ve davranışları gösteren alternatiflerin tekrar bir araya getirilmesidir.

Örneğin, bir iş yerinde çalışanların performanslarını, güçlü, ortalama ve zayıf olarak tasnif edip, buna göre çalışanların değerlendirilmesi bir sınıflama problemidir (Turan, G. 2015).

4.1.3. Sıralama Problemleri

Sıralama problemlerinde, alternatifler iyiden kötüye doğru ölçülebilir yada tanımlanabilir bir şekilde sınıflanırlar. Bu tasnif işlemi çeşitli şekillerde çok parçalı olabilir.

Örneğin, dünyadaki üniversitelerin sıralamasında dikkate alınan kriterler bu çok parçalı yapıya örnek olarak verilebilir (Turan, G. 2015).

4.2. Çok Kriterli Karar Verme Süreçleri

Çok seçenekli veya kriterli karar verme süreçleri ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılan çok fazla sayıda teknik bulunmakla birlikte, gelişen teknoloji sayesinde bu tekniklerin uygulaması için geliştirilen bilgisayar programları problem çözmeye çalışan araştırmacılara, yöneticilere ve karar vericilere oldukça büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Geliştirilen bu karar verme teknikleri, üzerinde belirtilen problem tiplerine göre geliştirilerek, sınıflandırılmıştır. Aşağıda (tablo-5.) ifade edildiği gibi sınıflandırmalarla ilgili çalışmalarda, hangi yöntemlerin hangi problem çözümünde kullanıldığı açıklanmıştır.

Tablo 5. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri ve Teknikleri(Ishizaka,A., ve diğerleri.2013)

Seçim Problemleri	Sınıflama Problemleri	Sıralama Problemleri
AHP	AHP	AHPSport
ANP	ANP	UTADIS
MAUT/UTA	MAUT/UTA	FlowShort
MACBECTH	MACBECTH	ELECTRE III
PROMETHEE	PROMETHEE	
ELECTRE I	ELECTRE III	
TOPSIS	TOPSIS	
Hedef Programlama		

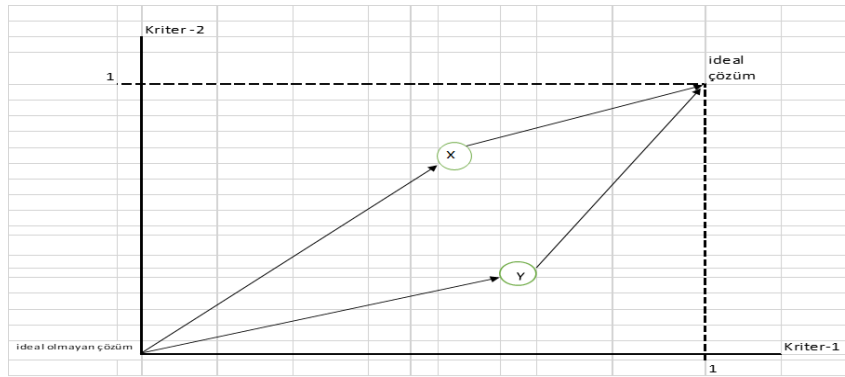
Çalışmamız içerisinde, seçim problemleri ve sınıflama problemleri kapsamında TOPSIS metodolojisi kullanılarak 'inşaat endüstrisi için risk tabanlı alt yüklenici seçim değerlendirme' yapılmıştır. TOPSIS metodolojisinin kullanılmasındaki ana amaç sonucun hızlı elde edilmesi ve anlaşılır olması, çözüme en yakın değerlerin bulunmasıdır.

4.2.1. TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Süreci

4.2.1.1. TOPSIS Uygulaması

TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) ilk olarak Hwang and Yoon (1980) tarafından geliştirilmiştir. Araştırmacıların geliştirdiği bu tekniğin en önemli özelliği, belirlenen kriterlerle oluşturulan verilerden elde edilen değerler içerisinde en iyi çözüme, en uygun olan ile olumsuz çözüme en uzak olan değerlerin seçilmesi ana amaçtır. TOPSIS yöntemi uygulamasının en önemli özelliği ; kullanıcının az sayıda girdi verisi kullanımı ve sonrasında oluşan çıktılarının son derece anlaşılır olmasıdır.

Örnek olarak (Grafik-1.) aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere, X ve Y iki farklı alternatif içerisinde X'in değeri ideal çözüme yakın olurken, negatif çözüme uzak olmasından dolayı Y değerine göre daha uygun X değeri kullanılır.



Grafik 1. TOPSIS grafiksel tanımı

TOPSIS uygulamasının ana prensibi; belirlenen kriterin değerlendirilmesi sonrasında, eldeki alternatifler arasında en uygun olanının seçilerek değerlendirilmesidir. Bu uygulaması ilk etap çalışmanın, karar matrislerinin oluşturulma aşamasıdır.

Sonrasında ise, oluşturulan karar matrislerinden hareketle, formülasyonlarla normalize edilmiş karar matrisi elde edilerek, ağırlıklandırılmış matris değerleri bulunur. Bu süreçten sonra, en uygun çözüme ve uygun olmayan negatif çözüme olan uzaklıklar hesaplanır.

Elde edilen bu değerler sonrası her bir farklı değerlerin göreceli puanları hesaplanarak, elde bulunan farklı alternatiflerin değer sıralaması yapılır.

4.2.1.2. TOPSIS Metodolojisinin Uygulama Adımları

Metodolojiye ait uygulama adımları ve kullanılan formüller aşağıda ifade edilmektedir.

4.2.1.2.1. Karar Matrisi Oluşturulması

Karar matrisleri oluşumunda, satır tabir edilen kısımlarda alternatiflere ait üstünlüklerin sıralanması ile ilgili karar noktaları, sütun tabir edilen noktalar da karar vermede kullanılan değerlendirme faktörleri bulunmaktadır.

Karar vericilerce oluşturulan (D) matrisi, çalışmanın başlangıç matrisi olarak tanımlanır (Yıldırım, F, B. Önder, E.(2015)).

Karar matrisi tablosundaki satırlarda i değerleri; $i=1,2,3,\dots,m$

Oluşturulan alternatif dediğimiz sütunlarda ise j değerleri ise; $j=1, 2,3,\dots, n$ olarak yer almaktadır.

D_{ij} Matrisi, karar vericiler tarafından düzenlenerek başlangıç matrisini oluşturur ve genel anlamda aşağıdaki gibi gösterilir.

$$D_{ij} = \begin{matrix} & \text{Faktörler} \\ \begin{matrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix} & \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} & \text{Kriterler} \end{matrix} \quad (1)$$

D_{ij} ile oluşturulan matris, (m) karar nokta sayısını, (n) değeri de oluşturulan değerlendirmelere ait faktör sayısını göstermektedir.

4.2.1.2.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisin Elde Edilmesi

Oluşturulan matrislerle alakalı, normalize edilmiş matris işleminin oluşturulmasında farklı uygulamalar mevcuttur. Genelde araştırmacılar tarafından en fazla tercih edilenler;

- 1- Doğrusal normalizasyon,
- 2- Monoton olmayan normalizasyon,
- 3- Vektör normalizasyondur.

1) Doğrusal Normalizasyon;

Ayrıca, doğrusal Normalizasyon kendi içerisinde de 3 farklı çözümsel değerler sunmaktadır.

1.1 Doğrusal Normalizasyon(a)

(2)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}, i = 1, 2, \dots, m;$$

$$j = 1, 2, \dots, n; x_j^* = \max_i(x_{ij}) \text{ (değer için en uygun durum maksimizasyonu ise)}$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^-}{x_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n;$$

$$j = 1, 2, \dots, n; x_j^- = \min_i(x_{ij}) \text{ (değer için en uygun durum maksimizasyonu ise)}$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n;$$

$$N_j = \max_i(x_{ij}) \text{ (değer için en uygun durum maksimizasyonu ise)}$$

1.2 Doğrusal Normalizasyon(b)

(3)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^* - x_j^-}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n;$$

$$x_j^* = \max_i(x_{ij}); x_j^- = \min_i(x_{ij}) \text{ (değer için en uygun durum maksimizasyonu ise)}$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^-}{x_j^* - x_j^-}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n;$$

$$x_j^* = \max_i(x_{ij}); x_j^- = \min_i(x_{ij}) \text{ (değer için en uygun durum maksimizasyonu ise)}$$

1.3 Doğrusal Normalizasyon(c)

(4)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n.$$

2.) Monoton Olmayan Normalizasyon;

(5)

$e^{-\frac{z^2}{2}}$, $z = \frac{x_{ij}^* - X_j^0}{\sigma_j}$, X_j^0 , σ_j ölçütleri ile ilgili en ideal değer ile σ_j , j ölçütüne ait en ideal değerlerin standart sapmasını içermektedir.

Çalışmalarda, durağan olmayan normalizasyon işlem süreci, elde edilen literatür bilgilerine göre çok daha az kullanıldığı tespit edilmiştir.

3.) Vektör Normalizasyon:

Çalışmalarda elde edilen verilerde göstermiştir ki; "Normalize Edilmiş Karar Matrisi" (D) matrisine ait veriler, en ideal olan aşağıda ifade edilen formüller (*Vektör Normalizasyon*) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, (i = 1, 2, m;) \text{ ve } (j = 1, 2, 0, \dots, n) \quad (6)$$

Vektörel formilizasyon ile elde edilen "Normalizasyon Matris Uygulaması" olan (R) değeri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

4.2.1.2.3. Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Elde Edilmesi

Çalışma sürecinin başlangıcında ilk hedef, değerlendirme faktörlerine ait ağırlık değerleri (w_i) belirlenmesidir. Bu değer formülü ile bulunur ;

$$(\sum_{i=1}^n w_i = 1) . \quad (8)$$

Sonrasında ise; bulunan(R) matrisine ait olan her bir sütun elemanları ile (w_i) değerleri çarpılarak oluşturulmak istenen (Y) matris değeri bulunur. Böylece elde edilen (Y) matris değeri tablosu aşağıda ifade edilmiştir.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & w_n r_{2n} \\ w_1 r_{31} & w_2 r_{33} & w_n r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_n r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \cdot & \cdot & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \cdot & \cdot & y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ y_{m1} & y_{m2} & y_{m3} & \cdot & \cdot & y_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

4.2.1.2.4. İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi

İdeal çözüm tablosunun hazırlanabilmesi için (Y) matrisine ait ağırlıklandırılmış ölçüt değerlerinin yani sütunlara ait değerlerin en büyüğü seçilir.

4.2.1.2.4.1. Pozitif İdeal Çözüm Değerleri

$$A^+ = \{(max_i y_{ij} | j \in J)\}, \{(min_i y_{ij} | j \in J')\} \quad (10)$$

Eşitlik yardımıyla hesaplanacak olan set;

$$A^+ = \{y_1^+, y_2^+, y_3^+, \cdot \cdot \cdot, y_n^+\} \text{ Şeklinde gösterilebilir. (maksimum değerler)} \quad (11)$$

4.2.1.2.4.2. Negatif İdeal Çözüm Değerleri

(Y) matrisi ile elde edilmiş ağırlıklandırılmış ölçütler, başka bir anlatımla sütun değerlerine ait verilerin en küçük değeri alınarak oluşturulur. Uygun olmayan ideal çözüm değerinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilen işlem ile sağlanmaktadır.

$$A^- = \{(min_i y_{ij} | j \in J)\}, \{(max_i y_{ij} | j \in J')\} \quad (12)$$

Eldeki veriler yardımıyla oluşturulacak olan set $A^- = \{y_1^-, y_2^-, \cdot \cdot \cdot, y_n^-\}$ Şeklinde formilizasyon şeklinde gösterilebilir. (minimum değerler)

4.2.1.2.5. İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Elde Edilmesi

TOPSIS yönteminde, belirlenenler bir alternatife ait değerlerinin pozitif uygun çözüm ve negatif uygun çözüm setine olan uzaklıklarının belirlenmesinde 'Öklidyen Uzaklık Değer Yaklaşımından' faydalanılmaktadır. Koordinat düzleminde (X) ve (Y) koordinatları ile bilinen iki nokta arasında mesafelerin bulunması ile ilgili uzaklığın hesaplanmasında;

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_{ik} - y_{jk})^2} \quad (13)$$

Formülünden faydalanılmaktadır. Formilazyondaki değerler;

$y_{ij} = i$ gözlemin j değişken değerini,

$y_j = J$ gözlemin değişken değerini,

N =değişken sayısını göstermektedir.

Formülle elde edilen alternatiflere ait uzaklık değerleri, pozitif(olumlu) uygun çözüme uzaklık (s_i^+) ve negatif (olumsuz)uygun çözüme uzaklık(s_i^-)olarak adlandırılmaktadır.

Pozitif(Olumlu) uygun çözüme uzaklık(s_i^+) değerlerinin hesaplanması ile ilgili;

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad i=1,2,3,\dots,m \quad (14)$$

Negatif (Olumsuz)İdeal çözüme(s_i^-) uzaklığın hesaplanması ile ilgili değerler eşitlikteki gibidir.

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad i=1,2,3,\dots,m \quad (15)$$

Hesaplanacak(s_i^+) ile (s_i^-) değerleri, karşılaştırılan alternatif (karar noktası) sayısı kadar olmalıdır.

4.2.1.2.6. En İdeal Çözüme Göreceli Yakınlığın Hesaplanması

Çalışmada oluşturulan her bir farklı değer için uygun çözüme göreceli yakınlığının(C_i^+) hesaplanmasında pozitif (olumlu) ve negatif (olumsuz) uygun ölçüt değerleri kullanılmaktadır. Burada kullanılan değerler, negatif (olumsuz) uygun çözüme uzaklık değerlerinin, pozitif(olumlu) uygun çözüme uzaklık değerleri ile negatif (olumsuz) uygun çözüme uzaklık değerlerinin toplamına oranıdır.

Dolayısıyla, en uygun çözüme olan göreceli çözüme uygun değerinin hesaplanması ise aşağıdaki formülle bulunur.

$$C_i^+ = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \quad (16)$$

C_i^+ Değeri $0 \leq C_i^+ \leq 1$ aralığında bir değer alır ve $C_i^+ = 1$ ilgili alternatife pozitif (olumlu) çözüm noktasında bulunduğunu, $C_i^+ = 0$ ilgili alternatife negatif (olumsuz) çözüm noktasında bulunduğunu gösterir.

5. UYGULAMA

5.1. Alt Yüklenici Seçiminde Belirlenen Kriterler

Alt yüklenici(taşeron) seçiminde uygulama karar verme süreç kriterlerin tespit ve belirlenmesi, yapılan literatür araştırmaları ve sonrasında şantiye uygulamaları konusunda uzman mühendis ve mimarlar ile yapılan anket çalışmasından çıkan sonuçların analiziyle elde edilmiştir.

Bu sektörde uzun yıllar çalışmış, bu süreçleri hem saha mühendisi hem de yönetici konumunda çalışarak gözlemlemiş ve sonrasında yönetmiş 28 uzman mühendis- mimar yönetici görüşleri ile oluşturulan anket çalışmasının verileri değerlendirilmiştir.

Ankete verilen cevapların değerlendirilmesi sonrasında belirlenen ana kriter başlıkları ve bunların önem sıralaması 2 ana başlık altında gruplanmıştır. Bunları da, kendi içerisinde alt başlıklara ayırmak mümkündür. Ana ve alt kriterler;

<u>1- İşin yapımı ile ilgili (fiyatlandırma çalışmaları)çalışmalar;</u>	<u>Ana Kriter</u>
1.1. İnşaat,	Alt Kriterler
1.2. Mimari,	
1.3. Elektrik,	
1.4. Mekanik ve sıhhi,	
<u>2- Şirkete ait bilgi ve belgeler ;</u>	<u>Ana Kriter</u>
2.1. Finansal kapasite,	Alt Kriterler
2.2. Teknik kapasite,	
2.3. İş bitirme (benzer deneyim),	
2.4. Tamamlanan iş hacmi,	
2.5. Devam eden proje sayısı,	
2.6. Kalite süreç ve sertifikaları,	
2.7. Ekipman liste ve yeterliliği,	
2.8. İş güvenlik sertifikaları,	
2.9. İş tamamlama (taahhüt edilen) süresi,	
2.10.İş ile ilgili avans talebi,	

5.2. Kriterlere Ait Değerlendirmeler

Bilgileri alınarak değerlendirme kriterleri oluşturulur. Çalışmamızda da, kullanılan kriterler ve kriterlere ait matematiksel değerlendirmeler (tablo-6.) verilmiştir. Buradaki kriter değerlendirmeleri, sayısal rakamlarla kodlandırılmıştır.

Tablo 6. Alt Yüklenici Kriter Değerlendirme (Teknik&İdari&Finans)

Kriter No:	Alt Yüklenici Özellikleri	A1-Alt Yüklenici Firması	A2-Alt Yüklenici Firması	A3-Alt Yüklenici Firması	A4-Alt Yüklenici Firması	A5-Alt Yüklenici Firması	Önem Skalası
K1.	İnşaat Keşfi	3	4	1	2	3	Minimum
K2.	Mimari İşler Keşfi	4	5	1	2	3	Minimum
K3.	Elektrik İşler Keşfi	5	3	4	1	2	Minimum
K4.	Mekanik & Sıhhi İşler Keşfi	4	2	5	1	3	Minimum
K5.	Finansal Kapasite	1	2	3	5	4	Maksimum
K6.	Teknik Kapasite	1	3	2	4	5	Maksimum
K7.	İş Bitirme Deneyimi	1	3	2	4	5	Maksimum
K8.	Tamamlanan İş Hacmi	1	3	2	4	5	Maksimum
K9.	Devam Eden Proje Sayısı	4	2	3	1	5	Maksimum
K10.	Kalite Sertifikaları	3	1	2	4	5	Maksimum
K11.	Ekipman Listeleri	3	2	4	5	5	Minimum
K12.	İSG Belge ve Sertifikaları	3	2	1	5	4	Maksimum
K13.	İş Süre Taahhütnamesi	4	4	4	5	5	Maksimum
K14.	Avans Talep İsteği	1	3	2	4	5	Maksimum

Alt Yüklenici Değerlendirme Kriterleri:

1-Çok Zayıf , 2-Zayıf , 3-Orta , 4-İyi, 5-Çok İyi, şeklinde derecelendirme yapılmıştır.

5.3. Değerlendirilen Kriterlerin Uygulanması

TOPSIS uygulamasında elde edilen kriterlerin, AHP yöntemi ile bu kriterlere ait ağırlık değerleri bulunmuş ve bu değerler aşağıda (tablo-7.) gösterilmiştir.

Tablo 7. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisinin Oluşturulması:

Sıra No:	Ağırlıklar(AHP) İle oluşturulmuş	Önem derecesi													
		0,35000	0,15000	0,15000	0,15000	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550	0,00550
Kriterler →	Alt Yüklenici Özellikleri ↓	Min.	Min	Min	Min	Max.	Max	Max.	Max.	Max	Max	Max	Max.	Max	Max
		K1-İnşaat Keşfi	K2-Mimari İşler Keşfi	K3-Elektrik İşler Keşfi	K4-Mekanik & Sıhhi İşler Keşfi	K5-Finansal Kapasite	K6-Teknik Kapasite	K7-İş Bitirme	K8-Tamamlanan İş hacmi	K9-devam Eden Proje	K10-Kalite Sertifikaları	K11- Ekipman	K12-İSG Belgeleri	K13-İş Süre Taahhütnamesi	K14-Avans Talep İsteği
1.	A1 Alt Yüklenici Firması	3	4	5	4	1	1	1	1	4	3	3	3	4	1
2.	A2 Alt Yüklenici Firması	4	5	3	2	2	3	3	3	2	1	2	2	4	3
3.	A3 Alt Yüklenici Firması	1	1	4	5	3	2	2	2	3	2	4	1	5	2
4.	A4 Alt Yüklenici Firması	2	2	1	1	5	4	4	4	4	4	5	5	5	4
5.	A5 Alt Yüklenici Firması	5	3	2	3	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5

Alt yüklenici seçimi için elde edilen veriler, excel uygulaması ile tablolar oluşturularak *Karar Matrisi* elde edilir. Elde edilen karar matrisine ait bu kriterlerin önem ve öncelik sırasına göre ağırlık tespiti yapılır. Bu ağırlık oranların toplamı %100'ü geçmez.

Belirlenen kriterler, TOPSIS metodolojisinde yer alan formüllerin, excel uygulaması ile oluşturulan karar matrisi sonrasında, yukarıda tanımlanan formüllerin işlemleri sonrasında TOPSIS metodolojisinin diğer uygulamaları ile değerlendirmeler yapılır. Değerlendirmelerde elde edilen veriler ile probleme ait pozitif ideal ile negatif ideal olan uzaklık değerleri bulunur. (tablo-8.)

Tablo 8. İdeal Ve Negatif İdeal Çözüm Değer Tablosu

Alternatif Firmalar	A S_j^+	B S_j^-
A1 -Alt Yüklenici Firması	0,1202238	0,0425815
A2 -Alt Yüklenici Firması	0,0973139	0,0663677
A3 -Alt Yüklenici Firması	0,0986615	0,0830669
A4 -Alt Yüklenici Firması	0,0344191	0,1244442
A5 -Alt Yüklenici Firması	0,0716757	0,1044771

Bulunan ideal çözüm ve negatif ideal çözüm uzaklık değerleri sonrası, elde edilen verilerin kullanılması ile oluşturulan ideal çözüm (sonuç) değerler sıralaması (tablo-9) da sunulmuştur.

Tablo 9. Göreceli Yakınlıkların Hesaplanması ve Sonuç Tablosu

$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$	Sonuçlar: S_i^+	Sırala: S_i^-
A1 -Alt Yüklenici Firması	0,2615488643	5
A2 -Alt Yüklenici Firması	0,4054682494	4
A3 -Alt Yüklenici Firması	0,4570936916	3
A4 -Alt Yüklenici Firması	0,7833415994	1
A5 -Alt Yüklenici Firması	0,5931050107	2

Bulunan sonuçların analiz edilmesi sonrası, yüklenicinin çalışabileceği ideal alt yüklenici modeli, yapılan çalışmalar sonrasında elde edilen verilere göre en yüksek (pozitif ideal) değere sahip (C_{ij}^* değeri: **0,7833415994**) **A4** olarak tanımlı alt yüklenici firma olduğu gözlemlenmiştir.

6. DEĞERLENDİRME

Yaptığımız saha çalışması kapsamında ele alınan kriterin değerlendirilmesi sonrasında, alt yüklenici seçiminden en önemli etkenin, en düşük maliyet (fiyat) sunumu olduğu görünse de, işin sürdürülebilirliği açısından düşük fiyat sunumu her zaman olumlu sonuç vermemektedir.

Zira işin yapılabilirliği ile alakalı düşük fiyat sunumu, hem işin kalitesinin düşmesine hem de imalatların ilerki safhalarında istenilen hızda yapımına ve işin teslim sürelerine olumsuz etki edebilmektedir.

Yapılan bu çalışmada gözlemlenen bir başka olguda, alt yükleniciye ait olası riskleri kontrol altında tutarak uygulamada sorun yaratmayacak düzeye veya oluşabilecek etki alanını daraltma düzeyine çekebilmek, işin yapılabilirliğini arttırdığı gözlemlenmiştir.

7. SONUÇ

Ankara ili içerisinde yapılan araştırmada, uluslararası iş yapan büyük bir firmanın anahtar teslim proje çalışması kapsamında alt yüklenici (taşeron) seçim problemi üzerinde çalışılmıştır. Çalışmamız kapsamında elde edilen kriterlerin değerlendirilmesi sonrasında, halen uygulamada çalışılan alt yüklenici değerlendirmeleri yapılmış ve TOPSIS metodolojisi uygulanarak bulunan çözümler, mevcut saha çalışması ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonrasında TOPSIS metodolojisi ile elde edilen verilerin doğruluğu birkez de saha da teyid edilmiştir.

Kaynakça

- [1] Tao, Z., Feng, W. "TOPSIS time variat decision fusion model evaluation for internet of public service things", 489-496, 2018.
- [2] Kabak, M., Sağlam, F., Aktaş, A., "Farklı uzaklık hesaplama yaklaşımlarının TOPSIS üzerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 32,(1), 35-43, 2017.
- [3] Birgönül, T.M., Dikmen, İ., "İnşaat projelerinin risk yönetim", *İMO Teknik Dergisi*, 97,1305-1326, 1996.
- [4] Sabuncuoğlu, O.A., Görener, A., "Decision Making Through the Fuzzy TOPSIS Method: Contractor Selection in Construction Projects", 5(2),71-82, 2016.
- [5] Soba, M., Şimsek, A., Bayhan, M., "Choosing The Place Of The Shopping Centre With Fuzzy TOPSIS Method: An Application in The City ,Uşak "3(2),103- 131, 2014.
- [6] Aydın, H., Okul, B., Ayvaz, B., Kuşakçı, A.O., Kaçtıoğlu, S., "Subcontractor Selection With Multi Criteria Decision Making Methods: An Application in Construction Sector" *Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F dergisi*, 7(14),29- 44, 2016.
- [7] Kabak, M., Uyar, Ö.O., "Lojistik sektöründe ağır ticari araç seçim problemine çok ölçütlü bir yaklaşım konulu araştırma", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 25,(1), 115- 125, 2013.
- [8] Çetin, İ. E., Akil, Y., Güler, I. A., "Decision making with fuzzy analytic hierarchy process in construction projects" *uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, Cilt 10, 173-190, 2014.
- [9] Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., Akay, D., "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method" *Uygulamalarla uzmanlık sistemleri dergisi*, 36(8),11363- 11368, 2009.
- [10] Özdemir, M., TOPSIS, "Operasyonel Yönetim ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri" ile ilgili çalışma ,133-153, 2014.
- [11] Yurdakul, M., İç, Y.T., "Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemi Kullanılan Örnek Bir Çalışma" *Gazi Üniv. Müh.Mim.Fak. Dergisi*, Cilt 18,(1), 1-18, 2003.
- [12] Wang, J.Y., Lee, S. H., "Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple -criteria group decision-making" *Computers and Mathematics with Applications* 53,1762-1772, 2007.
- [13] Çiftçi, B., "İnşaat Sektöründe AHP Yöntemiyle Yüklenici seçimi. Bir Konut Projesinde Uygulama" .(Contractor selection by AHP method in construction sector. Application in a Housing Project) *İTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi* .1-35, 2013,
- [14] Mateusz, P., Danuta, M., Malgorzata, L., Mariusz, B., Kesra, N., "TOPSIS and VIKOR methods in study of sustainable development in the EU countries." 126, 1683-1692, 2018.
- [15] Zyoud, H. S., Kaufmann, G.L., Shaheen, H., Samhan, S., Hanusch, F- D., "A Framework For Water Loss Management İn Developing Countries Under Fuzzy Environment : Integration Of Fuzzy AHP with Fuzzy TOPSIS " *Expert Systems with Applications*, 61, 86-105, 2016.
- [16] Dağdeviren, M., "Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama " *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4), 791-799, 2007.
- [17] Tekçe, I., Dikbaş, A., "Yüklenici İnşaat Firmaları İçin Çok Kriterli Performans Ölçme Modeli Geliştirilmesi. " *İTÜ Dergisi*, 10(1), 151-164, 2011.
- [18] Wang, Y- M., Luo, Y., Zhongsheng, H., "On The Extent Analysis Method for Fuzzy AHP and its Applications". *European Journal of Operational Research* ,186, 735-757, 2008.
- [19] Wu, C- R., Lin, C- T., Chen, H- C., "Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the AHP and sensitivity analysis." *Building and Environment*, 42(3), 1431-1444, 2007.
- [20] Kabak, M., Kazançoğlu, Y., "Bulanık analitik hiyerarşi yöntemiyle (BAHP) öğretmen seçimi ve bir uygulama" *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF dergisi*, Cilt 14, (1), 2012.
- [21] Zyoud, H. S., Hanusch, F. D., "A Bibliometric -Based Survey on AHP and TOPSIS Techniques " *Expert Systems With Applications*, 78,158-181, 2017.

- [22] Öztürk, A., Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N., 'Nakliye firması seçiminde bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerinin karşılaştırılması' *MÜ. İİBF Dergisi*, Cilt 25(2), 785-824, 2008.
- [23] Kaplan, R., 'AHP yönetiminde tedarikçi seçimi: Perakende sektöründe bir uygulama.' *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (yüksek lisans tezi) 52-58, 2010.
- [24] Kasapoğlu, E., 'İnşaat sektöründe alt yüklenici kullanımı' *İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Bölümü*, 45-55, 2004.
- [25] Shih, H. S., Shyur, H. J., Lee, E. S., 'An Extension of TOPSIS for group decision Making' *Mathematical and Computer Modelling*, Cilt 45(7-8), 801-813, 2007.
- [26] Ravi, V., 'Selection of Third -Party Reverse Logistics Providers for end-of-Life Computers using TOPSIS-AHP Based Approach.' *International Journal of Logistics Systems and Management*, Cilt 11(1), 24-37, 2012.
- [27] Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., Eren, T., 'ANP ve TOPSIS Yöntemleri ile Türkiye 'de Yenilebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi,' *S.U., Journal of Engineering, Science and Technology*, 5(2), 204-219, 2007.
- [28] Özder, E., Gür, Ş., Eren, T., 'İşletmelerde Yönetim Etkinliğini Arttırmak için ANP ve TOPSIS Yöntemleri ile Muhasebe Paket Program Seçimi,' *The 13th International Accounting Conference -İzmir*, 13-14, 20-21, 2016.
- [29] Fong, P.S-W., Choi, S. K-Y., 'Final Contractor Selection Using The Analytical Hierarchy Process (AHP)' *Construction Management and Economics*, 18(5), 547-557, 2000.
- [30] Chang, D. Y., 'Applications of The Extent Analysis Method of Fuzzy AHP', *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655, 1996.
- [31] Rençber, Ö. F., Kazan, H., 'Choosing A Subcontractor Company For Lange Scale Projects Proposal Evaluation : Decision Making With Analytic Hierarchy Process Method', *International Journal of Social Science Research*, 3(1), 11-24, 2014.
- [32] Singh, D., Tiong, R. L., 'A Fuzzy Decision Framework for Contractor Selection.' *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1), 62-70, 2005.
- [33] Wittstruck, D. Teuteberg F. 'Integrating The Concept of Sustainability İnto. The Partner Selection Process a Fuzzy AHP- TOPSIS Approach.' *International Journal Logist Systems Management*, 12(2), 195-226, 2012.
- [34] Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, S. J., Pariazar, M., Zaeri, M.S., 'Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique', *Word Academy of Science, Engineering and Technology*, 30, 333-338, 2007.
- [35] Demireli, E., 'TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi : Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine bir uygulama', *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, Cilt 5(1), 101-112, 2010.
- [36] Uygurtürk, H., Korkmaz, T., 'Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Belirlenmesi : Ana Metal Sanayi İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama', *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, Cilt 7(2), 95-115, 2012.
- [37] Kabak, M., 'A Fuzzy Approach to Determination of a Unit's Air Defense Priorities' *Savunma Bilimleri Dergisi*, Cilt 10 ,(2), 1-17, 2011.
- [38] Topçu, Y. I. 'A Decision Model Proposal for Construction Contractor Selection in Turkey'. *Building and Environment*, 39(4), 469-481, 2004.
- [39] Singh, D. Tiong, R. L. 'A Fuzzy Decision Framework for Contractor Selection' *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1), 62-70, 2005.
- [40] Ulubeyli, S., Manisalı, E. Kazaz, A., 'Subcontractor Selections Practices in International Construction Projects.' *Journal of Civil Engineering and Management*, Cilt 16(1), 49-51, 2010
- [41] Okoroh, M. I., Torran, V. B., 'A model for subcontractor selection in refurbishment projects' *Construction Management and Economics*, 17(3), 325, 2010.
- [42] Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, L.F., Izadikhah, M., 'Extension of the TOPSIS method for Decision Making Problems with Fuzzy Data', *Applied Mathematics and Computation*, 181(2), 1544-1551, 2006.

- [43] Ecer, F., Vurur, N.S, Özdemir L.,“ Bulanık Bir Modelle Firmaları Değerlendirme ve Optimal Portföy Oluşturma : Çimento Sektöründe Bir Uygulama”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(11), 478-502, 2009.
- [44] Wang Y. M., Elhag, T. M. S., ‘Fuzzy TOPSIS Method Based on Apha Level Sets With An Application to Bridge Risk Assessment,’ *Expert Systems With Applications*, 31, 309-319, 2006.
- [45] Fong, P. S. W., Choi, S. K. Y., ‘ Final Contractor Selecion Using The Analytical Hierarchy Procees (AHP).’ *Construction Management and Economics*, 18(5), 547-557, 2000.
- [46] Yıldırım, F. B., Önder, E., ‘ Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ’ *Dora Yayınları Araştırma ve Kaynak Kitabı* , 03- 337, 2015.
- [47] Arslan, V., Kazaz, A., Ulubeyli, S.,‘ Decision Criteria For Subcontractor Selection in İnternational Construction Projects’ *Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi*,6,397-406, 2017.
- [48] Mbachu,J., ‘Conceptual framework for the assessment of subcontractors eligibility and performance in the construction industry’. Cilt 26(5) ,471-484, 2008.
- [49] Vassiliev, V., Genova, K., Vassileva, M., ‘ A Brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods’. *Bulgarian Academey of Sciense Cybernetics an information Technologies* ,5(1), 4 , 2005.
- [50] Ishizaka, A., Nemery, P.,‘ Multi -Criteria Decision Analysis Methods and Software Wiley ’.2.165-174, 2013.
- [51] Lai, ve Diğerleri. ” TOPSIS for MODM . “*Euopen Journal of Operational Research* 76,486-500, 1994.
- [52] Choudhry, R. M., Hinze, J. W., Arshad, M., Gabriel, H. F.,‘ Subcontracting Practices in The Construction İndustry of Pakistan’. *Journal of Constraction Engineering and Management ASCE*.,138, 1353-1359, 2012.
- [53] Ohnuma, D.K., Pereira, S. R., Cardosa, F. F.,’ The Role of Subcontractors in The Competitiveness of Building Companies and The İntegration df Value Chains.’ *Proceding of The CIB W92 Procurement System Symposium,Santiago,Chile* ., 201-217, 2000.
- [54] Eccles, R. G.,‘ The Quasifirm in The Construction İndustry ‘ *Journal Of Economics Behaviour And Organization* , 2, 335-338, 1981.
- [55] Constantino, N., Pietroforte, R., Hamil, P., ‘Subcontracting in Commercial and Residential Construction An Emperical İntigation’ *Construction Management And Economics*,19,439-450, 2001.



Gain Increase of Horn Antenna with Waveguide Feeding Network by using 3D Printing Technology

Abdullah GENC*

Isparta University of Applied Sciences, Department of Mechatronics Engineering, Isparta, Turkey

Keywords:

Horn antenna,
T-junction
Waveguide,
3D printing
technology,
3D printer,
Gain

Abstract

2×1 array antenna with WFN (waveguide feeding network) by using 3D printing Technology and metal plating technique at X-Ku frequency band is proposed in the areas of radars, defense industry and satellite communication to increase antenna gain. The fabrication of 2×1 array antenna comprises of two processes which are to produce the structure of array antenna by using ABS for 3D printer and to carry out copper plating. Waveguide feeding network for array consists of an H-plane T-junction, two bend elements and three flanges. The spacing between the output terminals in the waveguide feeding network is 3λ for better performance. There is a good agreement between measurement and simulation results by max 0.5dB difference because of surface roughness and high precision. The gain is increased by approximately 1.5dB in comparison with a single antenna. However, VSWR of the single antenna is 0.3dB lower than the array antenna. As a result, we have proposed the array antenna 90% lighter weight and 80% cheaper than metal equivalents.

1. INTRODUCTION

Horn antennas have mostly been utilized in the areas of radars, defense industry, and satellite communication because of wide bandwidth, easy production, high efficiency, its simplicity and high directivity [1]. It may be used both as a standard measurement antenna in order to make calibrations and as a feeding element for reflector antennas in satellite systems. Radiation characteristic of a horn antenna is a combination of H-plane and E-plane sectorial horn antennas and they have linearly polarized radiation [2]. Also, array horn antennas are widely preferred for radar systems and satellite communications to increase the gain [3].

There has currently been an increasing concern about additive manufacturing (AM) to fabricate some monolithic passive microwave components with cost competitiveness and production time [4]. In various publications from literature, the methods of AM have increasingly been utilized in many applications such as Lunenburg lenses [5], corrugated horn antennas [4], patch antennas [6], frequency selective surfaces (FSS) [7] and metamaterials [5]. The fabrication of microwave passive components and pyramidal horn antennas with fused deposition modelling (FDM) technique is a better solution due to monolithic structure, flexible applicability, and reduced weight. In traditional methods, passive microwave components are mostly produced from some metals by means of CNC machines and it is rather costly and difficult in order to fabricate the structures having the complex geometries [8-9]. Thanks to the development of 3D printing technology nowadays, the components fabricated by this technology can compete with equivalent products in the market commercial in terms of better performance and low price.

There are many publications in the literature to deal with the fabrication of the horn antenna and passive microwave components such as T-junction, E-type bend and twist elements by using the 3D additive manufacturing. In [10], Ka-band light-weight horn array antenna with 3D printing technology has been proposed. In the proposed linear-polarized 2x2 element array antenna, the T-junction, twist and the rectangular-circular waveguide transition elements are used for the feeding network that is monolithic, which is a great innovation in terms of cost and durability. The twist element is used to turn the polarization direction from horizontal to vertical. While the gain of the single horn antenna is 16dBi, it is observed that the gain of the entire array antenna was significantly increased to nearly 24dBi. In [11], 4x4 horn array antenna and feeding network

*e-Posta: abdullahgenc@isparta.edu.tr

in Ku band are designed. The rectangular waveguide operating in TE₁₀ mode in the 13.5-14.5GHz range is designed to be small enough to suppress higher modes. A rectangular grid structure on each antenna's aperture is used to overcome unwanted beams. The radiating pattern of the array antenna is obtained by multiplying the radiating pattern of the single-element horn antenna with the array factor. The gain of the single horn antenna and the array antenna is 14.25dB and 27.5dB respectively.

In [12], a light-weight, monolithic horn array antenna is designed and manufactured in the Ka (26.5-40GHz) band. The structure produced using additive manufacturing consists of a conical horn antenna and a feeding network. Thanks to the 2x2 array antenna, the gain is increased by approximately 6dB. The array factor is an important parameter, which has been observed to be a distance of 3λ between the array elements in order to minimize this. Determination of the smaller distance is not possible due to the physical size of the feed network. As the number of array elements increases, the directivity of the main beam increases, while the production cost and the physical size increase, and this is often undesirable. In [13], the corrugated conical horn antenna is designed and manufactured in Ku band with 3D printer technology. Corrugated conical horn antennas are used as a feed on reflective antennas due to their low side lobe level and sharpness in polarization. The proposed structure is carried out in eight hours using ABS thermoplastic material with Fortus-250MC three-dimensional printer. Then the surface is coated with conductive nickel spray paint. Surface resistance ranges between 0.3-6Ω/sq. It is observed that surface resistance negatively affected the gain of the antenna. In the measurement results, the maximum gain is 19.6dB at 16GHz and the VSWR is about 1.92:1 at the 11-18GHz frequency range.

In [14], a ring-focus dual-reflector antenna and a spline profile smooth horn antennas are produced with three-dimensional printers with a robust dielectric material. Then, a copper coating is performed on the surface. Stereolithography is the technique underlying the 3D printers used for rapid prototyping. By this way, there is a significant improvement in weight and cost. Simulation of the proposed design, GRASP10 full wave simulator production and measurements are made in SWISSto12 laboratories in Switzerland. It has a 25dB gain at 14.5GHz. The loss of recycling is unfortunately not fully compatible between the simulation and the measurement results because there are losses due to the transducer between rectangular and circular waveguides in the feeding.

In this study, 2×1 horn array antenna having waveguide feeding network (WFN) fabricated from metal plating and 3D printing is proposed. Waveguide feeding network for array consists of an H-plane T-junction, two E-type bend and three flanges. The antenna is fabricated after each component of WFN is designed and optimized. The overall structures are produced by using fused deposition modelling (FDM) technique that is one of the additive manufacturing methods. The parameters of antenna such as directivity, radiation pattern and VSWR for both array antenna and single horn antenna are obtained. There is a fine agreement between the results of measurement and simulation. Unlike the studies in the literature, iris and septum for the impedance matching are used to design T-junction components. Also, the feeding network of the 2x1 array antenna has a novelty in this study.

This study can be organized as below. Second Section explains how to design the single horn antenna. The third Section also gives the design of WFN comprising the designs of bend element and T-junction. The fourth Section mentions the fabrication of the array antenna by using metal plating and 3D printing. The fifth Section explains the measurement and simulation results for both the array antenna and the single antenna. Sixth Section contains the conclusion and summary of the obtained results.

2. THE DESIGN OF SINGLE HORN ANTENNA

The other method is utilized curve fitting technique which has more accurate results than others. Therefore the technique of curve fitting is preferred in this paper. Other calculation method is based on optimization technique [15, 16]. Iteration technique is used at the method [1]. In this paper, the calculation of dimensions of pyramidal horn antennas is made for 12GHz operating frequency at 10-15GHz frequency range that is favourable for satellite communications. WR-75 rectangular waveguide for the overall design is preferred and the internal size of it is 19.05mm and 9.52mm. Cut-off frequency (f_c) for TE₁₀ mode is specified as 7.886GHz and the size of the waveguide are calculated by using Equation 1 as $a = 19.05\text{mm}$ and $b = 9.52\text{mm}$. The operating frequency varies between $1.25 f_c < f < 1.89 f_c$.

$$(f_c)_{mn} = \frac{1}{2\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \quad (1)$$

where n and m are the order number of the electromagnetic wave modes and a and b are size of the waveguide. The shape of single antenna is depicted in Figure 1.

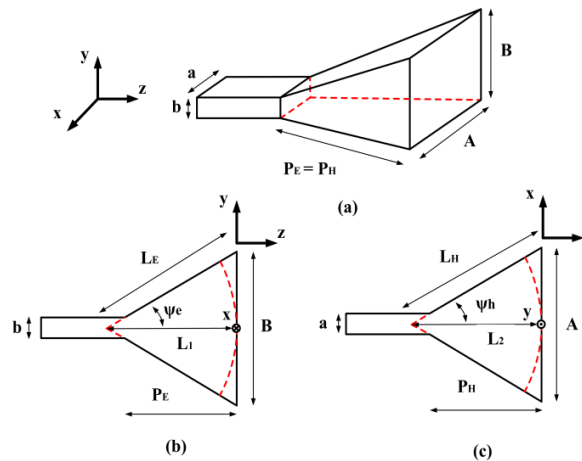


Figure 1. Single antenna (a) perspective view, (b) y-z plane, (c) x-z plane

According to Figure 1, P_E or P_H is the spacing between antenna's aperture and waveguide and A , B are aperture distance of horn antenna. The size of the horn antenna is calculated from the gain of the antenna, the internal dimensions of waveguide and resonance frequency to ensure 17dB gain at 12GHz. All dimensions are specified with an interface of Matlab GUI by using the technique of curve fitting. The spacing between the waveguide and the aperture and the aperture size of the horn are 70mm and 70.91mm×49.07mm, respectively.

3. THE DESIGN OF WFN

There are several ways to feed the array antennas. The limiting factors for the design are bandwidth and efficiency. For high efficiency, it is necessary to make a low lossy feed network. A rectangular waveguide due to a low loss is preferred in order to design WFN. The proposed WFN having three ports consists of three flanges, a T-junction and two bend elements. The array antenna is fabricated after each component of WFN is designed and optimized. The view of the waveguide feeding network with sub-component is given in Figure 2.

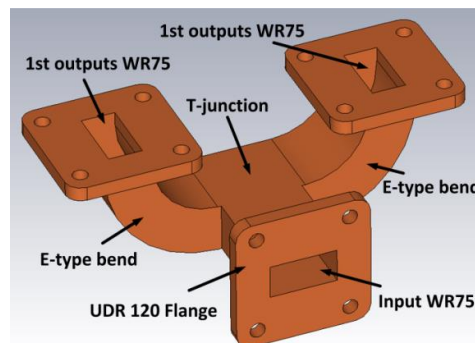


Figure 2. The view of WFN

3.1. Design of the T-Junction and Bend Components

The geometry of T-junction containing equal phase and amplitude between outputs terminals are designed in the paper [17]. The view of T-junction is depicted in Figure 3. All parameters for the design are optimized by using parametric sweep in CST program in order to have a good performance. We aim to design T-junction with equal and in-phase power division. Therefore, septum and two irises are symmetrically placed inside the T-junction. The power of EM waves at the output terminals is equal. Also, it has no phase difference between the output terminals. Finally, the size of septum and iris are obtained as (in all mm): $D = 9.43$, $W = 2$, $t = 1.42$, $R = 1.42$, $d_{offset} = 9.52$ and $l_t = 40$.

E-type bend is preferred in waveguide feeding network because it is better than sharp E-type corner in terms of performance [18]. In order to make sure that the spacing of each antenna is 3λ for 12GHz, the radius of bend element is tuned.

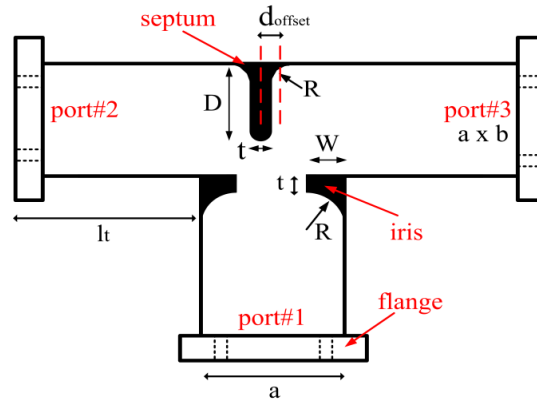


Figure 3. The view of T-junction

3.2. Array Factor of Planer Arrays

AF of planer structure is calculated by using the array number (N_x , N_y) and the distances (dx , dy) between elements. The feeding of each antenna is made in equal phase and amplitude. The array factor can be shown as a function in terms of azimuth angle φ , elevation angle θ and N , number of array. The array factor for equal spacing is given in Equation 2.

$$|AF| = \left| \frac{\sin(N_x (\frac{2\pi}{\lambda} dx \sin\theta \cos\varphi))}{\sin(\frac{2\pi}{\lambda} dx \sin\theta \cos\varphi)} \right| \left| \frac{\sin(N_y (\frac{2\pi}{\lambda} dy \sin\theta \sin\varphi))}{\sin(\frac{2\pi}{\lambda} dy \sin\theta \sin\varphi)} \right| \quad (2)$$

In this paper, $dx = 3\lambda$, $N_x = 2$ and $N_y = 1$ is specified for the proposed 2×1 array antenna. From Equation 2, the amplitude of AF for different numbers of arrays is obtained and depicted in Figure 4. The gains of the 4×2 , 2×2 and 2×1 array are bigger than that of single one by 8.38dB, 6.02dB, and 3dB. It is significant to note that the gain is independent of what kind of antenna is used and it is quite difficult to have these gain values in measurements because of the losses. As the antenna's number elements increases, beamwidth at the radiation pattern become narrower and the directionality increases. Although it is expected that the gain of 2×1 arrays theoretically increase is 3dB, the increase of the measured gain for 2×1 arrays is equal to 1.5dB in Figure 4.

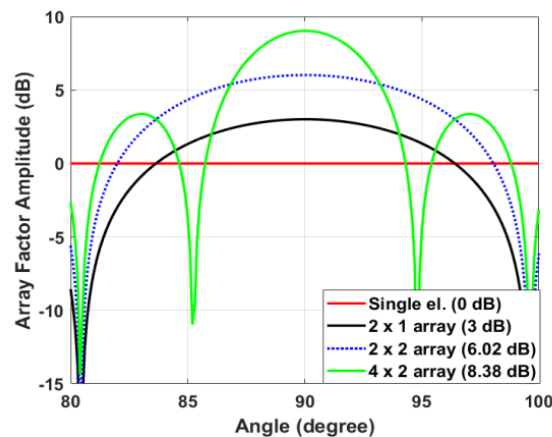


Figure 4. Amplitude of AF for different arrays

The spacing between the output terminals in the waveguide feeding network is 3λ for lower grating lobe. Element spacing in an array antenna could be multiples of 1.5λ [19]. For the spacing wider than 3λ , it is known that grating lobe rather increases. For the spacing smaller than 3λ , it is very hard to assemble T-junction component and E-type bend component in the waveguide feeding network.

In order to have a better performance of the antenna, the distance between the output terminals is 3λ in the waveguide feeding network. Element spacing in the array antenna can be multiples by 1.5λ [19]. If the distance becomes wider than 3λ , the level of grating lobe rather increases. However, if the distance becomes narrower than 3λ , it is not possible to fix the E-type bend and T-junction in the waveguide feeding network.

4. THE FABRICATION OF HORN ARRAY AND WFN

The fabrication of 2x1 array antenna comprises of two processes which are to produce the structure of array antenna by using thermoplastic and to make metal plating on the structure's all surface. Whole elements having complex geometry could be easily fabricated thanks to this method. The significant parameters for good performance are low surface roughness and high precision, especially at X-Ku frequency band. The negative impact of the surface roughness on the performance can be reduced since the wavelength is further decreased in low-frequency bands such as S and C band.

4.1. 3D Printing from Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

After we calculate all dimensions of the array antenna, the CAD model of it is obtained via CST simulation program. STL file of CAD-model is obtained from CST and the G-code file is created by using the Repetier-Host program to be compatible with the 3D printer. Zortrax M200 model 3D printer is utilized and white Acrylonitrile Butadiene Styrene is used as material for the 3D printer and the melting temperature of the plastic is 245°C and also the fill rate is 80%. The thickness of the waveguide wall is specified as 2mm to make physically it more robust. In addition, many parameters such as creating the support for cavities, layer height, first layers' number, shell thickness, working speed and type of pattern must be set before the printing.

4.2. The Process of Copper Plating

Thermoplastic such as Acrylonitrile Butadiene Styrene is not electrically conductive. Thus, the electroless plating and electro-plating technique are utilized to make the surface of the components conductive. There is a limitation of electroless plating. This technique has the advantage so that it has freedom in copper plating in the complicated geometries [20]. The copper plating consists of some stages which are etching, Pd-Sn activation, electroless nickel, acceleration, and acidic copper plating, respectively. The conductivity of copper is higher than that of nickel and chromium. So, the performance of the copper-coated antenna used is better. The thickness for the electroless one is approximately equal to 3-4 μ m. Then the surfaces of that are conductive. Finally, the electroplating is made on the copper layer till 20 μ m \pm 10%.

5. RESULTS AND DISCUSSION

The simulations results are obtained via CST program by using FIT Technique. In all simulation, the shape of the mesh is hexahedral, mesh per wavelength is 20. Mesh cells numbers of single antenna and 2 \times 1 horn array antenna are 3,307,100 and 13,636,720, respectively. Lossy copper as a metal is preferred and open space as a boundary condition is used and the type of feeding is the waveguide port. The CST simulations were performed on a PC having an Intel Core i5 2.4GHz processor and 8GB RAM. The calculation times for each one take roughly 8min and 52min.

The measurement setup for the array antenna is given in Figure 5. Also, the same measurement environment is used during the study in the literature [21]. PE9819 model waveguide adaptor and an E8363B Agilent model vector network analyzer (VNA) are utilized to measure the antenna performance in the anechoic chamber. An SH2000-072 double-ridged horn antenna is preferred as a reference antenna and the distance between T_x and R_x is roughly 110cm.

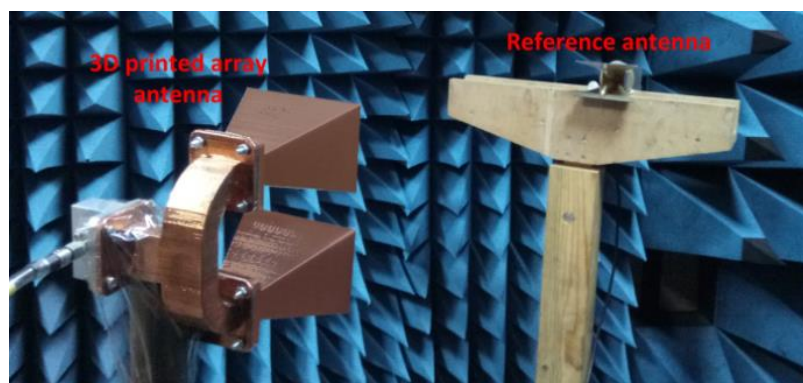


Figure 5. Measurement setup

5.1. Results for Single Antenna

The photos of single antenna for each process are depicted in Figure 6.

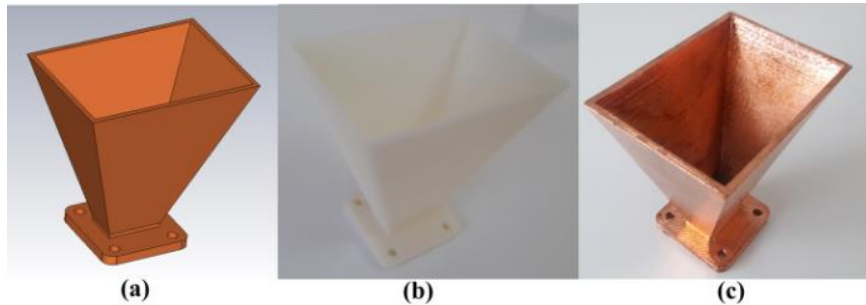


Figure 6. Single antenna (a) CST view, (b) 3D printing, (c) copper plating

The gain and VSWR of the single antenna with copper plating is depicted in Figure 7. VSWR of that is rather good, which is equal to approximately 1.35. It seems a small difference between the simulation and the measurement because of physical tolerance of the antenna and the surface roughness [22, 23]. As the frequency becomes higher, the gain of the antenna becomes higher. The gain of the single antenna varies from 16-18dB and there is a 0.5dB difference between simulation and measurement. E-plane ($\theta = 90^\circ$) radiation pattern of the antenna in polar coordinates is given in Figure 8. The antenna gain is 17.1dB at 12GHz and the direction of the main lobe is adjusted towards +z axis. The 3dB beamwidth is 25.7° and the side lobe value is around -13.3dB and it seems that the side lobe value of antenna for H-plane is less than that for E-plane.

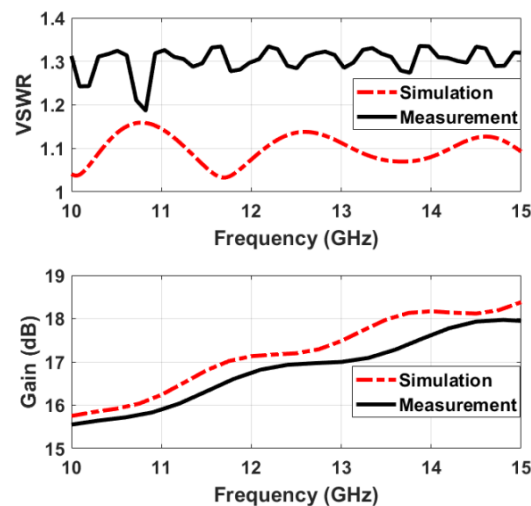


Figure 7. VSWR and gain of single horn

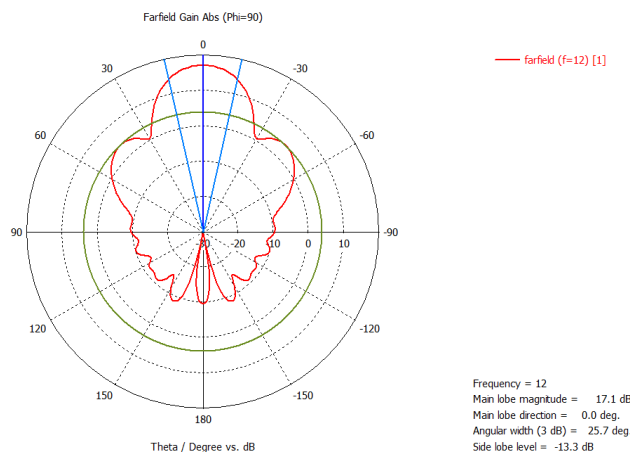


Figure 8. E-plane pattern for single antenna in polar coordinates

The normalized gain of the single antenna at 12GHz is depicted in Figure 9a. Cross polarization level in the normalized gain is lower than -40dB for all frequency range. We have a good agreement between measurement and simulation results in terms of co-polarization. Here, the directions of co-polarization and the cross polarization are in the +y and +x directions. The aim of the design is to increase co-polarization while decreasing the cross-polarization level.

H-plane ($\phi = 0^\circ$) radiation patterns of single horn at 11GHz, 12GHz and 13GHz is depicted in Figure 9b. Here, as the frequency increase, both the gain increases and the beamwidth decrease.

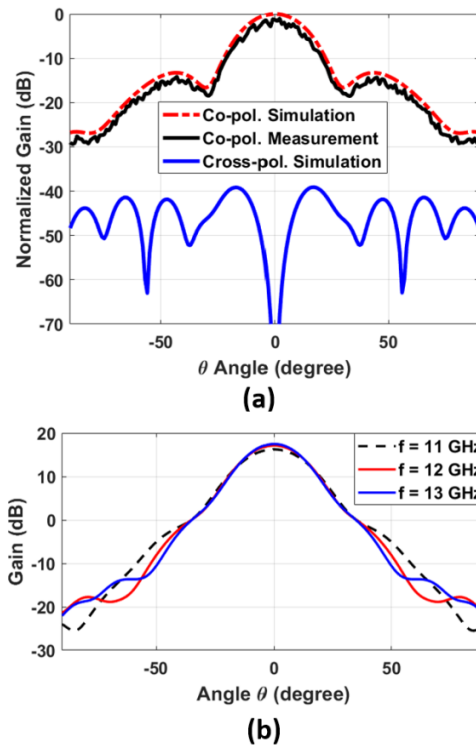


Figure 9. (a) Normalized gain for the single antenna @12GHz (b) H-plane radiation patterns of single horn

5.2. Results for 2x1 Array Antenna

The photos of 2x1 array antenna for three processes are depicted in Figure 10. This array antenna consists of two identical horn antennas and waveguide feeding network. The distance between the two antennas is roughly 3λ . We aim to maximize the single antenna's gain by using array antenna compared to single element horn antenna.

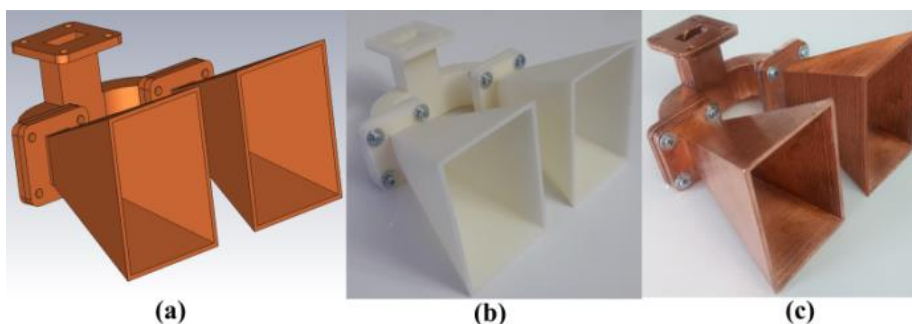


Figure 10. 2x1 array antenna (a) CST CAD model, (b) 3D printing, (c) Copper plating

The gain and VSWR of the horn antenna array is depicted in Figure 11a. The gain increases as increased frequency and it varies between 17 and 19.5dB. The VSWR is roughly 1.65. However, VSWR of the 2x1 array is increased by roughly 0.3dB. The simulated gain is 1dB bigger than the measured gain. The simulated gain value for 12GHz is 18.5dB. The simulated gain of array antenna is 1.5dB bigger than that of single antenna.

The normalized gain of the array antenna at 12GHz is given in Figure 11b. The cross polarization of antenna is lower than -30dB in all frequency band. The gain for the 2x1 array increased from 17dB to 18.8dB at 12GHz.

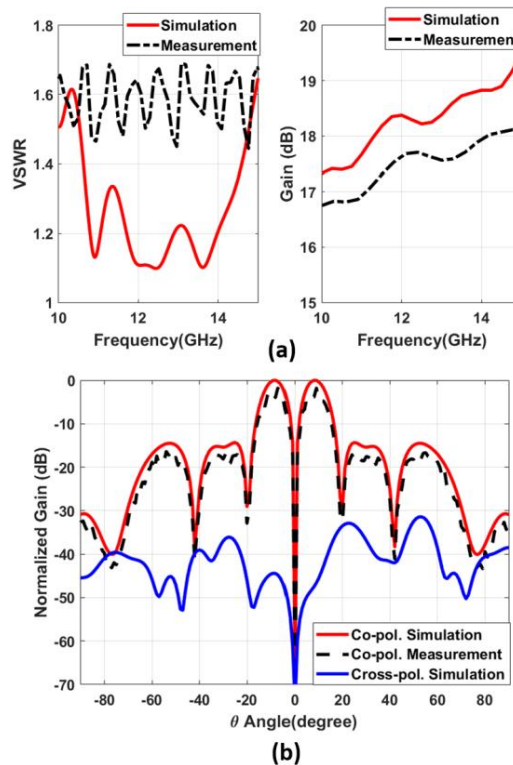


Figure 11. (a) VSWR and gain of 2x1 array (b) Normalized gain the array antenna @12GHz

3D E-field patterns of 2×1 array antennas and single antenna are given in Figure 12. A single antenna has more uniform 3D radiation pattern.

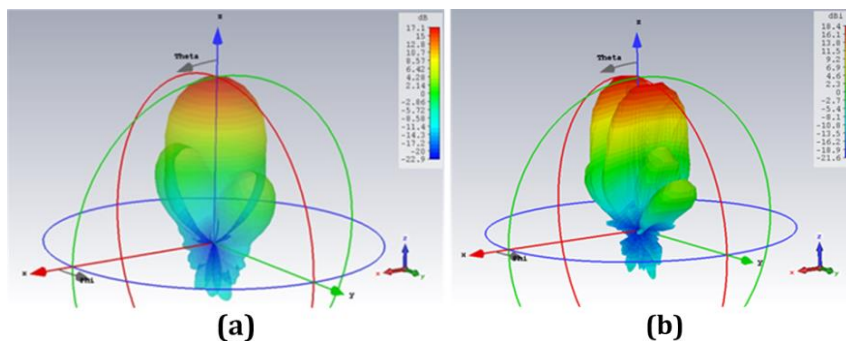


Figure 12. 3D E-field patterns (a) Single antenna, (b) 2x1 array

6. CONCLUSION

The 2×1 array with WFN with 3D printing and metal plating technique is fabricated. We have simulated and measured antenna performances for single antenna and 2×1 array. The number of array is proportional to ohmic and reflection losses of array. The gain is increased by approximately 1.5dB in comparison with single antenna. However, VSWR of the single antenna is 0.3dB lower than the array antenna. By means of this 3D printing technology and copper plating, it is possible to fabricate the passive components such as waveguide filter, antenna and adaptor 90% lighter weight and 80% cheaper than metal equivalents. It is utilized the T-junction waveguide in order to make the impedance matching. We can design a different number of waveguide feeding network by using this T-junction structure.

References

- [1] C. A. Balanis, *Horn Antennas: Antenna Theory: Analysis and Design*. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- [2] T. S. Bird, *Fundamentals of Aperture Antennas And Arrays: From Theory to Design, Fabrication and Testing*. New York: John Wiley & Sons, 2016.

- [3] M. Long, and B. Blake, *Antennas: Fundamentals, Design, Measurement*. London: The Institution of Engineering and Technology, 2009.
- [4] P. T. Timbie *et al.*, "Stereolithographed mm-Wave Corrugated Horn Antennas," in *2011 Proc. 36th Int. Conf. on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz)*, 2011, pp. 1-3.
- [5] M. Liang *et al.*, "A 3-D luneburg lens antenna fabricated by polymer jetting rapid prototyping," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, pp. 1799-1807, 2009.
- [6] W. Whittow, C. Njoku, and J. Vardaxoglou, "Patch Antennas with Heterogeneous Substrates and Reduced Material Consumption Enabled by Additive Manufacturing Techniques," in *2012 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC URSI National Radio Science Meeting*, 2012, pp. 1-4.
- [7] B. Sanz-Izquierdo, E. A. Parker, "3-D printing of elements in frequency selective arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, pp. 6060-6066, 2014.
- [8] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, *Additive Manufacturing Technologies Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, Basel: Springer, 2010.
- [9] K. T. Selvan, "Accurate design method for optimum gain pyramidal horns," *Electron. Lett.*, vol. 35, pp. 249-250, 1999.
- [10] A. I. Dimitriadis *et al.*, "Design and Fabrication of a Lightweight Additive-Manufactured Ka-Band Horn Antenna Array," in *2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2016, pp.1-4.
- [11] S. Örddek, and A. Kizilay, "Horn Array Antenna Design for Ku-Band Applications," in *2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 2015, pp. 351-354.
- [12] A. I. Dimitriadis *et al.*, "Polymer-based Additive Manufacturing of High-Performance Waveguide and Antenna Components," in *2017 Proceedings of the IEEE*, 2017, vol. 105, pp. 668-676.
- [13] J. C. S. Chieh, B. Dick, and S. Loui, "Development of a Ku-band corrugated conical horn using 3-D print technology," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 13, pp. 201-204, 2017.
- [14] M. Van der Vorst, and J. Gumpinger, "Applicability of 3D Printing Techniques for Compact Ku-Band Medium/High-Gain Antennas," in *2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2016, pp. 1-4.
- [15] K. Güney, "A new design method for optimum gain pyramidal horns," *Electromagnetics*, vol. 21, pp. 497-505, 2001.
- [16] K. Güney, "Improved design method for optimum gain pyramidal horns," *Int. J. RF Microwave Comput. Aided Eng.*, vol. 11, pp. 188-193, 2001.
- [17] A. Genc, "Impedance Matching of Dielectric Loaded T-Junction in X-Ku Band," in *2016 Proc. Int. Conf. on Signal Processing and Communication Application (SIU)*, 2016, pp. 1-4.
- [18] A. Genc *et al.*, "Farkli güç oranları için dikdörtgen dalga kılavuzu güç bölücülerinin karakteristiklerinin incelenmesi," *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 33, pp. 261-270, 2018.
- [19] A. Genc, T. Goksu, and S. Helhel, "Fabrication of 3D printed rectangular waveguide T-junction with in-phase and equal power division," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 60, 2018.
- [20] G. O. Mallory, and J. B. Hajdu, *Electroless Plating: Fundamentals and Applications*, Orlando: American electroplaters and surface finishers society inc, 1990.
- [21] A. Genc, T. Goksu, S. Helhel, "Investigation of the performances of waveguide bend components fabricated with 3D printing and copper plating," *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 34, pp. 801-810, 2018.
- [22] C. Garcia *et al.*, "Effects of extreme surface roughness on 3D printed horn antenna," *Electron. Lett.*, vol. 49, pp. 734-736, 2013.
- [23] A. Castro, B. Babakhani, and S. Sharma, "Design and development of a multimode waveguide corrugated horn antenna using 3D printing technology and its comparison with aluminium based prototype," *IET Microwaves Antennas Propag.*, vol. 11, pp. 1977-1984, 2017.



Tarhun ve Kişniş Tohumunun Uçucu Yağ Bileşenleri

Özlem YILMAZ *¹, Güzin KABAN², Mükerrerem KAYA²

¹Bayburt Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Uçucu Yağ,
tarhun (*Artemisia
dracunculus*),
kişniş tohumu
(*Coriandrum
sativum*),
GC/MS

Özet

Araştırmada, Bayburt ilinden temin edilen tarhun (*Artemisia dracunculus*) ile Erzurum ilinden temin edilen kişniş tohumu (*Coriandrum sativum*) örneklerinin su buharı distilasyonu ile uçucu yağları elde edilmiştir. Elde edilen örneklerin uçucu yağ bileşenleri gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS) ile belirlenmiştir. Kişniş tohumunda 38, tarhunda ise 48 bileşen tanımlanmıştır. Kişniş tohumu uçucu yağının en önemli bileşeni linalol olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla γ -terpinen, alfa pinen, geraniol ve D-limonen izlemiştir. Bütanal, pentanal, heksanal, 2-heksanal, heptanal, benzaldehit, kopaen, alfa-fellandren ve 3-karen ise oldukça düşük miktarlarda belirlenmiştir. Tarhun uçucu yağında major bileşen olarak estragol belirlenmiş ve bunu sırasıyla metil öjenol, elemisin, isoelemisin, β -osimen, terpinen-4-ol ve D-limonen izlemiştir.

Essential Oil Compounds of Tarragon and Coriander Seed

Keywords:

Essential oil,
tarragon (*Artemisia
dracunculus*),
coriander seed,
(*Coriandrum
sativum*),
GC/MS

Abstract

In this study, the essential oils of the tarragon (*Artemisia dracunculus*) taken from Bayburt province and coriander seed (*Coriandrum sativum*) taken from Erzurum province were obtained by water distillation. Essential oil compounds of the obtained oils were determined by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Coriander seed and tarragon have 38 and 48 compounds, respectively. The most important compound of coriander seed essential oil was linalool. This was followed by γ -terpinene, alpha pinene, geraniol and D-limonene, respectively. Butanal, pentanal, hexanal, 2-hexanal, heptanal, benzaldehyde, copaene, α -phellandrene and 3-carene were found in very low amounts. Estragole was determined as the major compound in essential oil of tarragon and followed by methyl eugenol, elemicin, isoelemicin, β -ocimene, terpinen-4-ol and D-limonene.

1. GİRİŞ

Uçucu yağlar, bitkilerin yaprak, çiçek, kabuk, tohum ve köklerinden su veya su buharı distilasyonu ile elde edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda olan, fakat bazen donabilen, uçucu, kuvvetli kokulu ve yağimsı karışımlardır [1]. Bu yağlar su ve buhar distilasyonu ya da sadece buhar distilasyonu ile elde edilebilmektedir. Bu yöntemler geleneksel ve en yaygın kullanılan yöntemlerdir [2]. Bununla birlikte bu yöntemlerin, yüksek enerji tüketimi, uzun ekstraksiyon süresi, ısıya duyarlı bileşiklerin bozulması gibi dezavantajları bulunmaktadır [3]. Uçucu yağların eldesinde maserasyon, anfloranj ve soğuk presin yanısıra çözücüler veya süper kritik akışkanlar ile ekstraksiyon gibi modern teknikler de kullanılmaktadır. Distilasyondan elde edilen verim düşük olduğunda maserasyon kullanılabilirken, anfloranj ve çözücü ekstraksiyonu hassas, pahalı ve ısıya duyarlı materyaller için kullanılmaktadır [2].

Antibakteriyel [4, 5, 6] özelliklerin yanı sıra uçucu yağların veya bileşenlerinin, antiviral [7, 8], antifungal [9, 10, 11], antioksidan [12] ve antibakteriyel [13] özellikleri de bulunmaktadır. Bu özelliklerin, bu bileşiklerin bitkilerdeki işlevleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir [14].

Uçucu yağlar, oldukça farklı konsantrasyonlarda yaklaşık 20-60 bileşen içerebilen çok karmaşık doğal karışımlardır. İz miktarlarda bulunan diğer bileşenlere kıyasla oldukça yüksek konsantrasyonlarda (% 20-70) iki veya üç ana bileşenle karakterize edilebilmektedir. Bu ana bileşenler genellikle uçucu yağların özelliklerini belirlemektedir [15].

Uçucu yağlar veya bileşenlerinden bazıları parfüm ve kozmetik ürünlerinde, sabun, şampuan, ve temizleme jeli gibi hijyen ürünlerinde, gıda endüstrisinde yiyecek ve içeceklerin lezzetlendirilmesinde ve ayrıca bitkisel yağlar ile karışımlar halinde aromaterapide kullanılmaktadır [2, 15].

Anadolu'da "tarhun" olarak bilinen *A. dracunculus*, Asteraceae (papatya) familyasına ait çok yıllık küçük bir çalı bitkisidir. Aromatik yaprakları baharat, salata ve çorbada kullanımı için yetiştirilmektedir [16]. Mutfak geleneklerinde uzun bir kullanım geçmişine sahip olan tarhun, sağlığa oldukça yararlı bir bitki olup bitkisel ilaç olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [17, 18]. Diğer taraftan uçucu yağın bileşimi, kullanılan ekolojik bölgeye bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir [17].

Akdeniz bölgesinin doğal bitkisi olan kişniş (*Coriandrum sativum*), Bangladeş, Hindistan, Rusya ve Orta Avrupa'da da doğal yayılış göstermektedir. Bitkinin kültürü de yapılmaktadır. Türkiye'de ise Mardin, Gaziantep, Burdur, Erzurum, Denizli ve Konya başta olmak üzere farklı illerde yaygın olarak bulunmakta ve çoğunlukla da tohum için yetiştirilmektedir [19]. Tohumlar yaklaşık olarak % 1 oranında uçucu yağ içerir ve ana bileşen bir monoterpenoid olan linalol'dür. Kişniş tohumu popüler bir baharat çeşididir. İnce öğütülmüş tohum, köri tozunun önemli bir bileşenidir. Kişniş tohumları, uçucu yağın özel bileşimi sayesinde hoş bir tada sahiptir. Kişniş uçucu yağı likör, kakao ve çikolata endüstrilerinde tatlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Kabul edilebilir kokusunu sınıfındaki diğer yağlardan daha uzun süre ve daha kararlı tutma avantajına da sahiptir [20, 21].

Bu çalışmada, Bayburt ilinden temin edilen tarhun (*Artemisia dracunculus*) ile Erzurum ilinden temin edilen kişniş (*Coriandrum sativum*) tohumu örneklerinin uçucu yağ kompozisyonu belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Araştırmada materyal olarak kullanılan tarhun (*Artemisia dracunculus*) örnekleri Bayburt'un Aydıntepe ilçesinden, kişniş (*Coriandrum sativum*) tohumu örnekleri ise Erzurum piyasasından temin edilmiştir. Kişniş tohumu ve laboratuvar koşullarında kurutulan tarhun, öğütülerek analizlere alınmıştır (Şekil 1).



a) Tarhun (*Artemisia dracunculus*)



b) Kurutulmuş tarhun (*Artemisia dracunculus*)



c) Kişniş (*Coriandrum sativum*) tohumu



d) Öğütülmüş kişniş (*Coriandrum sativum*) tohumu



e) Clevenger aparatı ile uçucu yağ eldesi



f) Elde edilen uçucu yağlar

Şekil 1. Tarhun (*Artemisia dracunculus*) ve kişniş (*Coriandrum sativum*) tohumundan uçucu yağ eldesi.

a. Uçucu Yağların Ekstraksiyonu

Bitki metaryallerinden uçucu yağ eldesinde clevenger aparatı kullanılmıştır. 100g kuru metaryal üzerine 1000 ml deiyonize su ilave edilmiş ve işlem 3 saatte gerçekleştirilmiştir. Elde edilen uçucu yağlar, susuz sodyum sülfat ile kurutulmuş ve 0,45µm por çaplı filtreden geçirilerek analiz gününe kadar -80 °C’de muhafaza edilmiştir [22].

b. Uçucu Yağların Bileşimlerinin Belirlenmesi

Uçucu yağların bileşiminin belirlenmesinde GC/MS (Agilent Technologies) kullanılmıştır. Analizde fırın şartları 70°C’den başlayarak dakikada 3 °C artışla 250 °C’ye çıkacak şekilde ayarlanmıştır. Sistemde kolon olarak HP-5MS (30m x 0,25mm x 0,25um), taşıyıcı gaz olarak ise 1 mL/dk akış hızıyla helyum kullanılmıştır. Sisteme 1 µL örnek enjekte edilmiş olup, enjeksiyon sıcaklığı 250°C’ye, MS transfer yüzeyi 280°C’ye ayarlanmış ve split (1:60) modda çalışılmıştır [23]. Enjeksiyon üç tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ortalama±standart sapma şeklinde sunulmuştur. Bileşenlerin tanımlanmasında kütle spektrometrisinin kütüphanesinden (NIST, WILEY, FLAVOR) ve standart miksdan de (Supelco 44585-U, Bellefonte PA, USA) yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

Tarhun ve kişniş tohumundan elde edilen uçucu yağların bileşimine ait ortalama değerler Tablo 1’de verilmiştir. 24 bileşenin her iki uçucu yağ içinde farklı oranlarda bulunduğu belirlenmiştir. Bu bileşenler sırasıyla aseton, hekzanal, 2-hekzanal, heptanal, α-thujen, α-pinen, kamfen, benzaldehit, β-thujen, α-fellandren, D-limonen, β-osimen, γ-terpinen, terpinolen, linalol, terpinen-4-ol, 2-metil-3-fenil-propanal, geraniol, 2,6-dimetil-2,6-oktadien, kopaen, metil öjenol, α-karyofillen, α-farnasen ve 6,10,14-trimetil-2-pentadekanon’dur. Bunun yanı sıra bazı bileşenler sadece bir uçucu yağ çeşidinde tespit edilmiştir. Yalnızca tarhun uçucu yağında tespit edilen 24 bileşen vardır. Bunlar, 3-metil-bütanal, 2-etil-furan, toluen, 2-etilfenol, β-terpineol, cis-p-menth-2-en-1-ol, allosimen, 2-metil-1-nonene-3-yne, estragol, 4-metoksi benzaldehit, 2,6-oktadienoik asit-3,7- dimetil,metil ester, 4-(2,6,6-trimetil-1-siklohekzen-1-yl)-3-buten-2-on, elemisin, allo-aromadendren, benzofenon, tau-muurolol, isoelemisin, α-bisabolol, 7-metoksikumarin, 2-propenal-3-(3,4-dimetoksifenil), 1,2-benzenedikarboksilik asit, bis(2-metilprofil)ester, hegzadekanik asit,metil ester, 9,12,15-oktadekatrienoik asit,metil ester ve fitol’dür (Tablo 1). Sadece kişniş uçucu yağında belirlenen bileşenler ise bütanal, pentanal, 3-karen, benzenemetanol, α,α,4 trimetil, 3-siklohekzen-1-metanol, α,α,4 trimetil, dekanal, 3,7-dimetil-6-okten-1-ol, 3,7-dimetil 2,6-oktadienal, α-sitral, 2-oktilfuran, 3-metil-4-isopropilfenol, mirtenil asetat, karyofillen ve 2-dodekenal’dır(Tablo 1).

Kişniş (*Coriandrum sativum*) tohumundan su distilasyonu ile elde edilen uçucu yağ, açık sarı bir renge ve ayırt edilebilir bir aromaya sahiptir. Bitkinin uçucu yağ bileşiminde 38 adet bileşen tespit edilmiştir. Majör uçucu yağ bileşeni linalol olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla γ-terpinen, alfa pinen, geraniol ve D-limonen izlemiştir (Tablo 1). Lavanta, (*Lavandula augustifolia* Mill), oğulotu (*Melissa officinalis* L.), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve limon otu (*Cymbopogon citratus* DC) gibi birkaç türün uçucu yağının ana bileşeni olarak bulunan [24], sedatif [25] ve anti-inflamatuvar [26] etkilere sahip bir monoterpen olan linalol, kişniş tohumu uçucu yağının ana bileşeni iken tarhun uçucu yağında düşük oranda belirlenmiştir. Turunçgillerden elde edilen uçucu yağların temel bir bileşeni ve güçlü antioksidan özellikte bir monoterpen olan γ-terpinen [27] ise kişniş tohumunun ikinci en yüksek oranda bulunan uçucu yağ bileşenidir ve tarhun uçucu yağında da belirlenmiştir. Çam reçinesinin [28] ve ayrıca biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağının [29] önemli bir bileşeni olan α-pinen ile portakal, limon, mandalina, greyfurt gibi narenciye kabuğu uçucu yağlarının temel bileşeni olan D-limonen [30] ve karakteristik gül benzeri bir kokuya sahip geraniol [31] gibi monoterpenler de kişniş tohumu uçucu yağının ana bileşenleri arasında yer almaktadır. Akgünlük (*Boswellia neglecta*) uçucu yağının ana bileşeni olan α-thujen [32] kişniş tohumunda ise oldukça düşük oranda tespit edilmiştir. Bütanal, pentanal, hekzanal, 2-hekzanal, heptanal, benzaldehit, kopaen, α-fellandren ve 3-karen ise yine oldukça düşük miktarda belirlenmiştir(Tablo 1).

Kişniş tohumu uçucu yağı birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. İran kişniş tohumu uçucu yağında en yüksek oranda linalol, ikinci en yüksek oranda α-thujen ve sırası ile γ-terpinen, p-simene, geranil asetat ve kumin aldehit bulunduğu belirlenmiştir [21]. Başka bir çalışmada İran kişniş tohumlarından elde edilen uçucu yağdaki bileşenler, linalol (%57,57), geranil asetat (%15,9), β-karyofillen (%3,26), kamfor (%3,02) ve p-simen (% 2,5) olarak saptanmıştır [33]. Küba kişniş tohumu uçucu yağında %54,57 linalol, %6,97 geraniol, %5,83 kamfor, %5,82 hegzadekanik asit, %4,96 geranil asetat, %4,08 γ-terpinen ve %2,32 α-terpineol [34] tespit edilmiştir. Cezayir kişniş tohumunda majör uçucu yağ bileşeni linalol (%73,11) olarak belirlenmiş ve bunu sırası ile p-mentha-1,4-dien-7-ol (%6,51), α-pinen (%3,41) ve neril asetatın (%3,22) izlediği bildirilmiştir [35]. Bangladeş’te kişniş tohumu uçucu yağı ana bileşenlerinin linalol (% 37,7), geranil asetat (%17,6) ve γ-terpinen (%14,4) olduğu diğer bir araştırmada ortaya konulmuştur [36]. Literatür ve mevcut çalışma, açıkça linalol’un kişniş tohumu uçucu yağının ana bileşenini oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, farklı coğrafyalarda yetiştirilen kişniş tohumlarının

uçucu yağ içeriğinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmaların genelinde geranil asetat [21, 33, 34, 36] tespit edilirken mevcut çalışmada tespit edilememiştir.

Bayburt ili Aydıntepe ilçesinden temin edilen tarhun (*Artemisia dracunculus*)’dan su distilasyonu ile elde edilen uçucu yağ açık yeşil bir renge ve ayırt edilebilen keskin bir kokuya sahiptir. Tarhunun uçucu yağ bileşiminde 48 adet bileşen belirlenmiştir. Major bileşen olarak estragol tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla metil öjenol, elemisin, isoelemisin, β -osimen, terpinen-4-ol ve D-limonen izlemektedir (Tablo 1). Estragol ve metil öjenol, tarhun, fesleğen, rezene, mercanköşk, topuz, yenibahar, yıldız anasonu ve anason gibi baharatların ortak bileşenleridir ve unlu mamullerde, alkolsüz içeceklerde, çeşnilerde, sert ve yumuşak şekerlemelerde lezzet verici maddeler olarak kullanılmaktadır. Alilalkoksibenzen türevi olan estragol ve metil öjenole nispeten yüksek seviyelere maruz bırakılan kemirgenlerde potansiyel kanserojen oldukları belirtilse de [37-41] geleneksel bir diyetin tüketimi sonucu düşük seviyelerde alınan bu maddelerin insanlar için önemli bir risk oluşturmadığı ortaya konmuştur [42]. Hindistancevizi (*Miristica fragrans*), maydanoz (*Petroselinum sativum*) ve elemi (*Canarium commune* L) uçucu yağlarının doğal bir bileşeni olan elemisin ise [43] tarhun uçucu yağının üçüncü en yüksek oranda bulunan bileşeni iken kişniş tohumu uçucu yağında belirlenememiştir. Birçok uçucu yağın yaygın bir bileşeni olan asiklik monotermen (E)- β -osimen ayrıca birçok çiçek kokusunun da bileşenidir. Bu bağlamda, genellikle diğer bileşiklerle birlikte, böceklerin dikkatini çekerek bir tozlaşma işlevi gören ayrıca kimyasal iletişim ve trofik etkileşimlerinde önemli rol oynayan [44] β -osimen, tarhun uçucu yağının önemli bir bileşenidir. Bu bileşen kişniş tohumu uçucu yağında oldukça düşük bir oranda tespit edilmiştir (Tablo 1). Tarhun uçucu yağının bir diğer önemli bileşeni olan terpinen-4-ol, çay ağacı yağının ana biyoaktif bir bileşenidir ve portakal, mandalina ve karabiber gibi aromatik bitkilerde de bulunmaktadır. Bakterisidal [45], antifungal [46], anti-inflamatuvar [47] anti-konvülsan [48] anti-tümör ve anti-kanser [49] gibi birçok farmakolojik aktiviteye sahip bir monotermen olan terpinen-4-ol, kişniş tohumu uçucu yağında da düşük oranlarda belirlenmiştir. D-limonen, tarhun ve kişniş tohumu uçucu yağında birbirine yakın oranlarda belirlenmiştir (Tablo 1). Narenciye yağlarının ana bileşeni olan D-limonen, limon benzeri hoş bir kokuya sahip olduğu için kozmetiklerde, yiyeceklerde ve endüstriyel çözücülerde aroma/koku katkı maddesi olarak yaygın şekilde kullanılan bir monoterpendir [50]. Limonen, kemirgenlerde spontan ve kimyasal olarak indüklenen meme, cilt, karaciğer ve akciğer kanserlerine karşı kemopreventif aktiviteye sahiptir [51]. 3-metil-bütanal, 2-etil-furan, toluen, heksanal, heptanal, 2-etil-fenol, benzaldehit, α -fellandren, 1,2-benzendikarboksilik asit,bis (2-metilpropil) ester, heksadekanoik asit,metil ester, 9,12,15-oktadekatrienoik asit,metil ester ise tarhun uçucu yağında oldukça düşük oranlarda tespit edilmiştir (Tablo 1).

Literatürde tarhun uçucu yağının bileşiminin incelendiği birçok çalışma vardır. Türk tarhunun uçucu yağ bileşimini incelendiği çalışmada [16], (Z)-anetol (%81), (Z)- β -osimen (%6,5), (E)- β -osimen (%3,1), limonen (%3,1) ve metil öjenol (%1,8) ana bileşenler olarak belirlenmiştir. Küba kökenli tarhun uçucu yağında ise ana bileşenler olarak elemisin (%53) ve metil öjenol (%17,6) tespit edilmiştir [52]. Kuzey Amerika *A. dracunculus* popülasyonlarında, (Z)- β -osimen, metil öjenol, metil kavikol ve α -terpinolen ana bileşenler olarak belirlenirken, Kırgızistan kaynaklı tarhun uçucu yağının ise mirsen, (Z)-artemidin ve limonen içeriği ile benzersiz bir profile sahip olduğu belirtilmiştir. Fransız tarhun örneklerinden elde edilen uçucu yağın ise yaklaşık olarak % 80 oranında metil kavikol içerdiği saptanmıştır [53]. Batı Kanada kaynaklı *A. dracunculus* uçucu yağının metil kavikol (%16,2) ve metil öjenol (%35,8) gibi fenilpropanoidleri içerdiği rapor edilmiştir [54]. Mevcut bu çalışmada metil kavikol, mirsen ve (Z)-artemidin tespit edilemezken, primer bileşen olarak estragol olmakla birlikte Küba tarhunun uçucu yağ bileşiminde bulunan elemisin varlığı tespit edilmiştir (Tablo 1). İran’ın Karadj Bölgesinden toplanan tarhunun uçucu yağının bileşimi incelendiğinde ana bileşenlerin *trans*-anetol (%21,1), α -*trans*-osimen (%20,6), limonen (%12,4), α -pinen (%5,1), alloosimen (%4,8), metil öjenol (%2,2), β -pinen (%0,8), α -terpinolen (%0,5), bornil acetate (%0,5) ve bisiklogermakren (%0,5) olduğu belirlenmiştir [55]. Mevcut bu çalışmada incelenen tarhun uçucu yağ bileşiminde *trans*-anetol, α -terpinolen, bornil asetat ve bisiklogermakren bileşenleri tespit edilememiştir. Uçucu yağların ana bileşenleri bitki metaryalinin orijinine bağlı olarak değişiklik göstermektedir [17, 18]. Metil öjenol, estragol, elemisin ve terpinolen, çeşitli bölgesel “çeşitler” arasında yaygın olarak bulunan bileşenlerdir [17].

Tablo 1. Tarhun ve kişniş tohumu uçucu yağlarının bileşimi (AUx10⁻⁶).

Uçucu bileşen	Tarhun	Kişniş
Aseton	106,56±13,25	109,88±11,52
Bütanal	-	1,19±0,35
3-metil-bütanal	3,73±0,39	-
Pentanal	-	0,58±0,07
2-etil-furan	5,75±0,51	-
Toluen	2,13±0,05	-
Hekzanal	6,26±0,62	3,01±0,34
2-Hekzenal	14,19±1,16	0,70±0,35
Heptanal	5,11±0,22	4,89±0,98
2-etil-fenol	0,91±0,0755	-
α -thujen	24,59±3,79	8,60±0,96
α -pinen	114,4±4,64	511,85±43,32
Kamfen	11,16 ±0,89	61,26±6,76
Benzaldehit	5,17±0,55	1,91±0,58
β -thujen	166,92±11,43	124,77±13,77
α -fellandren	9,76±0,76	4,82±0,50
3-karen	-	4,47±0,74
D-limonen	366,20±17,55	320,49 ±64,27
β -osimen	1237,21±85,02	27,21±2,59
γ -terpinen	187,27±16,65	797,23±90,22
β -terpineol	33,88 ±9,37	-
Terpinolen	129,92±9,94	80,14±11,35
Linalol	58,52±11,05	10528,66±977,05
cis-p-Menth-2-en-1-ol	26,96±1,71	-
Alloosimen	73,69±5,14	-
2-metil-1-nonene-3-yne	26,03 ±2,29	-
Terpinen-4-ol	382,08±16,72	64,19±10,36
$\alpha,\alpha,4$ trimetil –benzenemetanol	-	5,15±1,49
$\alpha,\alpha,4$ trimetil,3-siklohekzen-1-metanol	-	66,72±7,04
Dekanal	-	19,76±2,79
Estragol	11242,28±301,18	-
3,7-dimetil-6-okten-1-ol	-	62,90±7,20
3,7-dimetil-2,6-oktadienal	-	8,75±1,31
2-metil-3-fenil- propanal	51,65±3,38	9,38±1,53
4-metoksi benzaldehit	26,78±14,21	-
Geraniol	16,66±2,68	342,31±33,49
α -sitral	-	28,51±9,34
2-oktilfuran	-	5,39±0,83
3-metil-4-isopropilfenol	-	57,97±7,24
2,6-Oktadienoik asit,3,7-dimetil metil ester(metil geranat)	19,23±0,39	-
Mirtenil asetat	-	22,63±2,48
2,6-dimetil-2,6-oktadien	221,06±6,40	11,75±1,23
Kopaen	27,41±4,66	1,5±0,17
Metil öjenol	4457,22±81,61	56,85±4,49
Karyofillen	-	14,67±0,24
α -karyofillen	41,82±12,06	5,92±0,90
2-Dodekenal	-	56,98±4,02
4-(2,6,6-trimetil -1-siklohekzen-1-yl)-3-buten-2-on	107,70±0,63	-
α -Farnesen	38,99±0,70	6,12±1,89
Elemisin	2879,94±25,01	-
Allo-aromadendren	40,06±0,60	-
Benzofenon	43,09±14,12	-
tau-Murolol	100,62±1,29	-
Isoelemisin	2206,36±20,88	-
α -Bisabolol	50,24±7,21	-
7-metoksikoumarin	36,70±2,20	-
3-(3,4-dimetoksifenil)-2-propenal	8,68±2,05	-
6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	23,46±0,96	8,33±4,97
1,2-Benzendikarboksilik asit, bis (2-metilpropil) ester	6,91±0,98	-
Hekzadekanoik asit, metil ester	2,67±0,72	-
9,12,15-Oktadekatrienoik asit, metil ester	5,69±1,13	-
Fitol	157,49±37,31	-

Sonuçlar her bir uçucu yağ için üç tekrarı ortalaması olarak ifade edilmiştir Arbitrary Area Units ($\times 10^{-6}$).

4. SONUÇLAR

Kişniş tohumu uçucu yağının en önemli bileşeni linalol'dür. Tarhun uçucu yağının major bileşeni ise estragol olup bunu sırasıyla metil öjenol, elemisin, isoelemisin, β -osimen, terpinen-4-ol ve D-limonen izlemektedir. Sonuç olarak, uçucu yağ bileşenlerindeki farklılıkların türler arasındaki genetik farklılıklardan ve ekolojik koşullardan kaynaklandığı ve söz konusu uçucu yağların özellikle gıda, ilaç, kozmetik ve parfüm endüstrilerinde çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu kanaatine varılmıştır. Bölgemizde yetişen bitkilerden elde edilen, ticari değeri olan bu iki uçucu yağın ihtiyaç duyulan sektörlere kazandırılmasının ekonomiye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından (Proje no:116O756) desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Bayrak, A . (1985). Turunçgil uçucu yağları ve aromalarına etkili bazı bileşenler. Gıda, 10 (1) . Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/gida/issue/6924/92497>.
- [2] Ríos, J. L. (2016). Essential oils: What they are and how the terms are used and defined. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 3-10). Academic Press.
- [3] Dima, C., & Dima, S. (2015). Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion in Food Science*, 5, 29-35.
- [4] Deans, S. G., & Ritchie, G. (1987). Antibacterial properties of plant essential oils. *International journal of food microbiology*, 5(2), 165-180.
- [5] Kalemba, D. A. A. K., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*, 10(10), 813-829.
- [6] Soković, M., Glamočlija, J., Marin, P. D., Brkić, D., & van Griensven, L. J. (2010). Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. *Molecules*, 15(11), 7532-7546.
- [7] Koch, C., Reichling, J., Schneele, J., & Schnitzler, P. (2008). Inhibitory effect of essential oils against herpes simplex virus type 2. *Phytomedicine*, 15(1-2), 71-78.
- [8] Orhan, İ. E., Özçelik, B., Kartal, M., & Kan, Y. (2012). Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. *Turkish Journal of Biology*, 36(3), 239-246.
- [9] Soylu, E. M., Kurt, Ş., & Soylu, S. (2010). In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *International Journal of Food Microbiology*, 143(3), 183-189.
- [10] Akgül, A., & Kivanc, M. (1988). Inhibitory effects of selected Turkish spices and oregano components on some foodborne fungi. *International Journal of Food Microbiology*, 6(3), 263-268.
- [11] Paranagama, P. A., Abeysekera, K. H. T., Abeywickrama, K., & Nugaliyadde, L. (2003). Fungicidal and anti-aflatoxigenic effects of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.(lemongrass) against *Aspergillus flavus* Link. isolated from stored rice. *Letters in Applied Microbiology*, 37(1), 86-90.
- [12] Graßmann, J., Hippelia, S., Dornischa, K., Rohnerta, U., Beuscherb, N., & Elstnera, E. F. (2000). Antioxidant properties of essential oils. *Arzneimittelforschung*, 50(02), 135-139.
- [13] Ultee, A., & Smid, E. J. (2001). Influence of carvacrol on growth and toxin production by *Bacillus cereus*. *International journal of food microbiology*, 64(3), 373-378.
- [14] Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- [15] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- [16] Kordali, S., Kotan, R., Mavi, A., Cakir, A., Ala, A., & Yildirim, A. (2005). Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and

- antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculoides*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(24), 9452-9458.
- [17] Obolskiy, D., Pischel, I., Feistel, B., Glotov, N., & Heinrich, M. (2011). *Artemisia dracunculoides* L.(tarragon): a critical review of its traditional use, chemical composition, pharmacology, and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11367-11384.
- [18] Abad, M. J., Bedoya, L. M., Apaza, L., & Bermejo, P. (2012). The *Artemisia* L. genus: a review of bioactive essential oils. *Molecules*, 17(3), 2542-2566.
- [19] İzgi, M. N. (2017). Farklı kişniş (*Coriandrum sativum* L.) popülasyon ve çeşitlerinde sıra arası mesafesinin tarımsal özellikleri ve sabit yağ oranına etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 318-322.
- [20] Diederichsen, A. (1996). *Coriander: Coriandrum Sativum* L (Vol. 3). Bioversity International.
- [21] Eikani, M. H., Golmohammad, F., & Rowshanzamir, S. (2007). Subcritical water extraction of essential oils from coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 80(2), 735-740.
- [22] Chatzifragkou, A., Petrou, I., Gardeli, C., Komaitis, M., & Papanikolaou, S. (2011). Effect of *Origanum vulgare* L. essential oil on growth and lipid profile of *Yarrowia lipolytica* cultivated on glycerol-based media. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(12), 1955-1964.
- [23] Telci, İ., Hışıl, Y. 2008. "Biomass Yield and Herb Essential Oil Characters at different Harvest Stages of Spring and Autumn Sown *Coriandrum sativum*", *European Journal of Horticultural Science*, 73, 267-272.
- [24] Linck, M.V., da Silva, A. L., Figueiró, M., Piato, A. L., Herrmann, A. P., Birck, F. D., ... & Elisabetsky, E. (2009). Inhaled linalool-induced sedation in mice. *Phytomedicine*, 16(4), 303-307.
- [25] Sugawara, Y., Hara, C., Tamura, K., Fujii, T., Nakamura, K. I., Masujima, T., & Aoki, T. (1998). Sedative effect on humans of inhalation of essential oil of linalool:: Sensory evaluation and physiological measurements using optically active linalools. *Analytica Chimica Acta*, 365(1-3), 293-299.
- [26] Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., & Moretti, M. D. L. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*, 9(8), 721-726.
- [27] Suzuki, Y., Sakai, H., Shimada, T., Omura, M., Kumazawa, S., & Nakayama, T. (2004). Characterization of γ -terpinene synthase from *Citrus unshiu* (*Satsuma mandarin*). *BioFactors*, 21(1-4), 79-82.
- [28] Yang, J., Nie, Q., Ren, M., Feng, H., Jiang, X., Zheng, Y., ... & Xian, M. (2013). Metabolic engineering of *Escherichia coli* for the biosynthesis of alpha-pinene. *Biotechnology for biofuels*, 6(1), 60.
- [29] Gachkar, L., Yadegari, D., Rezaei, M. B., Taghizadeh, M., Astaneh, S. A., & Rasooli, I. (2007). Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food chemistry*, 102(3), 898-904.
- [30] Ciriminna, R., Lomeli-Rodriguez, M., Cara, P. D., Lopez-Sanchez, J. A., & Pagliaro, M. (2014). Limonene: a versatile chemical of the bioeconomy. *Chemical Communications*, 50(97), 15288-15296.
- [31] Chen, W., & Viljoen, A. M. (2010). Geraniol—a review of a commercially important fragrance material. *South African Journal of Botany*, 76(4), 643-651.
- [32] Başer, K. H. C., Demirci, B., Dekebo, A., & Dagne, E. (2003). Essential oils of some *Boswellia* spp., myrrh and opopanax. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(2), 153-156.
- [33] Khani, A., & Rahdari, T. (2012). Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Coriandrum sativum* seeds against *Tribolium confusum* and *Callosobruchus maculatus*. *ISRN pharmaceuticals*, 2012.
- [34] Pino, J. A., Rosado, A., & Fuentes, V. (1996a). Chemical composition of the seed oil of *Coriandrum sativum* L. from Cuba. *Journal of essential oil research*, 8(1), 97-98.
- [35] Zoubiri, S., & Baaliouamer, A. (2010). Essential oil composition of *Coriandrum sativum* seed cultivated in Algeria as food grains protectant. *Food chemistry*, 122(4), 1226-1228.
- [36] Bhuiyan, M. N. I., Begum, J., & Sultana, M. (2009). Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 4(2), 150-153.
- [37] De Vincenzi, M., Silano, M., Maialetti, F., & Scazzocchio, B. (2000). Constituents of aromatic plants: II. Estragole. *Fitoterapia*, 71(6), 725-729.

- [38] Johnson, J. D., Ryan, M. J., Toft, J. D., Graves, S. W., Hejtmancik, M. R., Cunningham, M. L., ... & Abdo, K. M. (2000). Two-year toxicity and carcinogenicity study of methyleugenol in F344/N rats and B6C3F1 mice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(8), 3620-3632.
- [39] Zeller, A., Horst, K., & Rychlik, M. (2009). Study of the metabolism of estragole in humans consuming fennel tea. *Chemical research in toxicology*, 22(12), 1929-1937.
- [40] Gori, L., Gallo, E., Mascherini, V., Mugelli, A., Vannacci, A., & Firenzuoli, F. (2012). Can estragole in fennel seed decoctions really be considered a danger for human health? A fennel safety update. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.
- [41] Williams, G. M., Iatropoulos, M. J., Jeffrey, A. M., & Duan, J. D. (2013). Methyleugenol hepatocellular cancer initiating effects in rat liver. *Food and chemical toxicology*, 53, 187-196.
- [42] Smith, R. L., Adams, T. B., Doull, J., Feron, V. J., Goodman, J. I., Marnett, L. J., ... & Caldwell, J. (2002). Safety assessment of allylalkoxybenzene derivatives used as flavouring substances—methyl eugenol and estragole. *Food and chemical Toxicology*, 40(7), 851-870.
- [43] De Vincenzi, M., De Vincenzi, A., & Silano, M. (2004). Constituents of aromatic plants: elemicin. *Fitoterapia*, 75(6), 615-618.
- [44] Yildizhan, S., & Schulz, S. (2011). Easy access to (E)- β -ocimene. *Synlett*, 2011(19), 2831-2833.
- [45] Loughlin, R., Gilmore, B. F., McCarron, P. A., & Tunney, M. M. (2008). Comparison of the cidal activity of tea tree oil and terpinen-4-ol against clinical bacterial skin isolates and human fibroblast cells. *Letters in applied microbiology*, 46(4), 428-433.
- [46] Mondello, F., De Bernardis, F., Girolamo, A., Cassone, A., & Salvatore, G. (2006). In vivo activity of terpinen-4-ol, the main bioactive component of *Melaleuca alternifolia* Cheel (tea tree) oil against azole-susceptible and-resistant human pathogenic *Candida* species. *BMC infectious diseases*, 6(1), 158.
- [47] Pazyar, N., Yaghoobi, R., Bagherani, N., & Kazerouni, A. (2013). A review of applications of tea tree oil in dermatology. *International Journal of Dermatology*, 52(7), 784-790.
- [48] De Sousa, D. P., Nóbrega, F. F., de Moraes, L. C., & de Almeida, R. N. (2009). Evaluation of the anticonvulsant activity of terpinen-4-ol. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 64(1-2), 1-5.
- [49] Shapira, S., Pleban, S., Kazanov, D., Tirosch, P., & Arber, N. (2016). Terpinen-4-ol: A novel and promising therapeutic agent for human gastrointestinal cancers. *PLoS One*, 11(6), e0156540.
- [50] Kim, Y. W., Kim, M. J., Chung, B. Y., Bang, D. Y., Lim, S. K., Choi, S. M., ... & Kim, K. B. (2013). Safety evaluation and risk assessment of d-limonene. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 16(1), 17-38.
- [51] Crowell, P. L., Ayoubi, A. S., & Burke, Y. D. (1996). Antitumorigenic effects of limonene and perillyl alcohol against pancreatic and breast cancer. In *Dietary Phytochemicals in Cancer Prevention and Treatment* (pp. 131-136). Springer, Boston, MA.
- [52] Pino, J. A., Rosado, A., Correa, M. T., & Fuentes, V. (1996b). Chemical composition of the essential oil of *Artemisia dracuncululus* L. from Cuba. *Journal of Essential Oil Research*, 8(5), 563-564.
- [53] Eisenman, S. W., Juliani, H. R., Struwe, L., & Simon, J. E. (2013). Essential oil diversity in North American wild tarragon (*Artemisia dracuncululus* L.) with comparisons to French and Kyrgyz tarragon. *Industrial crops and products*, 49, 220-232.
- [54] Lopes-Lutz, D., Alviano, D. S., Alviano, C. S., & Kolodziejczyk, P. P. (2008). Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, 69(8), 1732-1738.
- [55] Sayyah, M., Nadjafnia, L., & Kamalinejad, M. (2004). Anticonvulsant activity and chemical composition of *Artemisia dracuncululus* L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(2-3), 283-287.



MOORA Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Ceza İnfaz Kurumu için Yer Seçimi: Sivas İli Örneği

Ahmet Eren KAŞAK¹, Mürsel ERDAL^{*2}

¹Adalet Bakanlığı, Ceza ve Tevkifevleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

MOORA yöntemi
Yer seçimi
Ceza İnfaz Kurumu

Özet

Bu çalışmada, ceza infaz kurumu için Sivas ilinde önerilen 6 alternatif arazi arasından en uygun olanı seçilmeye çalışılmıştır. Ceza infaz kurumunun yer seçiminde etkili olabilecek kriterler belirlenmiş ve uzman görüşleri doğrultusunda ağırlıklandırılmıştır. En uygun alternatifi seçmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden MOORA yöntemi kullanılmıştır. MOORA yöntemiyle alternatif araziler uygunluklarına göre sıralanmış ve sonuçta Kılavuz Mahallesi 181 nolu adada bulunan araziye ceza infaz kurumu yapılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Location Selection for the Penitentiary Institution by Using the MOORA Multi Criteria Decision Making Method: The Case of Sivas Province

Keywords:

Method of MOORA
Location selection
Penitentiary
Institution

Abstract

In this study, factors that are important to select the location of penitentiary institutions are determined and they are weighted according to critics of experts. In order to select the most appropriate alternative, MOORA method, which is one the multi-criteria decision making methods, is used. Alternative locations are ranked according to their suitability, using the MOORA method. As a result it is decided to build the penitentiary institution at Kılavuz Street, 181th block number.

1. GİRİŞ

Ceza infaz kurumları, hükümlü ve tutukluların devlet tarafından konuldukları, belirli güvenlik kriterleri bulunan, sağlık, eğitim, rehabilitasyon, spor ve iş imkanlarının yine belirli kriterlere göre sunulduğu ve cezaların infazının sağlandığı kurumlardır [1].

Ceza infaz kurumları, yüksek maliyetleri nedeniyle yatırım planlamalarında önemli bir konuma sahiptirler. Ayrıca kapalı ceza infaz kurumlarının sadece yapım sürelerinin ortalama 2 yıl olduğu ve bu süre içerisinde sürekli tutuklu hükümlü sayılarında önemli artışların olacağı düşünüldüğünde çok ciddi bir planlama gerektiği ortadadır [2].

Yasalar, rejimler, hatta inanışlar bile çok çabuk değişebilmektedir. Ancak binalar, onları oluşturan fikirlerden daha uzun yaşarlar [3]. Gerçekten de tasarım aşamasında sahip olunan düşüncelerin sonucu olan yapılar, düşüncelerin değişmesinden sonra da aynı şekilde hizmet vermektedir. Düşük verimli, yani kötü tasarlanmış bir bina ile iyi tasarlanmış bir binanın yapım bedelleri yaklaşık aynıdır. Ancak iyi tasarlanmış bir binanın işleyişi daha ekonomiktir [4].

Kuruluş yeri seçim süreci; alternatiflerin tanımlanması, analizi, değerlendirilmesi ve nihai seçimin yapılması aşamalarından oluşmaktadır [5].

İşletmelerin yer seçimi planlanırken en önemli kriter kâr marjının maksimize edileceği çözümler olurken, ceza infaz kurumu yer seçiminde en önemli kriter güvenlik ve infaz hizmetlerinin en iyi şekilde gerçekleştirilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır [2].

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden MOORA (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis) yöntemi ile ilgili olarak birçok farklı alanda en verimli seçeneğin tercih edilebilmesi için çalışmalar yapılmıştır [6-20].

Özbek ve Erol (2016), işletmelerin stratejilerine uygun depo yeri seçiminin ciddiye alınması gereken önemli bir karar olduğunu belirterek, depo yeri karar probleminin çözüm sunmak amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, BAT, COPRAS ve MOORA tekniklerinin kullanıldığı bütünlük bir model önermişlerdir [21].

Aktepe ve Ersöz (2014), çalışmalarında depo yeri seçim modelini, ürünlerin dağıtım ağı verimliliğine katkı vermek ve lojistik maliyetlerini minimize etmek amacıyla geliştirmişlerdir. Çalışmada, depo seçim probleminin çözümüne yönelik AHP, VIKOR ve MOORA yöntemlerini sentezleyerek 11 farklı seçenek arasından en uygun depo yerini belirlemişlerdir [22].

Bulut (2017), çalışmasında yabancı yatırımcılar açısından yatırım yapılacak en uygun organize sanayi bölgesinin seçilmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden MULTIMOORA yöntemini kullanmıştır [23].

Dey vd. (2015), depo yeri seçiminde TOPSIS, BAT ve MOORA yöntemlerini subjektif ve objektif ölçütlerle kullanmıştır [24].

Gorener vd. (2013), çalışmalarında, yeni bir banka şubesi için şube yeri seçim kararını desteklemek için entegre bir model geliştirmişlerdir. Değerlendirme kriterlerine öncelik vermek amacıyla AHP tekniğini uygulamışlar ve banka şubelerinin konum sıralamasında alternatifler için MOORA yöntemi temelinde çok amaçlı optimizasyon uygulanmıştır [25].

Hamzaçebi vd. (2016) çalışmalarında, Karadeniz bölgesinde lojistik merkezlerinin kurulmasına uygun olabilecek illeri, MOORA Metodu ile 10 farklı kriter kullanarak belirlenmişlerdir. Samsun, lojistik merkezini kurmak için yapılan analiz sonuçlarında ilk sırada yer alırken, Trabzon ve Zonguldak, lojistik merkez inşa etmek için uygun şehirler olarak kabul edilmiştir [26].

Bu çalışmada, yüksek maliyetli kamu binalarından olan cezaevi için Sivas ilinde önerilen 6 alternatif arazi arasından MOORA çok kriterli karar verme yöntemiyle en uygun yer seçilmeye çalışılmıştır. Cezaevinin yer seçiminde etkili olabilecek kriterler belirlenmiş ve uzman görüşleri doğrultusunda ağırlıklandırılmıştır. Alternatif araziler uygunluklarına göre sıralanmış ve sonuçta Kılavuz Mahallesi 181 nolu adada bulunan araziye cezaevi yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

2. CEZA İNFAZ KURUMU YER SEÇİMİ İÇİN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

Ceza infaz kurumları, 5275 sayılı Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanunun ilgili kısımlarında da belirtildiği üzere; hükümlülerin infaz sisteminin temel ilkelerine uyularak güvenli bir şekilde barındırıldıkları ve temel amacının hükümlünün yeniden suç işlemesini engelleyerek infaz sonrası sosyal yaşama uyumlu bir birey olmasını sağlayan eğitim çalışmalarının yapıldığı kurumlardır [1, 2].

Ceza infaz kurumları ülke genelinde bu zamana kadar 23 farklı tipte inşa edilmiştir. Ancak günümüzde yapımı devam eden 7 tip bulunmaktadır. Bunlar; Yüksek Güvenlikli, L, S, T, R, Açık, Çocuk ve Kadın ceza infaz kurumlarıdır (Şekil 1).

Gerek hükümlü profili, gerekse de bölge koşulları göz önünde bulundurularak ülke genelinde ihtiyaç duyulan bölgelerde ceza infaz kurumu için çalışmalar yapılmaktadır. Süreç içerisinde incelenen parsellerin ceza infaz kurumu yapımına uygunluğunun belirlenmesi için öncelikle alanında uzman personeller tarafından değerlendirme kriterleri ve bu kriterlere ait ağırlık oranları belirlenmiştir. Ardından alternatifler arasında en uygun seçeneğin belirlenmesine çalışılmıştır. Uzman personeller ile yapılan anket çalışması sonucu belirlenen kriterler ile ilgili ön bilgiler aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 1. Ceza infaz kurumu örneği

a. Altyapı için gerekli harcamalar

Altyapı başlığı altında aklımıza ilk olarak su, elektrik ve doğalgaz temini ile kanalizasyon hatları gelmektedir. 24 saat esaslı çalışan ceza infaz kurumlarında su kesintisi, kurum içerisinde istenmeyen olaylara sebebiyet vermektedir.

İncelenen taşınmaz yakınında ilgili belediyeler tarafından inşa edilen su isale hattının bulunması durumunda taşınmaz içi bağlantılarla su temin edilmektedir. Ancak, örneğin il/ilçe merkezinden uzak bir konumda ceza infaz kurumu inşa edilmesi halinde ilgili belediyenin bu alana isale hattı inşa etmesi hem maliyeti artıracak, hem de yapım süresini uzatacaktır.

b. Yüzey eğimleri

Ceza İnfaz Kurumları, geniş oturma alanına sahip yapılar olması nedeniyle yüzeydeki küçük kot değişiklikleri dahi çok büyük kazı ve dolgu maliyeti meydana getirebilmektedir. Vaziyet planı çalışmasında bu denli geniş oturma alanına sahip yapıların oturtulmasında yapı uzun kenarının nispeten daha az eğimli doğrultuda oturtulması, kazı ve dolgu maliyetlerini düşürmektedir. Kendi içerisinde +/- eğime sahip parsellerde dengeleme seçeneği ise ancak dolgu yapılacak malzemenin istenilen nitelikte olmasına bağlıdır.

c. Taşınmaz genişliği

Ceza infaz kurumları, ana bina dışında nizamiye binası, ziyaretçi kabul binası, ısı merkezi, jandarma binası ile lojmanlardan oluşmaktadır. Açık ceza infaz kurumlarında ise bu yapılara ilave olarak geniş atölyeler inşa edilmektedir. Bu nedenle önerilen taşınmazların büyüklüğü, vaziyet planı çalışmasında kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca gelecek yıllarda bölgede yeni ceza infaz kurumuna ihtiyaç duyulması halinde mevcut arazinin genişliği, aynı parselde ikinci bir ceza infaz kurumunun yapımına imkân sağlayabilmektedir.

d. İşyurdu faaliyetlerine elverişliliği

Parsel üzerinde bölgede üretilebilecek nitelikte ürünler için gerekli atölyelerin inşa edilmesi halinde işyurdu faaliyetleri sonucu hem hükümlüler meslek edinecek, hem de devlete gelir kaynağı oluşacaktır. Bu sebeple önerilen taşınmazın bulunduğu bölge koşulları da ceza infaz kurumu yapımı için ön inceleme aşamasında dikkate alınmaktadır.

e. Taşınmaz üzerinde yıkılması gereken yapı alanı

Ceza infaz kurumu yapımı için önerilen parsellerde hâlihazırda yapıların bulunması halinde öncelikle bu yapıların korunarak kurumun ihtiyaçları doğrultusunda kullanılması düşünülmelidir. Ancak yapılar, ceza infaz kurumu

yapımına engel konumda yer alması halinde yıkılması gerekecektir. Bu durumda yıkım için gereken ilave maliyetler arazi seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.

f. İl veya ilçe merkezine ulaşım

Ceza infaz kurumları, 24 saat esaslı çalışması nedeniyle sürekli olarak dışarıdan malzemeye ihtiyaç duymaktadır. Başlıca gıda, temizlik ve bakım onarıma esas ihtiyaçların karşılanmasında bölge merkezlerine mesafe önemlidir. Yine kurumda görevli personellerin bölge merkezinde kalmaları halinde kuruma ulaşımında yaşayacakları sıkıntılar, çalışma performanslarına da etki edecektir. Bu nedenle bölge merkezlerinden çok uzakta ceza infaz kurumu inşa edilmemektedir.

g. Çevre parsellerdeki en yakın yapılaşmalar

Ceza infaz kurumları, güvenliğin ön planda bulunduğu yapılardır. Bu nedenle kurum çevresindeki sirkülasyon daima bir tehdit olarak algılanmaktadır. Uzun yıllar önce inşa edilmiş ve bölgenin gelişmesi nedeniyle çevresi yapılarla dolmuş olan ceza infaz kurumları, yasaklı madde girişi ile güvenlik zafiyetleri bakımından her zaman risk taşımaktadır. Benzer durumlarla karşılaşılması adına arsa araştırılmasında bu hususa dikkat edilmelidir.

h. Zemin güçlendirme maliyetleri

Güvenlik nedeniyle tamamen betonarme duvarlardan oluşan ceza infaz kurumları, bina ağırlığı nedeniyle taşıma gücü yüksek zeminler üzerine inşa edilmektedir. Aksi takdirde zeminin farklı büyüklükteki oturmaları nedeniyle yapıda çatlaklar meydana gelebilmektedir. Bu durum ayrıca güvenlik zafiyetine de sebep olmaktadır. Bu nedenle arazi inceleme sürecinde yapılacak zemin etütleri doğru analiz edilmelidir.

i. Mevsimsel koşulların uygunluğu

Ceza infaz kurumları, dinamik yapısı gereği sürekli sevk ve nakillerin olduğu kurumlardandır. Özellikle adliye ve hastane arası ulaşımın sürekli sorunsuz olması gerekmektedir. Yılın belirli dönemlerinde ulaşımın sağlanamadığı ya da zorluklarla sağlandığı bir bölgede ceza infaz kurumu inşa edilmesi hem güvenlik zafiyetine sebep olabilmekte, hem de tutuklu ve hükümlülerin ziyaretçileri düşünüldüğünde sıkıntılara yol açabilmektedir. Bu nedenle arsa incelemesi aşamasında bölgenin mevsimsel koşulları hakkında geniş bilgi alınmalı ve bilgiler iyi analiz edilmelidir.

3. MOORA ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ

MOORA yöntemi, 2006 yılında Willem Karel M.BRAUERS ve Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS tarafından tanıtılmıştır. Diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre daha yeni sayılan bu metot, kısa sürede birçok farklı sektörde uygulama alanı bulmuştur [27].

MOORA yöntemi, kısa sürede çözüme ulaşma ve güvenilir sonuçlar vermesi gibi özellikleri ile diğer yöntemlerden ayrılmaktadır [20]. MOORA yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Adım-1: Önemliliği Verilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması ile Normalizasyon ve Ağırlıklandırma İşleminin Yapılması

Alternatif sayıları (i) ve belirlenen kriterler kullanılarak (j) oluşturulan matriste her kriter sütunundaki değerlerin kareleri hesaplanarak toplanmaktadır. Elde edilen bu sayının karekökü alınmaktadır. Ardından her bir kriter, bir önceki basamakta elde edilen sayıya bölünerek normalize edilmektedir [28] (Denklemler 1, 2). Karar matrisinin normalize edilmesi neticesinde elde edilen her bir kriter, ait olduğu alternatifin ağırlık katsayısı (w) ile çarpılmaktadır.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

Adım-2: Kriterlerin Analizi, Maksimum ve Minimum Sınıflandırmasının Yapılması

Kriterlerin tercih edilecek özelliğinin minimum ya da maksimum olmalarına göre sınıflandırılmasının ardından her bir grup kendi içerisinde toplanır. Daha sonra her bir alternatifte ait maksimum değerlerden minimum değerler çıkartılır (Denklem 3). Bu denklemde $j:1,2,3,\dots,g$ değerleri maksimize edilecek değerleri, $j:g+1, g+2, g+3,\dots,n$ değerleri ise minimize edilecek değerleri temsil etmektedir.

Her bir alternatifte ait elde edilen sayılar arasında sayısal büyüklüğe göre bu aşamada bir sıralama yapılması mümkün olup bu işlem “Oran Metodu İle Sıralama” olarak da adlandırılmaktadır [29].

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g s_j x_{ij}^{**} - \sum_{j=g+1}^n s_j x_{ij}^* \quad (3)$$

Adım-3: Referans Noktalarının Belirlenmesi ve Her Kriterin Referans Noktalarına Uzaklığının Tespiti

Oran metodundaki tüm işlemler yapıldıktan sonra bulunan maksimum ya da minimum noktalara (referans noktalarına) o sütundaki değerlerin uzaklıkları belirlenir. Oluşturulan yeni matrise “TechebycheffMin-Maks Metris” işlemi (Denklem 4) uygulanır [30].

$$\min_i \{maks_j (|r_j - x_{ij}^*|)\} \quad (4)$$

Adım-4: Her Bir Alternatifte Ait Kriter Değerlerine Göre Sıralama

Denklem 4 sonucu her bir alternatifin kriterlerine ait değerler arasındaki maksimum değerler (her satırdaki en yüksek değerler) belirlenir. Bu değerlere göre sıralama yapılır. Hesaplanan değerlerden 0'a yakın olanı en iyi alternatif olarak belirlenir.

4. SİVAS İLİNDE CEZA İNFAZ KURUMU YAPIMINA EN UYGUN YERİN SEÇİMİ

Sivas ilinde ceza infaz kurumu inşa edilmesi için önerilen 6 adet taşınmaza ait bilgiler Tablo 1’de, uygulamada kullanılacak kriterler ve her bir kritere ait ağırlık katsayıları ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2’de verilen ağırlık katsayıları (w), ceza infaz kurumları için yer seçiminde görev alan kişilerle yapılan anket çalışması neticesinde belirlenen değerlerin aritmetik ortalamalarından oluşmaktadır.

Tablo 1. Önerilen parseller ve uygulamada kullanılacak kısaltmaları

Alternatif	Kısaltma
Çayboyu Mahallesi 5584 ada 304 parsel	ALT-1
Kılavuz Mahallesi 181 ada 12-14-15-16-17-43-44-45-46-64-203-204-205 numaralı parseller	ALT-2
Kılavuz Mahallesi 195 ada 8 parsel	ALT-3
Budaklı Mahallesi 576 parsel	ALT-4
Şarkışla İlçesi Elmalı köyü 1576-1577-1578 parseller	ALT-5
Hafik İlçesi Durulmuş Köyü 104 ada 1 parsel	ALT-6

Tablo 2. Uygulamada kullanılacak kriterlere ait kısaltmalar ve ağırlık katsayıları

Kriter	İsimlendirme	Ağırlık Katsayısı (w)
Altyapı için gerekli harcamalar (₺)	A	0,15
Yüzey eğimleri (%)	B	0,23
Taşınmaz genişliği (m ²)	C	0,21
İş yurdu faaliyetlerine elverişliliği (yıllık kâr ₺)	D	0,05
Taşınmaz üzerinde yıkılması gereken yapı alanı (m ²)	E	0,02
İl/ilçe merkezine ulaşım (km)	F	0,11
Çevre parsellerdeki en yakın yapılaşmalar (m)	G	0,03
Zemin güçlendirme maliyetleri (₺)	H	0,13
Mevsimsel koşulların uygunluğu (0-100)	K	0,07

Ceza İnfaz Kurumları için yer seçiminde önem arz eden kriterlere ait isimlendirmeler ve Sivas iline ait alternatif arazilere ait teknik verilerle karar matrisi hazırlanmıştır. Bu süreçte yapılabilecek hatalar, yanlış alternatifin tercih

edilmesine sebep olacağı için matris hazırlanırken teknik veriler iyi analiz edilmelidir. Karar matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Karar matrisi

AĞIRLIK KT.	0,15	0,23	0,21	0,05	0,02	0,11	0,03	0,13	0,07
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
ALT-1	1 250 000	15%	59 000	550 000	250	8,00	400	150 000	80
ALT-2	250 000	5%	250 000	2 500 000	1 000	5,00	750	500 000	100
ALT-3	200 000	7%	80 000	800 000	0	4,00	500	1 000 000	100
ALT-4	2 000 000	6%	81 000	800 000	0	20,75	400	450 000	75
ALT-5	1 000 000	5%	150 000	1 500 000	0	75,00	850	1 000 000	50
ALT-6	2 000 000	3%	70 000	700 000	0	29,00	750	5 000 000	15

Karar matrisinin oluşturulmasının ardından her bir kritere Denklem 2 uygulanmış ve elde edilen veriler ağırlıklandırılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Normalize edilmiş ve ağırlıklandırılmış karar matrisi

AĞIRLIK KT.	0,15	0,23	0,21	0,05	0,02	0,11	0,03	0,13	0,07
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
	MİN	MİN	MAKS	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MAKS
ALT-1	0,05741	0,17960	0,03799	0,00846	0,00485	0,01052	0,00772	0,00372	0,03004
ALT-2	0,01148	0,05987	0,16099	0,03844	0,01940	0,00657	0,01447	0,01240	0,03755
ALT-3	0,00919	0,08381	0,05152	0,01230	0,00000	0,00526	0,00965	0,02480	0,03755
ALT-4	0,09186	0,07184	0,05216	0,01230	0,00000	0,02728	0,00772	0,01116	0,02816
ALT-5	0,04593	0,05987	0,09660	0,02307	0,00000	0,09860	0,01640	0,02480	0,01878
ALT-6	0,09186	0,03592	0,04508	0,01076	0,00000	0,03812	0,01447	0,12401	0,00563

Bu aşamada; çalışmayı yapan kişi tarafından her bir kritere ait sayısal verilerdeki artış-azalışların istenilen çözüme yaklaştırıp yaklaştırmadığı tespit edilmelidir. Örneğin parselin genişliğine ait değerlerin yüksek olması istenirken altyapı maliyetleri ile eğim değerlerinin düşük olması istenilmektedir. Analiz sonucu elde edilen veriler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Minimum-maksimum değerlerin sınıflandırılması

AĞIRLIK KT.	0,15	0,23	0,21	0,05	0,02	0,11	0,03	0,13	0,07
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
	MİN	MİN	MAKS	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MAKS
ALT-1	0,05741	0,17960	0,03799	0,00846	0,00485	0,01052	0,00772	0,00372	0,03004
ALT-2	0,01148	0,05987	0,16099	0,03844	0,01940	0,00657	0,01447	0,01240	0,03755
ALT-3	0,00919	0,08381	0,05152	0,01230	0,00000	0,00526	0,00965	0,02480	0,03755
ALT-4	0,09186	0,07184	0,05216	0,01230	0,00000	0,02728	0,00772	0,01116	0,02816
ALT-5	0,04593	0,05987	0,09660	0,02307	0,00000	0,09860	0,01640	0,02480	0,01878
ALT-6	0,09186	0,03592	0,04508	0,01076	0,00000	0,03812	0,01447	0,12401	0,00563

Minimum-maksimum değerlerin sınıflandırmasının yapılmasının ardından Denklem 3 yardımıyla her bir alternatif için maksimum kriter değerleri toplandıktan sonra minimum kriter değerleri de toplanıp maksimum değer toplamından çıkartılarak y_i^* değeri elde edilir. y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama MOORA yönteminin oran metodu sıralaması olarak da adlandırılır. Alternatiflere ait sıralama değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. MOORA oran metoduna göre sıralama

y_i^*	SIRALAMA (ORAN METODU)
- 0,171891	5
+ 0,141732	1
- 0,012041	2
- 0,101797	4
- 0,074357	3
- 0,213967	6

Her kriter için alternatif değerler arasında istenilen en uygun değer referans nokta olarak adlandırılır. Referans noktalara her bir kriterin uzaklığı Denklem 4 yardımıyla belirlenerek Tablo 7 ve 8 oluşturulur.

Tablo 7. Her Kriteria Ait Referans Noktaları

AĞIRLIK KT.	0,15	0,23	0,21	0,05	0,02	0,11	0,03	0,13	0,07
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
	MİN	MİN	MAKS	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MAKS
ALT-1	0,05741	0,17960	0,03799	0,00846	0,00485	0,01052	0,00772	0,00372	0,03004
ALT-2	0,01148	0,05987	0,16099	0,03844	0,01940	0,00657	0,01447	0,01240	0,03755
ALT-3	0,00919	0,08381	0,05152	0,01230	0,0000	0,00526	0,00965	0,02480	0,03755
ALT-4	0,09186	0,07184	0,05216	0,01230	0,0000	0,02728	0,00772	0,01116	0,02816
ALT-5	0,04593	0,05987	0,09660	0,02307	0,0000	0,09860	0,01640	0,02480	0,01878
ALT-6	0,09186	0,03592	0,04508	0,01076	0,0000	0,03812	0,01447	0,12401	0,00563
REF. NOK.	0,00919	0,03592	0,16099	0,03844	0,0000	0,00526	0,01640	0,00372	0,03755

Tablo 8. Her kriterin kendi sınıfındaki referans noktasına uzaklığı

AĞIRLIK KT.	0,15	0,23	0,21	0,05	0,02	0,11	0,03	0,13	0,07
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
	MİN	MİN	MAKS	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MAKS
ALT-1	0,0482	0,1437	0,1230	0,0300	0,0049	0,0053	0,0087	0,0000	0,0075
ALT-2	0,0023	0,0239	0,0000	0,0000	0,0194	0,0013	0,0019	0,0087	0,0000
ALT-3	0,0000	0,0479	0,1095	0,0261	0,0000	0,0000	0,0068	0,0211	0,0000
ALT-4	0,0827	0,0359	0,1088	0,0261	0,0000	0,0220	0,0087	0,0074	0,0094
ALT-5	0,0367	0,0239	0,0644	0,0154	0,0000	0,0933	0,0000	0,0211	0,0188
ALT-6	0,0827	0,0000	0,1159	0,0277	0,0000	0,0329	0,0019	0,1203	0,0319

Denklem 4 kullanılarak yapılan işlemler sonucu her bir alternatifin kriterlerine ait değerler arasındaki maksimum değerler (her satırdaki en yüksek değerler) belirlenerek bu değerlere göre sıralama yapılır. Hesaplanan değerlerden 0'a en yakın olanı en iyi alternatif olarak belirlenir. Bu sıralama MOORA yönteminde "Referans Noktası Yaklaşımına göre Sıralama" olarak da adlandırılır. Alternatiflere ait sıralama değerleri Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. MOORA referans metoduna göre sıralama

MAKSİMUM DEĞERLER	SIRALAMA (REFERANS METODU)
0,1436799	6
0,0239466	1
0,1094752	4
0,1088312	3
0,0933369	2
0,1202863	5

5. SONUÇLAR

Kamu binaları, devletin vatandaşlarından yasalara dayalı olarak aldığı vergilerle inşa edilmektedir. Bu sebeple her bir kamu harcamasında tüm vatandaşların payı bulunmaktadır. Ülkemizdeki tüm vatandaşların katkılarıyla oluşturulan yapılarda kuşkusuz en az maliyet ile en verimli yapılar inşa edilmesi gerekmektedir. Kamu çalışanları, ilgili yatırımlarda bu kriterleri sağlamakla sorumludur.

Ceza infaz kurumları, yüksek maliyetleri nedeniyle üzerinde detaylı çalışmaların yapılması gereken yapılardır. Yaklaşık 50 yıl boyunca hizmet verecek olan bu kurumların, hem yapım hem de kullanım aşamasındaki giderleri en az olacak şekilde uygun bir bölgeye inşa edilmesi gerekir. Bu amaçla Sivas İlinde önerilen 6 adet taşınmaz içerisinde ceza infaz kurumu yapımına en uygun taşınmazın belirlenmesi için MOORA çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak alternatif araziler uygunluklarına göre sıralanmış ve sonuçta Kılavuz Mahallesi 181 adada bulunan araziye ceza infaz kurumu yapılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Ceza infaz kurumları için yer seçiminde faydalanılan MOORA yönteminin, diğer çok kriterli karar verme yöntemleri gibi tüm yatırımlarda tercih edilmesinin kamu kaynaklarının verimli ve tasarruflu kullanılması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] M. Y. Sağlam, “Ceza infaz kurumları mimarisi ve Türk infaz sisteminde mimari özellikler”, *Adalet Dergisi*, vol. 14, pp. 6-27, 2003.
- [2] T. Manav, M. Erdal, “Ceza infaz kurumu projelerinin maliyet-etkililik analizi ile değerlendirilmesi”, *TÜBAV Bilim Dergisi*, vol. 10 no.3, pp. 21-27, 2017.
- [3] L. Fairweather, S. McConville, *Prison Architecture. Policy Design and Experience*, Architectural Press, Burlington, 2000.
- [4] I. Spens, *A Simple Idea in Architecture, Architecture of Incarceration*, Academy Editions, London, 1994.
- [5] Ç. Karabıçak, A. İ. Boyacı, M. Kocabaş Akay, B. Özcan, “Çok kriterli karar verme yöntemleri ve karayolu şantiye yeri seçimine ilişkin bir uygulama”, *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 13, no. 3, pp.106-121, 2016.
- [6] L. O. Uğur, “MOORA optimizasyon yaklaşımı ile inşaat proje müdürü seçimi: Çok kriterli bir karar verme uygulaması”, *Politeknik Dergisi*, vol. 20, no. 3, pp. 717-723, 2017.
- [7] W. K. M. Brauers, E. K. Zavadskas, “The MOORA method and its application to privatization in a transition economy”, *Control and Cybernetics*, vol.35, no. 2, pp. 445-469, 2006.
- [8] S. Chakraborty, “Applications of the MOORA method for decision making in manufacturing environment”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vo. 54, no. 9-12, pp. 1155-1166, 2011.
- [9] W. K. M. Brauers, E. K. Zavadskas, Z. Turskis, T. Vilutiene, “Multi-objective contractor's ranking by applying the MOORA method”, *Journal of Business Economics and Management*, vol. 9, no. 4, pp. 245-255, 2008.
- [10] P. Karande, S. Chakraborty, “Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection”, *Materials and Design*, vol. 37, pp. 317-324, 2012.
- [11] D. Stanujkic, N. Magdalinovic, R. Jovanovic, S. Stojanovic, “An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers”, *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 18, no. 2, pp.331-363, 2012.
- [12] L. O. Uğur, E. Yüksel, M. Erdal, “Selection of reinforced concrete formwork system with MOORA multi criteria decision making method”, in *2nd International Conference on Engineering Technology and Innovation (ICETI-2018)*, 2018, pp. 312-318.
- [13] R. K. Mavi, M. Goh, N. Zarbakhshnia, “Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 91 no. 5-8, pp. 2401-2418, 2017.
- [14] Y. T. İç, S. Yıldırım, “MOORA-based Taguchi optimisation for improving product or process quality”, *International Journal of Production Research*, 51(11), 3321-3341, 2013.
- [15] A. Özdağoğlu, “Normalizasyon yöntemlerinin çok ölçütlü karar verme sürecine etkisi–MOORA yöntemi incelemesi”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, vol. 14, no. 2, pp. 283-294, 2014.
- [16] A. Özbek, “Akademik birim yöneticilerinin MOORA yöntemiyle seçilmesi: Kırıkkale üzerine bir uygulama”, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, vol. 1, no. 38, pp. 1-18, 2015.
- [17] İ. Özyurek, M. Erdal, “Assessment of qualification criteria described in public procurement law code 4734 in construction works by analytic hierarchy process (AHP)”, *Gazi University Journal of Science*, vol. 31, no. 2, pp. 437-454, 2018.
- [18] G. Akkaya, B. Turanoğlu, S. Öztaş, “An integrated fuzzy AHP and fuzzy MOORA approach to the problem of industrial engineering sector choosing”, *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 24, pp. 9565-9573, 2015.
- [19] B. F. Yıldırım, O. Önay, “Bulut teknolojisi firmalarının Bulanık AHP–MOORA yöntemi kullanılarak Sıralanması”, *İ. Ü. İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, vol. 24 no.75, pp. 59-81, 2013.

- [20] K. Vatansever, M. Uluköy, “Kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleriyle seçimi: Üretim sektöründe bir uygulama”, *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 11, no. 2, pp. 274-293, 2013.
- [21] A. Özbek, E. Erol, “COPRAS ve MOORA yöntemlerinin depo yeri seçim problemine uygulanması”, *JEBPIR*, vol. 2, no. 1, pp. 23-42, 2016.
- [22] A. Aktepe, S. Ersöz, “AHP, VIKOR ve MOORA yöntemlerinin depo yeri seçim problemine uygulanması”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, vol. 25, no. 1-2, pp. 2-15, 2014.
- [23] T. Bulut, “MULTIMOORA yöntemi ile farklı illerdeki organize sanayi bölgelerinin yabancı yatırımcılar açısından optimal yer seçimi olarak değerlendirilmesi”, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar Dergisi*, vol. 54, no. 624, pp. 41-52, 2017.
- [24] B. Dey, B. Bairagi, B. Sarkar, S. K. Sanyal, “A hybrid fuzzy technique for the selection of warehouse location in a supply chain under a utopian environment”, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 8, no. 4, pp. 250-261, 2013.
- [25] A. Görener, H. Dincer, U. Hacıoğlu, “Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for bank branch location selection”, *International Journal of Finance & Banking Studies*, vol. 2, no. 2, pp. 41-52, 2013.
- [26] C. Hamzaçebi, G. İmamoğlu, A. Alçı, “Selection of logistics center location with MOORA method for Black Sea Region of Turkey”, *Journal of Economics Bibliography*, vol. 3, no. 1S, pp. 74-82, 2016.
- [27] B. F. Yıldırım, E. Önder, *Operasyonel, Yönetmelik Ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayınları, Bursa, 2014.
- [28] O. Önay, E. Çetin, “Turistik yerlerin popülaritesinin belirlenmesi: İstanbul örneği”, *İ. Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, vol. 23, no. 72, pp. 90-109, 2012.
- [29] W. K. M. Brauers, E. K. Zavadskas, “Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies”, *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 16, no. 1, pp. 5-24, 2010.
- [30] W. K. M. Brauers, R. Ginevičius, “Robustness in regional development studies. The case of Lithuania”, *Journal of Business Economics and Management*, vol. 10, no. 2, pp. 121-140, 2009.

Solar Tracker Tek Eksenli Güneş Takip Sistemi Rüzgâr Kuvveti Dayanımının Analitik Çözümleri

Fatih YÜRÜK*, Nihat GEMALMAYAN

Gazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Güneş Takip Sistemleri
Rüzgâr Yükleri Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
Sonlu Elemanlar Yöntemi
Türbülans Modelleri

Özet

Bu çalışmada, açık arazi ortamına yerleştirilmiş olan tek eksenli bir güneş takip sistemi model olarak ele alınarak, sisteme etki eden en önemli yük olan rüzgâr yüklerinin konstrüksiyon üzerinde oluşturduğu gerilimler ve deplasmanlar incelenmiştir. Rüzgâr akış analizi hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile gerçekleştirilmiştir ve temel akış denklemleri Ansys Fluent paket programı ile çözülmüştür. Sonlu hacimler metodu ve daimi durumlu SST k- ω türbülans modeli kullanılarak güneş panellerine etkiyen rüzgâr yükleri hesaplanmıştır. Bu yükler altındaki metal taşıyıcı sistemin von-mises gerilim değerleri sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir ve temel denklemler Ansys Structure paket programı ile çözülmüştür. Akış analizi sonucunda, güneş panelleri üzerinde oluşan rüzgâr basınç dağılımlarını sonlu elemanlar modeline aktarmak için Ansys akışkan-yapı etkileşimi paket programı kullanılmıştır. Akış ve yapısal analiz çalışmaları sonucunda güneş takip sistemi konstrüksiyonu üzerinde elde edilen gerilim değerleri, malzemelerin akma sınır değerleri ile kıyaslanıp sistem üzerinde kalıcı hasar oluşumunun engellenmesi amaçlanmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak güneş panellerinin eğim açısı, rüzgârın hücum açısı ve şiddeti ile birlikte, kolonların zemine olan yüksekliği de değişken olarak dikkate alınmış ve parametrik analizler yürütülmüştür. Ayrıca, mevcut çalışmada kullanılan sayısal yöntemlerin doğrulanması için literatürde kullanılan çalışmadan yararlanılmıştır.

Analytical Solutions of Wind Force on Single Axis Solar Tracker System

Keywords:

Solar Tracker Systems
Wind Loads
Computational Fluid Dynamics
Finite Element Method
Turbulent Models

Abstract

In this study, the single axis solar tracker system, which is placed in open terrain, has been considered as a model and the stresses and displacements on the construction caused by wind loads, which are the most critical load on the system, have been investigated. The wind flow analysis was performed by computational fluid dynamics method and the basic flow equations were solved by the Ansys Fluent package program. The finite volume method and steady state SST k- ω turbulence model were used to calculate wind loads on solar panels. The von-mises stress values of the steel support structure under these loads were examined by finite element method and the basic equations were solved by the Ansys Structure package program. Ansys fluid-structure interaction package program was used to transfer the wind pressure distributions on solar panels as a result of flow analysis to the finite element model. As a result of flow and structural analysis, it is aimed to prevent permanent failure on the system by comparing the stress and tensile yield strength values of solar construction. Different from other studies, the inclination angle of the solar panels, wind flow direction and velocity, as well as the height of the piers to the ground, were taken into account and parametric analysis were carried out. Also, the study used in the literature was taken into consideration for verification of numerical methods used in the current study.

1. GİRİŞ

Karbondioksit emisyonlarının neden olduğu artan çevre kirliliği, fosil yakıt kaynaklarının tükenebilir olması ve enerji ihtiyaçlarının giderek artması nedeniyle yenilebilir enerji kaynaklarına ilgi artmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri ise çevre kirliliği yaratmaması, işletim maliyetinin çok düşük olması ve depolamasının kolaylığı nedeniyle günümüzde tercih edilen yenilebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Son yıllarda güneş enerjisi santrallerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, bu sistemlerdeki verimliliğe de büyük önem verilmektedir. Güneş takip sistemleri, yıllık enerji üretiminin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Genele baktığımızda güneş takip sistemleri açık arazi ortamlarında çalışmaktadır ve bu nedenle metal taşıyıcı sistemler rüzgâr yüküne maruz kalmaktadır. Ayrıca metal taşıyıcı sistemler üzerine yatayda ve dikeyde sıralı diziler halinde güneş panelleri yerleştirilerek istenilen gerilim ve güç seviyelerine ulaşılabilmektedir ve bu durum panel yüzey alanında artışa neden olmaktadır. Bu paneller üzerinde eş zamanlı olarak hareket eden rüzgâr yükleri, geniş yüzey alanı nedeniyle takip sistemi konstrüksiyonlarında zorlanmalara ve buna bağlı olarak ciddi mekanik problemlere neden olabilmektedir.

Türkiye'deki endüstriyel uygulamalarda güneş enerjisi konstrüksiyonlarının rüzgâr yüklerini belirleyebilmek için TS498 standardı [1] kullanılmaktadır. Bu standarda göre yapılan rüzgâr yükü hesapları çok kaba kabullere dayanmaktadır. Ayrıca güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan eğimli ve arkası açık sistemlere ithafen hiçbir bilgi bulunmamaktadır. Bu yüzden rüzgâr yüklerinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile belirlenmesi, bu eksikliklerin ve yetersizliklerin giderilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca bu rüzgâr yükleri altında çalışacak olan güneş takip sisteminde, hasar oluşumunu engellemek amacıyla güneş panellerinin ve taşıyıcı sistemlerin rüzgâr yükü altındaki yapısal analizinin yapılması oldukça önemlidir.

Rüzgâr yüklerinin güneş enerjisi sistemleri üzerindeki etkileri üzerine çalışmalara bakıldığında, Bitsumlak ve diğerleri [2] hesaplamalı akışkanlar dinamiği yaklaşımını kullanarak rüzgâr akışı altındaki güneş panellerinin aerodinamik özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, güneş panellerinin tek başına veya arka arkaya sıralı dizili olması durumlarında üç çeşit rüzgâr yönüne göre rüzgâr yükleri hesaplanmıştır ve birinci sıradaki panellerin diğer sıradaki panellere siper etkisi sağladığı gözlemlenmiştir. Jubayer ve Hangan [3] atmosferik ortama yerleştirilmiş 25° panel açılı zemin üstü monteli fotovoltaiik sistemlerin rüzgâr yüklerini incelemek amacıyla üç boyutlu daimî olmayan Reynolds ortalama Navier-Stokes metodunu ve SST k- ω türbülans sayısal modelini kullanmışlardır. Rüzgârın hücum açısını 0° ile 180° arasında 45° artışlarla değişken olarak tanımlayıp nümerik analizler gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, sayısal analizler sonucunda elde edilen basınç katsayısı değerleri deneysel çalışma sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Analizler sonucunda maksimum kaldırma katsayısının 180°deki rüzgâr yönünde olduğu ve maksimum devrilme momentlerinin ise 45° ile 135°deki rüzgâr yönlerinde meydana geldiği belirtilmiştir. Lin ve diğerleri [4] çalışmalarında, 2 kW'lık tek eksenli güneş takip sisteminin kendi ağırlığının ve rüzgâr yükünün yapı üzerinde oluşturduğu deplasmanları ve bu deplasmanların sonucunda oluşan güneş ışınlarındaki sapmaları sonlu elemanlar yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Li ve diğerleri [5] ise çalışmalarında, güneş takip sistemi yerine sabit sistem güneş enerjisi konstrüksiyonun üzerine etki eden rüzgâr ve dalga yükünün, sistemdeki deplasmanlara ve mukavemete etkilerini yapısal analiz ile incelemişlerdir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği modeli ile üç farklı rüzgâr hızı için akış analizi yapılmış ve bir panel üzerindeki basınç dağılımları elde edilmiştir. Sonlu elemanlar modeli ile yapılan yapısal analiz sonucunda kullanılan konstrüksiyonun mukavemet açısından uygun olduğu gösterilmiştir. Khelifi ve Ferroudji [6] çift eksenli güneş takip sisteminin, kendi ağırlığı ve 36 m/s'deki kritik rüzgâr yükü altındaki yapısal gerilim ve yorulma analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Simülasyon sonuçlarına göre güneş takip sisteminin, statik mukavemet açısından tasarım gereksinimlerini karşıladığı ve hesaplanan yorulma ömrü içerisinde güvenli bir şekilde çalıştığı gösterilmiştir.

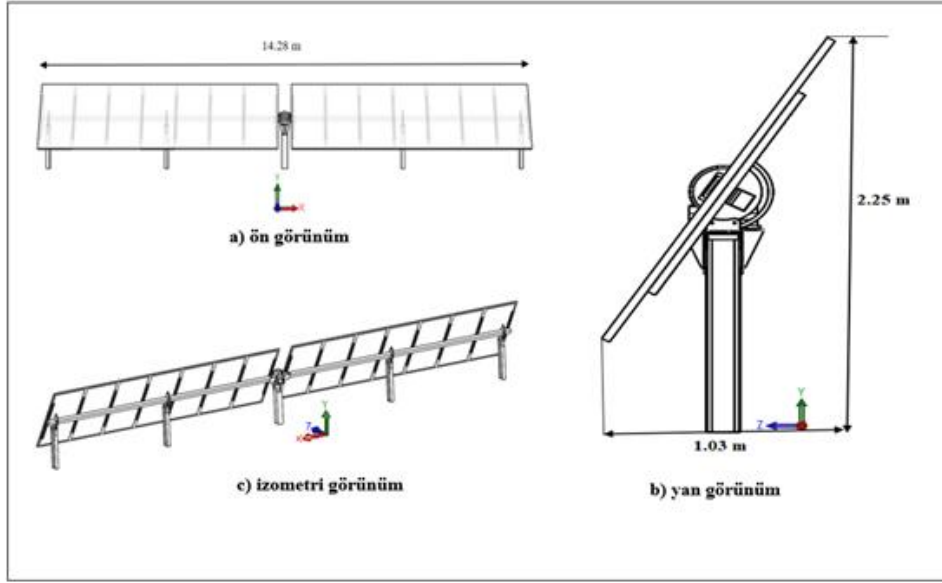
Bu çalışmada, $2,04 \times 10^6$ ve $2,45 \times 10^6$ Reynolds sayılarındaki güneş takip sisteminin, aerodinamik ve basınç katsayılarının tespit edilmesi ve güneş takip sistemi modelinin dış akış incelemesini sayısal çalışmalarla gerçekleştirerek, sistemin temelini oluşturan konstrüksiyonda kalıcı hasar oluşumunu engellemek amacıyla model geometrisinde akışa uygun olmayan kısımların belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Güneş Takip Sistemi Model Geometrisi

Açık arazide zemine monte olarak kurulmak üzere tasarlanmış olan tek eksenli güneş takip sistemi, gün içerisinde x eksenine göre (Şekil 1) $\pm 60^\circ$ dönme hareketi yapmaktadır. Takip sisteminin bu dönme hareketi slew-drive motoru ile sağlanmaktadır. Tasarlanan tek eksenli güneş takip sistemi gerçekte tek sıra halinde 72 panel diziliminden oluşmaktadır. Gerçek boyutlardaki güneş takip sisteminin sayısal analizinin gerçekleştirilebilmesi

için çok fazla sayıda ağ eleman sayısına ihtiyaç vardır. Bu durum, çözüm süresini uzatmaktadır ve çözüm esnasında veri depolama boyutu arttığı için daha yüksek bellekte bilgisayar kullanma ihtiyacı doğurmuştur. Bu yüzden mevcut çalışmada prototip model kullanılmıştır. Güneş takip sisteminin prototipi Solidworks paket programı ile modellenmiştir. Model tek sıra halinde toplamda 14 panel dizilimine sahiptir ve toplam boyu (x eksenine boyunca) 14,28 m'dir. Toplam yüksekliği (y eksenine boyunca) ve toplam genişliği (z eksenine boyunca) ise güneş panellerinin eğim açısına ve kolonların zeminden olan yüksekliklerine bağlı olarak değişmektedir. 60° eğim açısı ve 1,1 m kolon yüksekliğine göre güneş takip sisteminin örnek model görünüşünü ve toplam boyutları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 60° eğim açısı ve 1.1 m kolon yüksekliği için güneş takip sisteminin model görünüşleri

Model tasarımda kullanılan güneş panelleri 1987x992x35 mm boyutlarındadır. Güneş panelleri 3,45 m aralıklarla yerleştirilmiş olan 5 adet kolonla desteklenmiştir. Model geometri YZ düzlemine göre simetriktir. Bu yüzden hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu elemanlar yöntemi çalışmalarında model geometri simetrik olarak çözdürülmüştür.

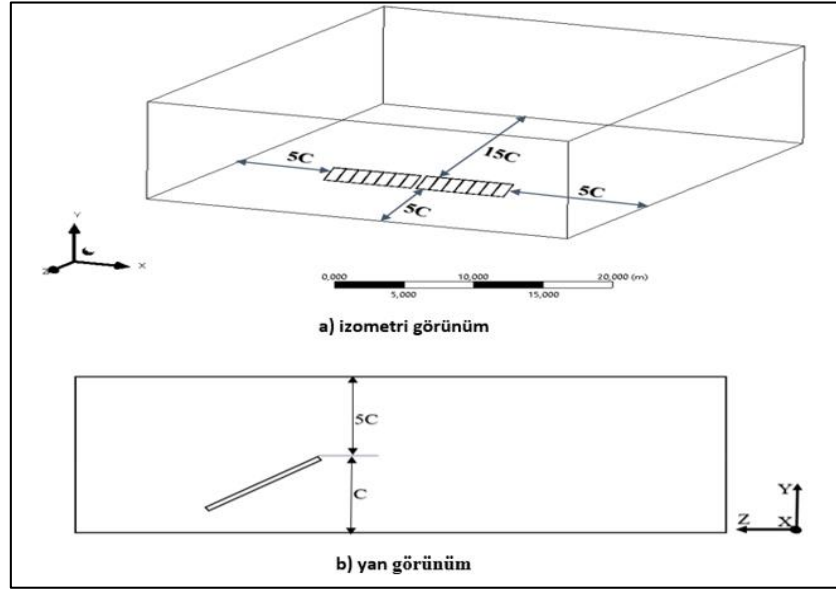
2.2. Güneş Takip Sisteminin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yaklaşımı

2.2.1. Geometri ve Sınır Şartları

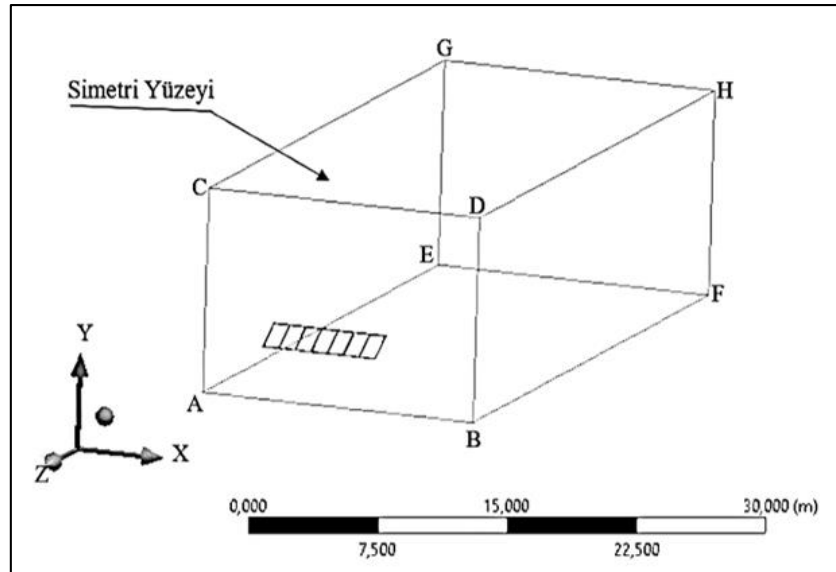
Akış analizinde, güneş panelleri etrafındaki havanın akışı için yeterli miktarda alan sağlayabilmek amacıyla hesaplama alanı (computational domain) oluşturulmalıdır. Hesaplama alanı boyutlarının oluşturulmasında Franke ve diğerlerinin [7] yapmış olduğu çalışma takip edilmiştir. Hesaplama alanı üst yüzeyi ile güneş takip sisteminin tepe noktası arasındaki mesafe ve güneş panellerinin yan yüzeyleri ile hesaplama alanı yan yüzeyleri arasındaki mesafe 5C, olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, hava akışının giriş yaptığı hesaplama alanı giriş yüzeyi ile güneş takip sistemi arasındaki mesafe 5C ve hava akışının çıkış yaptığı hesaplama alanı çıkış yüzeyi ile güneş takip sistemi arasındaki mesafe ise 15C olarak tanımlanmıştır. Burada, C değeri güneş takip sisteminin en üst noktasından zemine olan mesafe olarak tanımlanmıştır ve güneş panellerinin eğim açısı ile kolonların zeminden olan yüksekliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Akış analizleri simetrik çözdürüldüğü için hesaplama alanı modeli simetrik olarak oluşturulmuştur. Hesaplama alanı örnek modelin tam ve simetrik modelleri sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

Oluşturulan geometrinin ağ ile kaplanmasında Ansys Fluent paket programı içindeki ağ (mesh) kısmından yararlanılmıştır. Hava alanı boşluğunu oluşturan güneş panellerinin yakınındaki havanın akışını doğru yakalayabilmek için güneş panellerinin yüzeylerinde yüzey boyutlandırma (face sizing) ve kenarlarında kenar boyutlandırma (edge sizing) ile ağ iyileştirilmesi yapılmıştır. Yüzey boyutlandırma fonksiyonu için 40 mm bölümlenme oranı (mesh size) kullanılmıştır. Kenar boyutlandırma fonksiyonunda ise güneş panellerinin uzun kenarlarında 10 mm, kısa kenarlarında 4 mm bölümlenme oranı kullanılmıştır. Tanımlanan boyut fonksiyonlarında 1,2 artım hızı (growth rate) baz alınmıştır ve tetrahedral elemanlar ile ağlanmıştır. Güneş panellerinin dışında kalan hesaplama alanı bölgesi için genel ağ ayarlarından maksimum yüzey ve tetrahedral boyutları 1000 mm ile sınırlandırılmıştır. Tüm simülasyon durumları için 3,7-3,9 milyon hücreli çözüm ağının

kullanıldığı hesaplama alanındaki ağ elemanlarının kalite kontrolü çarpıklık (skewness) faktörü ile incelenmiştir. Ağ ile kaplanmış olan hesaplama alanı bozuk elemanlar yönünden incelendiğinde maksimum çarpıklık faktörü 0,82 olarak görülmüştür. Ayrıca ağdan bağımsız çözümler elde edebilmek için genel ağ ayarlarındaki kaba, orta ve hassas olmak üzere 3 farklı ağ iyileştirme seviyesi ile güneş panelleri üzerinde oluşan basınç değerleri karşılaştırılmıştır ve elde edilen değerlerin arasında %0,5 oranında değişiklik olduğu görülmüştür. Aralarındaki farkın ihmal edilebilecek kadar az olmasından dolayı yukarıda belirtilen bölümlene oranları kaba iyileştirme seviyesi ile kullanılarak sayısal analizler gerçekleştirilmiştir.



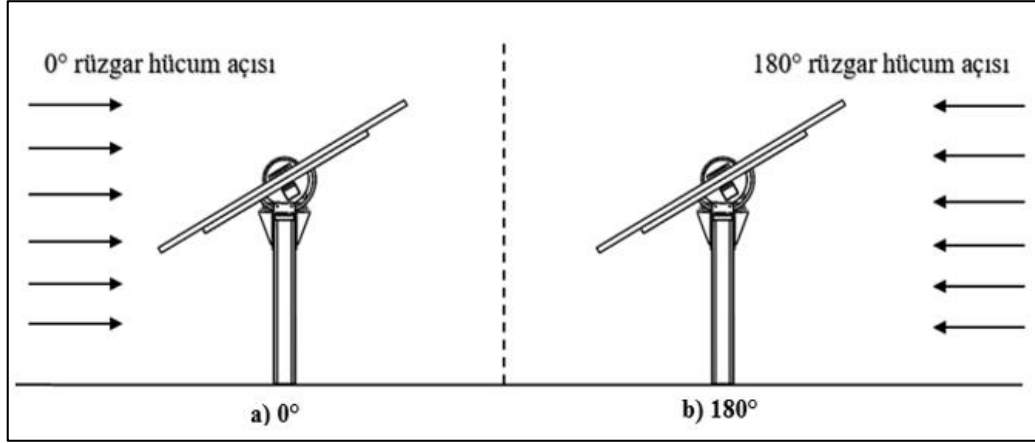
Şekil 2. Hesaplama alanı modeli: Tam model



Şekil 3. Hesaplama alanı modeli: Simetrik model

Şekil 3'te gösterilen hesaplama alanı modelinde alt yüzey (ABEF yüzeyi) kaymayan pürüzlü duvar (no-slip roughness Wall) olarak modellenmiştir ve sınır tabakası profili ile tutarlı olması için yüzey pürüzlülük yüksekliği 0,031m ve pürüzlülük sabiti 9,477 olarak tanımlanmıştır [3]. Üst (CDHG yüzeyi) ve yan (ACGE ve BFDH yüzeyleri) sınırlar simetri olarak tanımlanmıştır. Böylece, bu sınırların yakınındaki akış alanı genişletilmiş ve ağ iyileştirme ihtiyacı ortadan kaldırılmıştır. Güneş panelleri yüzeyleri kaymayan pürüzsüz duvar (no-slip smooth Wall) olarak belirlenmiştir. Hava akışının giriş yaptığı sınır yüzeyi hız girişi ve çıkış yaptığı sınır yüzeyi basınç çıkışı olarak tanımlanmıştır. Hız giriş ve basınç çıkış sınır yüzeyleri rüzgârın hücum açısına göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Şekil 4'te gösterilen rüzgâr hücum açılarından 0° için giriş sınır yüzeyi ABCD yüzeyi ve çıkış sınır yüzeyi ise EFGH yüzeyi olarak tanımlanmaktadır. Hız giriş kısmında, 15 m/s ve 18 m/s olmak üzere iki farklı hız değerleri ele alınmıştır ve giriş türbülans modülü kısmında türbülans yoğunluğu ve yüzey

pürüzlülük uzunluğu yöntemi seçilmiştir. Mevcut güneş takip sistemi açık arazide bulunduğu için yüzey pürüzlülük uzunluğu 0,03 m seçilmiştir. Rüzgâr akışının açık arazide gerçekleşmesi ve rüzgâr şiddetinin düşük olmasından dolayı türbülans yoğunluğu % 1 seçilmiştir. Basınç çıkış kısmında, gösterge basıncı (gauge pressure) sıfır olarak girilmiştir ve çıkış türbülans modülü kısmında Ansys Fluent paket programındaki varsayılan değerler kullanılmıştır.



Şekil 4. Rüzgâr hücum açıları

2.2.2. Akış Modeli ve Çözüm Yöntemi

Akış türüne karar verebilmek için öncelikli olarak Reynolds sayısına bakılmalıdır. Reynolds sayısı aşağıdaki gibi bulunmaktadır;

$$Re = \frac{V_{ref} \rho C_L}{\mu} \quad (1)$$

Burada, V_{ref} akış referans hızını, ρ akışkanın yoğunluğunu, μ dinamik viskoziteyi ve C_L kord uzunluğunu belirtir. Güneş panellerinin yatay uzunluğu kord uzunluğu olarak tanımlanmıştır ve 1,987 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca analiz esnasında akışkan olarak hava seçildiği için $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ ve $\mu = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ kg/m-s}$ seçilmiştir. 15 m/s ve 18 m/s hızındaki akışlar için sırasıyla $2,04 \times 10^6$ ve $2,45 \times 10^6$ Reynolds sayıları elde edilmiştir. Bu yüzden akış türü için türbülans akış koşulları ele alınmıştır.

Türbülanslı akış koşulları için ortalama akış özelliklerini simüle etmek amacıyla SST (kesme gerilme aktarımı) k- ω modeli seçilmiştir. Bu türbülans modelin kullanımı ile ilgili detaylı incelemeler Menter ve diğerleri [8] tarafından yapılmıştır. Menter ve diğerleri tarafından oluşturulan SST k- ω modelinin türbülans kinetik enerji (k) ve birim zamandaki yutulma oranı (ω) için aktarım denklemleri sırasıyla aşağıdaki gibidir;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k - Y_k + S_k \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \omega u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + G_\omega - Y_\omega + D_\omega + S_\omega \quad (3)$$

Burada;

ρ : yoğunluğu,

G_k : türbülans kinetik enerji üretimini,

G_ω : üretilen birim zamandaki yutulma oranını,

Γ_k : türbülans kinetik enerjinin efektif difüzyonunu,

Γ_ω : birim zamandaki yutulma oranının efektif difüzyonunu,

Y_k : türbülans nedeniyle türbülans kinetik enerjinin yutulmasını,

Y_ω : türbülans nedeniyle birim zamandaki yutulma oranının yutulmasını,

D_ω : çapraz difüzyon terimini,

S_k ve S_ω : kaynak terimi ifade eder.

SST k- ω türbülans modeli için efektif difüzyonlar aşağıdaki gibidir;

$$\Gamma_k = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \quad (4)$$

$$\Gamma_\omega = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \quad (5)$$

Burada, σ_k ve σ_ω sırasıyla k ve ω için türbülans Prandtl sayılarıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\sigma_k = \frac{1}{\frac{F_1}{\sigma_{k,1}} + \frac{(1-F_1)}{\sigma_{k,2}}} \quad (6)$$

$$\sigma_\omega = \frac{1}{\frac{F_1}{\sigma_{\omega,1}} + \frac{(1-F_1)}{\sigma_{\omega,2}}} \quad (7)$$

Denklem 4 ve 5'te geçen μ_t parametresi türbülans viskozitedir ve aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\mu_t = \frac{\rho k}{\omega} \frac{1}{\max\left[\frac{1}{\alpha^*}, \frac{SF_2}{a_1 \omega}\right]} \quad (8)$$

Burada S şekil değiştirme hız büyüklüğünü göstermektedir. F_1 ve F_2 ise karışım fonksiyonlarıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$F_1 = \tanh(\Phi_1^4) \quad (9)$$

$$\Phi_1 = \min\left[\max\left(\frac{\sqrt{k}}{0.09\omega y}, \frac{500\mu}{\rho y^2 \omega}\right), \frac{4\rho k}{\sigma_{\omega,2} D_\omega^+ y^2}\right] \quad (10)$$

$$D_\omega^+ = \max\left[2\rho \frac{1}{\sigma_{\omega,2}} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j}, 10^{-10}\right] \quad (11)$$

$$F_2 = \tanh(\Phi_2^2) \quad (12)$$

$$\Phi_2 = \max\left[2 \frac{\sqrt{k}}{0.09\omega y}, \frac{500\mu}{\rho y^2 \omega}\right] \quad (13)$$

Burada, y bir sonraki yüzeye olan uzaklığı ve D_ω^+ çapraz difüzyon teriminin pozitif kısmını gösterir. Denklem 8'de belirtilen α^* katsayısı türbülans viskozitesini azaltır ve düşük Reynold sayısı düzeltilmesine sebep olmaktadır. Yüksek Reynold sayılarında ise $\alpha^* = \alpha_\infty^* = 1$ olarak kabul edilir.

G_k ve G_ω terimleri ise sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$G_k = -\rho \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (14)$$

$$G_\omega = \frac{\alpha_\infty}{\nu_t} G_k \quad (15)$$

Denklem 15'teki α_∞ terimi $\alpha_\infty = F_1 \alpha_{\infty,1} + (1-F_1) \alpha_{\infty,2}$ ifadesi ile belirlenir ve $\alpha_{\infty,1}$ ile $\alpha_{\infty,2}$ aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\alpha_{\infty,1} = \frac{\beta_{i,1}}{\beta_\infty^*} - \frac{K^2}{\sigma_{\omega,1} \sqrt{\beta_\infty^*}} \quad (16)$$

$$\alpha_{\infty,2} = \frac{\beta_{i,2}}{\beta_{\infty}^*} - \frac{K^2}{\sigma_{\omega,2}\sqrt{\beta_{\infty}^*}} \quad (17)$$

Burada K katsayısı 0.41'dir.

Akış analizlerinde denklemleri çözmek için gerekli olan parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir [9];

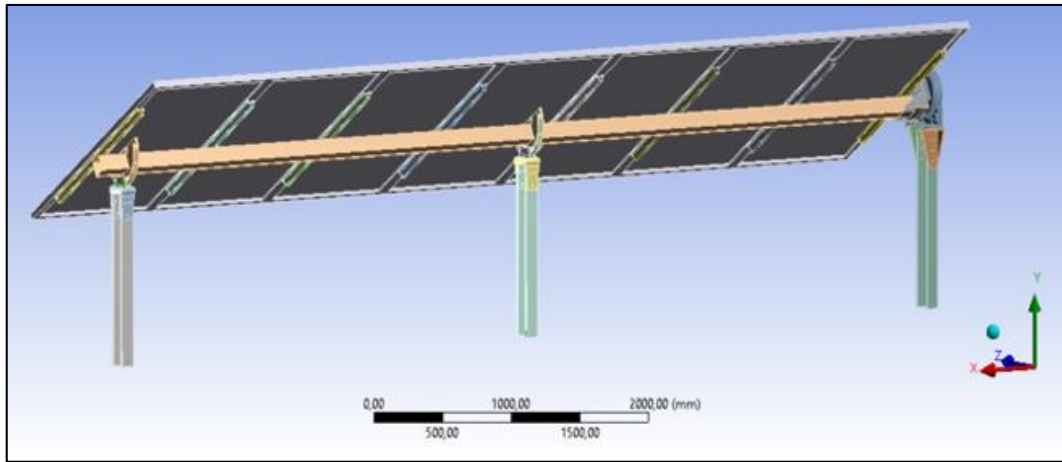
$$\sigma_{k,1} = 1.176, \sigma_{k,2} = 1, \sigma_{\omega,1} = 2, \sigma_{\omega,2} = 1.168, a_1 = 0.31, \beta_{i,1} = 0.075, \beta_{i,2} = 0.0828,$$

$$\beta_{\infty}^* = 0.09, \alpha_{\infty}^* = 1 \text{ ve } \alpha_{\infty} = 0.52.$$

Çözüm işlemlerini iki kez kontrol etmek amacıyla çift hassasiyet (double precision) seçeneği seçilmiştir. Çözücü olarak basınç temelli algorithmadan yararlanılmıştır ve hız formülasyonu mutlak olarak seçilmiştir. Çözüm metodu olarak korunum denklemlerini aynı anda çözen basınç-hız birleşik şeması tercih edilmiştir. Tüm genelleştirilmiş artıklar için 10^{-6} yakınsama toleransı kullanılmıştır. Momentum denklemleri, nümerik difüzyon hatalarını en az düzeye indirmek amacıyla ikinci dereceden interpolasyon şeması ile ayrıklaştırılmıştır.

2.3. Güneş Takip Sisteminin Sonlu Elemanlar Yöntemi Yaklaşımı

Bölüm 2.1, Şekil 1'de gösterilen prototip modelin sonlu elemanlar modeli, yapısal analiz esnasında fazla ağ eleman sayısından kaçınarak çözüm süresini azaltmak amacıyla basitleştirilmiştir. Bu kapsamda, parçalar üzerindeki pahlar ihmal edilmiştir ve yuvalar delik olarak değiştirilmiştir. Ayrıca, sonlu elemanlar modelinin yapısal analizi simetrik olarak çözdürülmüştür. Güneş takip sisteminin sonlu elemanlar modeli Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Güneş takip sisteminin sonlu elemanlar modeli

Yapısal analiz öncesinde, ilk olarak sonlu elemanlar modelindeki parçalara malzeme atanması yapılmalıdır. Atanan malzemeler ve özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Akma Gerilmesi (MPa)	Yoğunluk (kg/m ³)
Solar cam	70	0,22	-	2500
A6063-T6	68,9	0,33	214	2700
Delrin (POM)	3	0,44	64	1410
St-37 (S235JR)	210	0,28	235	7800
St-52 (S355JR)	210	0,28	355	7800

Yapısal analiz için oluşturulan sonlu elemanlar modelinin ağ ile kaplanmasında Ansys Static Structue paket programı içindeki ağ (mesh) kısmından yararlanılmıştır. Genel ağ ayarlarından güneş takip sistemini oluşturan yapıların tümüne aynı bölümlenme oranı (mesh size) verilmesi durumunda kalitesiz ağ elemanları oluştuğu belirlenmiştir. Bu yüzden tüm parçalarda nesne boyutlandırma (body sizing) ile bölgesel ağ oluşturulmuş ve farklı bölümlenme oranları ile ağ iyileştirilmesi yapılmıştır. Ağdan bağımsız çözümler elde edebilmek için her bir

parçada bölümlenme oranları sırasıyla küçültülerek, belirli bir yük altındaki güneş takip sistemin üzerinde meydana gelen maksimum gerilim değerlerindeki değişiklikler incelenmiştir. Gerilim değerlerindeki farkın %1'e inmesi ile bölümlenme oranları optimize edilmiştir. Bu kapsamda motor ve rulman takımı parçaları dışındaki tüm parçalar hexahedral eleman türü ile ağlanmıştır. Motor ve rulman takımı parçaları ise daha karmaşık yapılardan oluştukları için tetrahedral eleman türü ile ağlanmıştır. Optimize edilmiş bölümlenme oranları ise sırasıyla güneş panelleri için 40 mm, güneş panelinin altındaki destek yapısı için 10 mm, kare kesitli ana taşıyıcı karkas için 25 mm, rulman takımları ve braketter için 5 mm, kolonlar için 20 mm olarak alınmıştır. Tüm simülasyon durumları için yaklaşık olarak toplamda 1,050,00 düğüm noktası ve 510,000 eleman çözüm ağının kullanıldığı sonlu elemanlar modelindeki ağ elemanlarının kalite kontrolü çarpıklık (skewness) faktörü ile incelenmiştir. Oluşturulan çözüm ağları bozuk elemanlar yönünden incelendiğinde maksimum çarpıklık faktörü 0,81 olarak görülmüştür.

Güneş takip sistemini oluşturan parçaların birbiriyle olan temas yüzeylerinde uyumsuz ağ oluşması durumunda gerçek olmayan yüksek gerilimler meydana gelebilmektedir. Bu yüzden temas yüzeyleri arasında kontaklar (contacts) oluşturulmuştur. Birbiri ile kaynaklı olan parçaların temas yüzeyleri arasında tüm serbestlik derecesini kısıtlamak amacıyla kontak türü olarak "bonded" seçilmiştir. Cıvata ile birbirine bağlı olan parçaların temas yüzeyleri arasında ise kontak türü olarak "no separation" seçilmiştir.

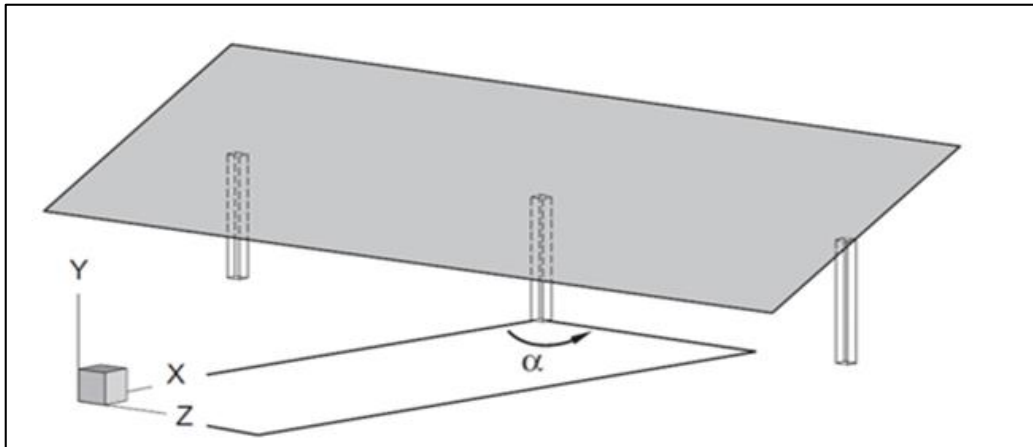
Sonlu elemanlar modelinde bilinmeyen sayısının azaltılması ve çözümleme süresinin en aza indirilmesi için sınır şartlarının tam olarak tanımlanması gerekmektedir [10]. Kolonların alt yüzeyleri sabit mesnet olarak tanımlanmıştır. Böylece güneş takip sisteminin temel destek yapısını oluşturan kolonların zemine göre öteleme (U_x, U_y, U_z) ve dönme hareketleri (Rot_x, Rot_y, Rot_z) kısıtlanmıştır ve güneş takip sistemi statik, sabit pozisyonda gibi düşünülmüştür. Akış analizi sonucunda güneş panelleri yüzeyi üzerinde elde edilen basınç dağılımları, Ansys akışkan-yapı etkileşimi paket programı kullanılarak sonlu elemanlar modeline aktarılmıştır ve güneş takip sistemine etki eden yük olarak tanımlanmıştır.

Güneş takip sisteminde oluşan gerilim değerlerini belirlemek amacıyla von-mises kriterinden yararlanılmıştır. Bu kriterde, malzemeye uygulanan çok eksenli gerilmeler eşdeğer bir tek gerilme ($\sigma_{eş}$) ile değerlendirilir ve uygulanan yükleme sonucunda elde edilen maksimum eşdeğer gerilme değeri malzemenin akma gerilmesinin üstünde bir değer ise malzeme kalıcı olarak şekil değiştirmiş demektir [10]. Von-mises kriterinde uygulanan eşdeğer gerilme denklemi ise aşağıdaki gibidir;

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2) \right]} \quad (18)$$

3. DOĞRULAMA ÇALIŞMASI

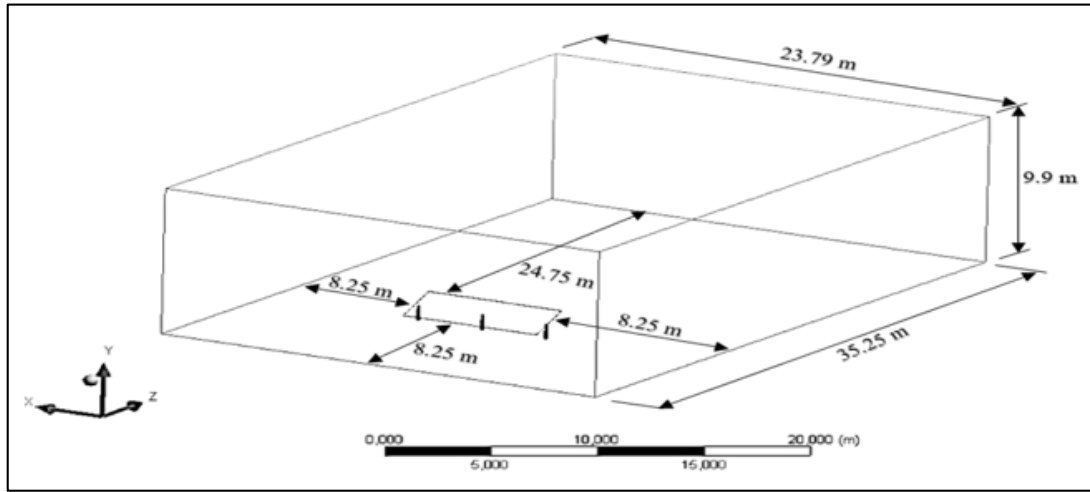
Mevcut çalışmanın sayısal analiz sonuçlarına geçmeden önce önceki bölümlerde sunulan sayısal modelleme ve analiz araçlarının literatürdeki mevcut verilerle doğrulanması gerekmektedir. Bu amaçla 2014 yılında Jubayer ve Hangan [3] tarafından yapılan sayısal analiz çalışmaları dikkate alınmıştır. Jubayer 'in nümerik çalışmaları sonucunda elde etmiş olduğu direnç katsayıları (C_d) ve kaldırma katsayıları (C_L), bu çalışmada sunulan sayısal analiz yöntemleri ile bulunan katsayı değerleri ile karşılaştırılacaktır.



Şekil 6. Doğrulama çalışması: Geometrik model [3]

Jubayer, zemine monteli güneş panellerinin üzerindeki rüzgâr yüklerini incelemek amacıyla 26 m/s rüzgâr hızını ele alarak nümerik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Jubayer ve Hangan çalışmalarında ele aldığı güneş panelleri, yatayda 4 ve dikeyde 6 panel dizilimine sahip olmak üzere toplamda 24 panelden oluşmaktadır. Güneş panellerinin eğim açısı 25° olacak şekilde sabitlenmiştir. Güneş panelleri toplamda 2,48 m x 7,29 m boyutlarındadır ve güneş panellerinin en tepe noktasından zemine olan mesafe 1,65 m'dir. Toplam 7,29 m genişliğindeki güneş panellerinin altına eşit aralıklarla 3 tane destek kolunu yerleştirilmiştir.

Jubayer nümerik analizlerini 5 farklı rüzgâr hücum açısına göre gerçekleştirmiştir. Rüzgâr hücum açıları 0° ile 180° arasında olup 45° aralıklarla değişmektedir. Çalışmasında kullanmış olduğu sayısal geometrinin ve rüzgâr hücum açısının temsili gösterimi Şekil 6'da verilmiştir. Jubayer 'in çalışmasında oluşturduğu örnek geometri doğrudan alınmıştır ve Bölüm 2'de sunulan sayısal model ve analiz araçları ile nümerik analizi yapılarak doğrulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Doğrulama çalışması için oluşturulan hesaplama alanı Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Doğrulama çalışması: Hesaplama alanı modeli

Mevcut çalışmada gerçekleştirilen nümerik analizler sonucunda elde edilen direnç ve kaldırma katsayı değerleri maksimum %7,6 hata oranıyla literatürde sunulan sonuçlara yaklaşmıştır (Tablo 2). Bu durum, oluşturulan hesaplama alanının gerçeğe uygun olduğunu, oluşturulan ağ yapısının çözümde doğru yakınsama sağladığını ve kullanılan sayısal çözüm yönteminin doğruluğunu göstermektedir. Bu yüzden, Bölüm 2'de sunulan sayısal metodoloji parametrik sayısal analiz çalışmalarında kullanılabilir.

Tablo 2. Sayısal analiz sonuçlarının karşılaştırılması

	0° Rüzgâr hücum açısı		180° Rüzgâr hücum açısı	
	C_d	C_L	C_d	C_L
Jubayer ve Hangan	0,57	-1,24	0,66	1,45
Mevcut Çalışma	0,55	-1,18	0,62	1,34
Hata Oranı	- %3,5	- %4,8	- %6,0	- %7,6

4. BULGULAR

Bu bölümde, güneş panellerinin eğim açısı, rüzgârın hücum açısı ve şiddeti, kolonların zeminden olan yüksekliği değişken parametreler olarak ele alınmış, Bölüm 2.2 ve 2.3'te sunulan hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu elemanlar yöntemi metodolojilerini kullanarak parametrik analizler gerçekleştirilmiştir. Nümerik analizlerde kullanılan değişken parametreler aşağıdaki gibidir;

Güneş panellerinin eğim açısı (α_p): 15° , 30° , 45° ve 60°

Rüzgâr şiddeti (V_{ref}): 15 m/s ve 18 m/s

Rüzgâr hücum açısı (α_r): 0° ve 180°

Kolonların zemine olan yüksekliği (H_k) : 1,1m ve 1,3m.

Yukarıdaki değişken parametreler dikkate alındığında 32 farklı durum için parametrik analiz yapılmalıdır. 0° ve 180° rüzgâr hücum açısına maruz kalan güneş takip sistemi için farklı simülasyon durumları sırasıyla Tablo 3 ve 4'te gösterilmiştir.

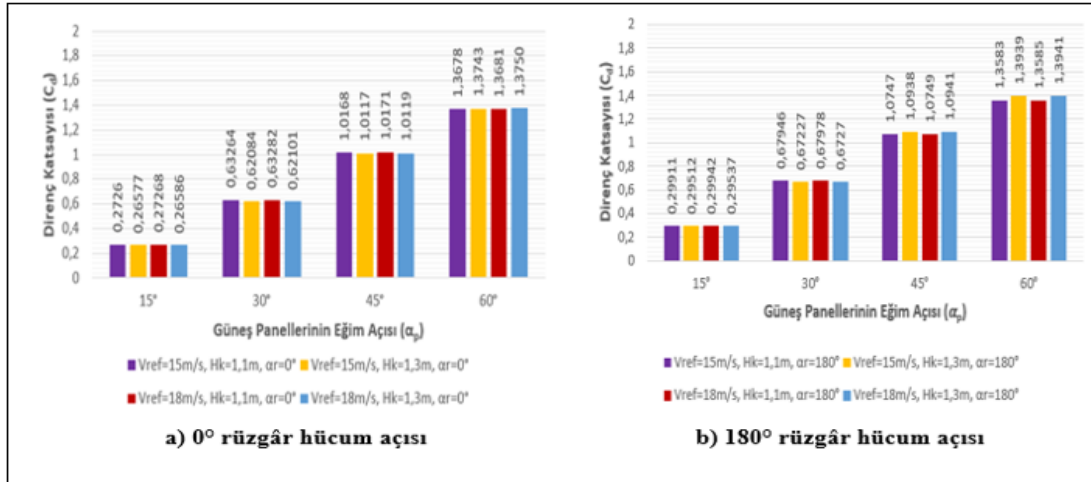
Tablo 3. 0° rüzgâr hücum açısına göre simülasyon durumları

Rüzgâr Şiddeti (V_{ref})	Kolon Zemin Yüksekliği (H_k)	Güneş Panellerinin Eğim Açısı, (α_p)			
		15°	30°	45°	60°
15 m/s	1,1 m	1. Durum	2. Durum	3. Durum	4. Durum
15 m/s	1,3 m	5. Durum	6. Durum	7. Durum	8. Durum
18 m/s	1,1 m	9. Durum	10. Durum	11. Durum	12. Durum
18 m/s	1,3 m	13. Durum	14. Durum	15. Durum	16. Durum

Tablo 4. 180° rüzgâr hücum açısına göre simülasyon durumları

Rüzgâr Şiddeti (V_{ref})	Kolon Zemin Yüksekliği (H_k)	Güneş Panellerinin Eğim Açısı, (α_p)			
		15°	30°	45°	60°
15 m/s	1,1 m	17. Durum	18. Durum	19. Durum	20. Durum
15 m/s	1,3 m	21. Durum	22. Durum	23. Durum	24. Durum
18 m/s	1,1 m	25. Durum	26. Durum	27. Durum	28. Durum
18 m/s	1,3 m	29. Durum	30. Durum	31. Durum	32. Durum

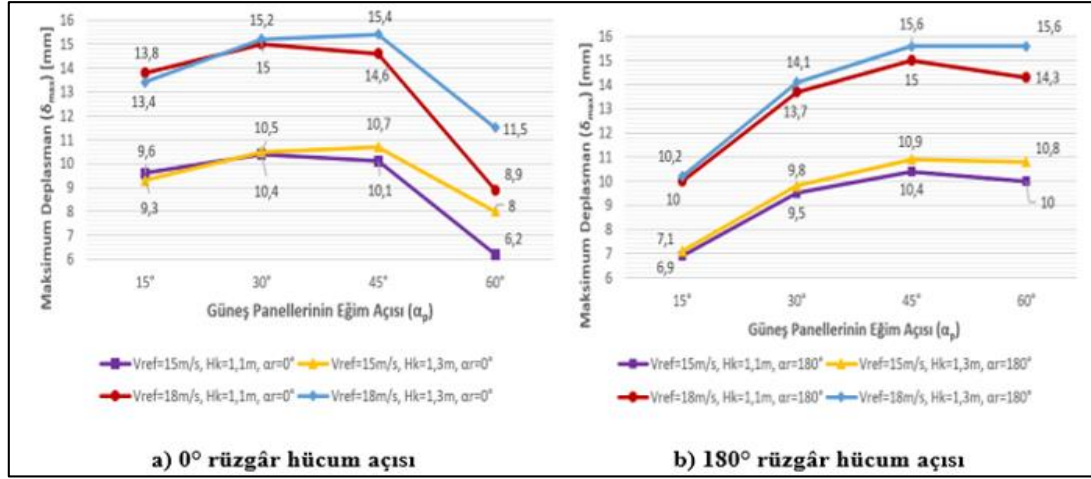
Direnç katsayı değerleri tüm simülasyon durumları için hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen değerler 0° ve 180° rüzgâr hücum açısı için Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Direnç katsayı değerleri

0° rüzgâr hücum açısına göre maksimum direnç katsayısı değerinin 1,3750 olduğu ve 16. Durum için olduğu görülmüştür. Minimum direnç katsayısı değerinin ise 0,26577 olduğu ve 5. Durum için olduğu görülmüştür. 180° rüzgâr hücum açısına göre maksimum direnç katsayısı değerinin 1,3941 olduğu ve 32. Durum için olduğu görülmüştür. Minimum direnç katsayısı değerinin ise 0,29512 olduğu ve 21. Durum için olduğu görülmüştür. 180° rüzgâr hücum açısı ile elde edilen direnç katsayısı değerleri 0° rüzgâr hücum açısı ile elde edilen değerlere göre daha yüksektir. Yani, 180° rüzgâr hücum açısı ile esen hava direnç katsayısı olarak daha kritiktir. Tüm simülasyon durumları için sonuçlara bakıldığında güneş panellerinin eğim açısının artmasıyla direnç katsayısının belirgin bir şekilde arttığı, rüzgâr şiddetinin ise 15 m/s'den 18 m/s'ye çıkması ile direnç katsayısında neredeyse değişme olmadığı görülmüştür.

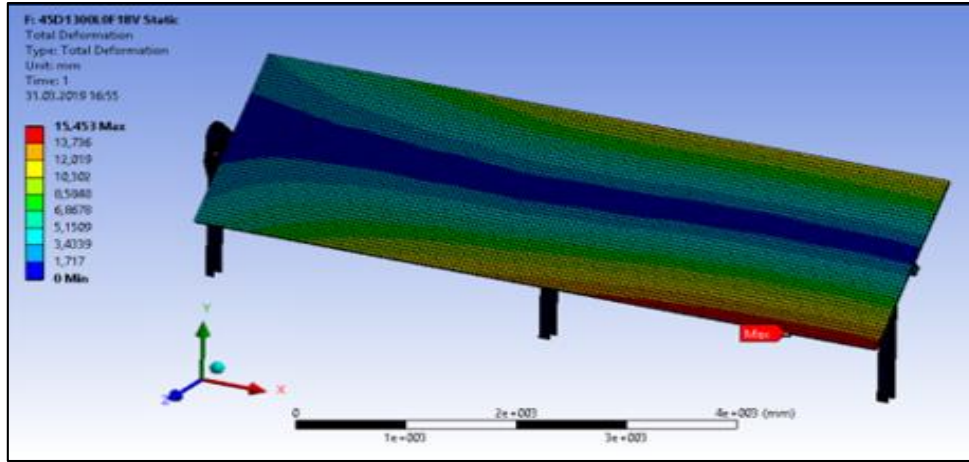
Maksimum deplasman değerleri sonlu elemanlar analizi ile tüm simülasyon durumları için elde edilmiştir. Elde edilen değerler 0° ve 180° rüzgâr hücum açısı için Şekil 9'da gösterilmiştir.



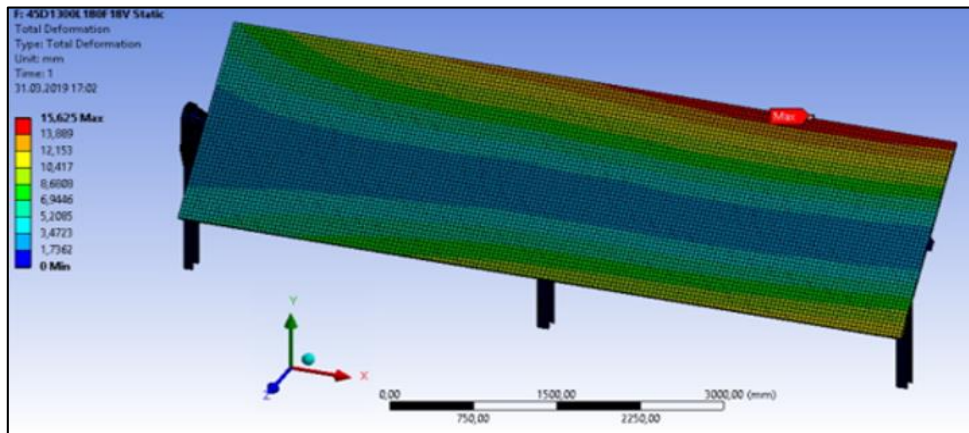
Şekil 9. Maksimum deplasman değerleri

0° rüzgâr hücum açısına göre maksimum deplasman değerinin 15,4 mm olduğu ve 15. Durum için olduğu görülmüştür. 180° rüzgâr hücum açısına göre maksimum deplasman değerinin 15,6 mm olduğu ve 31 ile 32. Durumlar için olduğu görülmüştür. Rüzgâr şiddeti ve kolon yüksekliğinin artmasıyla maksimum deplasman değerlerinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir.

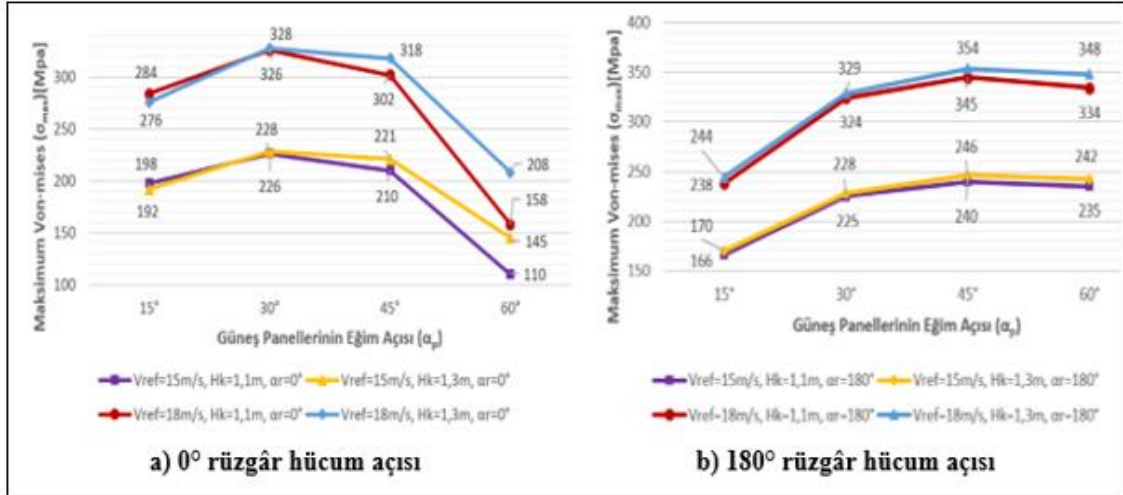
Ayrıca maksimum yer değiştirmenin tüm durumlar için güneş panelleri üzerinde olduğu belirlenmiştir ve rüzgârın hücum açısına göre (0° ve 180°) güneş takip sistemindeki deplasman haritası sırasıyla Şekil 10 ve 11'de gösterilmiştir. 0° rüzgâr hücum açısı için maksimum yer değiştirme güneş panelinin alt kısmının köşe kısmında (Şekil 10) ve 180° rüzgâr hücum açısı için maksimum yer değiştirme güneş panelinin üst kısmının köşe kısmında olduğu görülmüştür (Şekil 11).



Şekil 10. 0° rüzgâr hücum açısı için güneş takip sisteminin deplasman haritası



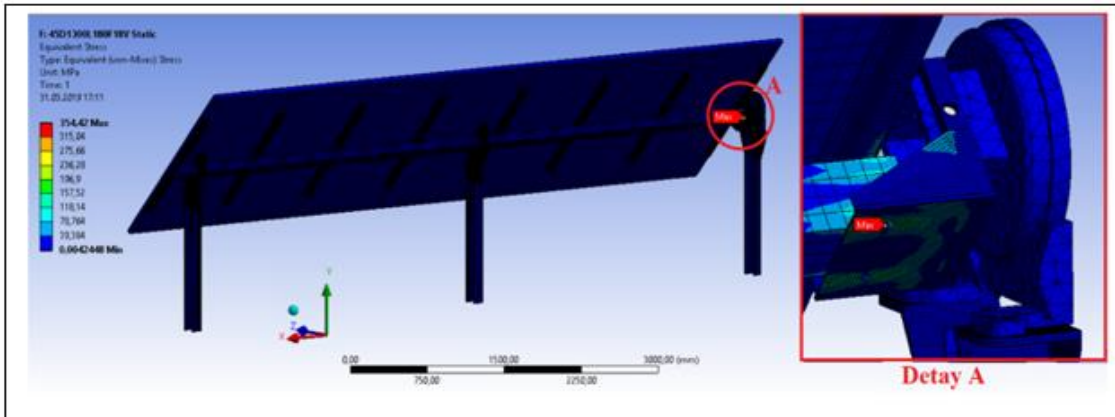
Şekil 11. 180° rüzgâr hücum açısı için güneş takip sisteminin deplasman haritası



Şekil 12. Maksimum von-mises gerilim değerleri

Yapı üzerinde oluşan von-mises gerilim değerleri sonlu elemanlar analizi ile tüm simülasyon durumları için elde edilmiştir. Elde edilen değerler 0° ve 180° rüzgâr hücum açısı için Şekil 12’de gösterilmiştir. 0° rüzgâr hücum açısına göre maksimum von-mises gerilim değerinin 328 MPa olduğu ve 14. Durum için olduğu görülmüştür. 180° rüzgâr hücum açısına göre maksimum von-mises gerilim değerinin 354 MPa olduğu ve 31. Durum için olduğu görülmüştür. Rüzgâr şiddeti ve kolon yüksekliğinin artmasıyla maksimum von-mises gerilim değerlerinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir.

Ayrıca tüm simülasyon durumları için maksimum von-mises gerilme değerinin motor rulman takımı parçasının üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 13, A Bölgesi). Motor rulman takımı parçasının malzemesi St-52 kalite çeliktir ve akma sınır değeri 355 MPa’dır (Tablo 1). Dolayısıyla, 31. durum için motor rulman takımında elde edilen gerilim değeri akma sınır değerine ulaştığı için parçada hasar oluşabileceği belirlenmiştir.



Şekil 13. Güneş takip sisteminin von-mises gerilim değerleri

5. SONUÇLAR

Güneş takip sisteminin her durum altında sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlayarak enerji üretiminin beklenen seviyede tutulabilmesi için metal taşıyıcı sistemlerinin yeterince mukavemetli olması gerekir. Bu yüzden rüzgâr yükü altında çalışacak olan güneş takip sistemlerinin akış ve yapısal analizlerinin yapılması oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, atmosferik ortama yerleştirilen bir güneş takip sistemini oluşturan metal taşıyıcıların ve güneş panellerinin farklı konfigürasyonlardaki rüzgâr yükleri altında davranışları incelenmiştir. Güneş panelleri üzerindeki akışı temsil etmek için üç boyutlu, sıkıştırılmaz ve daimi akış seçilmiştir ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonları sonlu hacimler metodunu esas alan Ansys Fluent paket programı ile SST k- ω türbülans modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Akış analizi sonucunda güneş panelleri yüzeyi üzerinde elde edilen basınç dağılımları, Ansys akışkan-yapı etkileşimi paket programı kullanılarak sonlu elemanlar modeline

aktarılmıştır ve güneş takip sistemine etki eden yük olarak tanımlanmıştır. Bu yükler altındaki güneş takip sisteminin sonlu elemanlar simülasyonları von-mises kriterini esas alan Ansys Structure paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Literatürde yapılan çalışma esas alınarak mevcut çalışmadaki metotların kullanılabilirliği %7,6 hata oranı ile desteklenmiştir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu elemanlar analizleri sonucunda, direnç katsayısı değerlerini etkileyen en önemli parametrenin güneş panellerinin eğim açısı olduğu ve artmasıyla birlikte direnç katsayısında belirgin artışların olduğu belirlenmiştir. Maksimum deplasman ve gerilim değerleri için ise kolonun zeminden olan yüksekliği ve rüzgâr şiddeti parametrelerinin önemli bir kriter olduğu ve artışlarıyla birlikte maksimum deplasman ve gerilme değerlerinde belirgin artışların olduğu belirlenmiştir.

15 m/s rüzgâr hızında güneş takip sisteminde von-mises kriterine göre herhangi bir hasar oluşmadığı fakat 18 m/s rüzgâr hızına çıktığında motor rulman takımı parçasındaki gerilim değerinin malzeme akma sınırına ulaştığı ve kalıcı deformasyonların meydana gelebileceği saptanmıştır. Güneş takip sistemini oluşturan diğer parçalarda ise tüm simülasyon konfigürasyonları için oluşan gerilim değerlerinin malzeme akma dayanımına göre oldukça düşüktür ve herhangi bir kalıcı deformasyon meydana gelmemiştir. Rüzgâr hızının daha da artması durumunda güneş takip sisteminin sorunsuz bir şekilde çalışabilmesi için motor rulman parçasının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

- [1] TS498, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri,” (İkinci Baskı). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [2] G. T. Bitsumlak, A. K. Dagnev, and J. Erwin, “Evaluation of Wind Loads on Solar Panel Modules Using CFD,” in *2010 The Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering*, 2010, pp. 23–27.
- [3] C. M. Jubayer, and H. Hangan, “Numerical Simulation of Wind Effects on a Stand-Alone Ground Mounted Photovoltaic (PV) System,” in *2014 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynaöics*, 2014, vol. 134, pp. 56–64.
- [4] C. K. Lin, C. Y. Dai, and J. C. Wu, “Analysis of Structural Deformation and Deformation-Induced Solar Radiation Misalignment in a Tracking Photovoltaic System Numerical Simulation of Wind Effects on a Stand-Alone Ground Mounted Photovoltaic (PV) System,” in *2013 Journal of Renewable Energy*, 2013, vol. 59, pp. 65–74.
- [5] H. Li, D. Zhang, Z. Qin, L. Li, and E. Zhang, “Analysis of Deformation and Strength of Solar Module Support Under Wind-Wave Load,” in *2015 International Conference on Manufacturing Science and Engineering*.
- [6] Ch. Khelifi, and F. Ferroudji, “Stress and Fatigue Analyses Under Wind Loading of the Dual Axis Sun Tracking System via Finite Element Analysis,” in *2016 Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 2016, vol. 10(2), pp. 2008–2015.
- [7] J. Franke, A. Hellsten, H. Schlunzen, and B. Carissimo, “Best Practice Guideline for the CFD Simulation of Flows in the Urban Environment,” Qual. Assur. Improv. Microscale Meteor Models Cost Action 732, May. 2007.
- [8] F. Menter, “Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications,” in *1994 Journal of American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 1994, vol. 32(8), pp. 1598–1605.
- [9] ANSYS Inc., “ANSYS Fluent Theory Guide,” (15th Ed.). 2013.
- [10] I. Ovalı, ve C. Esen, “Von-Mises Kriteri,” *Ansys Workbench*, Kodlab Yayınevi, 2017, pp. 46.



İbadet Mekânlarında Mevcut Akustik Durum Analizleri: Rize Büyük Gülbahar Camii Örneği

Bariş İLBAN, Mustafa KAVRAZ*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Akustik,
Sesin nesnel
parametreleri,
Cami,
Bilgisayar
simülasyon

Özet

Sesin işitsel algısı açısından büyük önem taşıyan ibadet yapılarının ana mekânları, akustik açıdan optimum koşulların sağlanabileceği yaklaşımla tasarlanmalıdır. Uygulanmış mekânların akustik açıdan optimum düzeye getirilebilmesi için ise öncelikle mevcut akustik koşullarının belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut mekânların akustik nitelikleri yerinde ölçüm, fiziksel model üzerinden ölçüm yada sayısal model üzerinden simülasyon yöntemleri ile tespit edilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında Rize Büyük Gülbahar Camii'nin mevcut akustik özellikleri bilgisayar simülasyonu yöntemi ile belirlenip sesin nesnel parametreleri üzerinden değerlendirilmiştir. Mevcut akustik koşulların belirlenmesinde ODEON version 10.1 simülasyon programı kullanılmış olup üç boyutlu modeller SketchUp8'de hazırlanmıştır. Değerlendirmelerde, reverberasyon süresi (T_{30}), erken gecikme süresi (EDT), belirginlik (D_{50}), netlik (C_{80}), konuşmanın anlaşılabilirlik indeksi (STI) nesnel parametreleri kullanılmıştır. Namaz ve vaaz faaliyetleri sırasında caminin farklı doluluk oranları değerlendirmelerde dikkate alınmıştır.

Acoustic Analyzes of the Current Situation in Worship Places: The Case of Rize Büyük Gülbahar Mosque

Keywords:

Acoustics,
Objective
parameters of
sound,
Mosque,
Computer
simulation

Abstract

The main places of worship buildings, which have great importance for the auditory perception of sound, should be designed with the approach to obtain acoustically optimum conditions. In order to acoustically optimize the existing spaces, it is necessary to determine the current acoustic conditions. The acoustic properties of the existing spaces can be determined by methods; on-site measurement, physical model measurement or simulation on numerical model. Within the scope of this study, the current acoustic properties of the Rize Büyük Gülbahar Mosque were determined by the computer simulation method and evaluated through the objective parameters of the sound. ODEON version 10.1 simulation program was used to determine the current acoustic conditions and three-dimensional models were prepared in SketchUp8. In the evaluations, objective parameters reverberation time (T_{30}), early delay time (EDT), clarity (D_{50}), clarity (C_{80}) and speech intelligibility index (STI) were used. During the prayer and preaching activities, different occupancy rates of the mosque were taken into consideration in the evaluations.

1. GİRİŞ

Form, fonksiyon, estetik, vb. gibi bir çok yaklaşımın değerlendirildiği mekânların tasarımlarında, en önemli parametrelerden biri de fiziksel çevre koşullarının ergonomik açıdan optimum sınırlar içerisinde sağlanmasıdır. Bu kapsamda, mekânların özellikle ısı, ışık ve ses açısından fonksiyonel özelliklerine de bağlı olarak standartlarda, yönetmeliklerde, vb. belirtilen koşullara uygun şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Mekânlarda ses ile ilgili yapılan tasarımlarda genel olarak iki temel yaklaşım söz konusudur. Bunlar, mekânların fonksiyonel özelliklerine de bağlı olarak; 1. Mekânlardaki gürültü düzeyinin azaltılması için yapılan tasarım yaklaşımları, 2. Mekânlardaki

sesin anlaşılabilirliğine ilişkin tasarım yaklaşımıdır. Mekânların hacimsel artışı ve mekânlardaki kişi kapasitesinin artışı ile birlikte ses ile ilgili çözümler de daha karmaşık hale gelmektedir. Bundan dolayı, özellikle bu mekânlarda akustik tasarımcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Mekânların tüm mimari özellikleri akustik tasarım kararlarını etkilediğinden dolayı akustik tasarımcıların bu mekânlarda mimari tasarım aşamasından itibaren tasarım sürecinde yer alması gerekmektedir.

Konferans, konser, opera, tiyatro, sinema gibi etkinliklerin gerçekleştirildiği mekânlarda hacimsel ve kişi kapasitesi açısından özel akustik tasarıma ihtiyaç duyulmaktadır. Benzer şekilde ibadet yapılarının özellikle ibadet mekânları da fonksiyonel, hacimsel ve kişi kapasitesi açısından akustik tasarımın önem taşıdığı yapılardır. Yeni tasarlanan ibadet yapılarının akustik tasarımlarının yapılmasının gerekliliğinin yanı sıra uygulanmış yapıların da akustik açıdan incelenmesi ve düzenlenmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda günümüzde konu ile ilgili araştırmalar da güncelliğini korumaktadır.

Carvalho 2011 yılında yapmış olduğu çalışmada, Lizbon Merkez Camii'nin akustik karakteristiğini araştırmıştır. Çalışma kapsamında, reverberasyon süresi, RASTI ve trafiğe bağlı arka plan gürültüsü ile ilgili yerinde ölçümler yapılmıştır. Sonuçların analizi, benzer hacme sahip olan diğer camiler ve kiliselerdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır [1]. İsmail 2013 yılında yapmış olduğu çalışmada boyut, şekil ve kaplama malzemeleri bakımından farklı olan camilerin üç genel tasarım topolojisini incelemiştir. Çalışma kapsamında geometri ve malzeme ile ilgili parametrik bir analiz yapılmıştır. Geometrik akustik için ışın izleme teorisine dayalı bir bilgisayar modeli kullanılmıştır [2]. Putra ve diğ. 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada tavanı piramit şekilli geleneksel Malay evini andıran Malayca'daki (Malezya) Sayyidina Abu Bakar Camii'nin caminin akustik özellikleri ele alınmıştır. Mekan içinde reverberasyon süresinin ölçümü yapılmış ve sonuçlar CATT oda akustiği simülasyon programında elde edilen değerlerle karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Ayrıca, reverberasyon süresi, erken düşme süresi, netlik, belirginlik, yanıl yansıma, ses iletim indeksi sesin nesnel parametreleri de değerlendirilmiştir [3]. Kassim ve diğ. 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada piramidal kubbeli bir caminin akustik özelliklerini incelemişler ve değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında CATT iç mekan akustik programı kullanılmış olup değerlendirmeler reverberasyon süresi ve netlik parametreleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kubbe açısının ve yüksekliğinin akustik parametreler üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Çalışma sonucuna göre, daha dik açılı bir piramidal kubbenin zayıf akustik netliğe katkıda bulunduğu ortaya çıkmıştır [4].

Bu çalışmada, Rize Büyük Gülbahar Camii'nin mevcut akustik koşulları ODEON version 10.1 Bilgisayar Simülasyon Programı aracılığıyla incelenmiştir. Cami için SketchUp8'de hazırlanan üç boyutlu modeller ODEON version 10.1'e aktarılmıştır. Akustik değerlendirmelerde; reverberasyon süresi (T_{30}), erken düşme süresi (EDT), belirginlik (D_{50}), netlik (C_{80}), sesin anlaşılabilirlik indeksi (STI) nesnel parametrelerine yer verilmiştir.

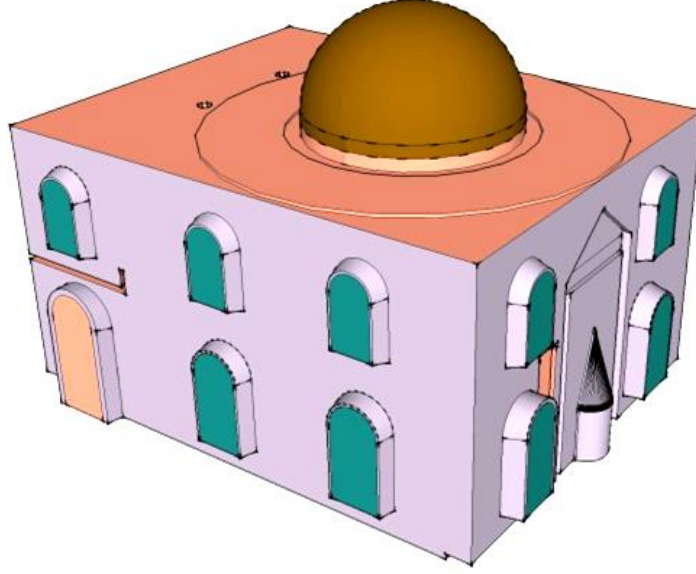
2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında incelenen Rize büyük Gülbahar Camii, Rize şehrinin Gülbahar Mahallesi'nde bulunmaktadır. Cami'nin yapım tarihi kesinlik olarak bilinmemektedir. Çeşitli dönemlerde yapılan onarımlar sırasında giriş kapısı üzerine H.1324 (M. 1906) tarihli bir kitabe yerleştirilmiştir. Bunun yanı sıra Cami'nin bir kenarına bırakılmış bir başka kitabede ise "Süleyman Camii Şerifi" ismi ve Hicri 1070 (M. 1659) tarihi yazılmaktadır [5].

131 m² zemin alanına sahip Cami'nin 31 m²'lik ikinci katıyla birlikte toplam kullanım alanı 162 m²'dir. Toplam hacmi 1205 m³ olan caminin en büyük iç yüksekliği 10,6 m'dir. İkinci katıyla birlikte toplam kapasitesi 169 kişi olan camide tam dolu olduğu durumda kişi başına yaklaşık olarak 7,13 m³ hacim düşmektedir.

Dikdörtgen plana sahip olan Cami'nin duvarları taş üzeri sıva ile kaplanmıştır. Duvarları yığma, ara katı ve tavanı ahşap olarak yapılmıştır. Ana ibadet salonunun arka tarafında ahşaptan bir mahfil katı yer almaktadır. Tavanı ve harem kısmının olduğu bölüm ahşap, tavanın ortasındaki dekoratif kubbe ise bağdadi sıva olarak, caminin minberi ahşap, mihrabı işlemeli taş, pencere denizlikleri ise kesme taştan yapılmıştır.

Çalışmada öncelikle caminin iç mekan ibadet bölümünün SketchUp8'de üç boyutlu modeli hazırlanmıştır (Şekil 1). ODEON version 10.1 Bilgisayar Simülasyon Programına aktarılan model için malzeme ile ses kaynağı ve alıcı konumları başta olmak üzere tüm gerekli diğer atamalar gerçekleştirildikten sonra program çalıştırılarak sesin nesnel parametre değerlerine ait sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 1. Rize Büyük Gülbahar Camii'nin ibadet mekânı için hazırlanmış modeli

Camilerde iki farklı kaynak noktası konumu (namaz modu ve vaaz modu), üç farklı doluluk oranı (boş, %50 ve %100) ve ibadet edenlerin iki farklı pozisyonuna (oturma pozisyonu ve ayakta durma pozisyonu) göre oluşturulmuştur.

Elde edilen sesin nesnel parametrelerine ait değerlerin incelenmesi doluluk oranlarının ve ses kaynağı noktalarının konumlarının değişimine göre karşılaştırılarak yapılmıştır.

Sesin nesnel parametre sonuçlarının doluluk oranlarına göre karşılaştırılmalarına ilişkin durumlar ve grafikte kullanılan kısaltılmış ifadeler;

- a.** 1 numaralı ses kaynağı aktif, ibadet edenler oturur pozisyonda, farklı doluluk oranları;
- Namaz modunda, caminin boş olduğu durum - 1(boş),
 - Namaz modunda, %50 dolulukta ibadet edenlerin oturur pozisyonda oldukları durum - 1(O)(%50),
 - Namaz modunda %100 dolulukta ibadet edenlerin oturur pozisyonda oldukları durum - 1(O)(%100),
- b.** 1 numaralı ses kaynağı aktif, ibadet edenler ayakta durma pozisyonunda, farklı doluluk oranları;
- Namaz modunda, ibadet edenlerin ayakta olduğu %50 dolulukta durum - 1(A)(%50),
 - Namaz modunda, ibadet edenlerin ayakta olduğu %100 dolulukta durum - 1(A)(%100),
- c.** 2 numaralı ses kaynağı aktif, ibadet edenler oturur pozisyonda, farklı doluluk oranları
- Vaaz modunda, caminin boş olduğu durum - 2(boş),
 - Vaaz modunda, %50 dolulukta ibadet edenlerin oturur pozisyonda oldukları durum - 2(O)(%50),
 - Vaaz modunda, %100 dolulukta ibadet edenlerin oturur pozisyonda oldukları durum - 2(O)(%100),
- Olmak üzere üç farklı grafik halinde düzenlenmiştir.

Grafiklerde yer alan; O: ibadet edenlerin oturma pozisyonunda oldukları durum, A: ibadet edenlerin ayakta durma pozisyonunda oldukları durum, 1: 1 no'lu ses kaynağının aktif olduğu "namaz modu", 2: 2 no'lu ses kaynağının aktif olduğu "vaaz modu" nu ifade etmektedir.

Literatürde çınlama süresi ve diğer nesnel parametreler için önerilen optimum düzeylerde, nesnel parametrelerin orta frekanslardaki değerleri belirtilmektedir. Bu sebeple simülasyonlarda elde edilen sesin nesnel parametrelerine ait değerlerin optimum değerlerle karşılaştırılmasında, orta frekanslardaki değerlerin ortalaması esas alınmıştır. Rize Gülbahar Hatun Camii için orta frekanslardaki optimum nesnel parametre değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Nesnel parametrelerin optimum değer aralıkları

Parametre	Optimum değer aralığı	Kaynak
T30	1.61sn – 1.97sn	[6, 7]
EDT	1,75sn – 2,15sn	[8]
D50	%30 – %70	[9]
C80	-4dB +4dB	[10]
STI	>0.45	[11]

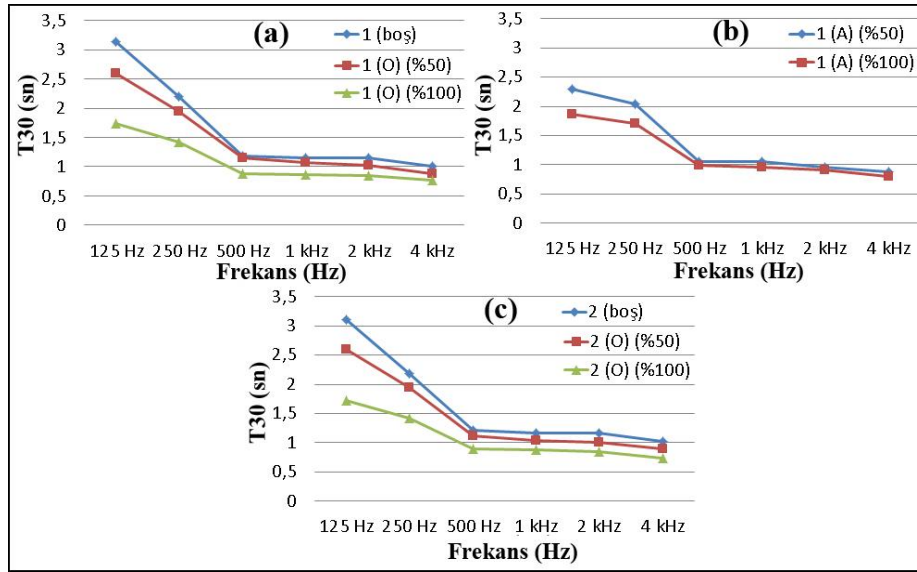
3. BULGULAR

Rize Büyük Gülbahar Camii'nin akustik koşullarının değerlendirildiği çalışma kapsamında, ODEON version 10.1 ile yapılan simülasyon işlemleri sonucunda T_{30} , EDT, D_{50} ve C_{80} değerleri elde edilmiştir. Sesin belirtilen nesnel parametrelerine ait değerler, önceki bölümde belirtilen farklı faaliyetlere (namaz, vaaz) ve doluluk oranlarına göre (boş, %50, %100) oluşturulan senaryo durumları için; birbirleriyle ve optimum sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Büyük Gülbahar Camii için elde edilen T_{30} değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 2'de yer almaktadır. Rize Büyük Gülbahar Camii için orta frekanslarda optimum T_{30} değerleri 1.61sn – 1.97sn arasındadır (Tablo 1). Orta frekanslarda tüm farklı doluluk oranı durumları için camideki T_{30} değerleri optimum değerlerin altında kalmıştır. Mahfil katı ile caminin kapasitesinin artırılması sonucu kişi başına düşen iç hacmin azalması T_{30} değerlerinin düşük çıkmasına sebep olmuştur. Ayrıca ana ibadet salonu ve mahfil katında zemin yüzeylerinin halı kaplı olması ve orta frekanslarda halının ses yutuculuğunun yüksek bir malzeme olması da T_{30} değerlerinin düşük çıkmasında etkili olmuştur.

Halı ve kumaş yüzeylerde frekans aralıklarındaki ses yutma katsayı değerlerinin değişim farklarının yüksek olmasından dolayı alçak frekanslarda yüksek olan T_{30} değerleri orta ve yüksek frekanslarda çok düşük düzeylerde elde edilmiştir.

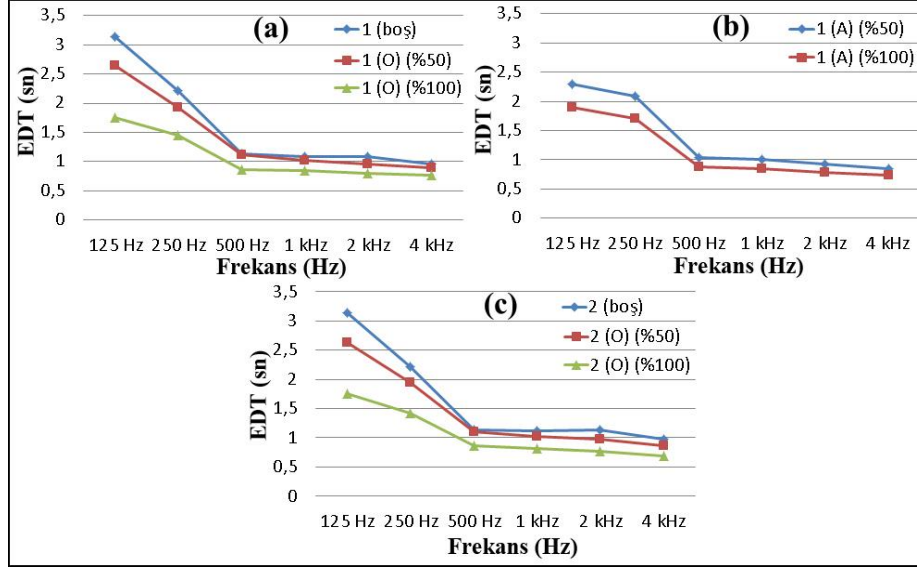
Doluluk oranı arttıkça T_{30} değerleri azalmıştır. Bu azalma alçak frekanslarda daha belirgin iken orta ve yüksek frekanslarda daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Orta frekanslarda en yüksek T_{30} değeri 1,19 sn ile caminin boş olduğu vaaz modunda, en düşük T_{30} değeri ise 0,87sn ile caminin %100 dolulukta ve ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu namaz modunda elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Doluluk oranlarına göre Büyük Gülbahar Camii ortalama T_{30} değerleri

Rize Büyük Gülbahar Camii için elde edilen ortalama EDT değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 3'de yer almaktadır. Rize Büyük Gülbahar Camii için optimum EDT değerleri 1,75sn – 2,15sn arasındadır (Tablo 1). EDT değerleri aynı faaliyet modlarındaki T_{30} değerlerinden daha düşük düzeyde elde edilmiştir. EDT değerlerinin T_{30} değerlerinden daha düşük değerlerde elde edilmesi yansımaların çınlamanın geç aşamasında yoğunlaştığını göstermektedir. Mekânın ortalama değerleri dikkate alındığında hiçbir durumda ve frekans aralığında T_{30} değerlerinden daha yüksek düzeyde EDT değerleri elde edilememiştir. Doluluk oranı arttıkça EDT değerlerinde de, T_{30} değerinde olduğu gibi alçak frekanslarda daha belirgin olmak üzere azalma meydana gelmiştir.

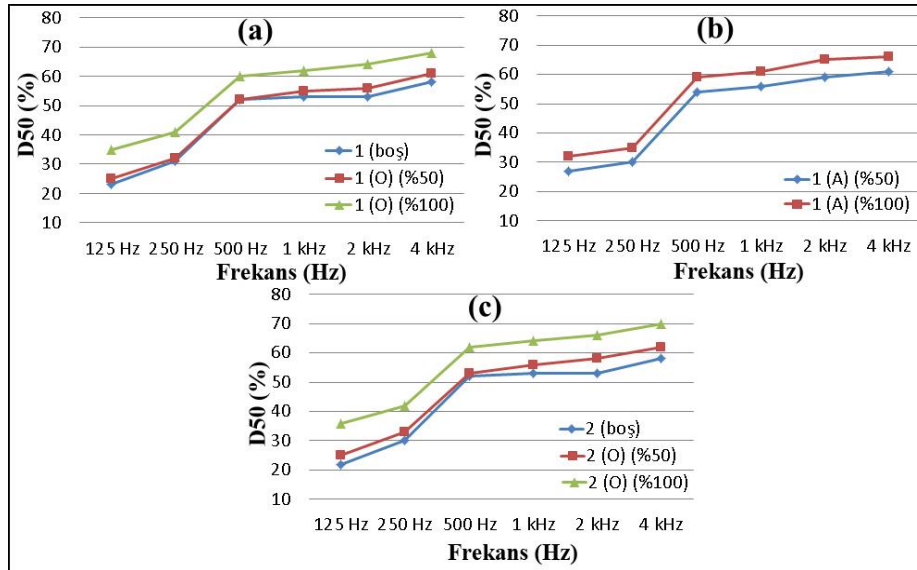
T_{30} değerinde olduğu gibi EDT değerlerinde de orta frekanslarda hiçbir senaryo durumu için optimum değerler elde edilememiş, her durumda değerler optimum değerlerden düşük düzeyde kalmıştır. Orta frekanslarda en yüksek EDT değeri 1,12 sn ile caminin boş olduğu vaaz modunda, en düşük EDT değeri ise 0,84 sn ile caminin %100 dolulukta olduğu ve ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu vaaz modunda elde edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Doluluk oranlarına göre Büyük Gülbahar Camii ortalama EDT değerleri

Rize Büyük Gülbahar Camii için elde edilen ortalama D50 değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 4'de yer almaktadır. Referans alınan optimum D50 değerleri %30 – %70 arasındadır (Tablo 1). T30 değerinin düşük olması nedeniyle geç yansımalara rağmen orta frekanslarda tüm farklı durumlar için D50 değerlerinin optimum aralıkta, ve optimum üst sınırına yakın düzeylerde elde edilmiştir.

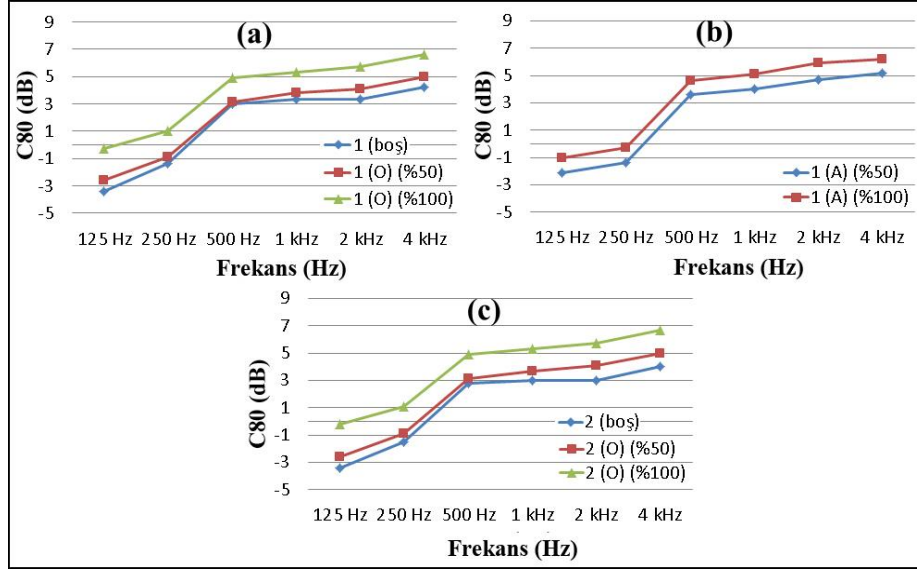
Doluluk oranının artmasıyla D50 parametresi değerleri de yükselmiştir. Orta frekanslarda en yüksek D50 değeri %63 ile caminin tam doluluk durumunda ve ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu vaaz modunda, en düşük D50 değeri ise %52,5 ile caminin boş olduğu namaz modunda elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Doluluk oranlarına göre Büyük Gülbahar Camii ortalama D50 değerleri

Rize Büyük Gülbahar Camii için elde edilen ortalama C80 değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 5'de yer almaktadır. Referans alınan C80 değerleri -4dB +4dB arasındadır (Tablo 1). Orta frekanslarda, boş ve yarı doluluk durumlarında C80 değerleri optimum üst sınırına yakın, %100 doluluk durumlarında ise optimum üst sınırının üzerine çıkmıştır. T30 değerlerinin yüksek olması D50 parametresinde olduğu gibi C80 parametresinde de yüksek sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Fakat C80 değerleri optimum değer aralığının üst sınırını da aşarak kuru bir ses algısına sebep olmuştur. Bu durum konuşmanın anlaşılabilirliği açısından olumlu olsa da Kur'an-ı Kerim okumalarının ibadet edenler tarafından işitsel algısı açısından olumsuz bir durumdur.

Doluluk oranının artmasıyla C80 parametresi değerleri yükselmiştir. Orta frekanslarda en yüksek C80 değeri 5,1 dB ile caminin tam dolulukta ve ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu vaaz modunda, en düşük C80 değeri ise 2.9dB ile caminin boş olduğu vaaz modunda elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Doluluk oranlarına göre Büyük Gülbahar Camii ortalama C80 değerleri

Rize Büyük Gülbahar Camii için elde edilen STI değerleri Şekil 6'da yer almaktadır. Referans alınan optimum STI değerleri 0.45 ve üzeridir (Tablo 1). STI parametresi D50 paramesinde olduğu gibi, düşük T30 sebebiyle yüksek düzeylerde elde edilmiştir. STI her senaryodaki alıcı noktalarında optimum düzeydedir. En yüksek STI değerleri 0,69 ile Alıcı 1, en düşük STI değerleri ise 0,51 ile Alıcı 2'de elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Büyük Gülbahar Camii STI değerleri

1 (boş)	0,55
1 (O) (50)	0,57
1 (O) (100)	0,62
1 (A) (50)	0,58
1 (A) (100)	0,61
2 (boş)	0,55
2 (O) (50)	0,57
2 (O) (100)	0,63

4. SONUÇLAR

Camide akustik açıdan yapılan değerlendirmeye kapsamındaki sesin nesnel parametrelerinden T30 ve EDT değerleri optimum düzeylerin altında; D50 ve STI değerleri ise optimum düzeylerde elde edilmiştir. C80 parametresi ise optimum sınırın yer yer üzerinde elde edilmiştir. Bu durum caminin içerisinde konuşmanın anlaşılması ile ilgili bir sorun olmadığı, fakat sesin özellikle Kur'an- Kerim okumalarında yeterli dolgunlukta algılanmadığını göstermektedir. Kişi başına düşen iç mekân hacminin düşük olması (7.13 m³) ve halı kaplı yüzeylerin oranı bu durumun ortaya çıkmasında etkili olmaktadır. Gülbahar Hatun Camii'nin yüksek kapasiteli ve hacimli bir cuma camiinden çok bir mahalle mescidi hüviyetinde olmasından dolayı T30, EDT ve C80 değerlerinde optimum dışı sonuçlar kabul edilebilir olarak değerlendirilmektedir.

EDT değerleri, T30 değerlerinin de bir miktar altında elde edilmiştir. Bu durum sönümlenmenin erken aşamada yoğunlaştığı ve geç yansımaların toplam yansıyan sesler içerisindeki ağırlığının arttığını göstermektedir.

Konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili olan D50 ve STI parametrelerinde optimum değerler rahatlıkla elde edilmektedir. Geç yansımaların sönümlenme sürecinde yoğun olması durumunda D50 ve STI değerleri düşük düzeylerde elde edilmektedir. Fakat T30 değerlerinin zaten düşük olmasından dolayı D50 ve STI parametrelerinin sonuçları beklendiği gibi düşmemiş, optimum düzeylerde elde edilmiştir. Hatta C80 değerinin optimum aralığın

üst sınırının bile üzerine çıkması, erken sönümlenme sürecinde erken yansımaların oranının yine de yüksek olduğunu göstermektedir.

Caminin tarihi niteliğe sahip olması, akustik performansı iyileştirmek için yapılacak müdahaleleri de sınırlamaktadır. Etkili bir akustik düzenleme, ancak caminin geometrisinde yapılacak düzenlemeler ile özellikle tavanın yükseltilip iç mekân hacminin artırılması ile sağlanabilecektir. Koruma altındaki bir kültür mirası olan bu camide ise geometrisinde değişiklik yapılması mümkün değildir. Küçük malzeme değişiklikleri ile sınırlı düzeyde iyileşme elde edilebilecektir. Fakat zaten küçük bir mescit hüviyetinde olan bu camiden akustik performans beklentisi yüksek hacimli camilere göre daha düşüktür ve caminin mevcut durumu bu açıdan bakıldığında kabul edilebilir düzeydedir. Günümüzde de betonarme olarak inşa edilen bu tipteki camilerin tasarımlarında tavan yüksekliğinin artırılıp daha fazla iç mekân hacmi sağlanması, akustik performans açısından olumlu sonuçlar verecektir.

Not

Çalışma, “Bilgisayar Simülasyon Yöntemi ile Camilerin Akustik Açısından Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi: Trabzon ve Rize Örneği” başlıklı Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

Kaynakça

- [1] A. P. O. Carvalho, “Acoustical characterization of the central mosque of Lisbon”, *Forum Acusticum 2011*, 27. June - 1. July, Aalborg, 2011
- [2] M. R. Ismail, “A parametric investigation of the acoustical performance of contemporary mosques”, *Frontiers of Architectural Research (2013) 2*, pp. 30–41, 2013.
- [3] A. Putra, D. H. Kassim, M. Y. Yaakob, Y. Abdullah, N. S. Muhammad, R. Jenal, M. J. M. Nor, “Assessment of the Acoustical Performance in Malacca Mosque, Malaysia: A Case Study on the Sayyidina Abu Bakar Mosque”, *ICSV20*, Bangkok, Thailand, July 7-11, 2013.
- [4] D. H. Kassim, A. Putra, M.J.M. Nor, N.S. Muhammad, “Effect of Pyramidal Dome Geometry on The Acoustical Characteristics in a Mosque”, *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*, Volume 7, pp. 1127-1133, 2014.
- [5] Rize Müftülüğü, “Gülbahar Merkez Camii” [Online]. Available: http://www.rizemuftulugu.gov.tr/haber_detay.asp?haberID=1781. [Accessed: 14-Feb-2019].
- [6] M. Kayılı, 2005. Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture, *foundation for science technology and civilisation*, Publication ID: 4087.
- [7] R. Abdülrahimov, *Salonların Akustiği ve Tasarımı*, Trabzon, 2006.
- [8] A.C. Gade, 1989. “Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls”, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, Report no:44.
- [9] ISO, 2009. Acoustics – Measurement of rooms acoustic parameters – Part 1:Performance spaces”, BS EN ISO-3382-1.
- [10] L. Beranek, 1996. *Concert and Opera Halls: How They Sound*, New York: Acoustical Society of America, USA.
- [11] H.J.M. Steeneken and T. Houtgast, “Basics of the STI Measuring method” in *Past, Present and Future of the Speech Transmission Index*, TNO Human Factors, 2002, pp. 13–44.

Erzurum Ekolojik Koşullarında Bazı Yağlık Ayçiçeği Genotiplerinin Verim ve Önemli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Fırat SEFAOĞLU*

Kastamonu Üniversitesi Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, 37150 Kastamonu Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Yağlık ayçiçeği,
Helianthus annuus,
Tabla çapı,
Tane verimi,
Yağ oranı

Özet:

Erzurum ekolojik koşullarına uygun yağlık ayçiçeği genotiplerini belirlemek amacıyla 2017 yılında yürütülen bu çalışma, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü (TTAE) ayçiçeği ıslah programınca geliştirilen, daha önce yapılmış verim denemelerinde ön plana çıkmış 7 genotip (17 Tr 111, 17 Tr 104, 16 Tr 66, 17 Tr 107, 17 Tr 105, 17 Tr 106 ve 16 T r009) ve 4 tescilli çeşit (Kayra, Italica, Bosfora ve Lg 5582) oluşturmuştur. İncelenen genotiplerin çiçeklenme süresi, bitki boyu, bin tohum ağırlığı, tohum verimi, yağ oranı ve yağ verimi açısından istatistiksel olarak farklı oldukları bulunmuştur. Araştırmada genotiplerin tohum verimi 224,5-415.1 kg da⁻¹ (17 Tr 105; Kayra), ham yağ oranı %26.8-37.5 (16 Tr 008; Kayra) ve ham yağ verimi 65.1-155.7 kg da⁻¹ (17 Tr 105; Kayra) arasında belirlenmiştir. Denemeye alınan genotipler arasında Kayra yüksek tohum ve yağ oranına sahip çeşit olarak ön plana çıkmaktadır.

The Investigation of Yield and Important Agronomic Characters of Some Sunflower Genotypes in Ecological conditions of Erzurum

Keywords:

Sunflower oil,
Helianthus annuus,
head diameter,
seed yield,
oil content

Abstract:

This study performed as randomized complete blocks with four replications to determine suitable sunflower genotypes under irrigated conditions of Erzurum in 2017. The genotypes used in the research were certificated cultivars (Kayra, Italica, Bosfora ve Lg 5582) and genotype (17 Tr 111, 17 Tr 104, 16 Tr 66, 17 Tr 107, 17 Tr 105, 17 Tr 106 ve 16 T r009) under developing and cultivars developed by TTAE (Thrace Agricultural Institute). Determining yield components were %50 flowering time, plant height (cm), 1000 seed weight (g), seed yield (kg da⁻¹), seed oil content (%) and oil yield (kg da⁻¹). In the study, seed yield of genotypes was found to be between 224.5-415 kg da⁻¹ (17Tr105; Kayra), crude oil ratio 26.8-37.5% (16 Tr 008; Kayra) and crude oil yield between 65.1-155.7 kg da⁻¹ (17Tr105; Kayra). Among the genotypes included in the study, Kayra stands out as a species with high seed and oil content.

1. GİRİŞ

Yağlık ayçiçeği bitkisel ham yağ üretimi bakımından Dünya’da ve Türkiye’de önemli bir yağ bitkisidir. Dünyada Ayçiçeği 25 milyon ha ekim alanı ile üçüncü sırada yer alırken, en fazla üretimin sırasıyla Rusya, Ukrayna, AB-28, Arjantin ve Çin’de yapılmaktadır. AB ülkeleri içinde Fransa, Romanya, Portekiz ve İspanya önemli ayçiçeği üreticisi ülkeleridir [1]. 2016/2017 sezonunda Rusya, Ukrayna ve AB dünya ayçiçeği üretiminin %72,7’sini gerçekleştirmişlerdir [2]. Bu durum, bitkinin adaptasyon kabiliyetinin oldukça yüksek olduğunun bir göstergesi olarak dikkat çekmektedir.

Ayçiçeği 2016 yılında ülkemiz genelinde 720 bin hektar alanda ekilerek 1.671 milyon ton yağlı tohum üretimi gerçekleştirilmiştir. Aynı yıl Doğu Anadolu Bölgesi'nde 20.030 da alanda 4.158 ton yağlık ayçiçeği üretimi yapılmakta iken, Erzurum'da 575 da alanda toplam 180 ton yağlık ayçiçeği üretimi yapılmıştır. Türkiye, Doğu Anadolu Bölgesi ve Erzurum'da Ortalama verim sırasıyla 208 kg da⁻¹, 224 kg da⁻¹ ve 313 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir [3].

Ülkemizde tüketilen bitkisel yağın yaklaşık %60'ını Ayçiçek yağı oluşturmaktadır. Son yıllarda artan nüfus ile ters orantılı olarak azalan tarım alanları nedeniyle ülkemiz yağ arzı her geçen gün artmaktadır. Ülkemizde 2016/2017 sezonunda üretilen 1,20 milyon ton yağlık ayçiçeğinden 492 bin ton ham yağ üretimi gerçekleşmiştir. Aynı sezonda ülkemizin 1,40 milyon ton olan toplam ayçiçeği ham yağı arzının sadece %35.1'i yerli üretim ile geriye kalan kısmı ise tohum ve ham yağ ithalatı ile karşılanmıştır [2]. Her yıl artarak devam eden yağ açığımız, bugün bitkisel yağ sanayimizin dolayısıyla ülke ekonomimizin önemli problemleri içerisinde yer almaktadır. Bu açığın kapatılmasında, ekim alanlarının artırılması ve birim alandan elde edilen veriminin yükseltilmesi önem arz etmektedir. Bütün bitkilerde olduğu gibi bu bitkide de tohum ve yağ verimleri, bölgeye ve bitki çeşidine göre önemli şekilde değişmektedir. Yüksek verimli hibrit çeşitlerin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması verimi artırma yolunda önemli bir adım olmaktadır. Ancak yüksek verim için verim özelliklerini ve çevre koşullarındaki performanslarını test ederek her çeşit için uygun toprak, iklim ve yetiştirme tekniklerini belirlenmesi oldukça önemlidir. İklim gibi çevresel faktörleri kontrol altına alma olanağımız olmadığı gibi geliştirilen çeşitlerin bölgenin ekolojik koşullarına adapte olması gerekmektedir. Dolayısıyla bölgemizin ekolojik koşullarına adapte olabilen, verimi yüksek çeşitlerin belirlenmesi ve geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaca yönelik Erzurum ekolojik koşullarında yürütülen çalışmada, bazı yağlık ayçiçeği çeşit ve hatlarının adaptasyon kabiliyeti ve bazı tarımsal özellikleri incelenmiş, daha yüksek performans gösterecek çeşit ve hatların belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, 2017 üretim sezonunda Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü (DATAE) Pasinler sulanabilir deneme alanında yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı lokasyona ait bazı iklimsel özellikler Tablo 1' de sunulmuştur.

Tablo 1. Erzurum İlinde Üretimin Yapıldığı Aylarda, 2017 Yılı ve Uzun Yıllar Ortalama (UYO) Sıcaklık (°C) ve Yağış Değerleri (mm)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)	
	2017	U.Yıllar	2017	U.Yıllar
Nisan	7,7	5,5	55,1	51,5
Mayıs	10,1	10,6	86,0	70,3
Haziran	15,3	14,9	61,1	46,4
Temmuz	19,3	19,3	53,3	25,8
Ağustos	22,7	19,4	20,2	16,5
Eylül	13,6	14,6	11,5	22,5
Top	88,7	84,3	287,2	233,0
Ort.	14,8	14,1	47,9	38,8

Tablo 1'in incelenmesinden anlaşılacağı gibi, ortalama sıcaklık bakımından uzun yıllar (14.1 °C) ve deneme yılı (14.8 °C) arasındaki fark çok belirgin olmamıştır. Yetiştirme süresi (Mayıs- Eylül) içerisinde düşen toplam yağış miktarı 287.2 mm olup, bu değer uzun yıllar ortalamasından (233 mm) daha yüksek olarak gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ortalaması incelendiğinde en az yağışın Ağustos ayında (16.5 mm), araştırma yılında ise Eylül ayında (11.5 mm) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Deneme Alanı Toprağının Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Örneğin yeri	Saturasyon	pH	EC	Tuz	Kireç	Organik	Fosfor	Potasyum
İli -İlçesi	%		dS/m	%	%	Mad. (%)	kg da ⁻¹	kg da ⁻¹
Erzurum-Pasinler	50	7.3	5.9	0.2	1.45	1.28	5.60	120

Denemeye ait bazı toprak parametreleri Tablo 2’de sunulmuştur. Tablo 2’incelendiğinde, deneme alanı toprağı killi-tınlı bünyeye sahip olup, alkalın reaksiyonlu (pH 7.3) kireç oranı (% 1.45) düşük düzeyde, organik madde (% 1.28) ve elverişli fosfor (5.60 kg da⁻¹) içeriğinin düşük, potasyum oranının (120 kg da⁻¹) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü (TTAE) ayçiçeği ıslah programınca geliştirilen ve daha önce yürütülmüş verim denemesinde ön plana çıkmış 7 adet hibrit çeşit adayı (17 Tr 111, 17 Tr 104, 16 Tr 66, 17 Tr 107, 17 Tr 105, 17 Tr 106 ve 16 Tr 009), ve dört adet kontrol çeşit (Kayra, Italica, Bosfora ve Lg 5582) deneme materyalini oluşturmuştur. Denemeler “Tesadüf Blokları Deneme Deseni’ne göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları sonbaharda derin sürülmüş ve kesekli olarak kışa terkedilmiş, ilkbaharda ekim öncesi, diskaro ve tırmık çekilmek sureti ile tohum yatağı hazırlanmıştır. 22 Mayıs da Erzurum’da kurulan denemede, parsel boyları 8,1 m, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 30 cm ve her parsel 4 sıra olacak şekilde el ile ekim yapılmıştır. Deneme yılında gübrelerin aktif miktarları hesap edilerek ayrı ayrı tartılıp, 8 kg da⁻¹ P₂O₅ gübrenin tamamı, azotlu gübrenin yarısı Amonyum Sülfat formunda (5 kg da⁻¹ N) ekimden hemen önce, azotlu gübrenin kalan yarısı ise Amonyum nitrat formunda bitkiler 15-20 cm boylandığında uygulanmıştır. Bitkiler çıkışı takiben 2-3 hafta sonra ilk çapa ve ocakta tek bir fide kalacak şekilde tekleme işlemi yapılmıştır. Sıra üzeri ve arasındaki yabancı otlar çapa yapılarak kontrol altında tutulmuştur. Araştırma süresi boyunca özellikle çiçeklenme dönemi olmak üzere karık usulü sulama yapılmıştır. 26 Eylül tarihinde parsellerde yanlardan birer sıra, alt ve üst kısımlarından bir ocak kenar tesiri olarak alındıktan sonra geri kalan ortadaki iki sıradan hasat yapılmıştır. Hasat edilen tablalar, 2-3 gün kurutulduktan sonra dövülerek taneler tablalardan ayrılmış gerekli sayım ve tartımlar yapılmıştır. Araştırmada çıkış ve % 50 çiçeklenme süresi, bitki boyu, tabla çapı, bin tane ağırlığı, tane verimi, yağ oranı ve yağ verimi incelenmiştir. Ham yağ oranı analizleri Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarında NMR (OXFORD 4000) cihazında TS 9059 EN ISO 5511 yöntemine göre yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen veriler JMP 7,0 (Copyright © 2007SAS Institute Inc.) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. ‘F’ testi ile farklılıklar tespit edilen işlemlerin ortalama değerleri ‘LSD’ önem testine göre gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ayçiçeği genotiplerinin çıkış sürelerine ait ortalama değerler Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 4’nin incelenmesinde de anlaşılacağı gibi genotipler arasında çıkış süresi bakımından farklılığa rastlanmamıştır. Genotiplerin ortalaması olarak en uzun çıkış süresi (14.0 gün) 17 Tr 14, Italica ve Bosfora genotiplerinde saptanırken en kısa çıkış süresi (13.3 gün) Lg5580 çeşidinde tespit edilmiştir. Genotiplerin çıkış sürelerinin farklı oluşu genetik yapıdan kaynaklanmış olabilir. Nitekim Sefaoğlu ve ark. [4]; Albayrak, [5] ve Ashraf, [6] tarafından yapılan çalışmalarda da çıkış sürelerinin çeşitlere göre değiştiği belirlenmiştir.

Araştırmada ele alınan ayçiçeği genotipleri arasında çiçeklenme süresi bakımından görülen farklılıklar istatistiki açıdan önemli (p<0,05) bulunmuştur (Tablo 4). Tablo 3’den görüleceği gibi en uzun çiçeklenme süresi 71.8 gün ile Bosfora çeşidinden elde edilmişken en kısa çiçeklenme gün süresi 68.5 gün ile 16Tr008 genotipinde belirlenmiştir. Genotiplerin çiçeklenme sürelerinin farklı olması esasen genetik yapının tesiri altında olmakla birlikte, çevre faktörlerinden de etkilenebilmektedir [7].

Araştırmada ele alınan genotipler arasında tabla çapı bakımından önemli bir farklılığa rastlanmamıştır (Tablo 4). En yüksek tabla çapı 20.9 cm ile Italica çeşitinde belirlenmişken en düşük tabla çapı ise 18.2 cm ile 17 Tr 105 genotipinde belirlenmiştir (Tablo 3). Ayçiçeğinde tabla çapı birçok faktöre bağlı olarak farklılık göstermektedir. Gürbüz ve ark., [8]; yaptığı araştırma sonucunda sulamaya, toprak yapısına ve çeşitlere bağlı olarak tabla çapının değiştiğini, genel olarak tabla çapının 20-30 cm arasında olduğunu bildirmiştir. Ayçiçeğinde tablanın çok büyük veya çok küçük olması arzu edilmez. Bu bakımdan araştırmadan elde edilen sonuçlar Karakuş vd., [9] ; Ashraf, [6]; Sefaoğlu ve Kaya, [10] ; Çetin ve Öztürk, [11] ’in bildirdiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 3. Farklı Ayçiçeği Genotiplerinin Çıkış ve Çiçekleme Süresi, Tabla Çapı ve Bitki Boyu, 1000 Tane Ağırlığı, Yağ Oranı ve Yağ Verim Değerleri

Genotip ismi	Çıkış Süresi (gün)	%50 çiçeklenme (gün)	Tabla çapı (cm)	Bitki Boyu (cm)	1000 Tane Ağırlığı (g)	Tane verimi (kg/da)	Yağ Oranı (%)	Yağ Verimi (kg/da)
17 Tr 111	13.8	68.8 cd	19.4	153.6 a	52.8 f	256.3 e	33.6 b	86,1 c
Kayra	13.8	68.8 cd	20.3	123.2 ef	81.8 a	415.1 a	37.5 a	155,7 a
17 Tr 104	14.0	70.5 ac	22.4	143.5 ac	61.3 ce	320.9 c	27.4 de	87,9 c
17 Tr 107	13.8	71.0 ab	20.0	144.8 ab	59.0 cf	305.2 cd	29.4 c	89,7 c
Italica	14.0	70.3 ad	20.9	117.8 f	63.6 cd	327.5 bc	33.5 b	109,7 b
17 Tr 105	13.8	70.3 ad	18.2	131.9 ce	54.8 ef	224.5 e	29.0 cd	65,1 d
16 Tr 009	13.8	69.5 bd	20.6	133.8 be	55.4 ef	232.3 e	29.9 c	69,5 d
Bosfora	14.0	71.8 a	20.1	136.6 bd	74.0 b	374.7 ab	32.2 b	120,7 b
16 Tr 008	13.8	68.5 d	19.6	135.0 be	56.4 df	261.1 de	26.8 e	70,0 d
Lg 5582	13.3	71.0 ab	19.5	131.4 de	64.4 c	341.5 bc	35.8 a	122,3 b
17 Tr 106	13.8	70.5 ac	19.2	152.5 a	56.9 cf	244.6 e	32.1 b	78,5 cd
. Ort.	13,8	63,6	20,0	136,7	61,9	300,3	31,6	89,6

Tablo 3'deki rakamlar incelendiğinde görüleceği gibi, en uzun bitki boyu 17 Tr 111 (153.6 cm) ve 17 Tr 106 (152.5 cm), en kısa bitki boyu ise Italica (117.8 cm) çeşidinde ölçülmüştür. Yapılan istatistiksel değerlendirmede genotipler arasındaki bu farkın $p < 0,01$ ihtimal seviyesinde önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 4). Araştırmada kullanılan genotiplerin ortalama bitki boyu 136.7 cm olarak belirlenmiştir. Bitki boyunun genotiplere göre farklı olması genotiplerin kalıtsal yapılarından kaynaklanmış olabileceği gibi, çeşitlerin ekolojik faktörlere ve kültürel uygulamalara farklı tepkiler vermelerinde de kaynaklanabileceği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir [12, 13].

Tablo 4. Erzurum Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Yağlık Ayçiçeği Genotiplerinin Çıkış Süresi, Çiçek Açma Süresi, Tabla Çapı ve Bitki Boyuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Fdeğeri			
		Çıkış Süresi	Çiçeklenme Süresi	Tabla çapı	Bitki Boyu
Çeşit	10	0.4419	2.8780*	0.7915	15.2014**
Hata	30				

Varayns analiz sonuçlarının yer aldığı Tablo 5' deki rakamlara göre bin tane ağırlığına genotiplerinin etkisi önemli ($p < 0,01$) olmuştur. En yüksek bin tane ağırlığı Kayra (81.8 g) çeşidinden elde edilmiş, bunu 74.0 g ile Bosfora çeşidi izlemiştir (Tablo 3). En düşük bin tane ağırlığı ise 17Tr11 genotipinde 52.8 g olarak belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı genotipin kalıtsal yapısına bağlılık gösteren bir özellik olmasının yanı sıra kendi sınırları içerisinde iklim, toprak ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak çok az farklılık gösterebilmektedir. Genotiplere ilişkin olarak bin tane ağırlıkları Sefaoğlu ve ark., [4]; Doğan, [14]; Albayrak, [5]; Yılmaz ve Kınay, [15]; Ashraf, [6]; Sarıkaya, [12]' nin bildirdiği değerlerle benzerlik göstermektedir.

Tablo 5. Erzurum Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Yağlık Ayçiçeği Genotiplerinin 1000 Tane Ağırlığı, Tane Verimi, Yağ Oranı ve Yağ Verimine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Fdeğeri			
		1000 Tane Ağırlığı	Tane verimi	Yağ Oranı	Yağ verimi
Çeşit	10	10.9225**	8.8157**	27.2553**	15.3439**
Hata	30				

Denemede kullanılan yağlık ayçiçeği genotiplerinin ortalama tohum verimlerinin bulunduğu Tablo 5'nin incelenmesinden de görüleceği gibi Kayra çeşidi dekara 415.1 kg⁻¹lık ortalama ile en fazla tohum üreten çeşit olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada en düşük tohum verimi ise 224.5 kg da⁻¹ ile 17Tr105 genotipinden elde edilmiştir (Tablo 5). Genotipler arasında ortaya çıkan bu fark istatistik olarak önemli (p<0,01) bulunmuştur (Tablo 5). Genotiplerin tohum verimlerinin farklı bulunmuş olması birçok bitki karakterinde olduğu gibi genetik yapıların farklı olmasından kaynaklıdır. Nitekim benzer ve değişik ekolojilerde farklı genotiplerle yapılan çalışmalarda tohum verimlerini, Gül ve Kara, [16]; 309.5-350.7 kg da⁻¹; Albayrak, [5] 223.3-341.1 kg da⁻¹, Demirel, [17] 65.74-136.24 kg da⁻¹; Ashraf , [6] 108.3-118.8 kg da⁻¹, Sarıkaya, [12] 192.80-472.37 kg da⁻¹, Deviren ve Eryiğit, [13] 271.46-316.38 kg da⁻¹; Sefaoğlu ve Kaya, [10] 146.9-279.8 kg da⁻¹ olarak belirtmişlerdir. Sonuçlarımız araştırmacıların bildirdiği değerlerle benzerlik göstermiştir.

Yağlık ayçiçeği genotipleri ile yürütülen bu çalışmada genotiplerin ortalama yağ oranı % 34.0 olarak belirlenmiştir. Genotiplere ait yağ oranlarının verildiği Tablo 3' den görüleceği gibi, en yüksek yağ oranı Kayra ve Lg5582 (sırasıyla % 37.5 ve 35.8) çeşitlerinden, en düşük ise 16Tr008 (%26.9) genotipinde belirlenmiştir. Genotiplerin ham yağ oranları bakımından göstermiş olduğu farklılığın önemli (p<0,01) olduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Yağ oranı bakımından genotipler arasındaki bu farklılığın genotiplerin genotipik yapılarından kaynaklandığı [18, 19], ve aynı çeşitte yağ oranının çok geniş bir varyasyon gösterdiği bilinmektedir. Nitekim elde edilen sonuçlar ayçiçeğinde yağ oranının çevresel faktörlerden önemli derecede etkilendiğini bildiren birçok araştırma sonuçlarıyla da teyit edilmiştir [20, 21 5, 10, 12].

Bütün yağ bitkilerinde olduğu gibi ayçiçeğinde de en önemli verim karakteri yağ verimidir. Tablo 5'den görüleceği gibi genotiplerin ham yağ verimlerine etkisi önemli (p<0.01) olmuştur. Tane verimi ve yağ oranının kombine bir sonucu olan yağ verimi, tane verimi ve yağ oranını değerlerinin bir yansıması olarak kendini göstermiştir. Nitekim yüksek tane verimine ve yağ oranına sahip olan Kayra çeşidinin yağ veriminin de (155.7 kg da⁻¹) yüksek olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda en düşük yağ verimi ise 65.1 kg da⁻¹ ile 17Tr105 genotipinden elde edilmiştir. Farklı çeşit ve bölgelerde yapılan çalışmalarda yağ verimlerini Albayrak, [5] 112.6-119.7 kg da⁻¹, Ashraf , [6] 108.3-118.8 kg da⁻¹, Deviren ve Eryiğit, [13] 115.8-135.7 kg da⁻¹; Sefaoğlu ve Kaya, [10] 44.8-111.9 kg da⁻¹; Çetin ve Öztürk , [12] 298.0 -416.3 kg da⁻¹ olarak belirtmişlerdir.

4. SONUÇ

Erzurum ekolojik koşullarında 2017 yılında yürütülen bu çalışmada, yağlık ayçiçeği çeşit adaylarının ve çeşitlerin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Kayra ve Bosfora çeşitlerinin tohum verimi ve incelenen özellikler bakımından bölgemiz ekolojisine uygun olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

- [1] USDA 2017,apps.fas.usda@gov.tr.
- [2] <https://arastirma.tarimorman.gov.tr>.(Erişim tarihi 24.01.2019)
- [3] TÜİK. 2017. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 28.11.2018).
- [4] Sefaoğlu, F, Özer, H, Öztürk, E, Polat, T, Erzurum ekolojik koşullarında bazı yağlık ayçiçeği çeşitlerinin adaptasyonu ve önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi. 19-22 Ekim 2009. Hatay/Türkiye.
- [5] Albayrak, Ş.N, Ekim zamanlarına Göre Uygulanan Değişik Azotlu Gübre Formlarının Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi 2014.
- [6] Ashraf, A, Bazı Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Çeşitlerinde Farklı Azot Dozları ve Uygulama Zamanlarının Etkilerinin İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 2015.
- [7] Weiss, E.A, . Rapeseed. In: Oilseed Crops. Blackwell Sci. Ltd., Victoria, Australia. 2000
- [8] Gürbüz, B, Kaya, M.D, Demirtola, A, Ayçiçeği Tarımı. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti. ISBN- 975-8377-23-X. Ege Basım. 2003.
- [9] Karakuş, A, Kaya, C, Sefaoğlu, F, Bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annus* L.) çeşit adayı ve çeşitlerinin Erzurum koşullarında adaptasyon kabiliyetlerinin belirlenmesi. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştay. 28-29 Mayıs 2014 Samsun. 115-122.

- [10] Sefaoğlu. F, Kaya. C, Bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin Erzurum ekolojik koşullarında adaptasyon kabiliyetlerinin belirlenmesi. Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2018, 33(1): 37-41.
- [11] Çetin. K, Öztürk.Ö, Bazı hibrit ayçiçeği çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Selcuk Journal of Agriculture and Food Science, (2018) 32 (3), 282-288.
- [12] Sarıkaya. Y, Bursa Şartlarında Potasyumun Ayçiçeğinin Verimine ve Bazı Özellikleri Üzerindeki Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [13] Deviren. R, Eryiğit. T, Iğdır ovası sulu koşullarında bazı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinin verim performanslarının belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 20 (Özel Sayı), 166-171. 2017.
- [14] Doğan. M, Sulanmayan Koşullarda Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 2010.
- [15] Yılmaz. G, Kınay. A., Bazı Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinin Tokat- Kazova şartlarında verim ve verim özelliklerinin incelenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 2015, 30. 281-286.
- [16] Gül.V, Kara. K, Effects of Different Nitrogen Doses on Yield and Quality Traits of Common Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Turk Journal Field Crops 2015, 20(2), 159-165.
- [17] Demirel. A, . Kırşehir ekolojik koşullarında bazı yağlık ayçiçeği çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 2014.
- [18] Roche. J, Essahat. A, Bouniols. M, El-Asri. Z, Mouloungui. M, Mondies. A.M, Diversified Composition of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Eco-Physiology. 2004, 3. 59-71.
- [19] Karaaslan. D, Tonçer. Ö, Söğüt. T, Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında bazı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinin verim ve bazı verim özellikleri bakımından değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2007, 11(1/2): 31-38.
- [20] Acar. M, Gizlenci. Ş, Öner. E.K, Sunflower Breeding Studies in Blacksea Area Sunflower Breeding and Sdaptation Studies in Cukurova Region. International Symposium On Sunflower Genetic Resources. October 16 – 20.. S.47. 2011 Kuşadası. İzmir. Turkey
- [21] Evcı,G, Pekcan. V, Yılmaz. İ.M, Kaya. Y, Şahin. İ, Cıtak. N,Tun. N, Ay. O, Pılaşlı. A., Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) yağ kalitesi ve verim öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi. 2011, s.279. Bursa.

Çift Düzlemsel Yenilme Mekanizmalarının Limit Denge ve Sayısal Analiz Yöntemleri Kullanılarak Karşılaştırılması

Yalın Umur DOĞAN^{*1}, Nihat Sinan IŞIK²

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Şev stabilitesi
Çift düzlemsel
yenilme
Sayısal analiz
Limit denge

Özet

Eğim şevlerinde gözlenen yenilme mekanizmaların geleneksel kinematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi mümkün olmamakta, bu nedenle, söz konusu yenilme mekanizmalarının gelişmiş şev duraylılığı analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, tamamen ve kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizmasının limit denge, sonlu elemanlar ve ayırık elemanlar yöntemleri kullanılarak incelenmesi ve sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Şev ile aynı eğime sahip kireçtaşı tabakalar içeren bir eğim şevinde şev duraylılığı analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, çift düzlemsel yenilme mekanizması analizlerinde limit denge esaslı yöntem sonlu elemanlar ve ayırık elemanlar esaslı yöntemlere kıyasla daha tutucu sonuçlar vermektedir.

Comparison of Bi-Planar Failure Mechanisms Using Limit Equilibrium and Numerical Analysis Methods

Keywords:

Slope Stability
Bi-planar failure
Numerical analysis
Limit equilibrium

Abstract

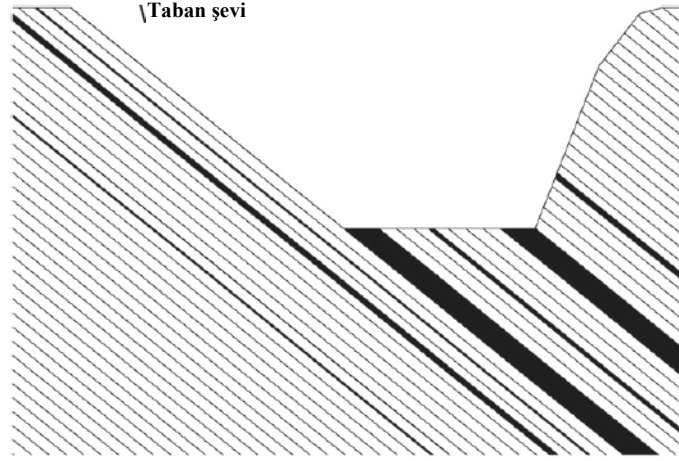
Failure mechanisms observed in dip slopes are unlikely to be evaluated using conventional kinematic analysis methods, hence, they require to be evaluated using advanced slope stability analysis methods. In this study, it was aimed to evaluate the fully and partially discontinuity controlled bi-planar failure mechanisms using limit equilibrium, finite element, and discrete elements methods and to compare the results obtained. Slope stability analyses are conducted on a dip slope which is composed of limestone strata having the same dip angle as the slope. According to the analyses results, it is obtained that the limit equilibrium based slope stability analysis method estimates a more conservative factor of safety on bi-planar failure mechanisms compared to finite elements and discrete elements methods.

1. GİRİŞ

Eğim şevleri literatürde şev eğimi ile aynı veya yaklaşık aynı eğime sahip, yüksek devamlılıklı süreksizler içeren şevler olarak tanımlanmıştır. Yaygın olarak sedimanter birimlerle ilişkili olan açık ocak kömür madenlerinde Şekil 1'de gösterildiği gibi sedimanter birimlerin tabaka eğimleri ile paralel eğimli taban şevleri oluşmaktadır [1]. Kaya birimlerinden oluşan ve eğim şevleri gibi detaylı ve hassas duraylılık analizleri yapılması gereken şevler için literatürde klasik olarak düzlemsel kayma, kama tipi kayma ve devrilme tipi olmak üzere 3 tip kinematik analiz yöntemi önerilmiştir. Ancak eğim şevlerinde süreksizlik eğimi ile şev eğiminin paralel veya yaklaşık paralel olması nedeniyle süreksizlik şev yüzeyinde günlenmez, bu nedenle eğim şevlerinin geleneksel kinematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi olanaksız hale gelir [2]. Fakat, eğim şevlerinde gerçekleşmiş olan yenilmelerin incelendiği vaka çalışmaları yenilmeye neden olan farklı mekanizmaların varlığını ortaya koymuştur [3-6].

Alejano ve diğerlerinin [7] bir taş ocağındaki iki farklı şev üzerinde yapmış olduğu araştırma ve Calder ve diğerlerinin [8] metal madenciliği yapılan Brenda Madeni'nde yaptırmış oldukları kompleks yenilme

mekanizması, eğim şevlerinde gerçekleşen bu farklı yenilme mekanizmalarının sadece kömür madenleri ile ilişkilendirilemeyeceğini, şev ile paralel eğimli fay, zayıflık zonu veya süreksizlik seti gibi şev duraylılığını etkileyebilecek yapısal elemanlar içeren farklı maden veya mühendislik şevlerinde de söz konusu bu farklı yenilme mekanizmalarının görülebileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, Watters ve diğerleri [9] ile Watters ve diğerlerinin [10] buzul yükünün zamanla kalkması ve eksfoliasyon süreci sonucunda oluşmuş ince granit katmanları içeren şevlerde yapmış oldukları incelemeler, eğim şevlerinde gözlenen bu yenilme mekanizmalarının yalnızca sedimanter birimler içeren eğim şevlerinde değil, metamorfik birimler içeren eğim şevlerinde de gerçekleşebileceğini ortaya çıkarmıştır.



Şekil 1. Açık ocak kömür madenlerinde gözlenen tipik taban şevi [1]

Geleneksel kinematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi olanaksız olan bu yenilme mekanizmalarının dünya çapında son derece yaygın olarak kabul gören limit denge esaslı yöntemler ile değerlendirilmesi mümkündür. Bununla birlikte, Stead ve diğerlerinin [11] açık ocak kömür işletmelerinde gözlenen taban şevi yenilmelerini etkileyen faktörleri ve yenilme mekanizmalarını inceledikleri çalışmaları, söz konusu yenilme mekanizmalarının gelişmiş sayısal analiz yöntemleri ile de değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Bilgisayar sistemlerindeki ileri teknolojiler ve son derece gelişmiş mühendislik yazılımları sayesinde bu mekanizmalar daha iyi anlaşılabilir, tasarım amaçlı güvenlik katsayılarının hesaplanabilmesi için sayısal analiz yöntemlerinin kullanılabilirliği mümkün olmaktadır. Geleneksel limit denge esaslı yöntemin yanı sıra, RS2 [12] gibi sonlu elemanlar yöntemi esaslı yazılımlar veya UDEC [13] gibi ayırık elemanlar yöntemi esaslı yazılımlar kullanılarak yenilme mekanizmalarının sayısal analizleri yapılabilmektedir. Bahsi geçen sonlu elemanlar veya ayırık elemanlar bazlı yöntemler ile sayısal şev duraylılığı analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için makaslama mukavemeti azaltımı (SSR) yöntemi [14] adı verilen özel bir teknikten faydalanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, tamamen ve kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması limit denge, sonlu elemanlar ve ayırık elemanlar yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

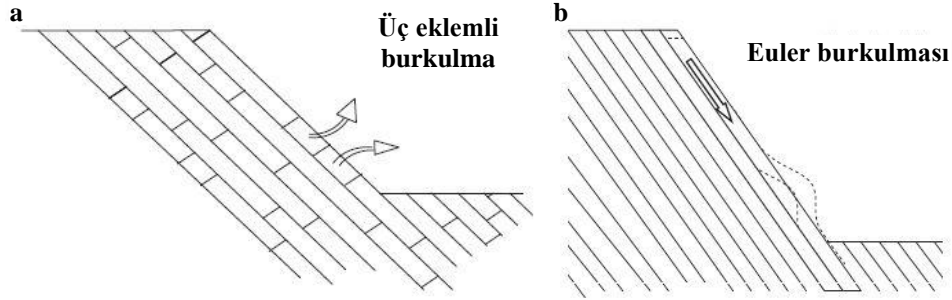
2. YENİLME MEKANİZMALARI

Eğim şevleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda literatürde üç farklı tip yenilme mekanizması tanımlanmıştır; i) burkulma (buckling), ii) kazıma (ploughing) ve iii) çift düzlemsel (bi-planar). Bununla birlikte, şevin ana süreksizlik veya eklem takımı dışında duraysızlığa neden olabilecek ikinci bir süreksizlik içerip içermemesine bağlı olarak bu üç farklı mekanizma kendi içerisinde; i) tamamen süreksizlik kontrollü veya ii) kısmi süreksizlik kontrollü olmak üzere iki alt başlık altında incelenmektedir. Şevin duraysızlığa neden olabilecek ikinci bir süreksizlik içermesi durumunda yenilecek kütle yalnızca süreksizlikler üzerinde hareket edecek ve yenilme tamamen süreksizlikler kontrollü gerçekleşecektir. Şevin duraysızlığa neden olabilecek ikinci bir süreksizlik içermemesi durumunda ise yenilme mekanizmasında süreksizlik kontrollü kısmi olacak, bu nedenle yenilme şev topuğundaki kaya kütlesi içerisindeki makaslama ve/veya parçalanma sonucu gerçekleşecektir.

2.1. Burkulma (Buckling)

Burkulma tipi yenilme iki ayrı faz şeklinde gerçekleşmektedir. Buna göre burkulma tipi yenilme mekanizması, ince ve uzun bir kaya tabakasının öncelikle yüksek gerilmeler altında elastik deformasyona uğrayarak eğilmesi, ardından ise kırılarak yenilmesi şeklinde oluşmaktadır. Şev eğimi ile paralel süreksizlik veya süreksizlik seti haricinde süreksizlik içeren tamamen süreksizlik kontrollü burkulma tipi yenilme “üç eklemli burkulma”,

yalnızca şev eğimi ile paralel süreksizlik içeren kısmi süreksizlik kontrollü burkulma yenilmesi ise “Euler burkulması” olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2).

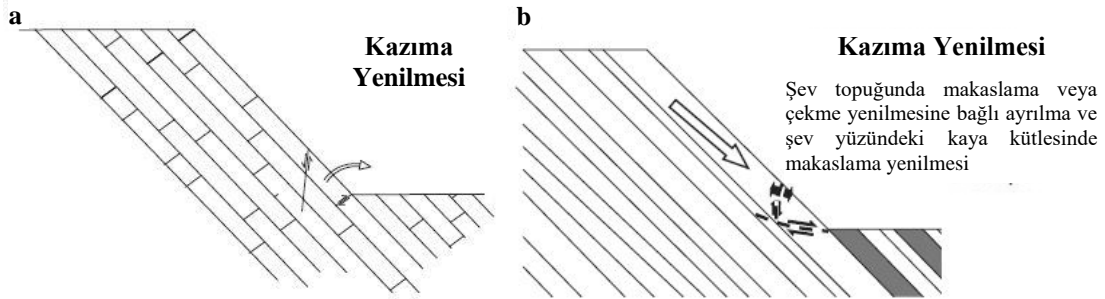


Şekil 2. a) Üç eklemli burkulma, b) Euler burkulması [15]

Şev yüzeyinde günlünen, tabakalanmaya dik en az üç süreksizlik içeren şevlerde gözlenen burkulma yenilmesi Cavers [16] tarafından üç eklemli burkulma yenilmesi olarak tanımlanmıştır. Üç eklemli burkulma yenilmesi mekanizmasında yenilme genellikle ana süreksizlikler içerisinde dönme hareketini tetikleyecek su basıncının oluşması gerçekleşmektedir. Euler burkulma yenilmesi ise genellikle tek bir tabakada gözlenmesine rağmen, Chen ve diğerleri [17] bu tip yenilme mekanizmasının birden fazla tabakada da gerçekleşebileceğinin dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir.

2.2. Kazıma (Ploughing)

Kazıma tipi yenilme mekanizmasını üç eklemli burkulma yenilmesi mekanizmasından ayıran temel fark şevi dik olarak kesen süreksizliğin 90 dereceden büyük açıda eğimli olmasıdır. Kazıma tipi yenilme mekanizması, şev yüzeyini kesen eğimli süreksizliğin üzerinde yer alan kaya tabakasının oluşturmuş olduğu aktif kuvvetlerin, söz konusu süreksizliğin altında bulunan blok ile süreksizliğin arasındaki makaslama dayanımını aştığı durumda süreksizliğin altında yer alan bloğun şev yüzeyinin dışına doğru hareket etmesi ve üstte yer alan bloğun altta yer alan bloğun altına doğru hareketi şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 3).

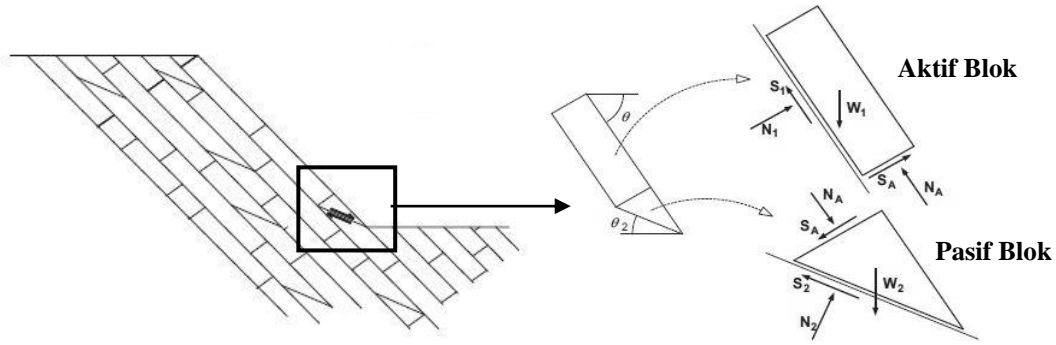


Şekil 3. a) Tamamen süreksizlik kontrollü kazıma yenilmesi, b) Kısmi süreksizlik kontrollü kazıma yenilmesi [15]

Dawson ve diğerleri [5] farklı kömür ocağı işletmelerinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalar neticesinde kazıma tipi yenilmelerin kalınlığı 5 metreyi aşmayan kaya tabakalarında ve şev yüksekliğinin üstten %40-%60'lık bölümlerinde oluşacağını önermiştir. Stead ve diğerleri [11] ise maden ocağının taban zemini ile örtü yükü tarafından oluşturulacak çevre gerilmeleri nedeniyle alt bloğun yerine kenetleneceğini, bu sebeple kazıma tipi yenilme mekanizmasının şev topuğunda meydana gelmesinin olanaksız olduğunu belirtmiştir.

2.3. Çift Düzlemsel (Bi-Planar)

Aktif ve pasif blok olmak üzere iki bloktan oluşan çift düzlemsel yenilme mekanizması bu nedenle literatürde aktif-pasif şev yenilmesi olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 4). Çift düzlemsel yenilme mekanizması aktif bloğun şev aşağı hareketi sebebiyle pasif blok üzerinde bir yük oluşturması, oluşan bu yük nedeniyle pasif bloğun duraylılığını yitirmesi ve yenilmenin meydana gelmesi şeklinde gerçekleşmektedir.

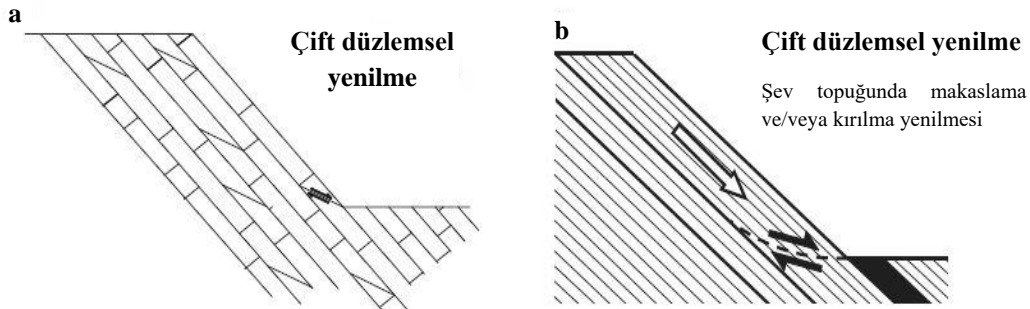


Şekil 4. Tipik çift düzlemsel şev yenilme mekanizması [15]

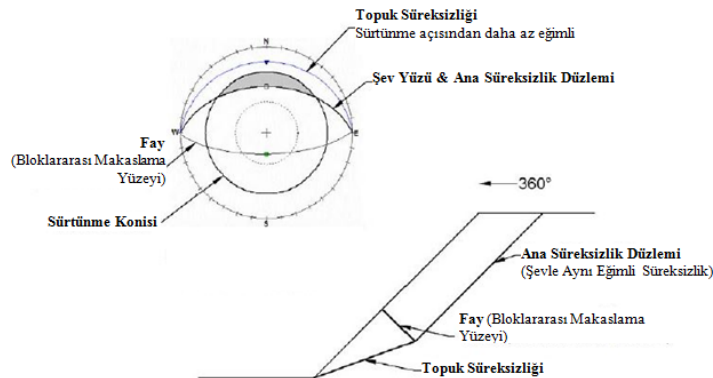
Literatürde tanımlanmış olan çift düzlemsel yenilme vakaları uyarınca mekanizma pasif blokta gerçekleşecek topuk yenilme türüne bağlı olarak iki farklı tipte incelenmektedir. Şevin topuk kısmında şev eğiminden daha düşük eğime sahip ve şev yüzeyinde günlenen bir süreksizlik bulunması halinde pasif blok söz konusu bu süreksizlik üzerinde hareket edecektir. Bu durumda tamamen süreksizlik kontrollü bir çift düzlemsel yenilme mekanizması ortaya çıkacak ve yenilme görece hızlı bir şekilde gerçekleşecektir (Şekil 5a). Tamamen süreksizlik kontrollü bir çift düzlemsel yenilme mekanizmasının gerçekleşebilmesi için Nathanael [18]'in önermiş olduğu şu üç koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir (Şekil 6);

- 1) Aktif bloğun alt kenarı, pasif kamanın alt kenarından daha dik eğime sahip olmalıdır.
- 2) Pasif bloğun alt kenarında bulunan süreksizlik şev yüzeyinde günlenmeli, ancak günlenen bu süreksizlik eğim açısı süreksizliğin sürtünme açısından daha düşük olmalıdır.
- 3) Aktif ve pasif bloğu ayıran düzlemsel bir yapısal eleman olmalıdır.

Öte yandan, şev topuğunda herhangi bir süreksizlik bulunmadığı durumda yenilme mekanizması aktif bloğun oluşturacağı yükler nedeniyle şev topuğundaki kaya kütlesi içerisinde makaslama ve/veya kırılma şeklinde gerçekleşecektir (Şekil 5b). Kısmi süreksizlik kontrollü bir yenilme mekanizmasının ortaya çıkacağı bu tip yenilme şev topuğunda yer alan kaya kütlelerinin makaslama dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Kısmi süreksizlik kontrollü yenilme mekanizması görece daha yavaş bir şekilde meydana gelmektedir.

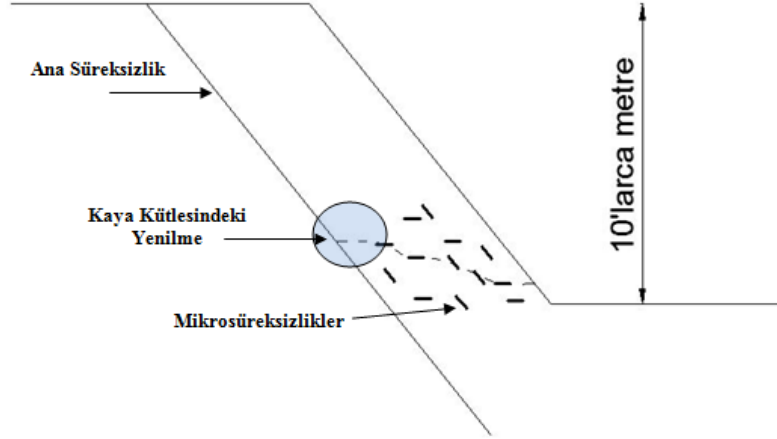


Şekil 5. a) Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme, b) Kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme [15]



Şekil 6. Nathanael [18]'e göre kinematik çift düzlemsel yenilme analizi

Eberhardt ve diğerleri [19] pasif bloğun altında yer alan düşük eğimli süreksizliğin tabakalar ile 15°'den daha eğimli açı yapması durumunda, aktif ve pasif blok arasında oluşacak çekme yenilmesi ve deformasyonun kaymanın kinematik olarak gerçekleşmesine olanak sağlayacağını belirtmiştir. Goodman ve Kieffer [20] ise kısmi süreksizlik kontrollü yenilme mekanizmasında gözlenen şev topuğundaki kaya kütlesi yenilmelerinin, sağlam kaya içerisinde yer alan mikrosüreksizlikler ve kaya köprüleri boyunca kırılma ve parçalanma biçiminde aşamalı olarak gerçekleşerek kopma yüzeyinin şev yüzeyinde günlendiği durumda meydana gelebileceğini önermiştir. Hoek ve diğerleri [21] de eğim şevlerinin topuğunda gerçekleşecek makaslama ve/veya parçalanma yenilmeleri için benzer bir mekanizmayı tanımlamışlardır (Şekil 7).



Şekil 7. Goodman ve Kieffer [20] ve Hoek ve diğerleri [21] tarafından tanımlanan aşamalı topuk yenilmesi

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında bir adet tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması ve bir adet kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması limit denge yöntemi ve sayısal analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş, ilgili çift düzlemsel yenilme mekanizmaları için güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Analizlerde kullanılan şev geometrisi Alejano ve diğerlerinin [1] çalışmasından kısmen değiştirilerek alınmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen limit denge yöntemi esaslı şev duraylılığı analizlerinde Rocscience firmasının 2 boyutlu limit denge esaslı şev duraylılığı analiz yazılımı Slide2 2018 [22]'den faydalanılmıştır. Gerçekleştirilen sayısal analizlerde ise yine Rocscience firmasının 2 boyutlu sonlu elemanlar yazılımı olan RS2 2019 [12] ve Itasca firmasının 2 boyutlu ayırık elemanlar yazılımı olan UDEC [13] yazılımları kullanılmıştır.

Sayısal analiz yöntemleri ile şev duraylılığı analizleri gerçekleştirilirken makaslama mukavemeti azaltımı (SSR) adı verilen özel bir tekniğin kullanılması gerekmektedir. Makaslama mukavemeti azaltımı yönteminde şevi oluşturan zemin ve kaya malzemeleri ile varsa süreksizlerin gerçek dayanım özellikleri (kohezyon, içsel sürtünme açısı, çekme gerilmesi vb.) belirli bir katsayı oranında düşürülerek sayısal analizler gerçekleştirilmektedir. Sayısal modelin çözümü sonuca yakınsar ise dayanım daha fazla düşürülerek model yeniden çözülür. Bu işlem çözümün sonuca yakınsamadığı yani şevin yenildiği ana kadar tekrarlanır. Şev duraysızlığının gerçekleştiği andaki dayanım azaltım katsayısı, analiz yapılan şev için güvenlik katsayısını ifade etmektedir.

3.1. Limit Denge Yöntemi

Limit denge esaslı yöntem küresel ölçekte kabul görmüş, kullanımı son derece yaygın olan, kuvvet ve moment eşitlikleri ilkelerine dayanan bir şev duraylılık analizi yöntemidir. Limit denge yönteminde kaymaya karşı kuvvetlerin kaydırıcı kuvvetlere oranı statik denge denklemleri kullanılarak hesaplanmakta ve bu oran güvenlik katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemle gerçekleştirilen şev duraylılığı analizlerinde en yaygın olarak kullanılan yaklaşıma göre incelenen kütle düşey dilimlere bölünerek denge denklemleri her bir dilim için ayrı ayrı yazılmakta ve çözülmektedir. Tüm limit denge yöntemleri güvenlik katsayısı hesaplamak için; i) düşey yöndeki kuvvetlerin dengesi, ii) yatay yöndeki kuvvetlerin dengesi ve iii) herhangi bir noktadaki momentlerin dengesinden en az birini kullanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen limit denge esaslı analizlerde Morgenstern-Price [23], Spencer [24] ve Janbu [25]'nin önermiş olduğu limit denge yöntemleri kullanılmıştır.

3.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yönteminde incelenen alan için model sınırları tanımlanarak ve geometri çok sayıda, birbirine düğüm noktaları ile bağlı, sonlu eleman adı verilen basit ve küçük alt bölgelere bölünerek karmaşık mühendislik problemlerinin çözüme ulaşması hedeflenmektedir. Sonlu elemanlar arasındaki gerilme ve deformasyon aktarımları kısmi diferansiyel denklemler yardımı ile çözümlenerek sonuca ulaşılmaktadır. Gelişmiş malzeme modelleri ve sınır koşulları tanımlanabilmesi nedeniyle sonlu elemanlar yöntemi, kompleks ve çok aşamalı mühendislik problemlerinin kolay ve hızlı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

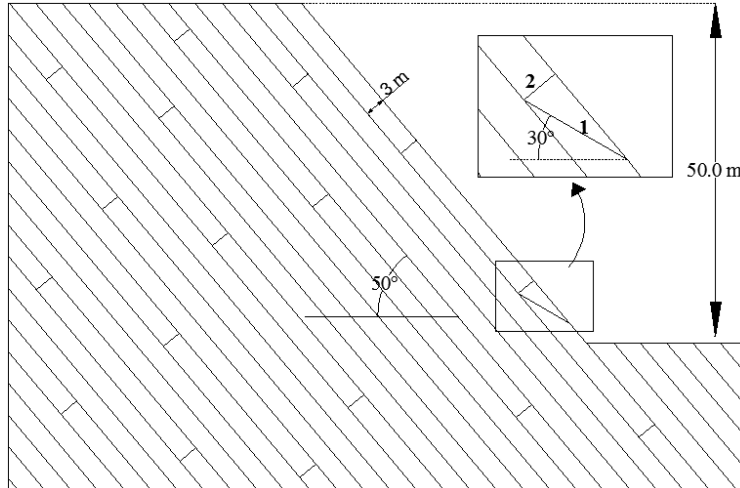
3.3. Ayrık Elemanlar Yöntemi

Ayrık elemanlar yöntemi, kaya kütleleri gibi süreksizlikler içeren ortamlarda malzeme davranışlarının analiz edilmesi için geliştirilmiş bir sayısal analiz yöntemidir. Ayrık elemanlar yönteminde incelenecek geometri birbirine bağlı olmayan bloklar bütününden oluşmaktadır. Süreksizlikler ise bloklar arasındaki sınır koşulları ile tanımlanmaktadır. Rijit veya deforme olabilir şekilde modellenebilen her bir blok farklı malzeme modelleri kullanılarak tanımlanabilmekte, süreksizlik yapıları için ise süreksizlik özellikleri tanımlanabilmektedir. Ayrık elemanlar yöntemi ile blokların dönel hareketi veya süreksizlikler boyunca yüksek mertebede deformasyon davranışlarının modellenmesi nedeniyle süreksizlikler içeren geometrilerde kompleks ve doğrusal olmayan davranış biçimlerinin modellenmesi mümkün olmaktadır.

Hem ayrık elemanlar yöntemini hem de sonlu elemanlar yöntemini limit denge yönteminden ayıran en temel fark ise söz konusu bu sayısal analiz yöntemlerinin limit denge yönteminin aksine dilimlere etkiyen kuvvetler veya kayma yüzeyleri ile ilgili herhangi bir varsayım yapmayı gerektirmemesi ve gerilme-birim deformasyon ilişkilerini dikkate almasıdır.

4. ÇİFT DÜZLEMSEL YENİLME MEKANİZMASI ANALİZLERİ

Bu çalışma kapsamında hem yenilmenin tamamen süreksizlikler boyunca gerçekleşeceği tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması, hem de topukta makaslama yenilmesi nedeniyle duraysızlığın gerçekleştiği kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için şev duraylılığı analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen şev duraylılık analizleri neticesinde elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Analizlerde 50 m yüksekliğinde, 3 m kalınlığında tabakalar içeren ve kireçtaşı biriminden oluşan bir eğim şevi kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan şevin temsili geometrisi Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. Çift düzlemsel yenilme analizlerinde kullanılan şevin temsili geometrisi

Çift düzlemsel yenilme mekanizması analizlerinde kullanılacak şevin ve şeve paralel tabakaların eğimi 50°'dir. Yenilmenin süreksizlikler boyunca gerçekleşeceği tamamen süreksizlik kontrollü yenilme mekanizması analizlerinde modellenecek şev topuğundaki daha düşük eğimli süreksizliğin eğimi ise 30°'dir. Kısmi süreksizlik kontrollü yenilme mekanizması analizlerinde ise Şekil 8’de verilmiş olan 1 ve 2 numaralı süreksizlikler modellenmeyecek, yenilme topukta yer alan kaya kütlesi içerisindeki makaslama veya parçalanma yenilmesi nedeniyle gerçekleşecektir. Analizlerde kullanılan kireçtaşı birimlerinin rijitlik ve dayanım parametreleri Tablo 1’de, süreksizliklerin mekanik özellikleri ile dayanım parametreleri ise Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 1. Kireçtaşı birimlerinin dayanım ve rijitlik parametreleri

Birim	c (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	Young Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Kireçtaşı	75	32	25	50	0.32

Tablo 2. Süreksizliklerin mekanik ve dayanım özellikleri

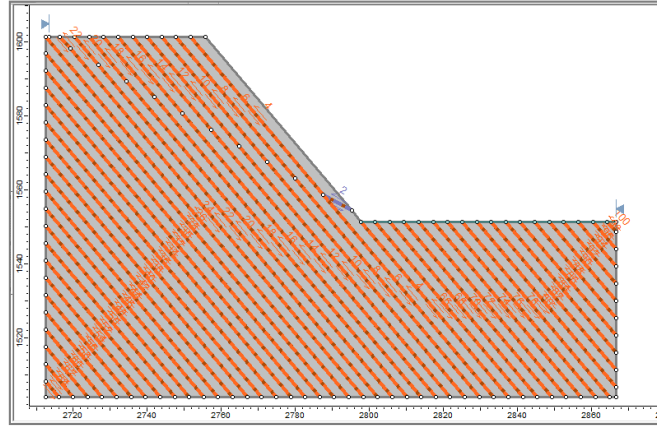
Süreksizlik	Eğim (°)	c (kPa)	ϕ (°)	Jn* (GPa/m)	Js** (GPa/m)
Tabaka	50	0	30	10	1
Eklem 1	30	0	40	10	1
Eklem 2	Tabakaya Dik	0	40	10	1

*Süreksizlik yüzeyindeki normal gerilmeye bağlı süreksizlik normal rijitliği

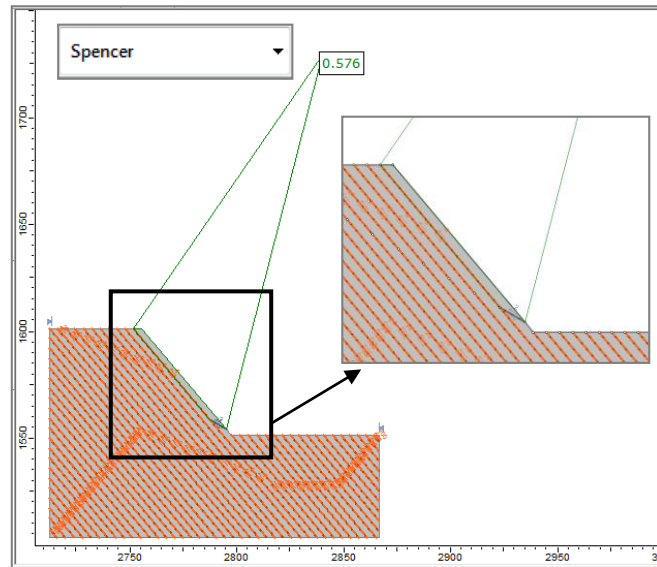
**Süreksizlik yüzeyindeki makaslama gerilmesine bağlı süreksizlik makaslama rijitliği

4.1. Tamamen Süreksizlik Kontrollü Çift Düzlemsel Yenilme Mekanizması

Yenilmenin tamamen süreksizlikler boyunca gerçekleşeceği tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için limit denge, sonlu elemanlar ve ayırık elemanlar yöntemleri kullanılarak şev duraylılığı analizleri gerçekleştirilmiştir. Limit denge analizlerinde kullanılan analiz modeli Şekil 9’da, Spencer yöntemine göre elde edilen analiz sonucu ise temsili olarak Şekil 10’da sunulmuştur. Tüm limit denge yöntemleri sonucunda elde edilen güvenlik katsayıları ise Tablo 3’te verilmiştir.



Şekil 9. Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için limit denge analiz modeli

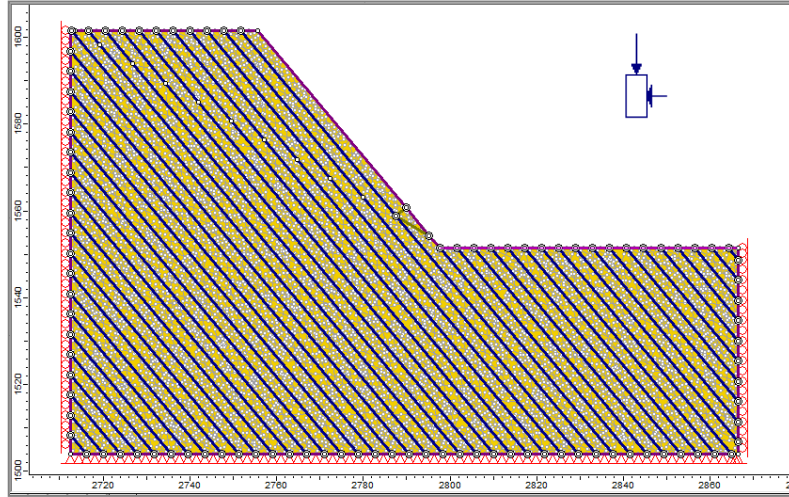


Şekil 10. Spencer yöntemine göre kritik kayma yüzeyi ve güvenlik katsayısı

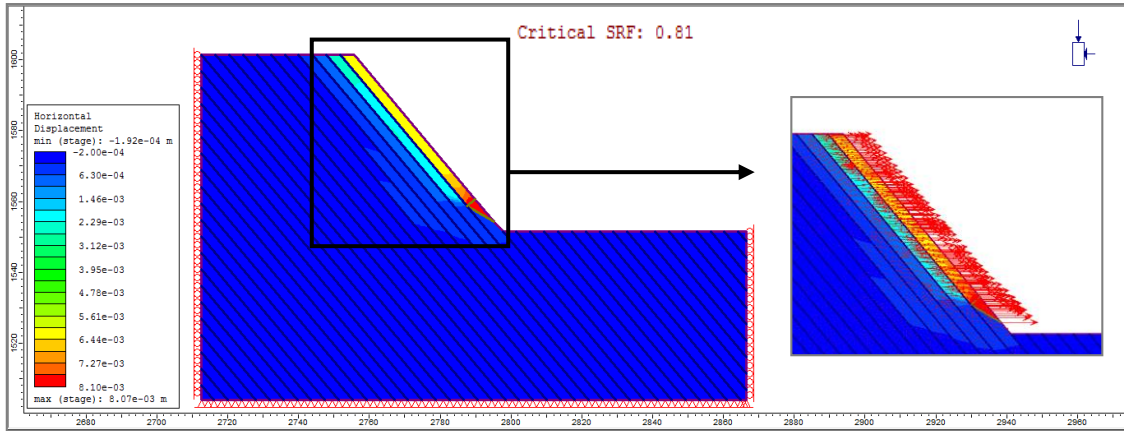
Tablo 3. Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için limit denge analiz sonuçları

Yöntem	Janbu	Morgenstern-Price	Spencer
GK	0.55	0.56	0.58

Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizlerinde kullanılan sonlu elemanlar modeli ve ağı Şekil 11’de, makaslama mukavemeti azaltımı tekniği kullanılarak gerçekleştirilen sonlu elemanlar esaslı şev duraylılığı analiz sonucuna göre elde edilen kritik dayanım azaltım faktörü –güvenlik katsayısı- ile yatay deplasman kontur ve vektörleri ise Şekil 12’de verilmiştir. Sonlu elemanlar analiz sonuçlarına göre incelenen mekanizma için güvenlik katsayısı 0.81 olarak bulunmuştur.

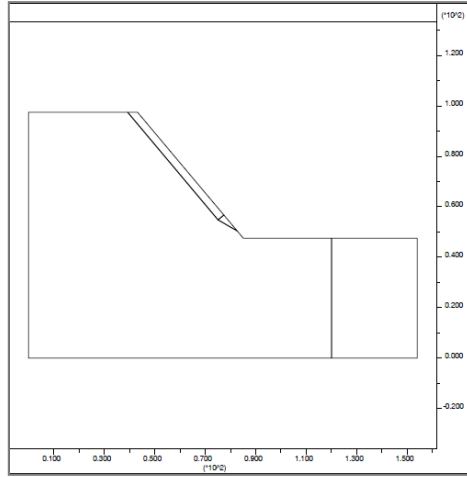


Şekil 11. Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için sonlu elemanlar ağı

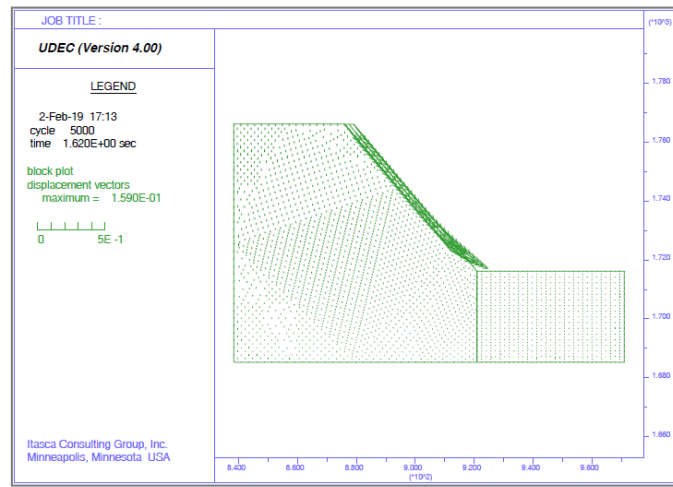


Şekil 12. Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için yatay deformasyon kontur ve vektörleri

Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizmasının duraylılık analizi için kullanılan ayırık elemanlar esaslı sayısal analiz modeli Şekil 13’te, analiz sonucunda elde edilen yenilme mekanizması ve deplasman vektörleri ise Şekil 14’te sunulmuştur. İlgili mekanizma için ayırık elemanlar analiz sonuçlarına göre güvenlik katsayısı 0.83 olarak belirlenmiştir.

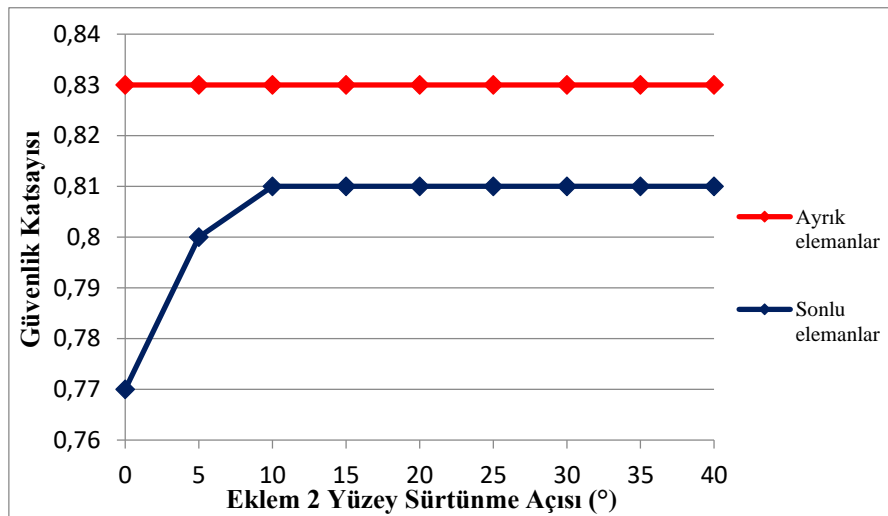


Şekil 13. Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için ayırık elemanlar modeli



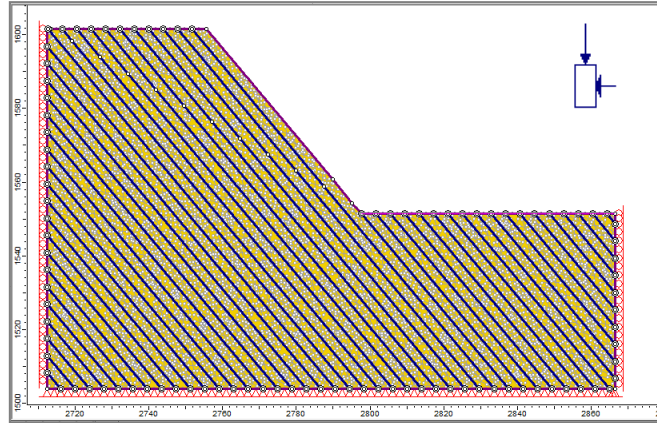
Şekil 14. Tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için ayırık elemanlar analiz sonuçları ve deplasman vektörleri

Bununla birlikte, Şekil 8'de 2 numaralı eklem olarak tanımlanmış olan tabakaya dik yönelime sahip süreksizliğin güvenlik katsayısına etkisi araştırılmıştır. Söz konusu eklem için yüzey sürtünme açısı değeri (ϕ) 0° ile 40° arasında 5° 'lik aralıklarla değişecek şekilde hassasiyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar ve ayırık elemanlar esaslı yöntemler için güvenlik katsayısı değerinin eklem 2 olarak adlandırılmış olan süreksizlik yüzeyi sürtünme açısı değeri ile değişimi Şekil 15'te verilmiştir.

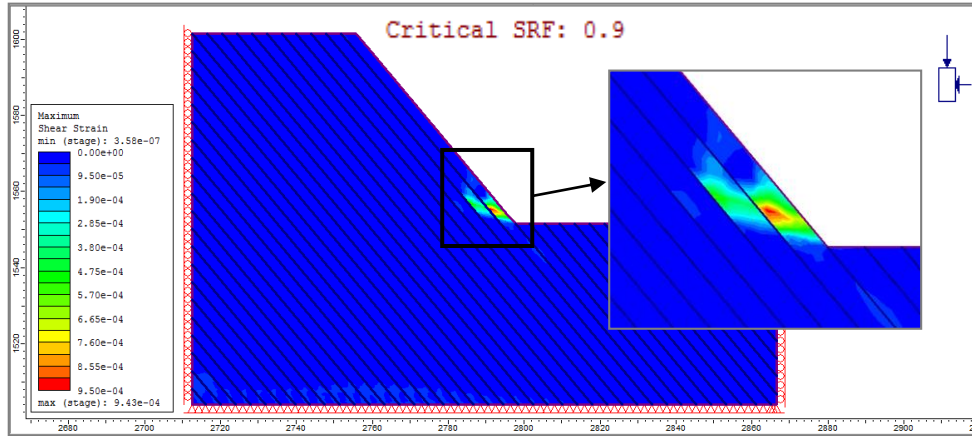


Şekil 15. Güvenlik katsayısının 2 numaralı eklem yüzeyi sürtünme açısı ile değişimi

ise Şekil 19'da verilmiştir. Sonlu elemanlar analiz sonuçlarına göre incelenen mekanizma için güvenlik katsayısı 0.9 olarak bulunmuştur.

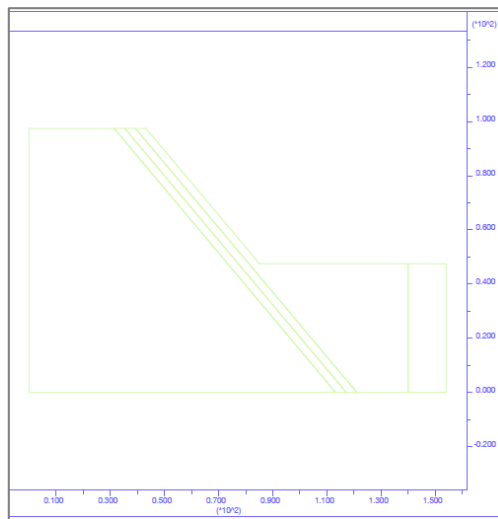


Şekil 18. Kısımlı süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için sonlu elemanlar ağı

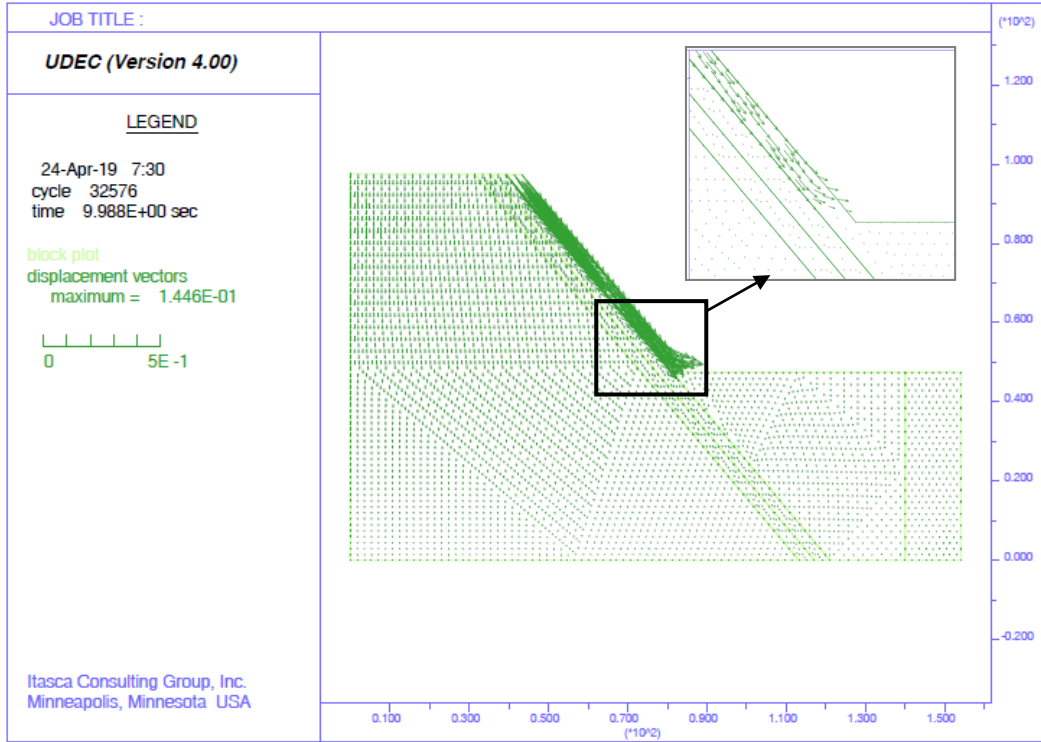


Şekil 19. Kısımlı süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için maksimum birim deformasyon konturları

Kısımlı süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizmasının duraylılık analizi için kullanılan ayrık elemanlar esaslı sayısal analiz modeli Şekil 20'de, analiz sonucunda elde edilen yenilme mekanizması ve deplasman vektörleri ise Şekil 21'de verilmiştir. İlgili mekanizma için ayrık elemanlar analiz sonuçlarına göre güvenlik katsayısı 0.82 olarak belirlenmiştir.

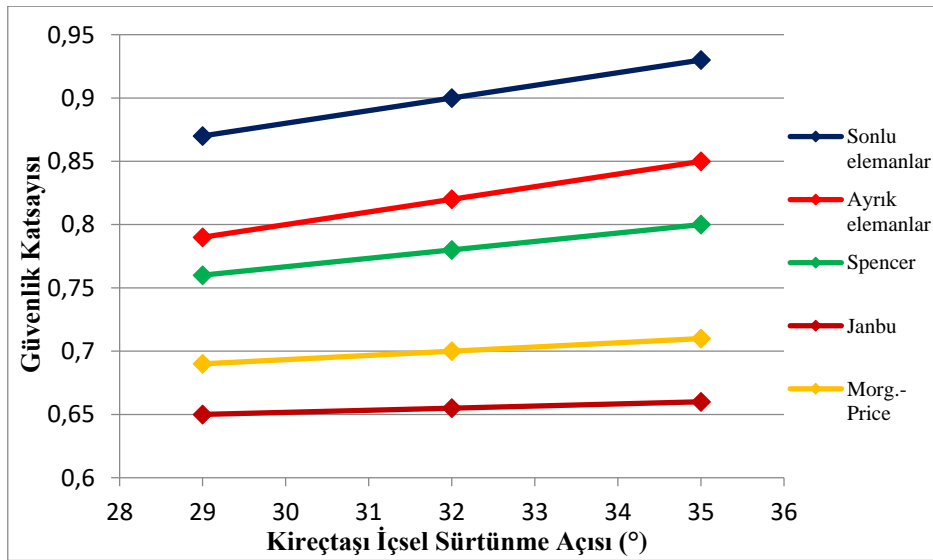


Şekil 20. Kısımlı süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için ayrık elemanlar modeli



Şekil 21. Kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için ayırık elemanlar analiz sonuçları ve deplasman vektörleri

Ayrıca, şevi oluşturan ve şev topuğundaki yenilmenin içerisinde meydana geldiği kireçtaşı birimi için tanımlanmış olan makaslama dayanım parametrelerinden içsel sürtünme açısı değerinin, şevin güvenlik katsayısına etkisinin belirlenmesi amacıyla hassasiyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Kireçtaşı birimi için başlangıçta 32° olarak tanımlanmış olan içsel sürtünme açısı değeri 3°'lik alt ve üst bant değerleri aralığında incelenmiş, güvenlik katsayısının birimin içsel sürtünme açısı değeriyle değişimi Şekil 22'de sunulmuştur.



Şekil 22. Güvenlik katsayısının kireçtaşı içsel sürtünme açısı ile değişimi

Çalışma kapsamında incelenen tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması için elde edilen sonuçlara göre limit denge esaslı yöntemler kendi içinde oldukça uyumlu sonuçlar vermektedir. Ancak söz konusu limit denge esaslı yöntemler ile elde edilen sonuçlar sonlu elemanlar esaslı sayısal analiz sonuçları ile kıyaslandığında %20 - %25 mertebesinde daha tutucu sonuçlar verdiği görülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu yenilme mekanizması için gerçekleştirilen ayırık elemanlar esaslı sayısal analiz sonuçları ise sonlu elemanlar esaslı analiz sonuçları ile son derece yakın sonuçlar vermekte, sonuçlar %2 mertebesinde

değişmektedir. Ayrıca, tamamen süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizmasında şev eğimine dik yönde olan ve aktif blok ile pasif blok arasında yer alan süreksizliğin sürtünme açısının güvenlik katsayısına etkisi incelendiğinde; ayrık elemanlar yöntemi uyarınca yapılan hassasiyet analizlerine göre söz konusu süreksizliğin sürtünme açısının güvenlik katsayısını etkilemediği, sonlu elemanlar yöntemi uyarınca yapılan hassasiyet analizlerine göre ise süreksizliğin sürtünme açısının güvenlik katsayısını %2-%5 mertebesinde etkilediği belirlenmiştir.

Kısmi süreksizlik kontrollü çift düzlemsel yenilme mekanizması üzerinde gerçekleştirilen limit denge esaslı analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş Janbu yönteminin Morgenstern-Price yöntemine göre %5, Spencer yöntemine göre %15 mertebesinde daha tutucu sonuçlar vermektedir. Söz konusu limit denge analiz yöntemleri ile elde edilen sonuçlar sonlu elemanlar esaslı sayısal analiz yöntemi sonuçları ile karşılaştırıldığında, limit denge yöntemlerinin %10-26 aralığında daha tutucu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Öte yandan, ayrık elemanlar yöntemi elde edilen sonuçlar sonlu elemanlar yöntemi sonuçları ile kıyaslandığında ise, ayrık elemanlar yönteminin %8 mertebesinde daha tutucu sonuç verdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, şev topuğunda yer alan birimlerin makaslama dayanımlarının güvenlik katsayısına etkisinin belirlenmesi için gerçekleştirilen hassasiyet analiz sonuçlarına göre, güvenlik katsayısının kaya malzemesinin içsel sürtünme açısındaki artışa bağlı olarak doğrusal şekilde arttığı belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, eğim şevlerinde gözlenen ve klasik kinematik analizler ile değerlendirilmesi olanaksız olan 3 farklı yenilme mekanizması incelenmiştir. Söz konusu yenilme mekanizmalardan biri olan çift düzlemsel yenilme mekanizmasına ait bir örnek hem tamamen süreksizlik kontrollü yenilme mekanizması hem de kısmi süreksizlik kontrollü yenilme mekanizması için limit denge, sonlu elemanlar ve ayrık elemanlar yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Farklı analiz yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Limit denge yöntemi, göreceli olarak basit formülizasyonu, minimal girdi parametreleri ile hızlı ve kolay analiz yapılabilmesi ve dünya genelinde geniş çaplı tecrübe edinilmişliği nedeniyle son derece yaygın olarak kullanılan stabilitesi yöntemidir. Limit denge analiz yöntemi ile şev stabilitesi analizleri gerçekleştirilirken denge denklemlerinin hesaplanabilmesi için birtakım varsayımların yapılması gerekmektedir, analiz sonuçları büyük ölçüde söz konusu bu varsayımların ne kadar gerçekçi olduğuna bağlı olmaktadır. Şev duraysızlığının yapısal elemanlar kontrolünde gerçekleşeceği problemlerde, tüm yenilme biçimlerinin ve dilimlerarası kuvvetlerin göz önünde bulundurulmaması nedeniyle yöntem dikkatli kullanılmalıdır.

Makaslama mukavemeti azaltımı tekniği kullanılarak gerçekleştirilen sayısal analizlerde ise malzemenin gerilme-birim deformasyon davranışı dikkate alınmakta ve sayısal analiz sonuçları deformasyonlar hakkında bilgi sunmaktadır. Bu nedenle, sayısal analiz yöntemleri ile şev duraysızlık mekanizması ve kritik kayma ve/veya ayrılma yüzeylerinin belirlenmesi ve güvenlik katsayısı hesaplanması yönünden oldukça avantajlı olmakta, dolayısı ile limit denge analiz yöntemine bir alternatif olarak sunulmaktadır.

Kaynakça

- [1] Alejano, L. R., and Juncal, A. S., 2010. Stability analyses of footwall slopes in open pit mining. *Dyna*, Vol. 77, No. 161, Universidad Nacional de Colombia, Medellin.
- [2] Hoek, E., and Bray, J., 1974. Rock Slope Engineering. *Institute of Mining and Metallurgy, 1st Edition*. Spon Press, New York
- [3] Serra de Renobales, T., 1987. Strata buckling in footwall slopes in coal mining. *Congress of International Society of Rock Mechanics*, Montreal, s. 527-531.
- [4] Brawner, C. O., Pentz, D. L., and Sharp, J. C., 1971. Stability studies of a footwall slope in layered coal deposits. *Proc. 13th US Symposium on Rock Mechanics*, s. 329-365.
- [5] Dawson, R. F., Bagnall, A. S., and Barron, K., 1983. Rock anchor support systems at Smoky River Coal Limited. *Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining*, Grand Cache, Alberta, s. 22
- [6] Hawley, P. M., Martin, D. C., and Acott, C. P., 1986. Failure mechanics and design considerations for footwall slopes. *CIM Bulletin*, Vol. 79, No. 896, s. 47-53.

- [7] Alejano, L. R., Garcia-Bastante, F., Alonso, E., and Gomez-Marquez, I., 2001. Stability analysis and design of quarry slopes with the help of numerical modeling. *In: Proc. EUROCK 2001*, Espoo, Finland, Rotterdam: Balkema; 2001.
- [8] Calder, P. N., and Blackwell, G. H., 1980. Investigation of a complex rock displacement at Brenda Mines. *Canadian Mining & Metallurgical Bulletin*, August 1980, s. 1-10.
- [9] Watters, R. J., and Inghram, B. J. (1983). Buckling failure of granite slabs in natural rock slopes as an indications of high residual stresses. *Idaho Transportation Department, Division of Highways*, Boise, Idaho, USA, s. 83-96
- [10] Watters, R. J., and Roberts, K., 1995. The Kaiser effect and it's applications to slope instability. *5th Conference on Acoustic Emission/Microseismic Activity in Geologic Structures and Materials*. Pennsylvania State University: Trans Tech. Publications, s. 233-242.
- [11] Stead, D., and Eberhardt, E., 1997. Developments in the analysis of footwall slopes in surface coal mining. *Engineering Geology, Vol. 46, No. 1*, s. 41-61.
- [12] RS2 2019, 2018. 2 boyutlu sonlu elemanlar yöntemi esaslı bilgisayar programı. Rocscience Inc. Toronto.
- [13] UDEC v4.0 – The Universal Distinct Element Code, 2004. 2 boyutlu ayırık elemanlar yöntemi esaslı bilgisayar programı. Itasca Consulting Group. Minneapolis, Minnesota.
- [14] Dawson, E. M., Roth, W. H., and Drescher, A., 1999. Slope stability analysis by strength reduction. *Geotechnique*, Vol. 49, No. 6, s. 835-840.
- [15] Alejano, L. R., Ferrero, A. M., Ramirez-Oyanguren, P., Alvarez Fernandez, M. I., 2011. Comparison of limit equilibrium, numerical and physical models of wall slope stability. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Vol. 48, s. 16-26.
- [16] Cavers, D. S., 1981. Simple methods to analyze buckling of rock slopes. *Rock Mechanics & Rock Engineering*, Vol. 14, s. 87-104.
- [17] Chen, G., Langsheng, W., and Tianbinong, L., 1991. On the deformation starting criterion of sliding-bending model in dip slope. *Sixth International Symposium on Landslides*, Christchurch, New Zealand, Feb. 10-14, 1992, Vol. 6, s. 355-360.
- [18] Nathanail, C. P. (1996). Kinematic analysis of active/passive wedge failure using stereographic projection. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 33, No. 4, s. 405-407.
- [19] Eberhardt, E., and Stead, D., 1998. Mechanisms of slope instability in thinly bedded surface mine slopes. *Proc: 8th International Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, Vancouver, BC, Canada, Sept. 21-25, 2018, vol.8, no. 5, s. 3011-3018.
- [20] Goodman, R. E., and Kieffer, S. D. (2000). Behavior of rock in slopes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 126, No. 8, s. 675-684.
- [21] Hoek, E. (2000). *Rock Engineering Course Notes by Evert Hoek (2000 Edition)*. North Vancouver, B. C., s. 313.
- [22] Slide2 2018, 2018. 2 boyutlu limit denge yöntemi esaslı bilgisayar programı. Rocscience Inc. Toronto.
- [23] Morgenstern, N. R., and Price, V. E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. *Geotechnique*, vol. 15, no. 1, s. 79-93.
- [24] Spencer, E., 1973. Thrust line criterion in embankment stability analysis. *Geotechnique*, vol. 23, no. 1, s. 85-100.
- [25] Janbu, N., 1973. Soil stability computations. *In: Embankment-Dam Eng., Casagrande Volume*, John Wiley & Sons, Inc., New York, s. 47-86.

Ankrajlı İksalarda Analiz Sonuçlarının Saha Deneyleri ile Karşılaştırılması

Uğur VURAL*, Nihat Sinan IŞIK

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Ankraj
İnclinometre
Aşırı konsolidasyon
oranı

Özet

Şehir merkezlerinde insanların kullanım alanlarını artırmak için bodrum kat yapılması uygun bir çözüm olarak gözükmektedir. Bodrum katların yapımının artması ile dar alanlarda ankrajlı iksa sistemi yapımı da artmaya başlamıştır. Ankrajlı iksa sistemlerinin tasarlanması için kazı sırasında oluşan yanal toprak basınçlarının ve deplasmanların bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında aşırı deplasman yapmış olan ankrajlı iksa sistemi incelenmiştir. Sahada uygulanmış sistem bilgisayarda modellenerek aşırı konsolidasyon oranının – yanal zemin basınç katsayısının deplasmanlara etkisi araştırılmıştır.

Comparison of Field Experiments with Analysis Result in Anchored Walls

Keywords:

Anchor
Inclinometer
Over-consolidation
ratio

Abstract

In the city center, building basement floor seems to be a suitable solution to increase the areas of usage. With the increase in depth of basement floors, the construction of anchored retaining systems have started to increase. In order to design anchored retaining systems, lateral earth pressures and displacements during excavation must be known. In this study, the anchored retaining system, in which excessive displacements have occurred. The applied system in the field was modeled using finite element method and the effect of over-consolidation – coefficient of lateral pressure on the displacements was investigated.

1. GİRİŞ

Nüfus yoğunluğunun artması ile şehir merkezlerinde inşaat alanları her geçen gün azalmaktadır. Kısıtlı alanlarda yapılmaya başlanan inşaatlarda otopark, depo, teknik hacim gibi ihtiyaçlara inşaatın emsal alanına dahil olmayan bodrum katlarda yer verilmektedir. Bodrum katların yapımının artması ile şevli kazı yapılamayacak dar alanlarda, geçici ankrajlı iksalar ile kazı güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Sukünetteki zeminin kontrolsüz kazılması veya uygun dayanma yapıları ile desteklenmemesi halinde zemin göçme durumuna geçerek can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Kazı ile oluşacak yanal toprak basınçları ve deplasmanlar belirlenerek dayanma yapılarının tasarlanması gerekmektedir. Coulomb ve Rankine teorileri yanal toprak basınçları ile ilgili en yaygın olarak bilinen teorilerdir. Ancak bu teorilerden elde edilen basınç diyagramları ankraj veya giriş gibi yatay hareketi kısıtlayan destek elemanları olmadan belirlenmiştir. Bu yüzden ankrajlı iksa sistemlerinde duvar arkasında oluşan toprak itkisi klasik yanal toprak basınç diyagramlarından farklıdır. Terzaghi & Peck (1967) ve Tschebotarioff (1973) gibi araştırmacıların ve NAVFAC (1986) gibi kurumların önerdiği bazı toprak basınç diyagramları mevcuttur. Bu toprak basıncı diyagramlarının ankrajlı iksa sisteminin ön tasarımı için kullanılması daha uygun gözükmektedir. Çünkü kazı güvenliğinin sağlanması için zemin ve iksa sisteminin deplasmanlarının bilinip sınırlandırılmaları yapılması daha ekonomik çözümler bulunmasına yardımcı olacaktır.

Ankrajlı iksa sistemlerinde ekonomik ve güvenli çözümlerin yapılabilmesi için saha ve laboratuvar deneylerinin doğru yapıp, yorumlanarak uygun zemin parametrelerinin belirlenmesi ve saha koşullarına uygun sonlu eleman

modeli oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında aşırı deplasman yapmış olan bir ankrajlı iksa sisteminin analizleri yapıp, deplasmanın sebepleri irdelenmiştir.

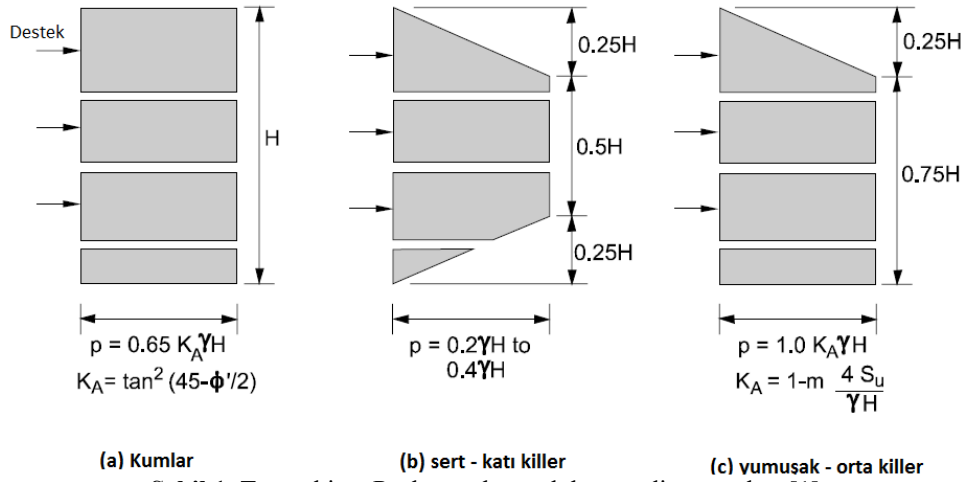
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Literatür Çalışması

2.1.1. Yanal Toprak Basınçları

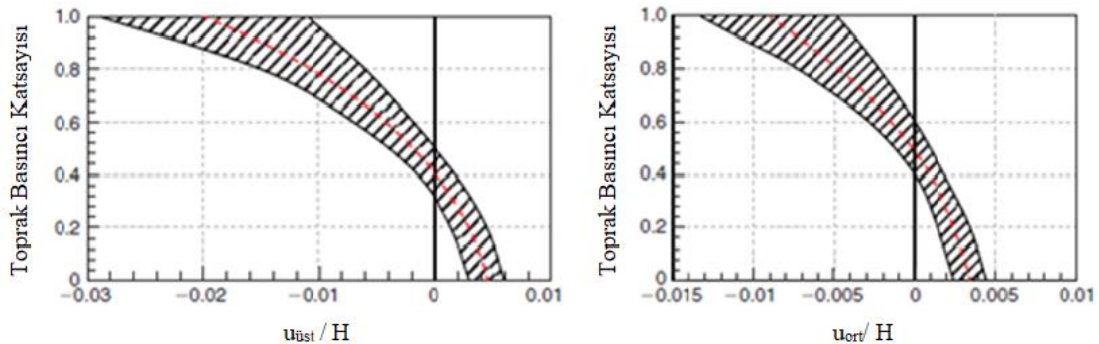
İnşaat uygulamalarında yapılan kazılarda zeminde göçme oluşmaması için uygun bir açı ile şev yapılması veya iksa sistemleri ile zeminin hareketinin engellenmesi veya kısıtlanması gerekmektedir. Yeterli çalışma alanı olmayan inşaatlarda şev ile kazı yapılamayacağı için iksa sistemleri ile göçmeye karşı güvenlik sağlanmalıdır. İksa sistemleri üzerine zeminin oluşturduğu yatay kuvvetler etkimekte olup, tasarım için oluşan bu kuvvetlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Yanal zemin basıncı ile ilgili birçok çalışma yapılmış olup en çok bilinenleri teoriler Coulomb ve Rankine tarafından geliştirilmiştir. Ancak bu teoriler yatay olarak desteklenmemiş olan istinat duvarlarında kullanılmaya daha uygundur.



Şekil 1. Terzaghi ve Peck yanay toprak basınç diyagramları [1]

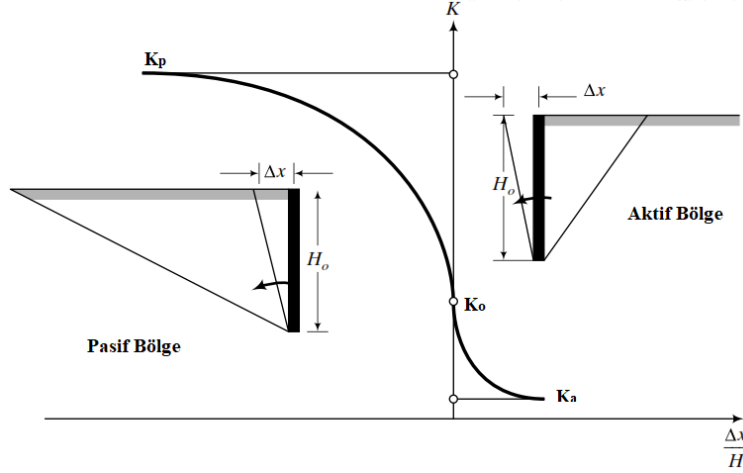
Yatay olarak desteklenmiş olan iksa sistemlerinde klasik teorilerdeki aksine üçgen şeklinde basınç diyagramları oluşmaktadır. Bu basınç diyagramları ile ilgili birçok araştırmacı ve kurumun yaklaşımları olmakla beraber Federal Karayolu İdaresi (FHWA) tarafından önerilen ve Terzaghi & Peck tarafından geliştirilen görünür zemin basıncı zarfları Şekil 1' de verilmiştir



Şekil 2. Toprak basınç katsayıları ve duvar deplasmanları [2]

Briaud ve Kim (1998) yaptığı çalışmada duvar deplasmanları ve toprak basınç katsayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 2' de verilmiştir. Yatay kiriş ile destekli bir kazıda içsel sürtünme açısı 30° olan bir kumda aktif yanay toprak basıncı katsayısı 0,33 olması gerekirken Terzaghi ve Peck' in yaklaşımına göre bu değer % 65'i alınarak 0,21 olduğu belirlenmiştir. Şekil 2' de bu yanay toprak basıncı katsayısına karşılık gelen iksa üst deplasmanı/kazı yüksekliği oranı 0.002-0.0045 ve ortalama deplasman/kazı yüksekliği oranı 0.0015 –

0.0035 arasında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumda sabit yanal toprak basıncı katsayısına karşılık değişken deplasmanlar olduğu anlaşılmaktadır. Ancak mühendisler sonlu elemanlar ile yaptığı tasarımlarda ankraj yükü ve aralıkları, iksa sisteminin rijitliği gibi parametreleri değiştirerek iksa deplasmanına karar verebilmektedirler. İksa deplasmanına karar verilebilmesi Şekil 3’ te görüldüğü üzere zeminin aktif veya pasif durumunu belirleyebilmek anlamına gelir. Terzaghi ve Peck’ in (1967) çalışmasının aksine sabit yanal toprak basıncı yerine deplasman tercihine göre değişken yanal toprak basıncı oluşmaktadır. Tasarımda yüksek ankraj kapasitesi seçilmesi durumunda duvar arkasında pasif itki oluşturup iksa sistemine aşırı yatay kuvvet gelmesine sebep olunurken düşük ankraj kapasitesi seçilmesinde ise iksa sisteminin fazla deplasman yapmasına sebep olunabilir.



Şekil 3. Yanal toprak basıncı katsayısı davranışı [3]

2.1.2. Ankrajlı İksa Sistemleri Tasarım Esasları

Ankrajlı iksa sisteminin tasarımı için yönetmeliklerde geçen önemli bazı hususlar karşılaştırılarak aşağıda sıralanmıştır.

- Ankrajlar iksa arkasındaki zeminin hareket etmediği kısımda kayma gerilmeleri oluşturarak kuşak kırımları üzerinden iksa sistemine destek sağlamaktadırlar. Zeminin duvar arkasında hareket eden kısmı aktif kama olarak tanımlanmakta ve kazı seviyesinden $45 + \frac{\phi}{2}$ açılı bir düzlem üzerinde hareketin olduğu varsayılmaktadır. Amerika Federal Karayolları İdaresi’ nin (FHWA) 1999 yılında hazırlanan “Zemin Ankrajları ve Ankraj Sistemleri” uygulama kılavuzunda $45 + \frac{\phi}{2}$ açısı ile oluşan veya bununda arkasında olduğu hesaplanan kayma düzlemine paralel olarak 1,5 m veya kazı derinliğinin % 20’ si kadar uzaklıkta bir düzlem daha belirlenerek ankraj köklerinin minimum bu düzlemin arkasında olması istenmektedir [1]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın (ÇŞB) 31.08.2018 tarih ve 150340 sayılı genelgesinde ise ankraj kökleri $45 + \frac{\phi}{2}$ açısı ile oluşan kayma düzleminden en az 3 m veya kazı derinliğinin % 20’ si kadar uzaklıkta olmalıdır [4].
- ÇŞB’ ye göre ankrajlar arası yatay mesafe en az 110 cm, FHWA’ de ise 120 cm olması istenmektedir.
- Halatlar için güvenlik faktörü BS 8081:2015+A2:2018’ standardına göre 1.5 iken , FHWA’ ya göre tasarım yükü maksimum kapasitesinin % 60’ını ve test yükü ise maksimum kapasitesinin % 80’ini geçmemelidir [5,1]. BS 8081’ e göre minimum serbest boy çubuk elemanlar için 2 m ve halatlar için 5 m iken FHWA’ ya göre bu değerler sırasıyla 3 m ve 4.5 m dir.
- FHWA’ ya göre ankraj kök boyları kayalarda 7 m ve zeminlerde 12 m nin üzerinde olmamalıdır. ÇŞB’ ye göre kohezyonlu zeminlerde ankraj kök boyu en az 10 m olması gerekirken, BS 8081’ e göre en fazla 10 m olmalıdır.
- ÇŞB’ ye göre kohezyonlu zeminlerde servis yükü 35 tonu geçmemeli iken FHWA’ ya göre her zemin türü için zemin parametrelerinin uygun olması durumunda özel ekipmanlar olmadan 26-116 ton arasında servis yükü oluşturulabilir.
- FHWA’ ya göre ankraj açısı $10^\circ - 45^\circ$ arasında yapılabilmekte olup, genelde tercih edilen $15^\circ - 30^\circ$ arasındadır. ÇŞB’ ye göre ise ankrajlara $15^\circ - 30^\circ$ arasında açı yapılabilir, ancak 30° üstünde açılar yapılmak istenirse yükleme deneyleri ile tasarım yükünün ispatlanması istenir.

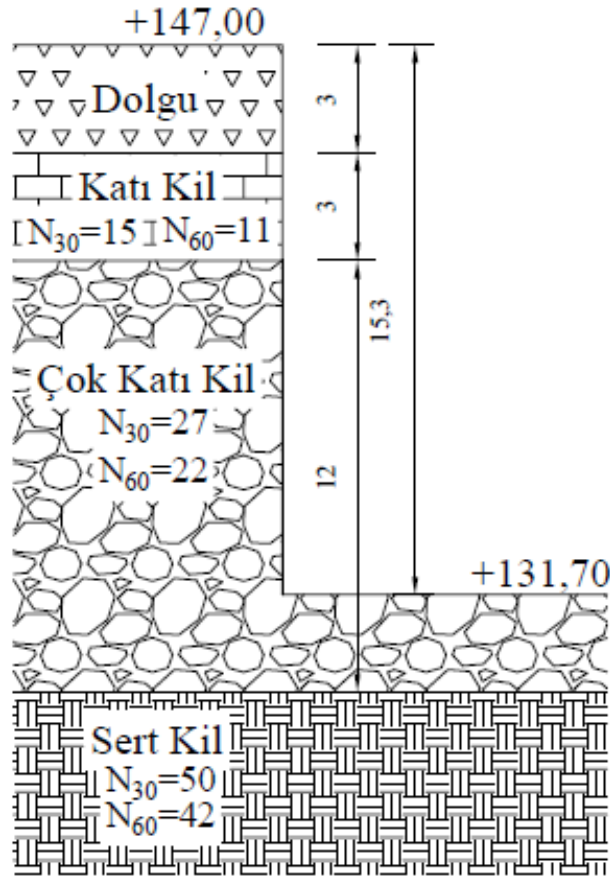
- Ankrajlı iksa sisteminin yatay deplasmanı ÇŞB' ye göre kazı derinliğinin % 0,25 - % 0,5 arasında kalması gerekirken, FHWA' ye göre kumlar ve katı killerde duvar yükseliğinin % 0,2 - % 0,5 arasında olmalıdır.

2.2. Proje Bilgileri

Uygulama sahasında arazi en üst kotu +149.00 dan başlayıp eğimli olarak azalmaktadır. Kazı kotu 131,70 seviyesinde olup, eğimli topoğrafyadan dolayı iksa üst kotunun +147,00 m olduğu Kesit-2 de analizler yapılmıştır. Kazı derinliğinin 15,3 m olduğu Kesit-2' de kazı 12 m seviyesine inene kadar ölçülen inclinometre verileri elde edilmiştir. Zemin profili 1,5 - 4 m arasında killi dolgu, altında ise katı-çok katı- sert yüksek plastisiteli kil tabakalarından oluşmaktadır. Yer altı su seviyesi 5 m seviyesindedir.

Çözüm olarak sunulan çift sıra kazık sistemi yerine uygulamada tek sıra kazık yapılmış ve çift sıra kazık sisteminde önerilen ankraj öngermeleri uygulanmıştır.

Arazide 10 farklı sondaj noktasında SPT deneyi yapılmış olup, buradan elde edilen veriler ile Kesit-2'ye ait idealize zemin profili oluşturulup Şekil 4' te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kesit-2 idealize zemin profili

Sahadan alınan numuneler ile yapılan laboratuvar deneylerine ait verileri zemin türlerine göre ayrılmış Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Zemine ait temsili laboratuvar verileri

	DOLGU	KATI KİL	ÇOK KATI KİL	SERT KİL
W _w	-	26,4	26,5	26,1
LL	-	64,27	62,48	63,2
PL	-	24,37	25,15	26,6
PI	-	39,9	37,34	36,6
Plastisite Durumu	-	CH	CH	CH
γ _n (kN/m ³)	17,0	18,7	19,0	19,3
γ _d (kN/m ³)	17,0	14,8	15,0	15,3

2.2.1. Kayma Dayanımı Parametreleri

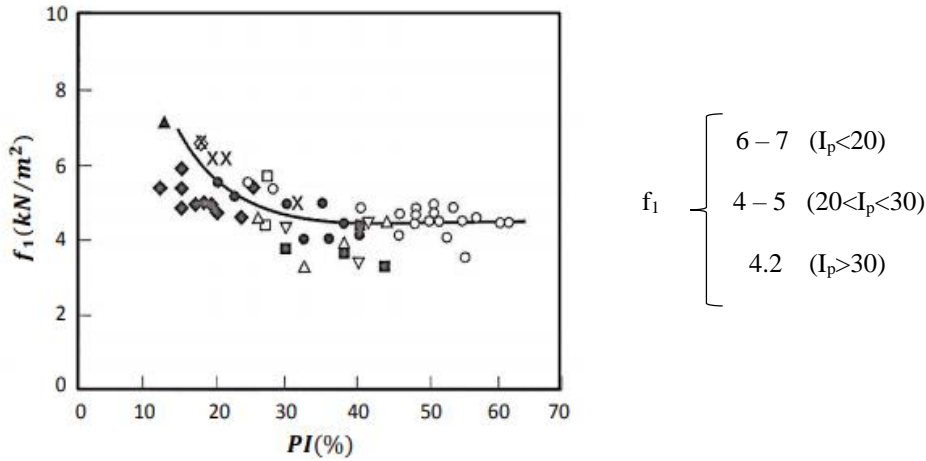
Sahadan alınan toplam 34 adet numune üzerinde üç eksenli basınç ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. SPT değerlerine göre katı kil ile çok katı kile ait darbe sayıları arasında büyük farklar gözükmekte iken üç eksenli basınç ve serbest basınç deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımları arasında çok az bir fark (yaklaşık 10 kPa) oluşmuştur. Bu durumun sebebi olarak çok katı kil birimlerden örnek alımı ve laboratuvarında örneklerin tüpten çıkartılması sırasında yaşanan aşırı örselenme olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden arazide daha fazla deneyi yapılan ve çok yaygın kullanıldığı için hata payının daha az olduğu düşünülen SPT' den elde edilen verilerin, zemin parametrelerinin belirlenmesinde kullanılması daha uygun görülmüştür.

Literatürde SPT ve drenajsız kayma dayanımı arasında korelasyonu belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Sivrikaya & Toğrol (2007) yılında yerel zemin koşullarında yaptığı kapsamlı çalışmadan elde ettiği veriler ile diğer araştırmacıların bulduğu korelasyonları karşılaştırmıştır. SPT deneyinin ülkelerde farklı uygulamaları olması ve yapılan bazı araştırmalarda SPT düzeltme katsayılarının uygulanıp uygulanmadığı ile ilgili belirsizlik olmasından dolayı korelasyonların uyumsuz sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Yerel zemin verilerine en uyumlu korelasyonların Terzaghi ve Peck (1967) ve Stroud'un (1974) çalışmaların elde edilenler olduğu belirlenmiştir [6].

Terzaghi ve Peck (1967) yaptığı çalışmada drenajsız kayma dayanımı ile SPT arasında aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur [6].

$$c_u = 6.25N \quad (1)$$

Stroud (1974) yaptığı çalışmada üç eksenli basınç deneylerinde ince daneli zeminlerin plastisitesinin artması ile drenajsız kayma dayanımının azaldığını belirlemiştir [6].



Şekil 5. Plastisite ve f_1 değişimi [6]

$$c_u = f_1 N_{60} \quad (2)$$

Sivrikaya ve Toğrol çalışmasında Stroud' un aksine plastisitenin artması ile drenajsız kayma dayanımının arttığını tespit etmiş olup, yüksek plastisiteli killer için aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur [6].

$$c_u = 4.85N \quad (3)$$

Yapılan bu çalışmalar sonucunda en düşük değerler Stroud'un (1974) çalışmasından elde edilmiş olup, bu drenajsız kayma dayanımı analizlerde kullanılacaktır.

Sorenson ve Okkels (2013) yaptığı çalışmada üç eksenli deneylerden elde ettiği drenajlı içsel sürtünme açısına ait bağıntı aşağıda verilmiş olup, drenajlı kayma dayanımının da yaklaşık olarak drenajsız kayma dayanımının % 10' nuna tekabül ettiğini belirlemiştir [7].

$$\phi = 45 - 14. \log I_p \quad 4 < I_p < 50 \quad (4)$$

$$\phi = 26 - 3. \log I_p \quad 50 < I_p < 150 \quad (5)$$

Analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

	KATI KİL	ÇOK KATI KİL	SERT KİL
c_u (kPa)	46	92,4	176,4
c' (kPa)	4,6	9,24	17,64
ϕ (°)	23	23	23

2.2.2. Drenajsız Deformasyon Modülü

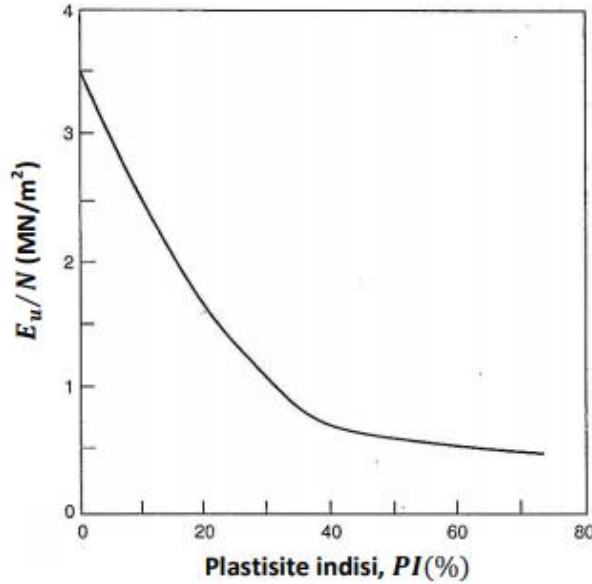
İnce daneli zeminlerde drenajsız deformasyon modülünün hesaplanması için bir çok korelasyon geliştirilmiştir.

Butler (1975) çalışmasında aşağıdaki bağıntıyı önermiştir [8].

$$E_u = (1 - 1.2 MPa). N \quad (6)$$

Stroud (1989) çalışmasında aşağıdaki bağıntıyı önermiştir [9].

$$E' = (0.9 MPa). N \quad (7)$$



Şekil 6. Plastisite ve E_u/N değişimi [8]

Poulos ve Small (2000)'un çalışmasına göre zeminin plastisitesine bağlı olarak drenajsız deformasyon modülünün değişimi Şekil 6’da verilmiştir. Ayrıca drenajsız deformasyon modülünden drenajlı kayma modülüne geçiş yapılabilmesi için yumuşak killer için 0,4 ve sert killer için 0,6 çarpanın kullanılmasını önermiştir [8].

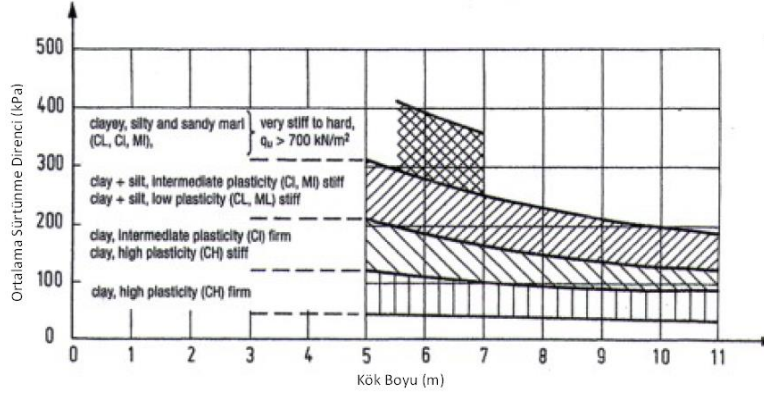
Tablo 3. Drenajsız deformasyon modülleri

	KATI KİL	ÇOK KATI KİL	SERT KİL
C_u	46,2	92,4	176,4
N	15	27	50
E_u (B)	15 000	27 000	50 000
E_s' (B)	7 500	13 500	30 000
E_u (S)	18 495	33 291	61 650
E_s' (S)	9 248	16 645	36 990
E_u (P&S)	10 500	20 250	37 500
E_s' (P&S)	5 250	10 125	22 500

En tutucu değerler Poulos ve Small (2000)'e göre elde edildiği için güvenli tarafta kalmak amacıyla bu değerler kullanılacaktır.

2.2.3. Ankraj Taşıma Kapasitesi

Ostermayer (1975) ankrajların taşıma kapasitesi hakkında yaptığı çalışmada kohezyonlu zeminler ile ilgili önemli tespitlerde bulunmuştur. Kohezyonlu zeminlerde plastisite azalır, kıvamlılık arttıkça sürtünme direnci de artmaktadır. Ankraj kökünün çapının artmasıyla doğrusal olarak taşıma kapasitesi de artmaktadır. Sürtünme direncinin 100 kN/m^2 nin üstünde olması durumunda ise kök uzunluğunun etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ard enjeksiyonun sürtünme direncini arttırdığı ve 10 m üzerinde yapılan ankraj köklerinin sürtünme direncini değiştirmedeği gözlemlenmiştir [10].



Şekil 7. Ard-enjeksiyonsuz zeminlerde kök boyu ve ortalama sürtünme direnci [11]

Ostermayer ve Barley (2003) çalışmasında ard-enjeksiyonsuz ankrajların kök boyu ve killerin plastisitesine göre zemin – enjeksiyon ortalama sürtünme dirençlerinin değişimi Şekil 7’ de verilmiştir.

Uygulamada ankraj kök boyu 10 m ve çapı 0,15 m imal edilmiş olup, 32 ton ön germe yapılmıştır. Buna göre ankraj kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\tau_{ult} = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_{avg} \quad (8)$$

$$\tau_{ult} = \pi \cdot 0,15 \cdot 10 \cdot 120$$

$$\tau_{ult} = 565 \text{ kN}$$

Bu durumda güvenlik katsayısı:

$$GK = 565/320 = 1,77 \text{ olarak hesaplanır.}$$

2.3. Modelleme ve Analiz

Zeminin akma yüzeyinin gerilme düzeyine göre değiştiği varsayılan ve derin kazı gibi farklı yükleme koşullarının olduğu saha uygulamalarında kullanılması uygun olan pekleşen zemin modeli (Hardening soil model) analizlerde kullanılmıştır.

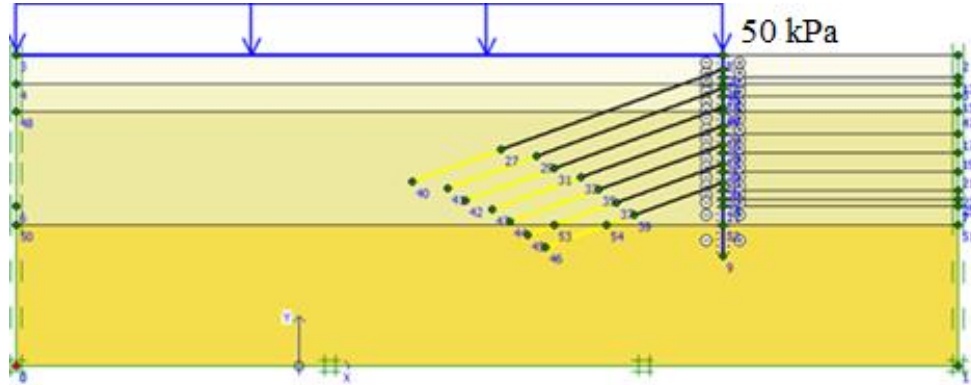
Tablo 4’te programda kullanılan yapısal elemanlara ait teknik bilgiler verilmektedir.

Tablo 4. Yapısal elemanlara teknik bilgiler			
	KAZIK ($S_H=1,2\text{m}$)	ANKRAJ HALATI ($3 \times 0,6''$)	ANKRAJ KÖKÜ
d (m)	1.0	-	0.15
A (m ²)	0.79	0.00042	0.017
E (KPa)	30 000 000	2×10^8	21 000 000
v	0.15	-	-
I (m ⁴)	0.05	-	-
EA(kN/m)	19 625 000	-	212 692 159 519
EA(kN)	-	84 000	-
EI	1 226 563	-	-

İksa üst kotunun +147.00 m olduğu Kesit-2 nin arkasında topoğrafyadan dolayı oluşan 3 m ek dolgu yükü Resim-1’ de gösterilmiştir. Sonlu elemanlar modeli oluştururken dolgu yükü uniform yayılı gerilme olarak eklenmiştir. Şekil 8’de sonlu elemanlar analizlerinde kullanılan model ve sınır koşulları gösterilmiştir. Analizlerde Plaxis yazılımı kullanılmış olup, modelleme yapılırken kullanım kılavuzlarından faydalanılmıştır [12]. Modelde 1682 adet 15 düğüm noktalı üçgen eleman kullanılmıştır.



Resim 1. Ek dolgu yükü



Şekil 8. Sonlu elemanlar modeli ve sınır koşulları

Analizleri yapılan ve kazı derinliği 15,3 m olan ankrajlı iksa sisteminin Kesit-2 kısmının sahadaki uygulamasında düşeyde 7 sıra ankraj yapılmıştır. Ancak mevcut inklinometre ölçümleri 12 m kazı derinliğine kadar yapıldığı için, bilgisayar modelinde kademeli olarak 12 m derinliğe inilerek ilk 5 sıra ankraja öngörme uygulanmıştır.

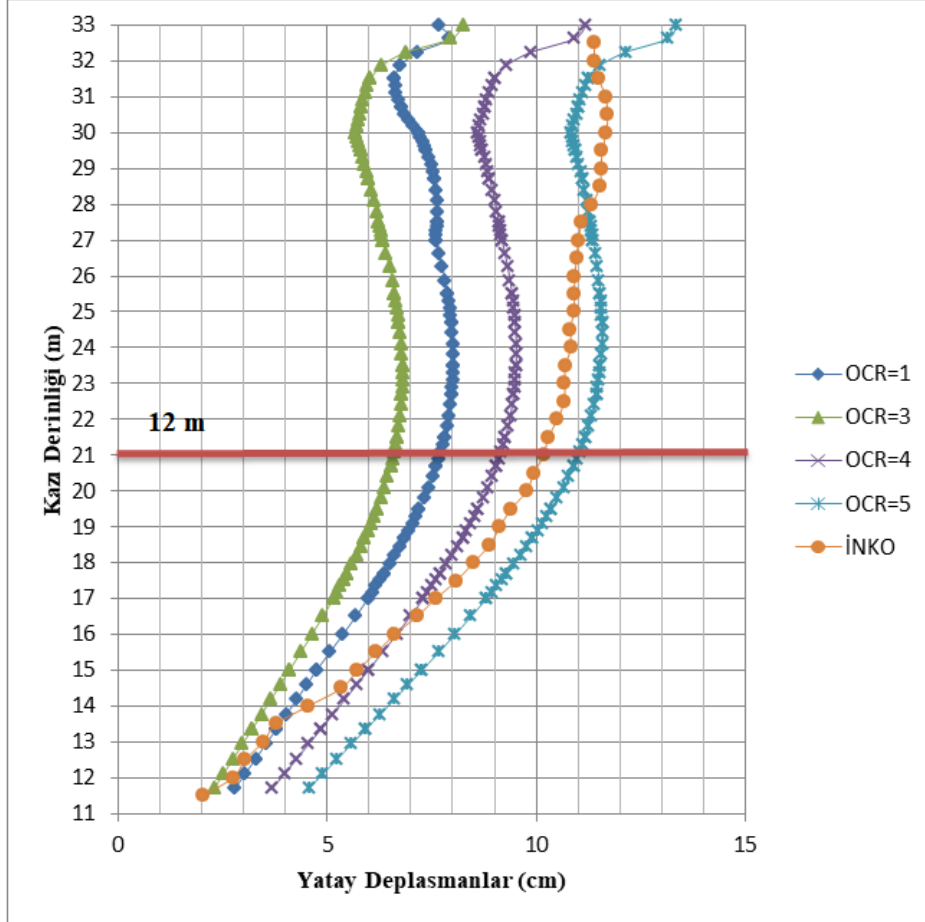
Zemin profilinde yer alan kil tabakalarının aşırı konsolide kil olduğu düşünülmektedir, bununla birlikte konsolidasyon deneyi yapılmadığı için aşırı konsolidasyon oranları bilinmemektedir. Aşırı konsolidasyon oranları dengedeki yatay gerilmeleri arttırmaktadır. Bu nedenle katı ve çok katı kil tabakaları için farklı aşırı konsolidasyon oranı - yanıl toprak basınçları kullanılarak ile analizler yapılmış ve aşırı konsolidasyon oranının kazık sistemi yatay deplasmanı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

3. BULGULAR

İnklinometre sonuçlarına göre iksa sistemi henüz 12 m seviyesine kadar kazılmışken kazıklı sistem maksimum 11,5 cm civarında yatay deplasman yapmıştır. Yönetmelikler maksimum % 0,5 mertebesinde yatay deplasman/kazı yüksekliği oranı isterken, Kesit-2’ de % bu oran 0,96 seviyesine kadar çıkmıştır.

Farklı aşırı konsolidasyon oranına bağlı olarak kazıkta oluşan yatay deplasmanlar ve inklinometre ölçüm sonuçları Şekil 9’da sunulmuştur. Şekil 9’da görüldüğü üzere aşırı konsolidasyon oranları iksa sistemine gelen yükleri ve deplasmanları büyük ölçüde etkilemiştir. Aşırı konsolidasyon oranı 1’den (normal konsolide durum)

3'e çıktığında yatay deplasmanlar azalmakta ancak aşırı konsolidasyon oranının artışıyla tekrar artmaktadır. Aşırı konsolidasyon oranının artışı dengedeki yanal zemin basıncı katsayısını (K_0) artırdığı için artan aşırı konsolidasyon oranı ile yatay deplasmanların artması beklenmektedir. Bununla birlikte pekleşen zemin modelinde deformasyon modülleri artan minimum asal gerilme (σ_3) yanı yatay gerilme ile artmaktadır. OCR 1 durumundan OCR 3'e geçildiğinde yatay deformasyonların azalması bu etki ile açıklanabilir. İnklinometre verilerinden elde edilen deplasmanlar ile aşırı konsolidasyon oranı 5 olan modelden elde edilen deplasmanlar birbirleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir.



Şekil 9. Farklı aşırı konsolidasyon oranlarının deplasman davranışı ve inklinometre sonuçları

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında aşırı deplasman yapmış ankrajlı bir iksa sisteminin inklinometre ölçümleri ile sonlu eleman analizinin sonuçları karşılaştırılarak deplasmanların sebepleri araştırılmıştır. Laboratuvar deneylerinde herhangi bir aşırı konsolidasyon oranı belirlenmediği için farklı aşırı konsolidasyon oranları ile analizler yapılarak ankrajlı iksa sistemine ait deplasmanlar elde edilmiştir. Aşırı konsolidasyon oranının belli bir seviyenin üzerinde olması durumunda ankrajlı iksa sistemine gelen yanal toprak basınçlarının büyük oranda artarak aşırı deplasmanlar oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Aşırı konsolidasyon oranının 5 olduğu modelden elde edilen deplasmanlar ile inklinometre ölçümlerinden gelen verilerin uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Kaynakça

- [1] P.J. Sabatini, D.G. Pass, R.C. Bachus, "Ground Anchors and Anchored Systems," Washington (United States), Jun. 1999.
- [2] J.L. Briaud, *Geotechnical Engineering Unsaturated and Saturated Soils*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- [3] O. Önal, "Dayanma (İstinat) Yapıları," 2019. [Online]. Available: http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0bdd5172d386727_ek.pdf. [Accessed: 26-Apr-2019]

- [4] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). 31.08.2018 tarih ve 105340 sayılı Genelge.Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [5] BS 8081:2015+A2:2018, (2018). Code Of Practice For Grouted Anchors, BSI, London.
- [6] O. Sivrikaya and E.Toğrol, “Türkiye’de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti arasındaki İlişkiler,” *İmo Teknik Dergi*, pp. 4233-4243, 2007.
- [7] K.K. Sorensen and N. Okkels, “Correlation Between Drained Shear Strength And Plasticity Index Of Undisturbed Overconsolidated Clays,” in *18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2013, pp. 4,5.
- [8] A.O. Erol and Z. Çekinmez, *Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri*. Ankara: Yüksel Proje Yayınları, 2014.
- [9] C.R.I. Clayton, “*The Standart Penetration Test (SPT):Methods and Use*,” London (U.K.), 1995.
- [10] H. Ostermayer, “Construction, Carrying Behaviour And Creep Characteristics Of Ground Anchors” in *Diaphragm Walls and Anchorages*, 1975, pp. 146,147.
- [11] H., Ostermayer and T. Barley, “*Geotechnical Engineering Handbook*,” Ernst & Sohn, vol.2, 2003.
- [12] “Plaxis.” Plaxis, DELFT, 2019.

Sensör Füzyonu Algoritmaları ile Açısal Konum Referans Sistemi Tasarımı

Oben ÖZKAN*, Aydın YEŞİLDİREK

Yıldız Teknik Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Açısal Referans Sistemi
Ataletsel Seyrüsefer
Ataletsel Sensörler
Sensör Füzyonu
Konum Tahmini

Özet

Bu makalede, açısal konum referans sistemi tasarımı verilmiştir. Düşük maliyetli MEMS tabanlı atalet sensörlerinin verileri, doğru bir AHRS sistemi elde etmek için sıfır hız algılama, sezgisel sapma giderme ve bütünlüyci filtreleme ile kaynaştırılır. Harici kaynaklara ihtiyaç duymayan böyle bir navigasyon sisteminin, iç mekan navigasyon sistemleri dahil olmak üzere bazı uygulamalarda önemli avantajları vardır. Bu uygulamalardan biri yaya izleme sistemleridir. Bu sistemlerde, yürüyüşün doğasından elde edilen ivme değerleri, hız ve konum tahminlerini almak için entegre edilmiştir. Düşük maliyetli MEMS tabanlı IMU'lar gürültüye karşı çok hassastır, bir yardım mekanizması olmazsa büyük ölçüde sürüklenirler. Makalede tasarlanan açısal konum referans sistemi yürüyen bir kişinin ayağına monte edildi, iç mekan navigasyon sistemi incelendi ve önerilen filtre algoritmalarıyla sensörlerin neden olduğu hatalar en aza indirilen umut verici sonuçlar verdi. Çalışmanın sonunda, filtre doğrulandı ve sensörlerin neden olduğu uzaysal kaymanın ortadan kaldırıldığı gözlemlendi.

Attitude and Heading Reference System Design with Sensor Fusion Algorithms

Keywords:

AHRS
Inertial Navigation
Inertial Sensors
Sensor Fusion
Dead Reckoning

Abstract

In this article, an angular position reference system design is given. Low-cost MEMS based inertial sensors data is fused by zero velocity sensing, heuristic drift elimination and complementary filtering to obtain an accurate AHRS system. Such a navigation system not needing external sources has significant advantages in some application including indoor navigation systems. One of such applications is the pedestrian tracking systems. In these systems, the acceleration values derived from the nature of the walk are integrated to get the speed and position estimates. Low-cost MEMS based IMU's are very sensitive to noise and they drift drastically without an aiding mechanism. The angular position reference system designed in the article was mounted on the foot of a walking person, the indoor navigation system was studied and the errors caused by the sensors were minimized by the proposed filter algorithms showed promising results. In the end of the study, the filter was verified and it was observed that the spatial shift caused by the sensors has been eliminated.

1. GİRİŞ

Açısal konum referans sistemleri havacılık ve uzay uygulamalarında sıkça kullanılan AHRS olarak bilinen sistemlerdir, terim attitude and heading reference system'in baş harflerinin kısaltmasından gelir ve bu makalede açısal konum referans sistemi kısaltması olarak AHRS kullanılacaktır. AHRS üç eksenli yönelim ve açısal konum bilgisi veren sistemlerdir. AHRS uygulaması herhangi bir dış kaynağa ihtiyaç kalmadan ataletsel kuvvetleri ölçen ivmeölçer ve jiroskop sensörlerinin kalman filtresi, bütünlüyci (complementary) filtre veya herhangi bir sensör füzyonu algoritması ile birleştirilerek sensör ekseninin dünya eksenine göre açısal konumunun tahmin edilmesi uygulamasına dayanır. Ataletsel sensörler IMU olarak bilinen sensör paketleri halinde piyasada bulunurlar.

Bir iç ortam veya konumlandırma sistemi, kapalı bir ortamda veya konum bilgilerine gerçek zamanlı erişim için bir sistemdir [1]. Yaygın olarak kullanılan Global Konumlandırma Sistemi (GPS) dış mekanda çok hassas konumlandırma bilgileri elde edebilir. Bununla birlikte, kapalı ortamlarda, uydu sinyali bina tarafından kolayca bozulduğundan GPS doğru veya konumlandırma bilgisi sağlayamaz [2]. Günümüzde, iç ortam konumlandırma teknolojisi, kablosuz ve ataletsel konumlandırma teknolojisi içinde sınıflandırılmaktadır. Kablosuz konumlandırma teknikleri kızılötesi [3], ultrasonik [4], Bluetooth [5], Wi-Fi [6], ZigBee [7], Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) [8], Ultra Geniş Bant (UWB) [9], görsel [10] ve kablosuz ağ konumlandırma teknolojisi [11] gibi teknolojilerle gerçekleştirilir. Bu konumlandırma teknolojileri, görüş hattı dışında kalma (Non-Line Of Sight) faktörleri ve çok yönlü faktörler gibi dış faktörlerden etkilenir [12]. Bu nedenle, kablosuz konumlandırmada doğruluk yeterince yüksek değildir ve kararlılık zayıftır. Ataletsel konumlandırma teknolojisi [13], bir ivmeölçer ve jiroskopa dayalı olarak veya hızı, konumu ve açısal tutumu elde eder. Ataletsel navigasyon hataları dış ortamdan etkilenmez, fakat ataletsel navigasyon sistemi uzun bir süre boyunca kümülatif hatalara eğilimlidir. Fiyat, yapı, hacim ve ağırlık bakımından avantajları olan Mikroelektromekanik-Ataletsel Ölçüm Birimlerine (MEMS-IMU) dayalı ataletsel seyir sistemleri son yıllarda büyük ilgi görmüştür [14].

İç ortam navigasyon sistemlerinde dış kaynak düzeltmesi kullanılmadığı için başka doğal etkiler kullanılır. Bu makalenin konusu olan veya takip sistemlerinde genellikle sıfır hız algılama (zero velocity update) yöntemi kullanılmaktadır. Sıfır hız algılama yönteminde IMU sensörlerinden kaynaklanan hataları gidermek için yürümenin doğasından gelen bir takım doğal etkileri kullanan algoritma adım atma sırasında oluşan belirli ivme modellerini takip ederek yürüyen kişinin ayağına bağlı sensörlerin durağan ve hareketli anlarını takip etmektedir. Algoritma durağan dönemlerde yani ayak yerde sabitken hız verisini sıfıra çekmekte, kişi adım atmaya başladığında yani ayak hareketliken hız verisini sensörlerden gelen bilgi ile hesaplamaktadır böylece sadece hareketli anlarda ölçüm yapan algoritma sensör hatalarından en az şekilde etkilenmeyi amaçlar. Literatürde genelde çeşitli sıfır hız algılama yöntemlerini tek başına kullanmak yeterli görülse de bu yöntemin yetersiz kaldığı uygulamalarda Borenstein ve Lauro Ojeda'nın çalışmasında [20] olduğu gibi ilave filtreler kullanılmaktadır.

AHRS tasarımı için çeşitli füzyon teknikleri üzerinde çalışılmıştır. Leccadito yüksek lisans tezinde bir ataletsel ölçüm sisteminin gereksinimi olan AHRS sistemi için ivmeölçer, jiroskop ve manyetometre sensörlerinin hata modellerini çıkarmış ve bu gürültülerin etkisini en aza indirmek için kalman filtresi üzerinde çalışmıştır [15]. Lai çalışmasında AHRS için bir bütünlüleyici filtre kullanmıştır IMU sensörlerinin hata modellerinin parametrelerini bulmak için 3 eksenli 360 derece dönebilen bir platform oluşturmuş ve bir sensör kalibrasyon sistemi inşa etmiştir. Oluşturduğu bu sistemde doğru açı değerleri ile filtre değerlerini karşılaştırarak sensörlerin hata modelini bulma çalışmasında bulunmuştur [16]. Mahony R. Makalesinde AHRS sensör füzyonu algoritmasında tahmin kısmı için fikri kinematik denklemin girişini düzeltmektedir. Jiroskop kaymasından kaynaklanan hatayı düzeltmek için bir PI kontrolcüden faydalanmıştır. Mahony ivmeölçer verilerinden faydalanmış manyetometreyi sistemine dahil etmiştir jiroskop ve ivmeölçer verilerini yere çekimi ile karşılaştırmış ve dünya çerçevesine göre sistemin açısal konumunu bulmaya çalışmıştır [17]. Navigasyon sistemlerindeki ataletsel ve GPS/INS destekli referans çerçevelerin hesabı, ECEF koordinat sistemleri, rotasyon matrislerinin hesapları AHRS ve ataletsel navigasyon sistemlerinin kinematik eşitlikleri Farrel'in kitabında işlenmiştir [18]. Madgwick açısal konum bilgisi için quaternion yaklaşımını kullanmıştır. Bu yaklaşımda açısal konum tahminini iyileştiren füzyon algoritmasını minimizasyon problemi olarak formülize ederek bu problemi gradyan iniş algoritması ile çözmüştür bu yaklaşım Extended Kalman Filtresinin (EKF) tahmin doğruluğuna yakın sonuçlar üretmesinin yanında düşük işlem gücü ile bile çalışabilmekte böylece 8 bitlik mikrodenetleyicilerde bile çalışabilecek algoritma ortaya çıkmaktadır [19]. İç ortam navigasyon sistemi için Borenstein ve Lauro Ojeda tarafından Heuristic Drift Elimination (HDE) adı verilen bir yöntem ile sürüklenme eliminasyonu için sezgisel bir yöntem önermişlerdir [20]. S.K. Park ve Y.S Suh çalışmasında Hidden Markov Model ile sadece tek bir jiroskop verisi kullanarak yeni bir sıfır hız algılama algoritması üzerinde çalışmış ve durağan dönemleri daha güvenilir şekilde tespit etmişlerdir [22]. Foxlin, E ayakkabıya monteli takip sistemi çalışmasında sıfır hız algılama algoritmasının hız hatalarını EKF ile düzelterek daha doğru pozisyon tahmin verileri elde etmiştir [23].

Bu makaledeki çalışma sıfır hız algılama yöntemine ilave yeni bir filtre geliştirerek daha doğru konum bilgisi sunan veya navigasyon sisteminin geliştirilmesi üzerinedir. Sistemimizi literatürden ayıran çalışma, algoritmamızın yürüyen kişinin baskın yönünü bulmaya ve sürüklenmeleri baskın yöne göre elimine etmeye yönelik olmasıdır. Sistemimizde IMU sensörleri yürüyen kişinin ayakkabısına bağlanmıştır, ivmeölçer verilerinden önce sıfır hız algılama yöntemi ile pozisyon bilgisi alınmakta daha sonra makalenin çalışma konusu olan Sezgisel Kayma Eliminasyonu filtresi ile pozisyon bilgisi bir kez daha düzeltilmekte ve nihai pozisyon bilgisi kaydedilmektedir. Çalışmanın sonunda Sezgisel Kayma Eliminasyonu filtresi gerçekleştirilmiş ve yalnızca sıfır hız algılama filtresi kullanan navigasyon sistemlerine göre daha doğru pozisyon bilgisi tahmin ettiği doğrulanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Açısal konum referans tahmin uygulamaları bağlamında genellikle Euler açıları (sapma(yaw), yunuslama(pitch) ve yuvarlanma(roll)) gösterimleri kullanılır. Ancak, gimbal kilidi adı verilen bir fenomen nedeniyle pitch 90° 'ye ulaştığında açısal hesaplamalarda sorunlar ortaya çıkar. Bu problemten kaçınmak için kuaterniyon bazlı bir çözüm tercih edilir. Kuaterniyon ve euler gösterimi arasında kolayca dönüşüm yapılabilir. Uygulamada referans eksenini bir diğer önemli konudur. Sıklıkla kullanılan dört referans sistemi aşağıda açıklanmıştır.

Ataletsel Eksen Takımı: Dönmediği ve ivmelenmediği varsayılan eksen takımıdır z eksenini dünya dönüş eksenini üzerindedir x ve y eksenleri ekvator düzleminindedir.

Dünya Eksen Takımı: Merkezi dünya eksenini ile çakışık z eksenini dünya dönüş eksenini üzerinde olan ve dünya ile birlikte dönen x eksenini ekvator çizgisi ile greenwich meridyeninin çakıştığı yerde olan eksen takımıdır.

Seyrüsefer Eksen Takımı: Merkezi seyir sistemi üzerinde olan ve eksenelini dünya merkezine doğru seçilen eksen takımıdır.

Gövde Eksen Takımı: Merkezi seyir sistemi ile çakışık olan eksen takımıdır örneğin uçağın gövde kısmı z eksenini ile çakışık y eksenini kanatlara doğru x eksenini ise yukarıya doğru düşünülebilir.

2.1. Sensör Hata Modellemesi

Genel olarak, sensörler belirli bir fiziksel miktarını ölçer ve etkinin kuvvetine ve yönüne bağlı bir değer üretir. Çıktı değeri genellikle ilgilenilen miktar ile aynı alanda bulunan bir değer elde etmek için işlenmesi gereken bir elektrik voltajıdır. Hata modellemede ön işleme genellikle önyargı çıkarma ve ölçeklendirme işlemleri ile yapılır. Önyargı sensörün doğrudan çıkış vermesini engelleyen eşik değeridir.

2.1.1. İvmeölçer

İdeal olarak, ivmeölçer yalnızca ivmeyi ölçer. Ancak, pratik olarak, bu kadar basit değildir. İdeal bir ivmeölçer, anlık doğrusal ivmelenmenin ve yerçekimsel ivmelenme alanının yanı sıra temsil edilebilecek bazı ilave önyargı ve gürültüyü de ölçer. İvmeölçer (1)'deki gibi modellenebilir.

$$a = \dot{v} - g + b_a + n_a \quad (1)$$

Burada, \dot{v} , g , b_a ve n_a sırasıyla bir anlık doğrusal hızlanma, yerçekimi hızlanması, ivmeölçer önyargısı ve gürültüyü temsil eder.

2.1.2. Jiroskop

Bir jiroskop açısal hızı ölçer; dikey olarak yerleştirilmiş üç jiroskop, x, y, z yönlerinde açısal hızı ölçer. Bununla birlikte, tüm ölçümler gibi, jiroskop ölçümü de gürültü ve önyargı içerir. Dolayısıyla bir jiroskop model olarak (2)'deki gibi modellenebilir.

$$w^b = w + b + n \quad (2)$$

Burada w radyan cinsinden açısal hız değeri b , jiroskop önyargısıdır ve n , ise sensör gürültüsüdür.

2.2. Bütünleyici (Complementary) Filtre

Bütünleyici filtre, oryantasyon tahmini için ivmeölçer ve jiroskop verilerini birleştirir. İvmeölçer sensörleri ani darbeler ve ivmelenme değerlerine karşı hassastır ancak önyargı değerleri düşüktür bu sebepten dolayı kısa ölçüm aralıklarında fazlaca hata yaparken uzun süreli ölçümlerde stabildir. Jiroskop sensörleri ise önyargı değerleri yüksektir jiroskop çıkışından açı değeri almak için sensör çıkışının zamana göre integrali alınır bu da uzun süreli ölçümlerde büyük kaymalara neden olur. Bütünleyici filtre birleştirme uygulaması basitçe ivmeölçer çıkışına alçak geçiren filtre jiroskop çıkışına ise yüksek geçiren filtre uygulayıp verileri toplama şeklinde tarif edilebilir.

Kuaterniyon tabanlı bir bütünleyici filtre için bir çok çalışma yapılmıştır en son çalışmalardan birinde Madgwick gradyan iniş yöntemini kullanmıştır [19] Mahony ise Explicit Complementary Filter (ECF) yöntemini kullanmıştır iki uygulamanın algoritması da Kalman filtresi tabanlı uygulamalara göre hesaplama yükü daha azdır bu sebeple uygun maliyetli bir seyir sistemi için AHRs kısmında tercih sebebi olabilir bu makalede ECF yöntemi kullanılmıştır. ECF için ilk adım atalet yönü olan \bar{v} ve açısal hız olan \bar{w}^b değerlerini ölçmektir.

ECF algoritması için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

1. Algoritma, kuaterniyona başlangıç değeri, birim kuaterniyon olan $[1, 0, 0, 0]$ atanmasıyla başlar, yani ilk anda hiç dönme yoktur. Örnekleme frekansı, oransal kazanç K_p ve integral kazanç K_i de tanımlanır.
2. Algoritmaya ivmeölçer ve jiroskop verisi seti beslenir ve ivmeölçer verisi normalleştirilir.
3. Mevcut kuaterniyon kullanılarak yerçekimi yönü \hat{v} tahmin edilir

$$\hat{v} = \begin{bmatrix} 2(\hat{q}_2\hat{q}_4 + \hat{q}_1\hat{q}_3) \\ 2(\hat{q}_3\hat{q}_4 + \hat{q}_1\hat{q}_2) \\ \hat{q}_1^2 - \hat{q}_2^2 - \hat{q}_3^2 + \hat{q}_4^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

4. Normalize edilmiş ivmeölçer verisi ve tahmini yerçekimi yönü çarpılarak hata e ile hesaplanır

$$e = \bar{v} x \hat{v} \quad (4)$$

5. Sonraki döngüde PI kontrolcü kullanılarak jiroskop verilerindeki önyargı hatasını azaltmak amaçlanır.

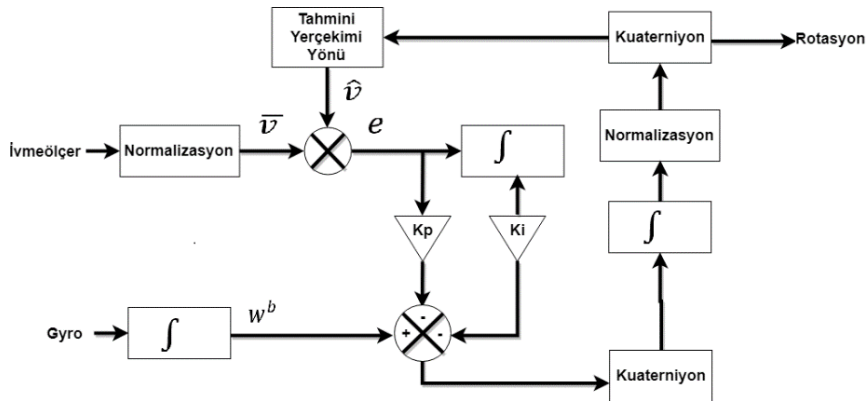
$$\bar{w}^b = w^b + K_p e + K_i \int e \quad (5)$$

6. (6) daki işlem ile kuaterniyon değişim hızı hesaplanır burada \hat{q} t-1 zamanında tahmini normalize kuaterniyondur, ve $p(\bar{w}^b) = (0, \bar{w}^b) = (0 w_x^{-b} w_y^{-b} w_z^{-b})$ dir.

$$\dot{\hat{q}} = \frac{1}{2} \hat{q} \otimes p(\bar{w}^b) \quad (6)$$

7. Son adımda kuaterniyonun son yinelemedeki türevi hesaplanır, değişim hızı bütünleştirilir ve tahmin edilen kuaterniyon, yani rotasyon bulunur ve bu yinelemenin kuaterniyonu normalize edilir. Ardından 2. işlem adımına dönerek işlemler tekrarlanır.

Burada \bar{w}^b gövde eksen takımında jiroskop çıkışından alınan açışal hız değeridir. K_p ve K_i ayarlanabilir türev ve integral kazançları, \bar{v} ivmeölçer verilerine göre ölçülen atalet yönü, \hat{v} tahmini atalet yönü e ikisi arasındaki hata değeri \hat{q} , kuaterniyon ile ifade edilen tahmini yönelimdir ve \otimes , bir kuaterniyon çarpım operatörüdür. Kuaterniyon işlemleri ile ilgili detaylı bilgi [21] kaynağından alınabilir. Şekil 1'de ECF blok diyagramı gösterilmiştir.



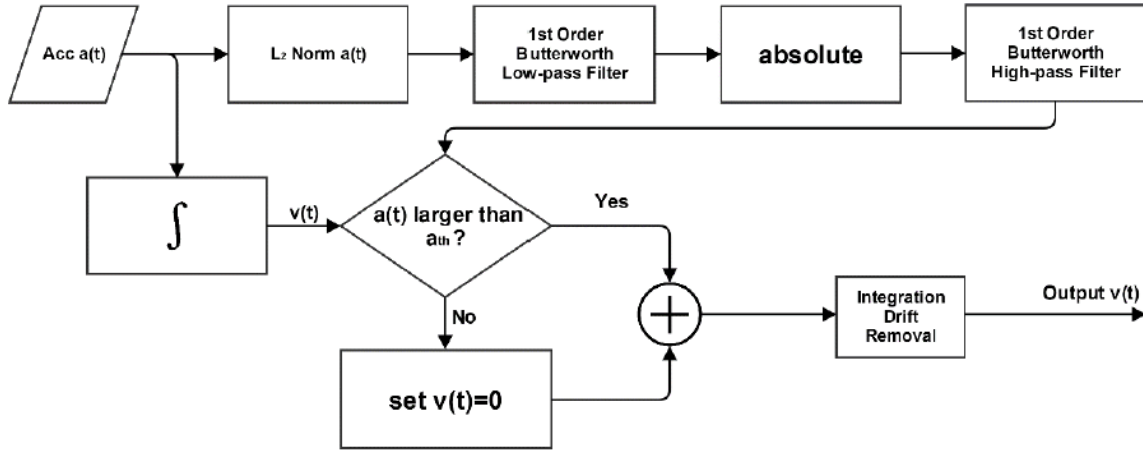
Şekil 1. ECF Blok Diyagramı

2.3. İç Ortam Seyrüsefer Uygulaması

Navigasyon uygulamalarında, Pedestrian Dead Reckoning (PDR), önceden belirlenmiş veya sabit bir pozisyon kullanarak yayaların yörüngesini ve pozisyonunu tahmin etme ve zaman içinde bilinen veya tahmin edilen hızlara veya ivmelere dayanarak bu pozisyonu ilerletme sürecidir. Önceki bölümde, ECF kullanarak bir rotasyon tahmini elde etmenin mümkün olduğunu gösterilmiştir. Bu makalenin ilgili hedefi, konum tahminini elde etmektir.

2.3.1. Sıfır Hız Algılama (SHA)

Sıfır hız algılama, PDR sisteminin hayati bir parçadır. Atalet sensörleri sürüklenmeye maruz kaldıklarından, uzun süreli konum bilgisi tespit etmede büyük hatalar meydana getirmektedirler bu sebeple yürüyüşün doğasından kaynaklanan durma, yere basma ve ayak kaldırma gibi anları tespit ederek yalnızca ataletsel sensör çıkışları bağlı olan ayak hareket halindeyken entegrasyona uğramalıdır, durağanlık periyotları tespit edilmezse, ivmelenme hataları sert sürüklenmeye yol açar bu durum da hıza ve konuma entegre edilmiş olur ve konum hataları meydana gelir. Sıfır hız, hızı sıfırlamak için gereken bilgileri sağlar. Tipik bir sıfır hız algılama algoritmasının işlem adımları şekil 2'deki gibidir.

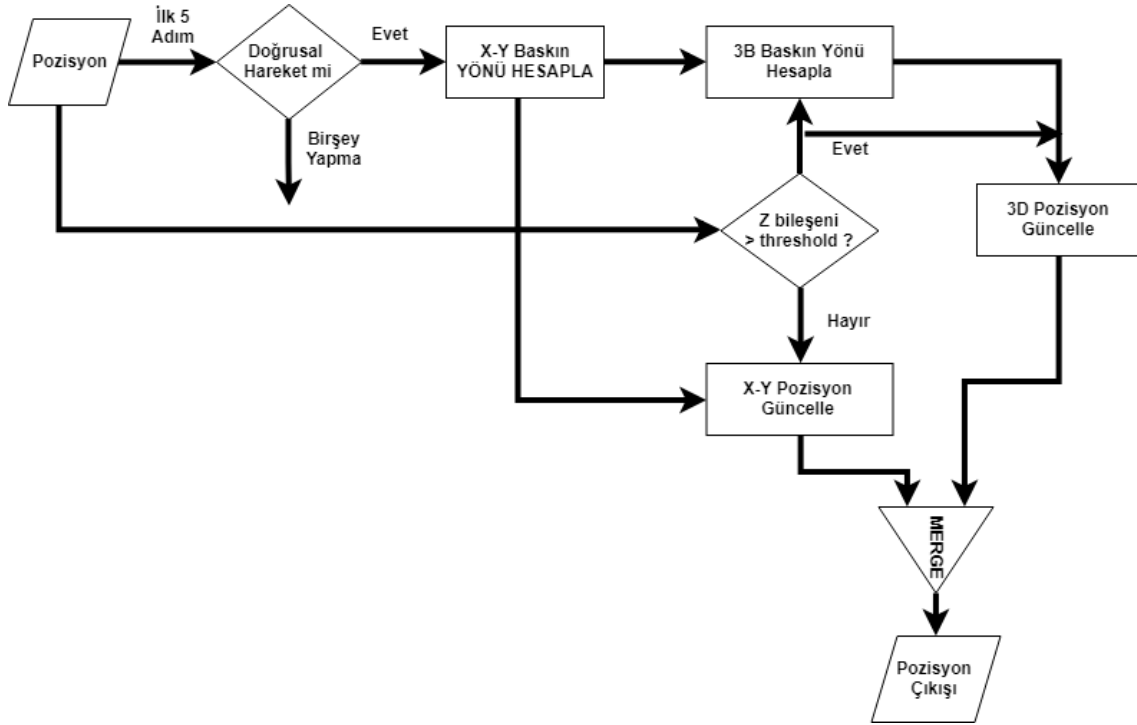


Şekil 2. Sıfır Hız Algılama Blok Diyagramı

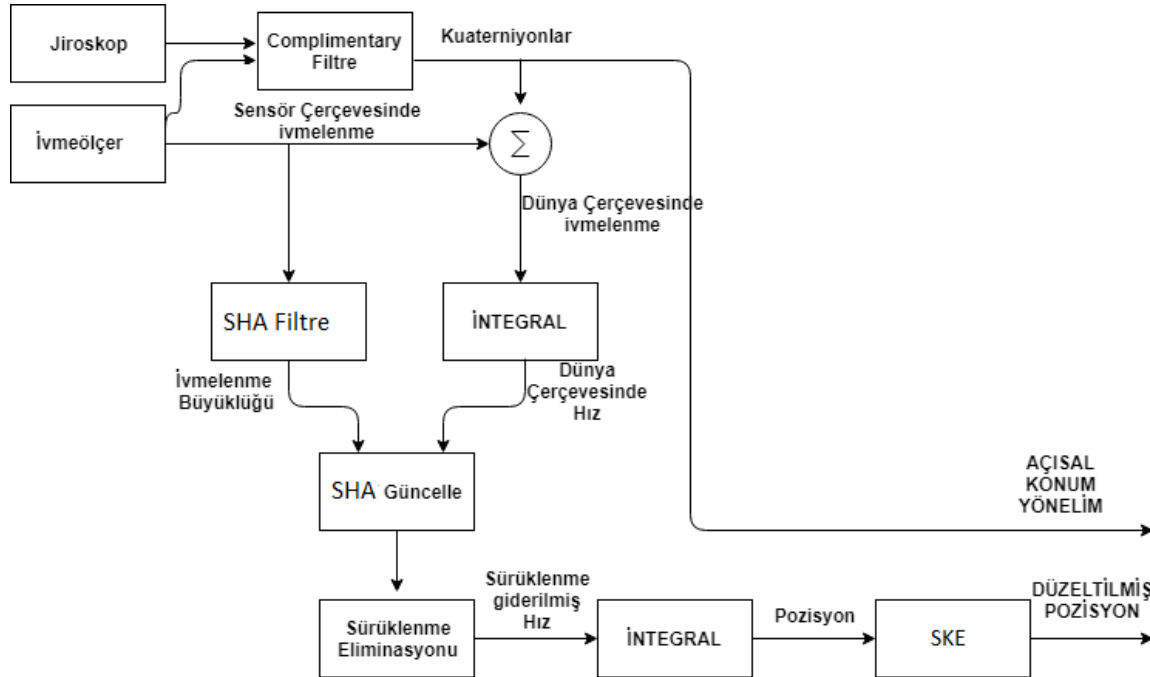
Sıfır Hız Algılama algoritması tek başına doğrusal bir rotada başarılı işler çıkarabilir ancak şekil 7'de görüldüğü üzere merdiven gibi görece daha karmaşık bir rotadan sonra Y ekseninde gözle görülür bir sürüklenmeye maruz kalmıştır. İşte bu noktada tezin çalışma konusu olan sezgisel kayma eliminasyonu algoritması devreye girecektir.

2.3.2. Sezgisel Kayma Eliminasyonu (SKE)

Sürüklenmenin ortadan kaldırılmasının başlangıcında, SKE verinin ilk beş adımını sayar ve beş adımın düz bir çizgi halinde olup olmadığına karar verir. Düşük maliyetli bir MEMS IMU kullandığımız için jiroskop gerçekten hızlı sürüklenmektedir. Bu yüzden daha fazla adım saymak jiroskop hatalarını yanında getirecektir. Yayanın düz yürümeye karar vermek için, önce adım vektörlerini konum verilerinden hesaplarız. Sonra ilk beş adım sayılır ve bitişik iki adım arasındaki açı hesaplanır. Tüm açıların mutlaklığı bir eşikten azsa, yaya düz yürüyor demektir değilse, yaya düz bir çizgide yürümüyordur. Yaya düz yürümüyorsa, SKE hiçbir şey yapmaz. Yaya düz bir çizgide yürüyorsa, SKE baskın yön hesaplaması olan bir sonraki adıma geçer. Baskın yön hesaplaması iki adımdan oluşur: ilk adım, hakim yönlerin X-Y düzlemindeki çıkıntılarını hesaplamaktır. İkinci adım, 3B alanda baskın yönler oluşturmaktır. Baskın yön projeksiyonu yukarıda belirtilen beş adımdan hesaplanır. Beş kademeli vektörler 6 konumdan hesaplanır.



Şekil 3. SKE Blok Diyagramı

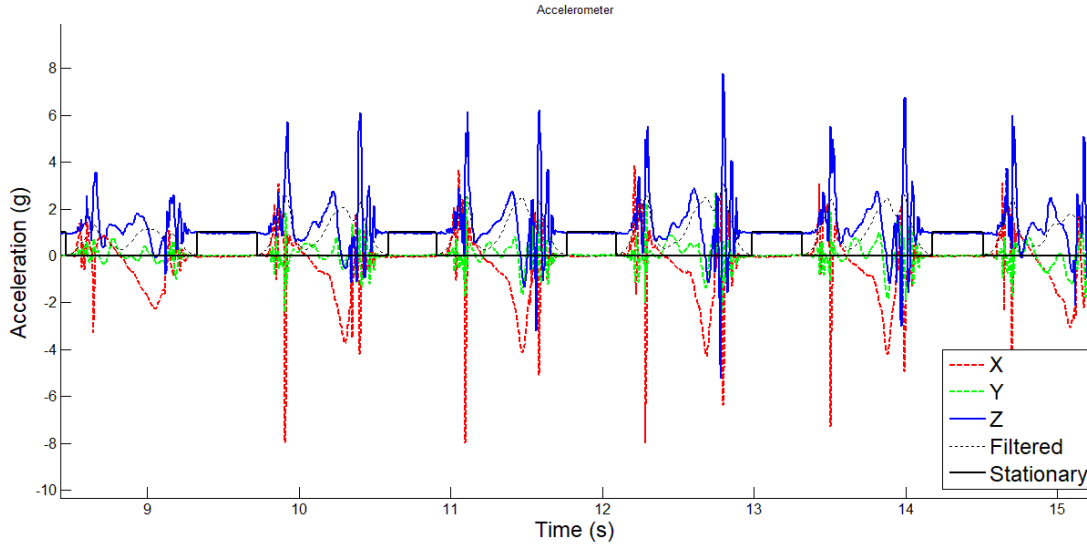


Şekil 4. SHA ve SKE Kullanılmış Pozisyon Takip Blok Diyagramı

3. BULGULAR

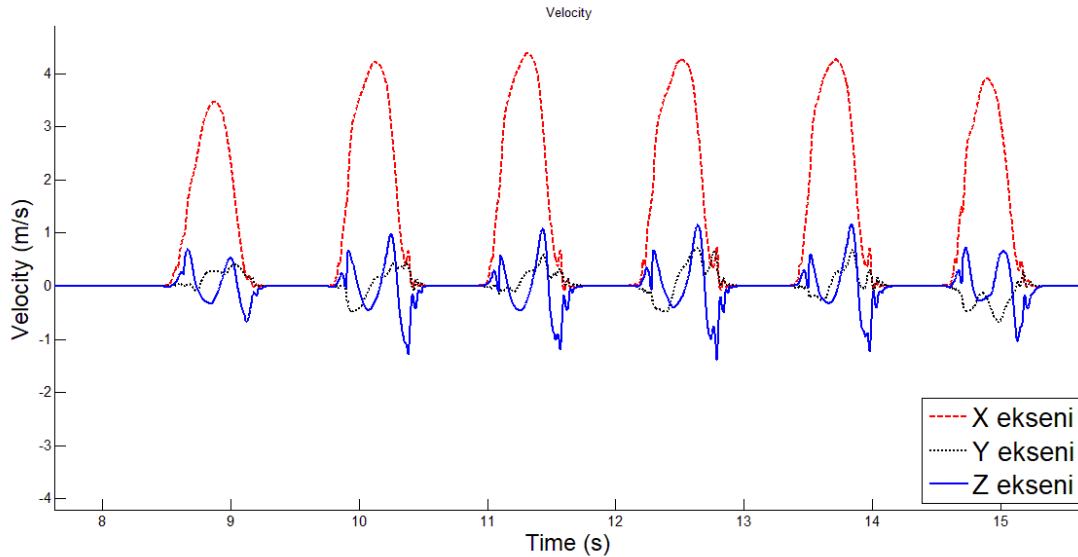
Uygulamada AHRS sensör birimi yürüyen kişinin ayağına sabitlenmiş ve bir koridorda yürürken sensörlerin ham verileri kaydedilmiştir. Hesaplama adımları MATLAB programı ile gerçekleştirilmiştir. Yürüyen kişi bir koridor ile merdivene ulaşmış üst kata çıktıktan sonra alt kattaki koridora paralel bir şekilde 26 metre daha yürümüştür. Şekil 5'deki grafikte AHRS biriminin ivmeölçer verileri alçak geçiren filtreden geçirilmiştir ve X,Y,Z eksenlerine ait ivme değerleri kaydedilmiştir. Z ve X eksenlerinde adım atma sırasında meydana gelen ani ivmelenme dönemleri ve yürürken ayağın yerde kaldığı süre boyunca gözlemlenen ivmesiz dönemler görülmektedir. Sıfır hız algılama algoritmasının görevi ivme değerlerinden bu dönemleri ayırt etmektir böylece durağan dönemlerde hız sıfıra eşitlenecek ve hareketli dönemlerde ise ivme değerleri iki kez integrasyon işlemine tabi tutularak konum

bilgisi sağlanacaktır kısa aralıklarla konum bilgisi elde etmenin avantajı integrasyon işleminin sensör hatalarını minimum seviyede işleme dahil etmesidir.



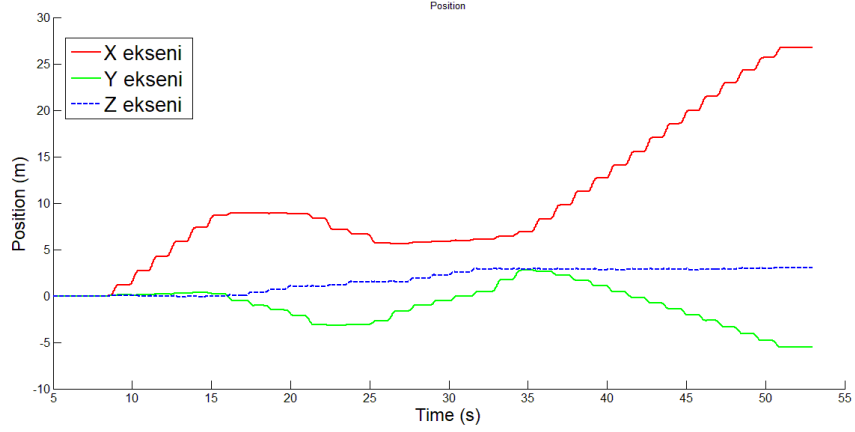
Şekil 5. Filtrelenmiş ivme büyüklüğü ve durağan dönemler.

Sıfır hız algılama ile hız tahmini şekil 6'da gösterilmektedir. Grafik alçak geçiren filtreden geçirilmiş ivmeölçer verilerinin integrasyonundan hız sürüklenmesinin çıkarılması ile oluşturulmuştur. Grafiğin [13]'de kullanılan sıfır hız algılama algoritmasına göre durağan dönemleri daha iyi ayırt ettiğini görebiliriz. 3 ekseninde hız, sensörün bağlı bulunduğu ayak yere sabitken sıfıra eşitlenir, ivmelenme eşik değeri aşınca ayağın adım attığı algılanır ve ivme değerleri ayırık zamanda integral alıcısı ile toplanarak 3 ekseninde hız değerleri elde edilir. Hız değerlerinin X ekseninde daha fazla görülmesinin nedeni hareket doğrultusunun X ekseninde olmasıdır. Z eksenindeki hız değeri adım atarken ayağın yerden kalkma anı ve ayağın yere basma anı arasında oluşan hız değeridir Y eksenindeki hız değeri adım sırasında ayağın yalpalaması ve yana kayması gibi etkilerden oluşan hızlanma değeridir.

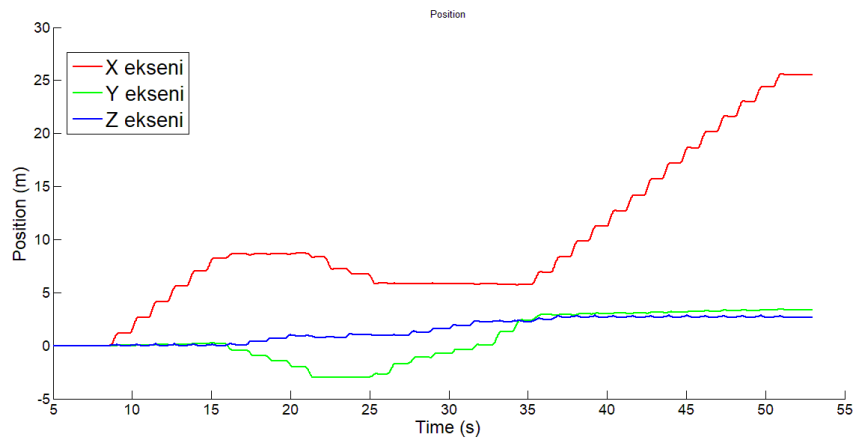


Şekil 6. SHA ile hız tahmini

Şekil 7, X ekseninde doğrultusunda 26 metrelik mesafenin sıfır hız algılama algoritması kullanılarak elde edilen pozisyon tahminini göstermektedir. Sensör integrasyonu sırasında oluşan sürüklenmenin etkilerini Y ekseninde boyunca görebiliriz bu ekseninde meydana gelen sürüklenme X eksenindeki hareketin Y eksenine olan etkisi ile açıklanabilir. Merdivenden çıktıktan sonra Y ekseninde sürüklenme yaklaşık 8 metredir. İdealde Y ekseninde 3 metre civarında hareket olmuştur. X ekseninde boyunca sapma yaklaşık 1.5 metredir bu hareket doğrultusudur ve sapma %5.7 civarındadır. Ayrıca eğrilerdeki dalgalanmaları görebiliriz ki bunların her biri yaya tarafından atılan adımı temsil eder. Z ekseninde 3 metre yükselmiştir bu da kat yüksekliği ile uyumaktadır.

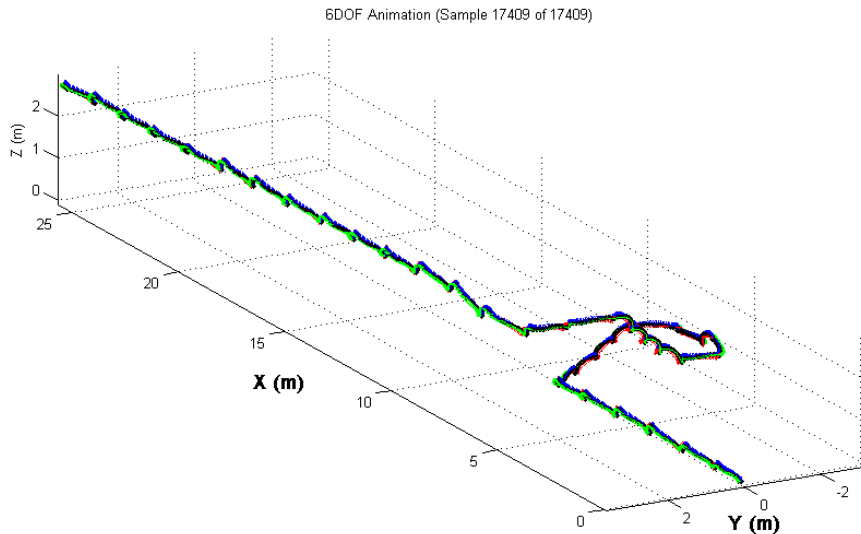


Şekil 7. SHA ile pozisyon tahmini



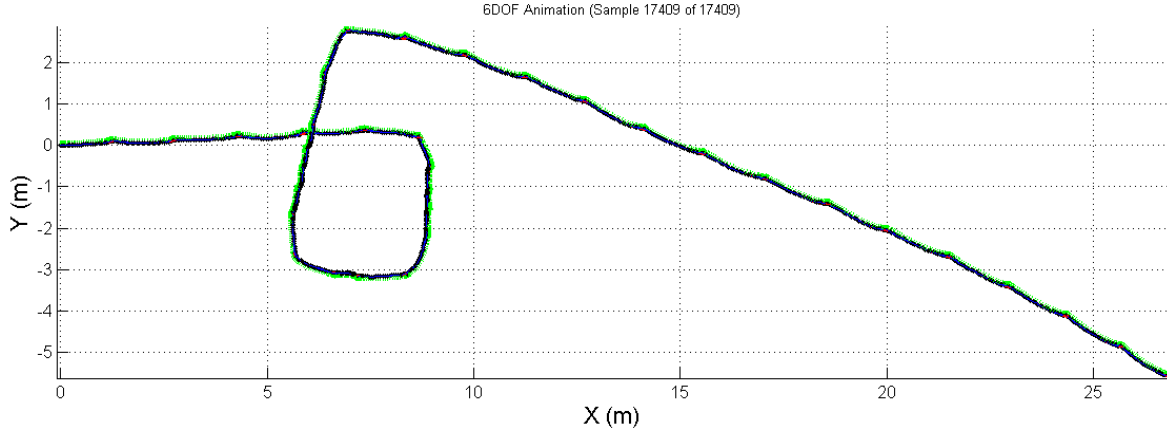
Şekil 8. SHA+ SKE ile pozisyon tahmini

Sezgisel kayma eliminasyonu algoritması devreye girdiğinde ise ilk olarak şekil 8'de pozisyon grafiğini inceleyecek olursak Y eksenindeki sürüklenmenin şekil 7'ye göre ortadan kalktığını görüyoruz. Algoritma baskın yönü doğru hesaplamış ve Y eksenindeki kaymayı gidermiştir. Uyguladığımız yöntem [13]'de uygulanan merdiven çıkma testine benzerlik göstermekte söz konusu makalede uygulanan yöntemde pozisyon hatası %1.61 olarak verilmektedir. Pozisyon hataları kullandığımız algoritma ile düzeltildiğinde X ekseninde 25.7 metre ilerlendiği ölçülmüş böylece X eksenindeki kayma 0.3 metre civarına inmiştir bu da X ekseninde %1.15 hataya inildiğini göstermektedir.



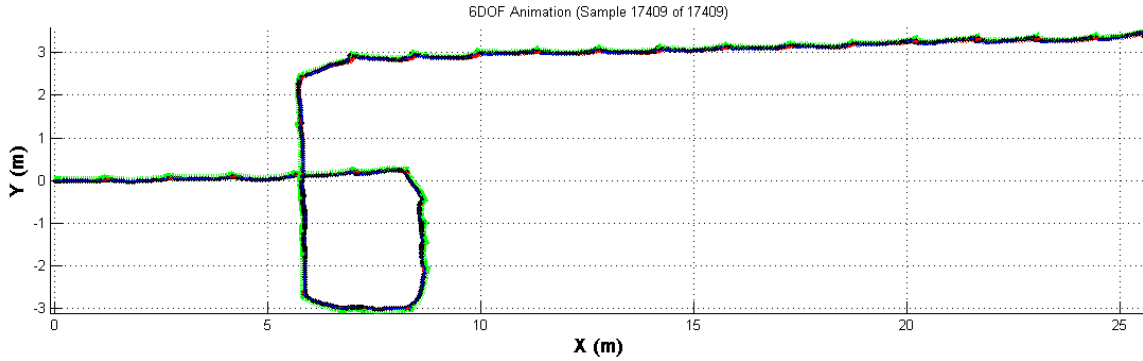
Şekil 9. SKE+SHA Kullanılmış Pozisyon Tahmininin 3B gösterimi

Şekil 9'daki grafik MATLAB ortamında çizilmiş olup önerilen algoritmanın kullanımından sonra toplanan verilerle oluşturulmuş 3 boyutlu bir gösterimdir. Yayanın bina içinde aldığı yol kullanılan merdiven ve koridor açık şekilde belli olmaktadır. Kullandığımız algoritmanın nasıl bir düzeltme yaptığını daha iyi anlamak için şekil 10 ve şekil 11 incelendiğinde Y ekseninin baskın yönde düzeltildiği görülmektedir. [13] ve [24]'de kullanılan test güzergahı bizim verileri elde ettiğimiz güzergaha göre daha düzlemseldir. Bu bakımdan sensörlerimizin sürüklenmeye uğraması daha muhtemel olmasına rağmen iyi bir performans sergilemiştir. [23]'de yapılan testlerde daha uzun yolda ancak düz zeminde yürüme testi yapılmıştır bu sebeple sistemimizle tam performans karşılaştırması yapılamamıştır. [20]'de yapılan navigasyon sisteminde 2,065 metre boyunca test edilmiş ve %0.26 hata ile test tamamlanmıştır bu sebeple performans bakımından bizim sistemimizden ileridedir.



Şekil 10. Sadece SHA Kullanılmış Pozisyon Tahmininin X-Y Düzleminde Gösterimi

Şekil 11'de dikkat edilirse kullandığımız algoritma merdivenlerden dönerken baskın yönü şaşırması ve keskin dönüşlerde bile bozulmaya uğramamıştır şekil 10'daki özellikle merdivenleri döndükten sonra oluşan Y eksenini sürüklemesi baskın yönü bulmaya yarayan bir algoritmanın eksikliğinden dolayıdır. Bu bakımdan [25]'de keskin dönüşlerden sonra oluşan yönelim hatasına karşı avantajlı olmaktadır.



Şekil 11. SKE+SHA Kullanılmış Pozisyon Tahmininin X-Y Düzleminde Gösterimi

4. SONUÇLAR

Mevcut sıfır algılama yöntemleri [22,25] normal yürüyüş döngüleri için genellikle iyi çalışır, ancak iç ortam koşullarında merdiven, basamak kıvrılan koridorlar gibi sensörleri etkileyecek etmenler olduğunda pozisyon tahmini iyi değildir. Bu sebeple sıfır hız algılama algoritmasına ek olarak ilave kalman tabanlı [23,24], veya sezgisel [20] düzeltici filtreler kullanılmaktadır.

Önerdiğimiz algoritma yapılan deneylerde [13] ve [25]'e göre daha iyi çalışsa da [20]'deki sistemin gerisinde kalmaktadır ve algoritmanın bazı sınırlamaları vardır. İlk olarak, algoritmanın baskın yönleri hesaplayabilmesi için yaya baskın yön boyunca düz bir koridordan başlamalıdır. İkincisi, algoritmanın karmaşık bir binada veya zikzaklı karmaşık yürüyüş yollarında başarısız olması muhtemeldir. Sezgisel kayma eliminasyonu, baskın yönü uzun süre bulamazsa, bu süre boyunca sürüklenmeye doğru yörüngeden tamamen sapabilir.

Bu çalışma ile birlikte yürümenin doğasından kaynaklanan etkiler kullanılarak bir iç ortam navigasyon sisteminde IMU sensörlerinden kaynaklanan kaymanın eliminasyon yöntemi üzerinde çalışılmıştır. Performansı düşüren ölçüm yöntemi, sensör kalitesi, algoritma performansı gibi konular ileri bir çalışmada araştırılacaktır.

Kaynakça

- [1] V.Pasku, A.D.Angelis, A.Moschitta, P.Carbone, J.O. Nilsson, “A magnetic ranging aided dead-reckoning indoor positioning system for pedestrian applications” In Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Taipei, Taiwan, 2016.
- [2] V.Pasku, A.D.Angelis, A.Moschitta, P.Carbone, J.O. Nilsson, “A Reliable Fusion Positioning Strategy for Land Vehicles in GPS-Denied Environments Based on Low-Cost Sensors” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.64, p. 3205–3215, 2017
- [3] X. Wang, X. Wang, D. Feng, J. Fu, Z. Kang. “Research on matching and localization of characteristic unanimous infrared dim and small targets”. J. Electron. Meas. Instrum. vol. 30, p. 1405-1410, 2016
- [4] Y. Sinelnikov, A. Sutin, H. Salloum, N. Sedunov, A. Sedunov. “Mice ultrasonic detection and localization in laboratory environment”. The Journal of the Acoustical Society of America. 138, 1791, 2015
- [5] R. Faragher, R. Harle. “Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons”. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.33 , p. 2418 – 2428, 2015
- [6] X. Chen, S. Zou. “Improved Wi-Fi indoor positioning based on particle swarm optimization”. IEEE Sensors Journal, vol.17 , p. 7143 - 7148, 2017
- [7] Y. Alvarez, F. Las Heras. “ZigBee-based Sensor Network for Indoor Location and Tracking Applications”. IEEE Latin America Transactions, vol.14 , p. 3208 - 3214, 2016
- [8] P. Yang, W. Wu. “Efficient particle filter localization algorithm in dense passive RFID tag environment”. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.61 , p. 5641 - 5651, 2014
- [9] A. Muqaibel, A. Alahmari, M. Kousa, A. Mesbah, A. Landlosi. “NOLS mitigation for UWB positioning”. International Journal of Remote Sensing, vol.35 , p. 7959-7977, 2014
- [10] P. Liu, P. Yang, C. Wang, K Huang, T. Tieniu, “A semi-supervised method for surveillance-based visual location recognition”. IEEE Transactions on Cybernetics, vol.47 , p. 3719 - 3732, 2017
- [11] N. Lasla, MF. Younis, A. Ouadjaout, B. Nadjib, “ An effective area-based localization algorithm for wireless networks”. IEEE Transactions on Computers, vol.64 , p. 2103 - 2118, 2015
- [12] G. Wang, AMC. So, Y. Li, “ Robust convex approximation methods for TDOA-based localization under NLOS conditions”. IEEE Transactions on Signal Processing, vol.64 , p. 3281 - 3296, 2016
- [13] M. Ren, K. Pan, Y. Liu, H. Guo, X. Zhang, P. Wang, “ A novel pedestrian navigation algorithm for a foot-mounted inertial-sensor-based system”. Sensors, vol.16, 139, 2016
- [14] L. Ma, W. Chen, B. Li, Z. You, Z. Chen, “ Fast field calibration of MIMU based on the powell algorithm”. Sensors, vol.14 , p. 16062-16081, 2014
- [15] M. Leccadito, “A Kalman Filter Based Attitude Heading Reference System Using a Low Cost Inertial Measurement,” Virginia Commonwealth University, Virginia, 2013.
- [16] Y.C. Lai, S.S Jan , “Development of a Low-Cost Attitude and Heading Reference System Using a Three-Axis Rotating Platform,” *Sensors*, vol.10, p.2472-2491, 2010.
- [17] R. Mahony, T. Hamel, J.-M. Pflimlin., “Complementary filter design on the special orthogonal group SO(3)” Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, Seville, Spain ,2005
- [18] J. A. Farrel, AIDED NAVIGATION GPS with High Rate Sensors, Mc Graw-Hill Book Co, 2008. New York.
- [19] S.O. H. Madgwick , A.J. L. Harrison, R.Vaidyanathan, “Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm” 2011 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, Zurich, Switzerland, 2011
- [20] J. Borenstein, L. Ojed , “Heuristic Drift Elimination for Personnel Tracking Systems” THE JOURNAL OF NAVIGATION, vol.63, p.591–606; 2010.
- [21] EuclideanSpace, “Math-Quaternions,” 2019. [Online]. Available: <http://www.euclideanspace.com/math/>

- algebra/realNormedAlgebra/quaternions/ [Accessed: 28-Apr-2019].
- [22] S.K. Park, Y.S Suh , “A Zero Velocity Detection Algorithm Using Inertial Sensors for Pedestrian Navigation Systems” *Sensors*, vol.10, p.9163-9178, 2010.
- [23] E. Foxlin, (2005). "Pedestrian Tracking with Shoe-Mounted Inertial Sensors". *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.25, p. 38-46, 2005
- [24] Q. Fan, H Zhang, Y Sun, Y Zhu, X Zhuang, J Jia, “An Optimal Enhanced Kalman Filter for a ZUPT-Aided Pedestrian Positioning Coupling Model”. *Sensors*, vol.18(5), 2018
- [25] Y Wang, X Li, J Zou, “A Foot-Mounted Inertial Measurement Unit (IMU) Positioning Algorithm Based on Magnetic Constraint”. *Sensors*, vol.18(3), 2018



Stability Analysis of Principal Parametric Resonance of Viscoelastic Pipes by Using Multiple Time Scales

Ruşen SINIR*¹, Berra Gültekin SINIR²

¹Bayburt University, Construction Technologies, Bayburt, Turkey
²Manisa Celal Bayar University, Department of Civil Engineering, Manisa, Turkey

Keywords:

Viscoelastic,
Multiple time scale,
Stability,
Pipe

Abstract

This study investigates the transverse vibrations taking place tensioned viscoelastic pipes conveying fluid with time-dependent velocity taking into account simple supports condition. The governing equation is derived from Newton's second law, Boltzmann's superposition principle, and the stress-strain relation given for Maxwell viscoelastic model. The time-dependent velocity is assumed to vary harmonically about mean velocity. This system experiences a Coriolis acceleration component which renders such systems gyroscopic. The equation of motion is solved using the multiple time scale method. Principal parametric resonance is investigated. Stability boundaries are determined analytically. It is demonstrated that instabilities occur when the frequency of velocity fluctuations is close to two times the natural frequency of the system with constant velocity or when the frequency is close to the sum of any two natural frequencies.

1. INTRODUCTION

The dynamics of axially moving continua has been extensively studied due to its technological importance. There are many engineering designs which involve axially moving continua structures such as high speed magnetic tapes, band-saws, textile and composite fibers, pipes and beams conveying fluid, etc. Over a certain critical moving speed causes structural failures on such axially moving structures because of severe vibrations and dynamical instabilities. To explore stable working conditions for such structural systems, the dynamic responses and stability of such systems have been studied extensively. In literature, string behavior [1], beam behavior [1,2] and transition behavior from string to beam [1] have been used to model axially moving structures with respect to elastic behavior. However, with the advancement of material technologies, new widely used engineering materials such as plastics, metallic or ceramic reinforced composite materials and polymeric materials exhibit viscoelastic behavior. Reduced noise and vibrations can be achieved with the viscoelastic behavior of the materials in the accessory systems. The viscoelastic theory of materials allows to model the creeping and damping characteristics of the materials. The differential operator and the hereditary integrals methods are utilized to describe the stress-strain relations of viscoelastic materials because they do not obey Hook's law.

When a viscoelastic model is expressed in a differential operator method, the equation of motion describing the viscoelastic behavior of system as a beam/pipe or string is modeled in a partial differential equation form. In the differential operator method, the stress-strain relationship is expressed as $P\sigma_{ij} = Qe_{ij}$, where P and Q are differential operators; σ_{ij} and e_{ij} are the stress and elongation. The equation of motion of the system under consideration is written in a form including a set of stress terms. The equation is then multiplied by the differential operator, P . In the latest equation, Qe_{ij} is written in place of $P\sigma_{ij}$ to define a specific equation of motion for the viscoelastic model desired. Fung et al. [3] first applied this methodology to axially moving string problem and developed an equation of motion for a 3-parameter viscoelastic model referred to as standard linear solid model. In a similar way, the equations of motion were obtained for a 4-parameter viscoelastic model known as Burger model [4] and Zener viscoelastic model based on three parameters [5] for axially moving beam. Zhang and Zu [6] and Hou and Zu [7] examined the dynamic analysis of axially moving string problem using the relation, $\sigma_{ij} = Q/P e_{ij}$.

However, when a viscoelastic model of hereditary integral type is adopted, the equation motion is modeled as a partial differential–integral equation form. The integral method is not useful for time dependent constitutive models due to complicated formulations that are less suitable for numerical calculations. Various methods have been presented for the vibration analysis of structures composed of viscoelastic materials. Fung et al. [8] used Galerkin method and a finite difference numerical integration procedure to obtain the transient responses. Chen et al. [9] gives a good solution by Galerkin method to axially moving viscoelastic beam modelled by integral method. Yang and Chen [10] examined parametric resonance case of linear axially moving beam modelled Boltzmann integral constitutive law by the multiple time scale method.

Several viscoelastic models are analyzed in literature [11]. Pipes composed of Kelvin-Voight material are extensively studied. However, Kruijer, et al., [12] showed experimentally that a pipe materials can obey different viscoelastic models. The dynamic of pipes conveying fluid is a popular problem for axially moving subject. Therefore, the dynamic analyses of pipes have been investigated by several researchers. An extensive review is given by Paidoussis and Li [13]. Paidoussis [14,15] are also published two well recognized books on fluid structure interactions.

It is observed that there is no investigation on dynamics of viscoelastic pipes constituted by the viscoelastic constitutive law of an integral type. This paper attempts to address the lack of research in the literature, by investigating the stability of principal parametric resonances of viscoelastic pipe constituted by Boltzmann's superposition principle. The equations of motion for viscoelastic models are obtained by Newton's second law of motion. The pipe material is modeled using Maxwell viscoelastic models. The fluid velocity is assumed to vary harmonically about a constant mean velocity. The multiple time scale method is used to determine boundary line for principal parametric resonance. The numerical results of viscoelastic pipes conveying fluid are calculated for simply supported ends condition.

2. GOVERNING EQUATION OF MOTION

A uniform viscoelastic pipe is considered with density ρ_p , cross-sectional area A_p , distance L , moment of inertial I and initial tension P_0 . The fluid velocity, $V(T)$, is the time dependent and ρ_f and A_f are the density and cross-sectional area of the fluid, respectively. The bending vibration of the pipe described by the transverse displacement $U(X,T)$ is considered. Newton's second law of motion yields [10]

$$(\rho_p A_p) \frac{\partial^2 U}{\partial T^2} + (\rho_f A_f) \left(\frac{\partial^2 U}{\partial T^2} + 2V \frac{\partial^2 U}{\partial X \partial T} + \frac{dV}{dT} \frac{\partial U}{\partial X} + V^2 \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} \right) = P_0 \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial X^2} \quad (1)$$

where T , X is the time and the axial coordinate respectively, and M is the bending moment given by

$$M(X,T) = - \int_A Z \sigma(X,Z,T) dA \quad (2)$$

where Z , X plane is the principal plane of bending, and $\sigma(X,Z,T)$ is the disturbed normal stress. The one dimensional constitutive equation of an integral type material which is given by the Boltzmann superposition principle is adopted as [8,10,16]

$$\sigma(X,Z,T) = e(X,Z,T) E(0) + \int_0^T \dot{E}(T-T') e(X,Z,T') dT' \quad (3)$$

where $E(T)$ is the relaxation modules and $e(X,Z,T)$ is the axial strain. For small deflection, the strain-displacement relation is

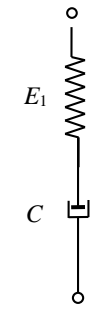
$$e(X,Z,T) = -Z \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} \quad (4)$$

For linear viscoelastic models such as Maxwell, the extensional relaxation function is given as follows;

$$E(T) = E + F e^{-\eta T} \quad (5)$$

where E , F and viscosity coefficient, η , are varying coefficients determined by Laplace transform of constitutive relation of the viscoelastic model. The relaxation modules and constitutive relation for Maxwell viscoelastic model [16] is given in Table 1. Where E_1 and E_2 are spring coefficients and C is dashpot coefficient. The viscoelastic coefficient, η , is assumed is very small then the Eq. (5) is transformed into following form [10].

Table1. Maxwell viscoelastic model, with constitutive relation and relaxation modules

Viscoelastic Model	Illustration of Viscoelastic Model	Constitutive Relation	Relaxation Module $E(T) = E + Fe^{-\varepsilon\eta T}$
Maxwell		$\sigma + \frac{C}{E_1} \dot{\sigma} = C\dot{\varepsilon}$	$E(T) = E_1 e^{-\frac{E_1}{C}T}$

$$E(T) = E + F e^{-\varepsilon\eta T} \tag{6}$$

where the bookkeeping device ε is a small dimensionless parameter. Substitution of Eqs.(4) and (6) into Eq.(3)

$$\sigma(X, Z, T) = -Z \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} (E + F) + \varepsilon\eta F \int_0^T e^{-\varepsilon\eta(T-T')} Z \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} dT', \tag{7}$$

and substitution of the above equation into Eq. (2) leads to

$$M(X, T) = (E + F)I \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} - \varepsilon\eta FI \int_0^T e^{-\varepsilon\eta(T-T')} \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} dT', \tag{8}$$

Finally, substituting Eq.(8) into Eq.(1), the equation of motion is obtained

$$\begin{aligned} (\rho_p A_p) \frac{\partial^2 U}{\partial T^2} + (\rho_f A_f) \left(\frac{\partial^2 U}{\partial T^2} + 2V \frac{\partial^2 U}{\partial X \partial T} + \frac{dV}{dT} \frac{\partial U}{\partial X} + V^2 \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} \right) \\ - P_0 \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + (E + F)I \frac{\partial^4 U}{\partial X^4} - \varepsilon\eta IF \int_0^T e^{-\varepsilon\eta(T-T')} \frac{\partial^4 U}{\partial X^4} dT' = 0 \end{aligned} \tag{9}$$

Because U and V are dependent, and X and T independent variables in Eq. (9), they can be non-dimensionalized. U and X can be non-dimensionalized by substituting

$$u = \frac{U}{L}, \quad x = \frac{X}{L} \tag{10}$$

V and T can be non-dimensionalized using;

$$t = \frac{T}{L^2} \sqrt{\frac{E_1 I}{m}}, \quad v = VL \sqrt{\frac{\rho_f A_f}{E_1 I}} \tag{11}$$

where $m = \rho_f A_f + \rho_p A_p$. The equation of motions can then be written in dimensionless form for all viscoelastic models:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2v\sqrt{\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \sqrt{\beta} \frac{dv}{dt} \frac{\partial u}{\partial x} + (v^2 - \gamma) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = \varepsilon \mu q s \quad (12)$$

where

$$\beta = \frac{\rho_f A_f}{m}, \quad s = \int_0^t e^{-\varepsilon \mu (t-t')} \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} dt' \quad (13)$$

$$\mu = \frac{E_1}{C} \sqrt{\frac{mL^4}{E_1 I}} \quad (14)$$

$q=1.0$. The time derivative of the last term of dimensionless equation motion is as follows [10]:

$$\dot{s} = -\varepsilon \mu s + \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} \quad (15)$$

The velocity of fluid is assumed to be a small simple harmonic variation, with the frequency ω and the amplitude εv_1 about the mean speed v_0

$$v(t) = v_0 + \varepsilon v_1 \sin(\omega t) \quad (16)$$

Here ε is used to show the fact that the fluctuation amplitude is small, with the same order as the dimensionless viscosity coefficient. Substitution of Eq. (16) into Eq. (12) and neglect higher orders ε terms in the resulting equation yield

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2v_0 \sqrt{\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + (v_0^2 - \gamma) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = \\ \varepsilon \left(\mu q s - 2v_1 \sqrt{\beta} \sin(\omega t) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} - v_1 \omega \sqrt{\beta} \cos(\omega t) \frac{\partial u}{\partial x} - 2v_0 v_1 \sin(\omega t) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

3. SOLUTION OF THE EQUATION

The Multiple Time Scale method is employed in search of approximate solution of the dimensionless equation of motion. The following expansion is assumed

$$u(x, t; \varepsilon) = u_0(x, T_0, T_1) + \varepsilon u_1(x, T_0, T_1) + \dots \quad (18)$$

and a zero order to s is

$$s(x, t; \varepsilon) = s_1(x, T_0, T_1; \varepsilon) \quad (19)$$

where $T_0=t$ is the fast time scale and $T_1=\varepsilon t$ is the slow time scale. Time derivatives are defined as

$$\frac{d}{dt} = D_0 + \varepsilon D_1 + \dots \quad \frac{d^2}{dt^2} = D_0^2 + 2\varepsilon D_0 D_1 + \dots \quad (20)$$

where $D_n = \frac{\partial}{\partial T_n}$. Substituting Eqs. (18)-(20) into Eq. (17) and separating terms at each order of ε , equations are obtained

$$O(1): \quad D_0^2 u_0 + 2v_0 \sqrt{\beta} D_0 u_0' + (v_0^2 - \gamma) u_0'' + u_0'''' = 0 \quad (21)$$

$$O(\varepsilon): \quad \begin{aligned} D_0^2 u_1 + 2v_0 \sqrt{\beta} D_0 u_1' + (v_0^2 - \gamma) u_1'' + u_1^{iv} &= \mu q s_1 - 2D_0 D_1 u_0 \\ -2v_0 \sqrt{\beta} D_1 u_0' - 2v_1 \sin(\omega T_0) (\sqrt{\beta} D_0 u_0' + v_0 u_0'') &- v_1 \omega \sqrt{\beta} \cos(\omega T_0) u_0' \end{aligned} \quad (22)$$

The solution at order 1 can be written as

$$u_0(x, T_0, T_1; \varepsilon) = A_n(T_1) e^{i\omega_n T_0} Y_n(x) + c.c. \quad (23)$$

where $c.c.$ stands for the complex conjugate of all preceding terms on the right hand of an equation. s_1 is given as follows [10]

$$s_1(x, T_0, T_1; \varepsilon) = A_n(T_1) e^{i\omega_n T_0} \frac{1}{i\omega_n} Y_n^{iv}(x) + c.c. \quad (24)$$

The spatial functions $Y_n(x)$ with boundary conditions satisfy the equation

$$Y_n^{iv} + v^2 Y_n'' + 2\sqrt{\beta} v i \omega_n Y_n' - \omega_n^2 Y_n = 0 \quad (25)$$

The solution is

$$Y_n(x) = c_{1n} \left(e^{i\alpha_{1n}x} + c_{2n} e^{i\alpha_{2n}x} + c_{3n} e^{i\alpha_{3n}x} + c_{4n} e^{i\alpha_{4n}x} \right) \quad (26)$$

where c_{in} are arbitrary coefficients. The α_{in} satisfy the dispersive relation

$$\alpha_{in}^4 - v^2 \alpha_{in}^2 - 2\sqrt{\beta} v \omega_n \alpha_{in} - \omega_n^2 = 0 \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad n = 1, 2, \dots \quad (27)$$

c_{in} are determined by applying boundary conditions. The boundary conditions of the pipe with simple supports in dimensionless form are

$$Y_n(0) = Y_n(1) = Y_n''(0) = Y_n''(1) = 0 \quad (28)$$

The mode shapes of that boundary conditions were calculated previously [17]

$$Y_n(x) = e^{i\alpha_{1n}x} - \frac{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{1n}^2)(e^{i\alpha_{3n}} - e^{i\alpha_{1n}})}{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{2n}^2)(e^{i\alpha_{3n}} - e^{i\alpha_{2n}})} e^{i\alpha_{2n}x} - \frac{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{1n}^2)(e^{i\alpha_{2n}} - e^{i\alpha_{1n}})}{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{3n}^2)(e^{i\alpha_{2n}} - e^{i\alpha_{3n}})} e^{i\alpha_{3n}x} \\ + \left(-1 + \frac{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{1n}^2)(e^{i\alpha_{3n}} - e^{i\alpha_{1n}})}{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{2n}^2)(e^{i\alpha_{3n}} - e^{i\alpha_{2n}})} + \frac{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{1n}^2)(e^{i\alpha_{2n}} - e^{i\alpha_{1n}})}{(\alpha_{4n}^2 - \alpha_{3n}^2)(e^{i\alpha_{2n}} - e^{i\alpha_{3n}})} \right) e^{i\alpha_{4n}x} \quad (29)$$

where α_{in} are eigenvalues of simple supported case.

4. PRINCIPLE PARAMETRIC RESONANCES

In this section, it is assumed that one dominant mode of vibration exists. Depending on the numerical values of frequency of the pipe, the case with ω close to $2\omega_n$ is investigated.

In this case, to represent the nearness of velocity variation frequency to two times one of the natural frequencies

$$\omega = 2\omega_n + \varepsilon\sigma \quad (30)$$

The solvability condition requires

$$D_1 A_n + v_1 k_0 \bar{A}_n e^{i\sigma T_1} + \mu k_1 A_n = 0 \quad (31)$$

where k_0 and k_1 are

$$k_0 = \frac{\frac{1}{2}\omega\sqrt{\beta}\int_0^1 \bar{Y}_n' \bar{Y}_n dx - \sqrt{\beta}\omega_n \int_0^1 \bar{Y}_n' \bar{Y}_n dx - i\nu_0 \int_0^1 \bar{Y}_n' \bar{Y}_n dx}{2i\omega_n \int_0^1 \bar{Y}_n Y_n dx + 2\nu_0 \sqrt{\beta} \int_0^1 \bar{Y}_n Y_n' dx} \quad (32)$$

$$k_1 = \frac{\frac{iq}{\omega_n} \int_0^1 \bar{Y}_n Y_n^{iv} dx}{2i\omega_n \int_0^1 \bar{Y}_n Y_n dx + 2\nu_0 \sqrt{\beta} \int_0^1 \bar{Y}_n Y_n' dx} \quad (33)$$

To perform a stability analysis, the following transformation is used

$$A_n = B_n e^{-i(\sigma/2)t_1} \quad (34)$$

$$D_1 B_n + \left(i \frac{\sigma}{2} + \mu k_1 \right) B_n + \nu_1 k_0 \bar{B}_n = 0 \quad (35)$$

Eq. (35) takes the same form as Eq. (19) in the paper of Öz et al. [1]. The coefficients used in the analytical expression of the stability boundaries of parametric resonance in Eq. (36) are different from the coefficients given by Öz et al. [1]. The stability boundaries are determined by

$$\sigma = 2\mu k_1^I \mp 2\nu_1 \sqrt{k_0^{R2} + k_0^{I2}} \quad (36)$$

where superscripts R and I denote the real and imaginary parts of coefficient, respectively. Inserting σ further into Eq. (30) gives two different values of ω . The two values denote the stability boundaries for small ε . Numerical solutions will be given in numerical results section. Note that for constant velocities, $\nu_1=0$ and hence the second term of right hand side in Eq. (36) is disappeared.

5. NUMERICAL RESULTS

The natural frequencies and stability boundaries given analytically in the previous sections of the viscoelastic pipe conveying fluid are investigated. The numerical results are obtained for the following parameters: the fluid-mass ratio, $\beta=0.8$; dimensionless mean fluid velocity, $\nu_0=5.0$; initial tension parameter, $\gamma=25$; and the small non-dimensional parameter, $\varepsilon=0.1$. The parameter q is 1.0 for Maxwell viscoelastic model.

The natural frequencies for the first, second and third modes are plotted depending on mean velocity. Stability analysis is done for the principal parametric resonance case. In principal parametric resonances analysis, when the velocity fluctuation frequency is close to zero, no instabilities are detected up to the first order of perturbation. When the fluctuation frequency is away from zero and twice the natural frequency, the solutions are bounded and no instabilities observed. Instable regions occur when the frequency of fluctuation is close to two times natural frequencies of the constant velocity system.

Numerical values of the natural frequencies can be computed by using Eq.(27). The principal parametric instabilities are plotted using Eq. (36). Eqs.(32) and (33) are used on calculations of k_0 and k_1 . For the computation of the coefficients k_0 and k_1 , Eq.(29) is used as the shape function, $Y_n(x)$. As can be seen from Figure 1 the natural frequencies of the system decreases when the mean velocity increases. As the frequency values vanish, the divergence instability occurs. The velocity for which the natural frequency is lost is named the critical fluid velocity. The natural frequency and critical velocity values increases at higher modes. When $\nu=0.0$, the natural frequency is 18,55 for the first mode, 50.45 for the second mode and 100.55 for the third mode. The velocity for which the frequency values vanish cannot be determined exactly due to numerical procedures. However, it can be stated that the velocity is about 5.8 for first mode, 8.2 for second mode and 11.3 for third mode.

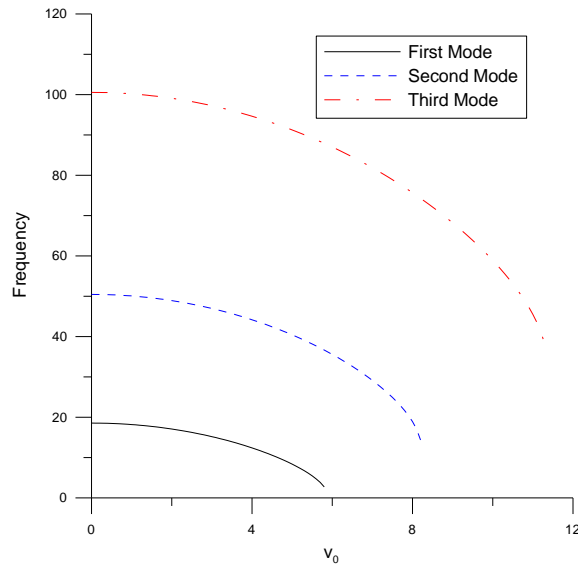


Figure 1. Natural frequencies of the pipe versus mean velocity for different modes with simply supports

In Figures 2, the stable and unstable regions are plotted for the principal parametric resonance case for different amplitude of fluctuation velocity and viscosity coefficient.

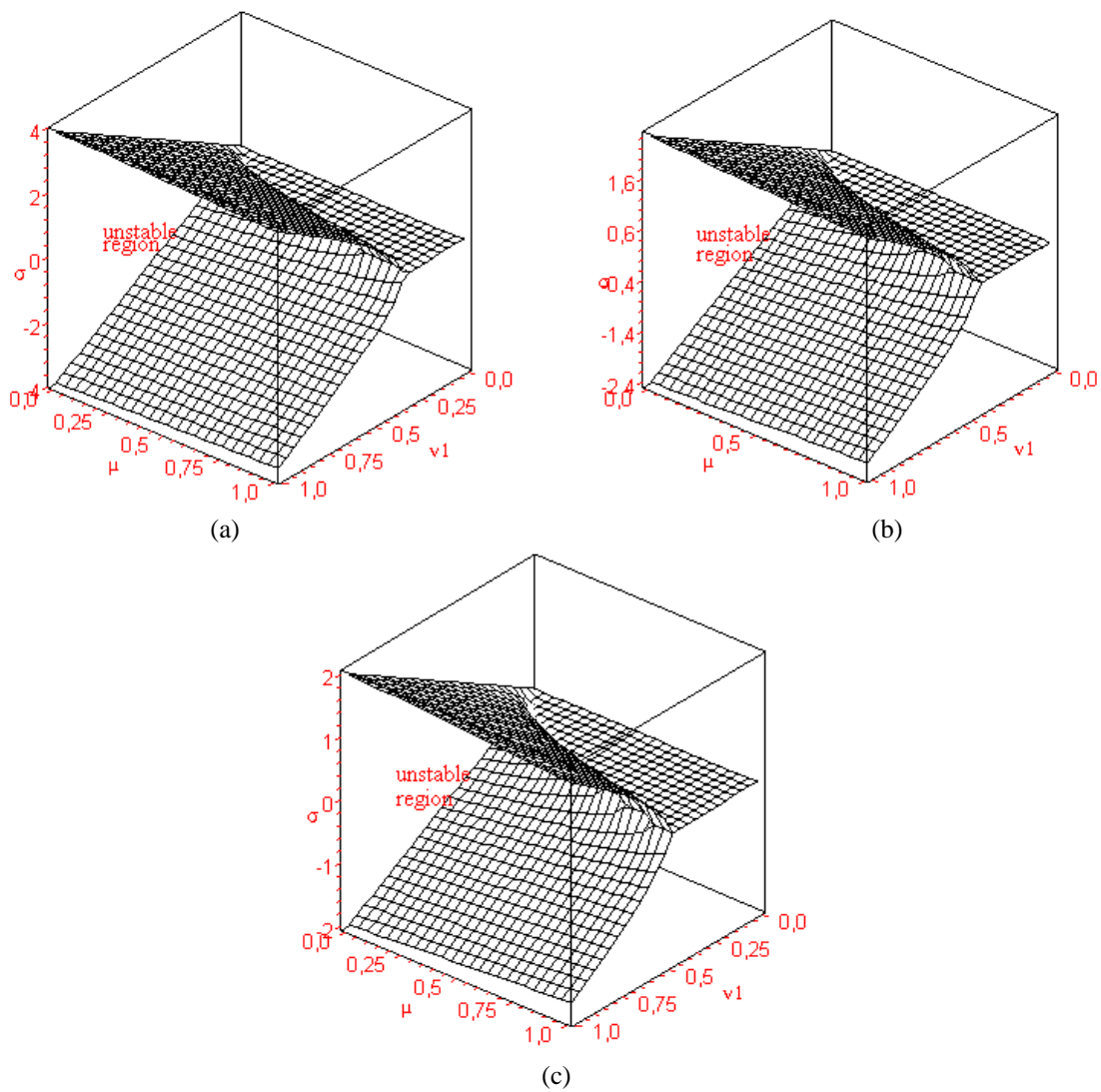


Figure 2. Principal parametric resonances with simply supported end conditions for Maxwell viscoelastic model (a) for the first mode, $2\omega_1$ (b) the second mode, $2\omega_2$ (c) the third mode $2\omega_3$

The stability boundary is nonlinearly dependent on viscosity coefficient and amplitude of fluctuation. The smallest stable area for principal parametric resonances is obtained for the first mode. When the velocity fluctuation amplitude is bigger than 0.14, the system is always unstable for the viscosity coefficient given. The viscosity coefficient, μ , is taken 0.8 in Figures 6.

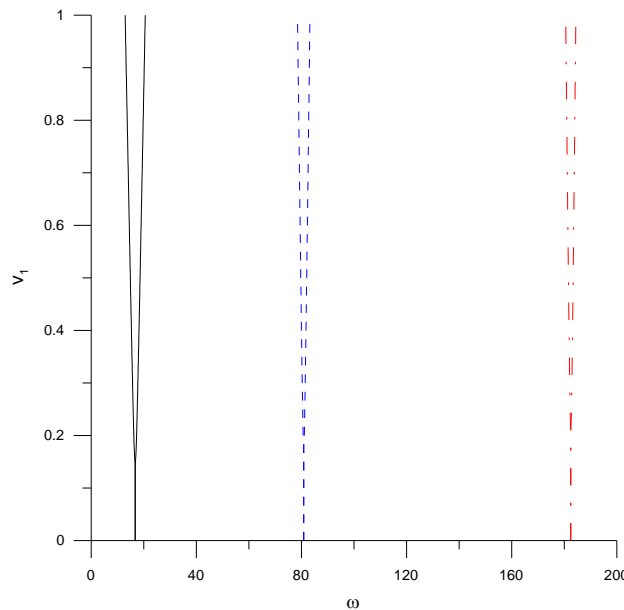


Figure 6. Stable and unstable regions for principal parametric resonances with simply supported end conditions: $\omega=2\omega_1+\varepsilon\sigma$ (—), $\omega=2\omega_2+\varepsilon\sigma$ (---), $\omega=2\omega_3+\varepsilon\sigma$ (-.-)

The principal parametric instabilities are plotted in Figure 6 for the first three natural frequencies. The instability region for the first natural frequency is the largest and begins at the minimum amplitude of velocity fluctuation $v_1=0.14$. The instability region begins at $v_1=0.18$ for the second mode and at $v_1=0.21$ for the third mode in Figure 6. The narrowest instability region of principal parametric case is obtained at the third mode.

6. CONCLUSIONS

In this paper, the transverse stability of viscoelastic pipes conveying fluid is studied. The pipe whose material is modeled by Maxwell viscoelastic model is constituted by Boltzmann's superposition principle. The fluid velocity is assumed to be harmonically changing about a mean velocity. The method of multiple time scale is applied to the governing equation. The influence of small fluctuations of fluid velocity on the stability of the pipe is investigated. The boundaries separating stable and unstable regions are derived from the solvability conditions. The pipes with simple supports are numerically investigated. Principal parametric resonances for any two modes are considered in the analyses. A detuning parameter is used to quantify the deviation between the fluctuation frequency of the fluid velocity and the sum of two natural frequency or the multiple of a natural frequency.

The instability region occurs while the fluid velocity fluctuation frequency near twice of any natural frequency. However, for the case of the frequency close to zero, no instabilities are detected up to the first order approximation. The stability boundary is nonlinearly dependent on viscosity coefficient and amplitude of fluctuation.

References

- [1] H. R. Öz, M. Pakdemirli, and E. Özkaya, "Transition Behaviour From String To Beam for an Axially Accelerating Material," *J. Sound Vib.*, vol. 215, no. 3, pp. 571–576, 1998.
- [2] J. A. Wickert and J. Mote C. D., "Classical Vibration Analysis of Axially Moving Continua," *J. Appl. Mech.*, vol. 57, no. 3, pp. 738–744, Sep. 1990.
- [3] R. F. Fung, J. S. Huang, Y. C. Chen, and C. M. Yao, "Nonlinear dynamic analysis of the viscoelastic string with a harmonically varying transport speed," *Comput. Struct.*, vol. 66, no. 6, pp. 777–784, 1998.
- [4] K. Marynowski and T. Kapitaniak, "Kelvin–Voigt versus Burgers internal damping in modeling of axially moving viscoelastic web," *Int. J. Non. Linear. Mech.*, vol. 37, pp. 1147–1161, 2002.

- [5] K. Marynowski and T. Kapitaniak, "Zener internal damping in modelling of axially moving viscoelastic beam with time-dependent tension," *Int. J. Non. Linear. Mech.*, vol. 42, pp. 118–131, 2007.
- [6] L. Zhang and J. W. Zu, "Non-linear vibrations of viscoelastic moving belts, part I and II: Forced vibration analysis," *J. Sound Vib.*, vol. 216, no. 1, pp. 75–105, 1998.
- [7] Z. Hou and J. W. Zu, "Non-linear free oscillations of moving viscoelastic belts," *Mech. Mach. Theory*, vol. 37, pp. 925–940, 2002.
- [8] R. F. Fung, J. S. Huang, and Y. C. Chen, "The transient amplitude of the viscoelastic travelling string: An integral constitutive law," *J. Sound Vib.*, vol. 201, no. 2, pp. 153–167, 1997.
- [9] L. Q. Chen, J. Wu, and J. W. Zu, "The chaotic response of the viscoelastic traveling string: an integral constitutive law," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 22, pp. 349–357, 2004.
- [10] X.-D. Yang and L.-Q. Chen, "Stability in parametric resonance of axially accelerating beams constituted by Boltzmann's superposition principle," *J. Sound Vib.*, vol. 289, pp. 54–65, 2006.
- [11] C. Jo, J. Fu, and H. E. Naguib, "Constitutive modeling for mechanical behavior of PMMA microcellular foams," *Polymer (Guildf)*, vol. 46, pp. 11896–11903, 2005.
- [12] M. P. Kruijer, L. L. Warnet, and R. Akkerman, "Modelling of the viscoelastic behaviour of steel reinforced thermoplastic pipes," *Compos. Part A*, vol. 37, pp. 356–367, 2006.
- [13] M. P. Païdoussis and G. X. Li, "Pipes Conveying Fluid: A Model Dynamical Problem," *J. Fluids Struct.*, vol. 7, no. 2, pp. 137–204, 1993.
- [14] M. P. Païdoussis, *Fluid–Structure Interactions: Slender Structures and Axial Flow, vol. 1*. London: Academic Press, 1998.
- [15] M. P. Païdoussis, *Fluid–Structure Interactions: Slender Structures and Axial Flow, vol. 2*. London: Academic Press, 2003.
- [16] R. F. Gibson, *Principles of Composite Material Mechanics*. Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1994.
- [17] H. R. Öz and M. Pakdemirli, "Vibrations of an axially moving beam with time-dependent velocity," *J. Sound Vib.*, vol. 227, no. 2, pp. 239–257, 1999.

Leptin Hormonun Bazı Fizyolojik Sistemler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Tahsin UZUN^{1*}, Bülent BAYRAKTAR²

¹Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bayburt, Türkiye

²Bayburt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bayburt, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

*Leptin,
Adipokin,
Hormon,
Fizyolojik sistem*

Özet

Leptin, organizmadaki yağ depoları ve iştahı düzenleyerek tokluk duygusu oluşturarak beslenmeyi düzenleyen önemli bir adipokin hormondur. Nöroendokrin fonksiyonlar, reproduksiyon, hemopoiezis ve angiogenez, üreme, enerji regülasyonu, metabolik süreçlerde önemli rolü bulunmaktadır. Plazmadaki leptin seviyesi, vücuttaki yağ miktarı ve enerji dengesini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Leptin, organizmada adipoz dokunun yanı sıra hipotalamus, hipofiz, iskelet kası gibi birçok organ ve dokudan sentezlenmektedir. Adipositlerden salınan Leptin, merkezi sinir sistemini etkileyerek immün, endokrin ve üreme sistemi, enerji regülasyonu başta olmak üzere birçok metabolik süreci düzenleyen bir antiobezite faktörüdür. Leptin hormonun fizyolojik süreçlerdeki mekanizmalarının aydınlatılması nedeniyle önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu derleme literatür bilgileri ışığında leptin hormonunun fizyolojisi ve bazı fizyolojik sistemler üzerine etkisi irdelenecektir.

Investigation of The Effect of Leptin Hormon on Some Physiological Systems

Keywords:

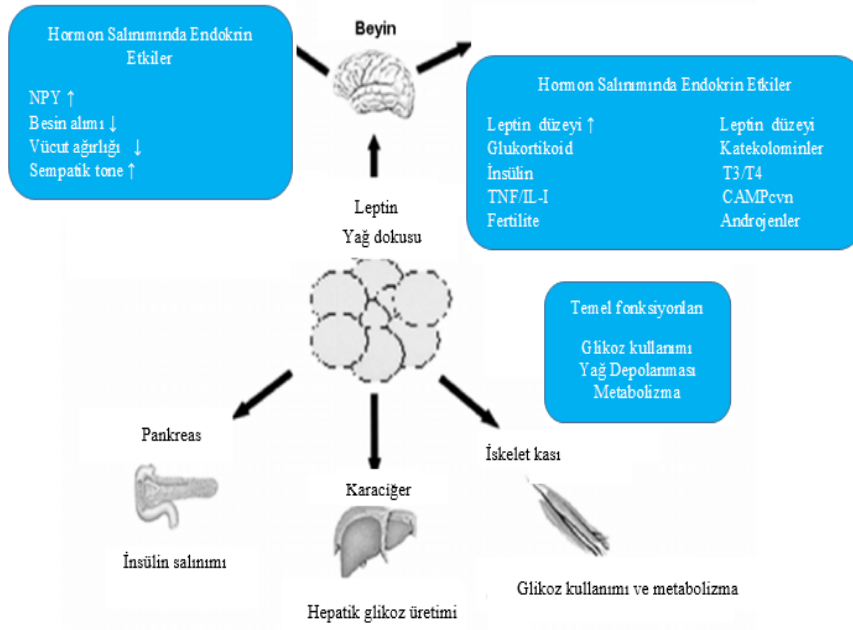
*Leptin,
Adipokine,
Hormone,
Physiological
system*

Abstract

Leptin is an important adipokine hormone that regulates nutrition, regulating fat stores in the organism and a sense of satiet that regulates appetite. Neuroendocrine functions, reproductions, hemopoiesis and angiogenesis, reproduction, energy regulation, metabolic processes have an important role. The level of leptin in plasma is one of the important factors affecting the amount of fat and energy balance in the body. Leptin is synthesized from many organs and tissues such as hypothalamus, pituitary, skeletal muscle as well as adipose tissue in the organism. Leptin, which is released from adipocytes, is an antiobesity factor that affects the central nervous system and regulates many metabolic processes such as immune, endocrine and reproductive system, energy regulation. Leptin has become an important research topic due to the elucidation of the mechanisms of the hormone in physiological processes. In the light of the literature, this review will examine the physiology of leptin hormone and its effects on some physiological systems.

1. GİRİŞ

Leptin, reproduksiyon [1], kan yapımı [2], anjiyogenez [3] ve osteogenezis [4], immünite [5], metabolik [6] süreçlerde rolü bulunan önemli bir adipokin hormondur. Vücutta yağ dokuda sentezlenen leptin, plasenta, kalp, kemik, mide fundus epiteli, hipofiz ve meme bezi tarafından salgılanmaktadır [7-13].



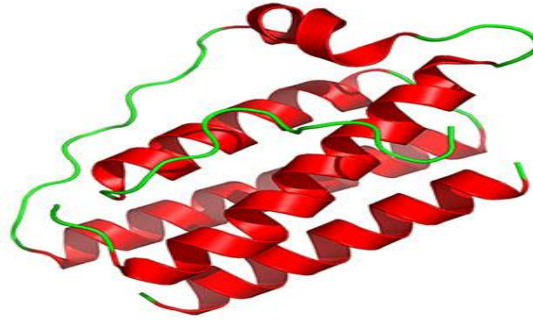
Şekil 1. Leptinin hipotalamus, iskelet kasları ve pankreas, karaciğer organları üzerindeki etkileri [14]

Leptin, adipositlerden uyarıcı bir faktör olarak salınıp hipotalamusla etkileşerek merkezi sinir sistemi üzerinden immün sistem, endokrin sistem ve üreme sistemindeki başta enerji dengesinde birçok metabolik süreci düzenleyen etkiye sahiptir. Bu derlemede, son literatür verileri ışığında leptin molekülünün yapısı, fizyolojisi, bazı fizyolojik sistemler üzerindeki etkisine yönelik bilgi içermektedir

2. FİZYOLOJİSİ

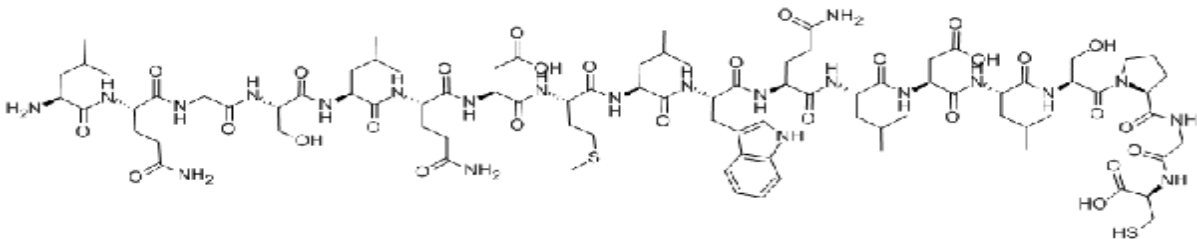
2.1. Leptin Yapısal Özelliği

Leptin, 16 kDA molekül ağırlığında tek zincirli ve 167 aminoasit içeren polipeptid yapıda bir hormondur [14], [15].



Şekil 2. Leptin tersiyer yapısının stereo görünümü [17].

Leptin ile ilgili olarak yapılan araştırmalar sonucunda 4'lü sarmal yapıya sahip olduğu ve helikal sitokin ailesi üyelerine benzerlik göstermesi nedeniyle sitokin sınıflandırılması içerisinde yer almaktadır [16].



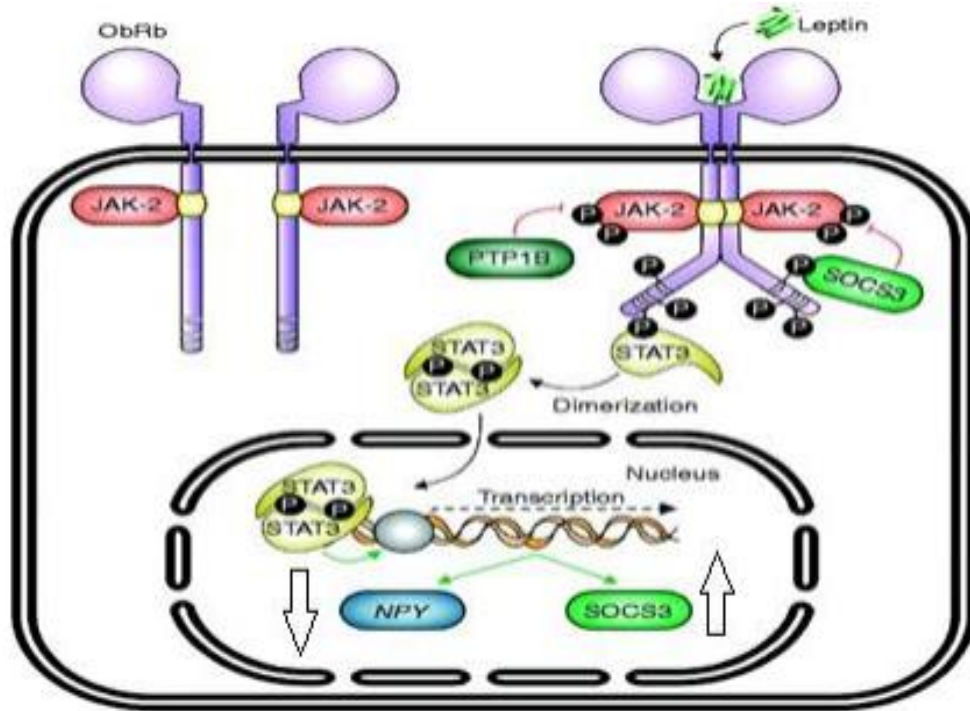
Şekil 3. Leptin kimyasal yapısı [18]

2.2. Leptin Sekresyonunun Düzenlenmesi

Leptin hormonu sekresyonu büyüme faktörleri, sitokinler, bazı hormonlar etkilemektedir. İnterlökin-1 ve TNF- α gibi akut faz reaktanları, T lenfositlerin çoğalıp gelişmesinde rolü bulunan leptin, T hücresinin immun yanıtlarını düzenlemektedir [20]. CD4+T hücrelerinde adezyon moleküllerinin ekspresyonu [21], 2007), CD71, CD11c, CD11b, HLA-DR ve CD25, monosit ve makrofajların proliferasyonu ve IL-2 ve IFN- γ üretimini artırarak IL-4 düzeyini azaltmasıyla Th1/Th2 dengesinde rolü bulunmaktadır [21]. Leptin üretimi östrojenleri artırırken androjenleri inhibe etmektedir [22].

2.3. Etki mekanizması Ve Fonksiyonları

Leptin etki mekanizmasının gerçekleştirilmesi hipotalamustaki reseptörlerine bağlanma sonucunda gerçekleşmektedir. Kendine özgü reseptörlere bağlanmasıyla birlikte JAK-STAT (Janus kinase/signal transducers and transcription) yolu başlatılmakta ve nöropeptid Y (NPY) regüle edilmektedir [23].



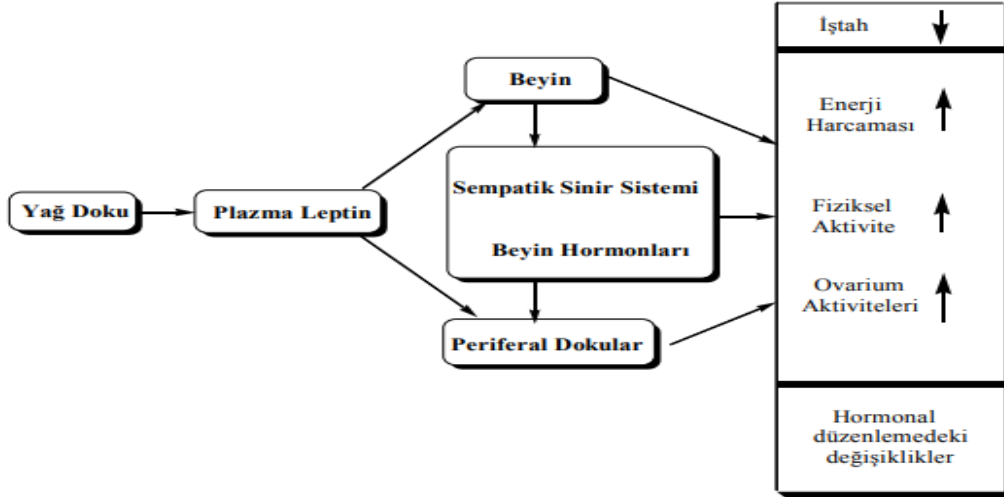
Şekil 4. Leptin ile aktifleşen JAK/STAT yolu [25]

Leptin, hipotalamus üzerindeki negatif “feedback” etkisi sayesinde gıda alımı ve enerji metabolizmasının düzenlenmesi, obezite gelişmesini engellemesini sağlamaktadır [25]. İnsülin, glukokortikoidler ve prolaktin hormonları leptin üretimini uyarırken tiroid, büyüme hormonu, somatostatın, serbest yağ asitleri, uzun süre soğuğa maruziyet, katekolaminler inhibitör etki göstermektedirler [26]. Diurnal bir ritme sahip olan leptin hormonun dolaşımdaki yarı ömrü ortalama olarak 30 dakikadır. Pulsatif olarak yemekten 2-3 saat sonra salgılanmaktadır. Sabah erken saatlerde pik düzeyde iken öğleden sonra en düşük düzeylere inmektedir [25].

Leptin, mitokondri membranındaki uncoupling proteinler aracılığıyla sempatik sistem aktivitesini artırarak enerji harcanımı indüklemektedir [27]. Kanser ve AIDS gibi hastalıklarda sitokin seviyesinin artması neticesinde oluşan kaşeksiye leptinin neden olabileceği bildirilmektedir [28]. Artmış olan leptin sekresyonu kronik pozitif enerji dengesinde, azalmış leptin sekresyonu da negatif enerji dengesinde rolü bulunmaktadır [29].

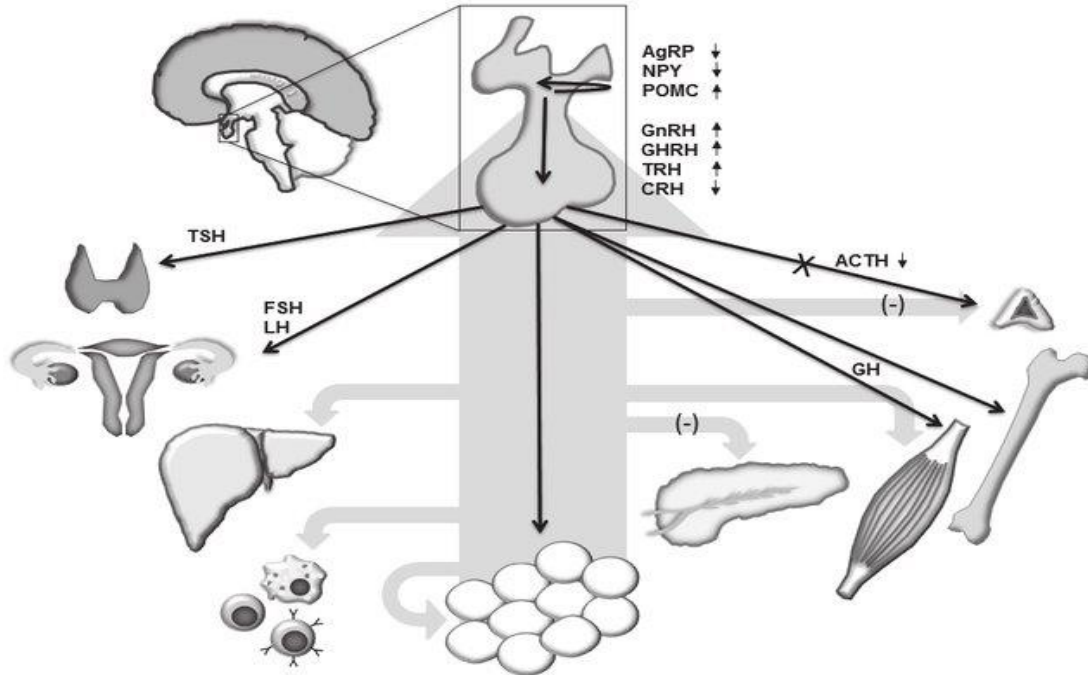
3. FİZYOLOJİK SİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Leptin hormonu, immun sistemde doğal ve adaptif immün yanıtın şekillenmesinde etkili bir moleküldür. Leptin, kortikosteroidlerin salınımını inhibe etmek suretiyle immün sistem üzerinde etkisini göstermektedir. Akut enfeksiyonlarda ve inflamatuvar olaylarda artış göstermektedir. Eksikliğine bağlı olarak, hematopoezde defektler oluşmaktadır. Açlıkta leptin düzeyi azalırken, kortizol düzeyi artmaktadır. Böylelikle hipotalamo-hipofiziyer aksı aktifleşmektedir [30].



Şekil 5. Leptinin Fizyolojik Etkileri [31]

Plazma leptin düzeyi, soğuk, ağırlık kaybı, açlık veya enerji kısıtlaması olduğu durumlarda azalma, aşırı besin alımı, cerrahi stres durumlarında ise artma gösterir. İnsülin, glukokortikoidler, serotonin, östrojen gibi hormonların leptin sekresyonunu arttırdığı bildirilmektedir [25]. Leptin, plasenta ve ovaryuma eksprese edilmesi reproduktif sistem üzerinde etkisi olabileceği bildirilmiştir. Leptin, gonadotropin ve seks steroid sentezini artırması nöropeptid Y sayesinde gerçekleşmektedir. Hipogonadotropik hipogonadizm gösteren ve steril olan C57BL/6J ob/ob farelerinde diyet kısıtlaması ve leptin verilmesi ile pubertenin başlaması ve infertilite düzelmesini sağlamıştır [32].



Şekil 6. Leptin hormonunun temel etkileri [32]

Leptinin fizyolojik sistemler üzerinde merkezi ve çevresel etkileri bulunmaktadır. Hipotalamus leptininde proopiomelanokortin (POMC) ekspresyonu indüklenir ve agouti ile ilişkili protein (AgRP) ve nöropeptid Y (NPY) inhibe edilmektedir. Böylece bu değişiklikler gonadotropin salgılatıcı hormonların (GnRH), tirotropin (TRH) salınımını artırmaktadır. Bir tiroit uyarıcı hormon (TSH) olarak, folikül uyarıcı hormon (FSH) ve lüteinizan hormon (LH) ve büyüme hormonu (GH) hipofizden salgılanmaktadır. Leptin kortikotropin salgılatıcı hormonu (CRH), adrenokortikotropik hormon (ACTH) salınımını azaltmakta ve pankreas β -hücrelerinden insülin sekresyonunu inhibe etmektedir [32]. Normal sıçanlara leptin verilmesi ile de pubertenin başlangıcının hızlandırılması leptin hormonunun üreme sistemi üzerindeki etkisini göstermektedir [33].

4. SONUÇ

Leptin, adipoz doku, plasenta, iskelet kası, mide, meme epiteli ve beyin dokusu tarafından salgılanmaktadır. Leptin hormonun plazmadaki seviyesi, vücuttaki yağ miktarı, vücut kitle indeksi, insülin, glukokortikoidler, somatostatin, katekolaminler, prolaktin, tiroid, büyüme hormonu gibi birçok etmene bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dolaşıma katılan leptin beyin-omurilik sıvısına geçerek hipotalamustaki sinir hücrelerinde kendine özgü reseptörlere bağlanmasıyla besin alımı, enerji dengesi ve vücut ağırlığının düzenlenmesinde görev almaktadır. Leptin hormonu, birçok metabolik hastalık ve bozukluklarla olan ilişkisi nedeniyle bu hastalıkların moleküler ve fizyolojik mekanizmalarının anlaşılması açısından ileride yapılacak çalışmalar açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- [1] F. F. Chehab, M. E. Lim ve R. Lu, "Correction of the sterility defect in homozygous obese female mice by treatment with the human recombinant leptin," *Nat Genet.*, cilt 12, pp. 318-320, 1996.
- [2] B. D. Bennet, G. P. Solar, J. O. Yuan ve G. R. Thomas, "A role for leptin and its cognate receptor in haematopoiesis," *Curr Biol.*, cilt 6, pp. 1170- 1180, 1996.
- [3] A. Bouloumie, H. C. A. Dresler ve M. Lafontan, "Leptin, the product of the Ob gene, promotes angiogenesis," *Circ Res.*, cilt 83, pp. 1059-1066, 1998.
- [4] U. T. Iwaniec, R. P. Heaney, D. M. Cullen ve J. A. Yee, "Leptin increases the number of mineralized bone nodules in vitro," *J Bone Miner Res.*, cilt 13, pp. 2-12, 1999.
- [5] G. M. Lord, G. Matarese, J. K. Howard, R. J. Baker, S. R. Bloom ve R. I. Lechler, "Leptin modulates the T-cell immune response and reverses starvation-induced immunosuppression," *Nature*, cilt 394, pp. 897-901, 1998.
- [6] S. Kamohara, R. Burcelin, J. L. Halaas, J. M. Friedman ve M. J. Charron, "Acute stimulation of glucose metabolism in mice by leptin treatment," *Nature*, cilt 389, pp. 374-377, 1997.
- [7] M. K. Sinha, "Human leptin: the hormone of adipose tissue," *Eur J Endocrinol.*, cilt 136, pp. 461-464, 1997.
- [8] W. F. Blum, P. Englaro, S. Hanitsch, A. Juul, N. T. Hertel, J. Müller, N. E. Skakkebaek, M. L. Heiman, M. Birkett, A. M. Attanasio, W. Kiess ve W. Rascher, "Plasma leptin levels in healthy children and adolescents: dependence on body mass index, body fat mass, gender, pubertal stage, and testosterone," *J Clin Endocrinol Metab.*, cilt 82, pp. 2904-2910, 1997.
- [9] B. Morash, A. Li, P. R. Murphy, M. Wilkinson ve E. Ur, "Leptin gene expression in the brain and pituitary gland," *Endocrinology.*, cilt 140, pp. 5995-5998, 1999.
- [10] A. Bado, S. Lévassieur, Y. Le Marchand-Brustel ve M. J. M. Lewin, "The stomach is a source of leptin," *Nature.*, cilt 394, pp. 790-793, 1998.
- [11] N. Hoggard, L. Hunter, J. S. Duncan, L. M. Williams, P. Trayhurn ve J. G. Mercer, "Leptin and leptin receptor mRNA and protein expression in the murine fetus and placenta," *Proc Natl Acad Sci.*, cilt 8, pp. 11073-11078, 1997.
- [12] J. Auwerx ve B. Staels, "Leptin," *Lancet.*, cilt 351, no. 9104, pp. 737-742, 1998.
- [13] S. M. Smith-Kirwin, D. M. O'Connor, J. De Johnston, E. D. Lancey, S. G. Hassink ve V. L. Funanage, "Leptin expression in human mammary epithelial cells and breast milk," *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism.*, cilt 83, no. 5, pp. 1810-1813, 1998.
- [14] U. Meier ve A. M. Gressner, "Endocrine regulation of energy metabolism: Review of epithelial cells and breast milk," *The Journal of clinical Endocrinology & Metabolism*, cilt 83, pp. 1810-1813, 2004.
- [15] S. Christos ve M. D. Mantzoros, "The role of leptin in human obesity and disease: A review of current evidence," *Ann Intern Med.*, cilt 13, pp. 671-680, 1999.
- [16] G. J. Martin ve G. Y. Megan, "Handbook of Biologically Active Peptides," Chapter, cilt 152, pp. 1129-1133, 2013.
- [17] RCSB, "Protein Data Bank," 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.rcsb.org/structure/1AX8>. [Erişildi: 01 12 2018].

- [18] "Chemical Book," 2018. Available: <https://www.chemicalbook.com / Chemical Product property-US-CB1179303.aspx>. [Erişildi: 01 12 2018].
- [19] A. Hekimoğlu, "Leptin ve fizyopatolojik olaylardaki rolü," *Dicle Tıp Dergisi*, cilt 33, no. 4, pp. 259-267, 2006.
- [20] D. Özbacı ve M. Şahin, "Leptin ve immün sistem," *S.D.Ü Tıp Fak. Derg.*, cilt 14, pp. 51-55, 2007.
- [21] G. Matarese, S. Moschos ve C. S. Mantzoros, "Leptin in immunology," *The Journal of Immunology*, cilt 174, no. 6, pp. 3137-3142, 2005.
- [22] H. Shimizu, Y. Shimomura, Y. Nakanishi, A. Futawatari, K. Ohtani, N. Sato ve M. Mori, "Estrogen increases in vivo leptin production in rats and human subjects," *Journal of Endocrinology*, cilt 154, no. 2, pp. 285-292, 1997.
- [23] V. Sánchez-Margalet, C. Martin-Romero, J. Santos-Alvarez, R. Goberna, S. Najib ve C. Gonzales-Yanes, "Role of leptin as an immunomodulator of blood mononuclear cells: mechanisms of action," *Clin Exp Immunol.*, cilt 133, pp. 11-19, 2003.
- [24] L. Marroqui, A. Gonzalez, P. Neco, E. Caballero-Gardio, E. Vieira, C. Ripoll ve Quesada I, "Role of leptin in the pancreatic beta-cell: effects and signalling pathways," *Journal of Molecular Endocrinology*, cilt 12, 2012.
- [25] G. Boden, X. Chen, M. Mozzoli ve I. Ryan, "Effect of fasting on serum leptin in normal human subjects," *J Clin Endocrinol Metab.*, cilt 81, pp. 3419-3423, 1996.
- [26] K. Aslan, Z. Serdar ve H. A. Tokullugil, "Multifonksiyonel hormon: leptin," *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, cilt 30, no. 2, pp. 113-118, 2004.
- [27] K. Rahmouni ve W. G. Haynes, "Leptin signaling pathways in the central nervous system: interactions between neuropeptide Y and melanocortins," *Bioassays*, cilt 23, pp. 1095-1099, 2001.
- [28] D. Esin, "Obez Primer Hipertansiyonlu ve Obez Olmayan Primer Hipertansiyonlu Bayan Olgularda Serum Leptin Düzeyleri," *Uzmanlık Tezi*, 2005.
- [29] E. Jequier ve L. Tappy, "Regulation of body weight in humans," *Physiol Rev.*, cilt 79, pp. 451-480, 1999.
- [30] C. Martin-Romero, J. Santoz-Alvarez, R. Goberna ve V. Sanchez-Margalet, "Human leptin enhances activation and proliferation of human circulating T lymphocytes," *Cell Immunol.*, cilt 199, p. 1524, 2000.
- [31] Y. Chilliard, M. Bonnet, C. Delavaud, Y. Faulconniera, C. Leroux, J. Djianec ve F. Bocquierd, "Leptin in ruminants. Gene expression in adipose tissue and mammary gland, and regulation of plasma concentration," *Domestic Animal Endocrinology*, cilt 21, pp. 271-295, 2001.
- [32] F. Zhang, Y. Chen, M. Haiman ve R. Dimarchi, "Leptin: structure, function and biology," *Vitamins & Hormones*, cilt 71, pp. 345-372, 2005.
- [33] J. B. Ruige, J. M. Dekker, W. F. Blum, C. D. Stehouwer, G. Nijpels, J. Mooy, P. Kostanse, L. Bouter ve R. J. Heine, "Leptin and variables of body adiposity, energy balance and insülin resistance in a population based study," *Diabetes Care*, cilt 22, pp. 1097-1104, 1999.



Bayburt'ta Organik Tarımın Geleceği

Hakan KARA*, Volkan GÜL

Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bayburt, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Organik tarım
Bayburt
Strateji
Organik gıda
ürünleri

Özet

Son zamanlarda organik organik gıda ürünlerine olan talep giderek artış göstermektedir. Bununla beraber, organik tarım yetiştiriciliğinin yapılabilecek yüksek potansiyele sahip bölgelerin tespit edilerek değerlendirme ve geliştirmesi konusu her daim önem arz etmektedir. Bu kapsamda, Bayburt ili, organik tarım açısından uygun coğrafya ve ekolojiyi içerisinde barındırmaktadır. Ayrıca, sanayi tesislerinin oldukça az, kimyasal ilaç kullanım oranı en düşük olan iller içerisinde yer almaktadır. Organik tarım geleceği ve sürdürülebilirliğinde stratejik plan ve hedeflerin değerlendirilmesi kritik bir öneme sahiptir.

Bu derlemede, önemli bir potansiyele sahip olan Bayburt ilinde dünden bugüne olan organik tarım süreci ve geleceğine yön verebilecek strateji ve öneriler incelenerek bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

The Future of Organic Agriculture in Bayburt

Keywords:

Organic farming
Bayburt
Strategy
Organic food
products

Abstract

Recently, the demand for organic organic food products has increased. Nevertheless, it is always important to identify and evaluate the high potential regions of organic farming. In this context, Bayburt province contains suitable geography and ecology in terms of organic agriculture. In addition, industrial facilities are among the provinces with the lowest rate of chemical drug use. Evaluation of strategic plans and objectives in the future and sustainability of organic agriculture is critical.

In this review, it is aimed to give information about the organic agriculture process and the strategies and suggestions that can guide the future of Bayburt province which has an important potential.

1. GİRİŞ

Tarımsal faaliyetler canlıların hayatta kalabilmeleri için gerekli olan besin ihtiyaçlarını karşılamada önemli uygulamalardan bir tanesidir. Bunlardan organik tarım, insanlığın varoluşuna kadar uzanan köklü bir geçmişe sahiptir. İlk dönemlerde insanlar tarımsal faaliyetlerde girdi olarak tamamen doğal hayvan dışkısı ve bitki hastalıkları ile mücadelede ise fiziksel ve doğal biyolojik yöntemler kullanılmıştır. İnsan nüfusundaki artış tarım alanlarındaki daralmalara bağlı olarak meydana gelen gıda yetersizliği birim alandan daha fazla ürün alma arayışını artırmıştır. Bu teknolojik değişim ve gelişmeler tarihte 1940-1970 yıllarını kapsayan yeşil devrim dönemini kapsamaktadır. Yeşil devrim döneminde keşfedilen kimyasal ve sentetik girdilerin yoğun kullanımı ile birlikte birim alandan daha fazla ürün alınmaya başlanmasına rağmen, bilinçsiz ve aşırı miktarda kimyasal gübre kullanımı artması tarım toprakların çoraklaşmasına, sularının kirlenmesine neden olmuştur. Bu süreçle birlikte ürünlerin kimyasalla bulaşması insan sağlığı üzerinde oluşturduğu etkilere dair kaygılar da ortaya çıkmaya başlamıştır. Özellikle erozyon, tuzlanma, toprak sıkışması, yeraltı ve yer üstü tatlı su kaynaklarının kirlenmesi, flora ve hayvan varlığının yok olması, yiyecek ve içeceklerdeki kimyasal ilaç kalıntılarının insan ve hayvan sağlığını tehdit etmesi gibi sorunların ortaya çıkmasında etkili olduğu anlaşılmıştır [1].

Organik tarım; konvansiyonel tarıma bağlı olarak meydana gelen kirlenme ve doğada meydana gelen tahribatı önlemek için insan ve çevreye dost tamamen doğal yöntemler olan organik gübre, münavebe, doğal mücadele yöntemleri gibi çevreye dost yöntemlerin kullanıldığı diğer üretim yöntemlerindeki verim artışının yanında ürün

kalitesinin de artırılmasına yönelik faaliyetlerinin tümünü kapsayan üretim şekli olarak tanımlanmaktadır [2]. Bilinçsiz şekilde pestisit kullanımının sağlık üzerinde olumsuz etkiler oluşturması [3] günümüzde organik tarım bilincini yeniden önemli hale getirmiştir. Organik tarım yetiştiriciliği yapılabilecek bölgelerin tespiti ve sürdürülebilirliğine yönelik çözüm, stratejileri geliştirilmesi konuları organik tarımın geleceği açısından önem taşımaktadır. Bu açıdan son yıllarda fark edilen bir artış gösteren Bayburt organik tarım yetiştiriciliği yönünden önemli bir potansiyele sahip bir ilimizdir [2].

Bu çalışmada, önemli bir organik tarım potansiyeline sahip Bayburt ilinde organik tarım yetiştiriciliği dünden bugüne süreci, geliştirilebilir organik tarım geleceğine dair çözüm ve stratejiler incelenecektir.

2. TÜRKİYE'DE ORGANİK TARIM

Organik tarım, her aşaması kontrollü, kimyasal girdi kullanılmadan üretilerek sertifikalandırılan bir üretim şeklidir [4]. Türkiye'de organik tarım yetiştiriciliğinde kuru üzüm, incir ve kayısı ilk ihraç ürünleridir. Bu faaliyetler, Avrupa'da bulunan firmaların talebi üzerine başlamıştır [5]. 24.12.1994 tarih ve 22145 sayılı "Bitkisel ve Hayvansal Ürünlerin Ekolojik Metotlarla Üretilmesine İlişkin Yönetmelik ve 03 Aralık 2004 tarih ve 25659 sayılı "Organik Tarım Kanunu" ilk yasal düzenlemelerdir [6].

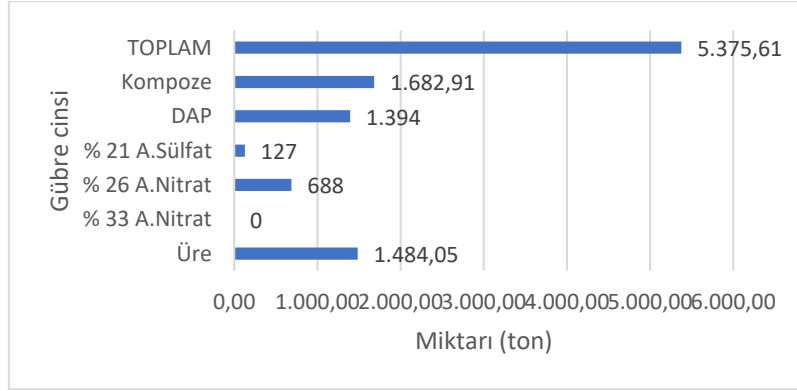
Tablo 1. Türkiye'de 2007-2017 yılları arasında yıllara göre organik bitkisel üretim istatistikleri (Organik geçiş süreci dâhil) (TOB*, 2019)

Yıllar	Ürün Sayısı (adet)	Çiftçi Sayısı (adet)	Yetiştiricilik Yapılan Alan (ha)	Doğal Toplama alanı (ha)	Toplam Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)
2007	201	16.276	124.263	50.020	174.283	568.128
2008	247	14.926	109.387	57.496	166.283	530.224
2009	212	35.565	325.831	175.810	501.641	983.715
2010	216	42.097	383.782	126.251	510.033	1.343.737
2011	225	42.460	442.581	172.037	614.618	1.659.543
2012	204	54.635	523.627	179.282	702.909	1.750.127
2013	213	60.797	461.395	307.619	769.014	1.620.387
2014	208	71.472	491.977	350.239	842.216	1.642.235
2015	197	69.967	486.069	23.199	515.268	1.829.291
2016	225	67.878	489.671	34.106	523.778	2.473.600
2017	214	75.607	513.981	22.148	543.033	2.404.606

Türkiye'de bu yönetmelikler çerçevesinde başlatılan üretimle birlikte organik tarım yetiştiricilik faaliyetleri resmi olarak başlamıştır. TOB'un son 11 yıllık verilerine göre 2007 yılından 2017 yılına kadar toplam üretim alanı ve üretim miktarında belirli oranlarda artış gözlemlenmiştir. 2007 yılında 201 olan ürün sayısı yıllara göre değerlendirildiğinde belirli bir artış olmamakla birlikte 2017 yılında 214 adet olarak belirlenmiştir. Ürün sayısındaki artış 200'ler civarında kalsa da bu yıllar arasında çiftçi sayısı 16.276 adetten 75.607 adete yükselmiştir. Doğada kendiliğinden yetişen bitkilerin doğal toplama alanı 2007 yılında 50.020 ha iken 2014 yılında 350.239 ha alana yükselmiş 2017 yılında 22.148 ha alana kadar gerilemiştir. Bu gerilemenin nedeni doğanın tahribatını önlemek amacıyla çoğu bitkinin kültüre alınmasından kaynaklanmaktadır. Yıllara göre toplam üretim alanı ve üretim miktarı artış göstererek 2017 yılında üretim alanı 543.033 ha ve üretim miktarı 2.404.606 ton olarak tespit edilmiştir. Ülkemizde yıllara göre organik bitkisel üretimde artış olmasına rağmen istenilen seviyede olmadığı Tablo 1'de açıkça görülmektedir [7].

3. BAYBURT İLİNDE ORGANİK TARIM

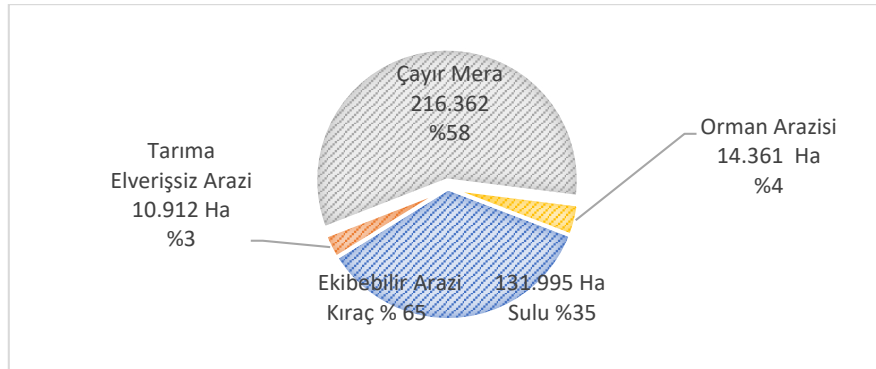
Bayburt ili 40 derece 37 dakika Kuzey Enlemleri ile 40 derece 45 dakika Doğu Boylamı, 39 derece 52 dakika Güney Enlemi ile 39 derece 37 dakika batı boylamları arasında yer almaktadır. Bayburt, Doğu Karadeniz Bölümü'nün iç kısmında ve Yukarı Çoruh Havzası'nda, Çoruh Nehri'nin açtığı vadi içerisinde yer alan denizden 1550 m yükseklikte 3739 km² yüz ölçüme sahiptir. Bayburt ilinin batı yarısı ovalarla, diğer kısmı akarsuların oluşturduğu vadiler ve yörenin etrafını çevreleyen doğu yarısında dağlık alanlar bulunmaktadır. İklimsel özellikleri bakımından Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alsa da Doğu Anadolu iklim özelliği olan karasal iklim özelliği göstermektedir. Bu nedenle yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. İl arazisinin % 27'si ekilebilir arazi, % 2'si Çayır, % 3'ü Orman, % 49'u Mera ve yayla, %19'u ise kayalık ve bozkırdır [2, 8].



Şekil 1. Bayburt İli Kimyevi Gübre Tüketimi Miktarı (TÜİK, 2017).

Bir ilin organik tarım üretim potansiyelini belirten kriterler arasında tarımsal girdi (gübre, ilaç) kullanım miktarının azlığı, ilin kalkınmışlık indeksinin az gelişmiş seviyesi yer almaktadır [9]. Bayburt ili doğal zenginliği, sanayileşmenin yok denecek kadar az olması ve yoğun olarak hayvancılık yapıldığından tarımsal üretimde girdi olarak ahır gübresi kullanılmasından dolayı kendiliğinden organik olarak sınıflandırılan iller arasında yer almaktadır [9]. Bu veriler doğrultusunda Bayburt ili organik tarım için önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, kimyasal ve kentsel kirliliğin ülkemizdeki en az olduğu illerinden birisidir. Türkiye’de toplam pestisit kullanımı 39.721 ton iken Bayburt’ta 5,46 ton ’dur. 1 dekar tarım arazisine düşen ilaç miktarı 0.005 kg olup ülke ortalamasının yaklaşık 17 kat altında kalmaktadır. Türkiye’nin toplam zirai ilaç tüketim miktarının % 0,043’ünü oluşturmaktadır [10].

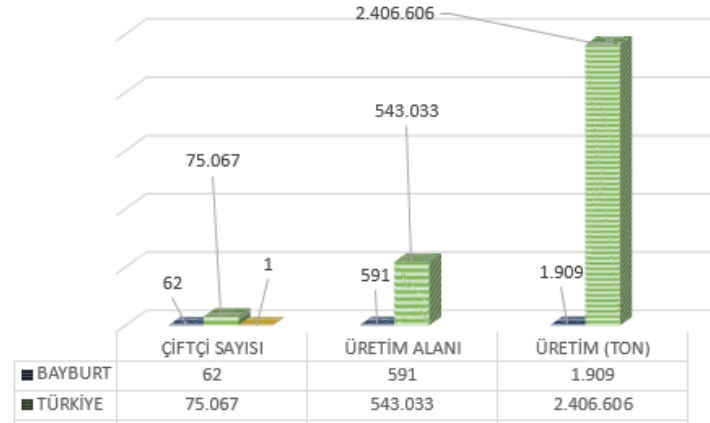
Bayburt ilinde kullanılan toplam kimyevi gübre miktarı 5.375.61 ton dur. Türkiye’de ise bu rakam 13.925.448 ton olup, Bayburt ili ülkemizin gübre tüketiminin ortalama % 0.04’ünü oluşturduğu Şekil 1’de görülmektedir. Rakamsal sonuçlardan da anlaşılacağı üzere Bayburt ili organik tarım havzası olabilecek potansiyele sahip bölgelerimizden bir tanesidir.



Şekil 2. Bayburt Bitkisel Üretim, Üretim Alanı ve Üretim Miktarı

Bayburt ilinin arazi varlığı incelendiğinde ekilebilir arazi varlığı 131.995 ha, çayır mera arazi varlığı 216.362 ha, orman arazisi varlığı 14.361 ha ve tarıma elverişsiz arazi varlığı 10.912 ha dır. Bayburt ili, % 29.7 oranındaki ekilebilir arazi oranıyla, Doğu Karadeniz Bölgesi içerisinde en fazla işlenebilir tarım arazilerine sahiptir. Yüzölçümünün % 57’ sini oluşturan yüksek oranda bir mera varlığı ve zengin yer altı ve yer üstü su kaynakları bulunmaktadır [10].

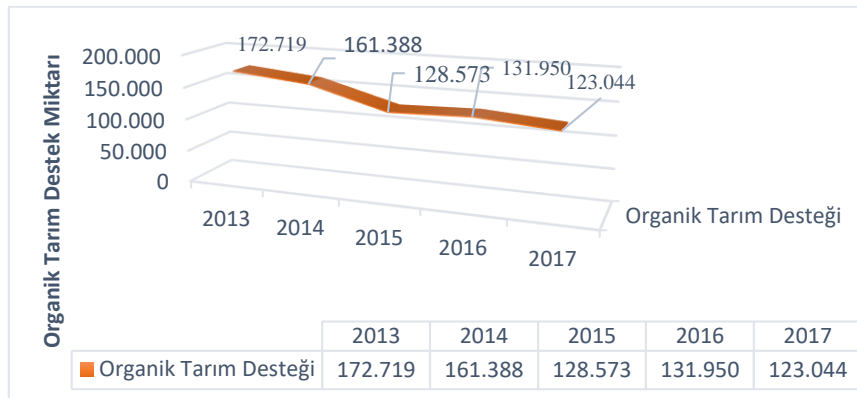
Bayburt, Türkiye’de organik üretim yapan çiftçi sayısı, üretim alanı ve üretim miktarları Şekil 3’te gösterilmiştir. Bu şekilde göre Bayburt’ta 2017 yılı verilerine göre organik üretim yapan çiftçi sayısı 62, organik üretim alanı 591 ha ve organik üretim miktarı 1.909 ton dur. Türkiye genelinde ise organik üretim yapan çiftçi sayısı 75.067, organik üretim miktarı 543.033 da ve organik üretim miktarı 2.406.606 ton olarak gerçekleşmiştir. Bayburt’ta organik üretim yapan çiftçi sayısı Türkiye ortalamasının % 0.08’ini, üretim alanının % 0.11’ini ve üretim miktarının % 0.08’ sini oluşturmaktadır. Bayburt ili organik tarım yetiştiriciliği için bu denli önemli bölgelerimizden biri olmasına rağmen Türkiye ortalamasının çok altındadır.



Şekil 3. Türkiye, Bayburt Organik Bitkisel Üretim, Üretim Alanı ve Üretim Miktarı (Kaynak: TÜİK, 2017)

Bayburt ilinde organik tarım ile ilgili faaliyetler Bayburt Tarım ve Orman İl Müdürlüğü bünyesinde ilk olarak 2005 yılında organik buğday üretimi projesi ile başlamıştır. Projede 2017 yılında 44 çiftçi ile birlikte 3.661 da'lık alanda üretim yapılmış ve 94.20 ton üretim gerçekleştirmiştir [10]. 2012-2014 yılları arasında uygulanan proje kapsamında toplam 143 işletmeye ait 17.194 da alanda ortalama 10.32 ton kaba yem üretimi (yonca, korunga, fiğ, silajlık mısır, yemlik tritikale ve hububat) gerçekleştirilerek bölgede bulunan ve organik hayvancılık yapılan işletmelere satılmıştır. Bölgede hayvan yetiştiriciliği yaygın ve organik üretime uygun olduğundan önemli girdilerden bir tanesi olan yem bitkilerinin organik olarak üretimi ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır. Bayburt'ta 2017 yılında başlatılan organik bakliyat üretiminde fasulye, mercimek ve nohut üretimi 1000 da alanda üretime başlanmış, ortalama sırasıyla 15, 10 ve 11 ton üretim elde edilmiştir. Ülkemizde son dönemlerde organik ürünlere olan rağbet sayesinde temel besin kaynağı olan bakliyat üretimi bölge gelişimi ve ülke ekonomisi için ciddi gelir kaynağı olacaktır.

Sebze yetiştiriciliğindeki durum ise üretim alanı 2016 yılına oranla 640 hektar, meyve yetiştiriciliğinde 53.5 hektara üretim alanına sahiptir [10]. Bayburt ilinde organik sebze ve meyve üretimi bulunmamaktadır. Hâlbuki bölge sebze ve meyve yetiştiriciliği bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle bölgede doğal olarak yetişen kuşburnu bölge halkı için önemli bir gelir kaynağıdır. Bu tür meyvelerin organik meyvecilik (Elma, Armut, Kiraz, Vişne, kuşburnu gibi) kapsamında ele alınarak proje bazında geliştirilmesi bölgeye önemli katkılar sağlayacaktır [11]. Bölgede 2013-2015 yılları arasında yapılan proje kapsamında 7 işletmede organik koyunculuk projesi uygulanmış, 7500 adet organik küçükbaş hayvan sayısı ile bölgeyi organik hayvancılıkta ön plana çıkarmıştır. Bölgenin çayır mera yönünden zengin olması, arıların bal yapması için gerekli çiçek florası potansiyeline sahip olması organik arıcılık faaliyetini ön plana çıkarmaktadır. Organik tarımın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması projesi kapsamında bölgede 4 köyde 1000 kovan ile uygulanmaya başlanan organik arı yetiştiriciliği projesi kapsamında 25 üretici ile 2952 kovan kapasiteye ulaşmış ve ortalama 44.3 ton organik üretilen bal "Bayburt Bal"ı markası adı altında pazarlanmıştır [11]. Tarım destekleri, güvenli ve güçlü bir tarım sektörünün devamlılığında çok önemli olduğu gibi organik tarım üretimi geleceği açısından da kritik bir rolü bulunmaktadır [2]. Bayburt ili organik tarım üreticisine yıllar itibarıyla ödenen tarımsal destekler Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu verilere göre 2014 yılına kadar (161.388 TL) organik tarım desteğinde belirli bir oranda artış göstermiş olmasına rağmen, sonraki yıllarda bu destek azalarak 2017 yılında 123.044 TL'ye kadar gerileme göstermiştir. Oysaki dünyada büyük öneme sahip olan organik tarım yetiştiriciliğini ülkemizde de çiftçileri bu anda teşvik etmek amacıyla desteklenmesi önemli bir yer tutmaktadır.



Şekil 4. Bayburt ili Organik Destekleme verileri (TÜİK, 2017)

Üretilen bir organik ürün pazarının gelişmesi ve rekabet gücünü etkileyen en temel faktörlerinden birisi de ulaşımdır. Bu açıdan Bayburt ili, organik gıda pazarı açısından açık Pazar konumunda ve kara ve havayolu ulaşımı stratejik bir öneme sahip ve jeopolitik bir konuma sahiptir [2]. Organik tarımın gelişme sürecinde önemli bir yere sahip olan eğitim faaliyetleri ise Bayburt ilinde ilk olarak 2003 yılında Tarım ve Orman Bakanlığınca İl Müdürlüğü organik tarım birimi elemanlarınca eğitim verilmesiyle başlamıştır [11]. 2017 yılı organik tarım ve hayvancılık yetiştiricilik bilgileri konusunda 40'ı kadın olmak üzere toplamda 608 çiftçiye, 3958 öğrenciye eğitim verilmiştir. [11]. Diğer yandan; organik tarım sektörün uzman ihtiyacını karşılanmasına yönelik Organik Tarım İşletmeciliği alanında Lisans eğitimi ve ülke genelinde bir ilk olan Organik Tarım İşletmeciliği Yüksek Lisans Programı ile öğrenci alınmaya başlanmış ve eğitimine devam etmektedir.

4. SONUÇ

Dünyada sanayileşme ile birlikte meydana gelen çevresel kirlilik, tarımda üretimi artırmak için kullanılan kimyasal girdiler gıda güvenliğini ve insan sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. Bu yüzden gelişmiş ülkelerde organik tarıma olan ilgi giderek artmıştır. Ülkemiz de çevresel kirliliğe maruz kalmamış, tamamen klasik girdiler ve yöntemler ile tarım yapılan bölgeleri ile organik tarım yetiştiriciliği için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bölgelerden bir tanesi Bayburt ilimizdir. Bayburt, organik ürün olma ve geliştirilebilme kapasitesine sahip ürünlerin oranı fazla olan bir ilimizdir Doğal bitki örtüsü, yüksek orandaki mera ve işlenebilir tarım arazisi varlığı, gübre ve ilaç kullanımının düşüklüğü gibi güçlü yanları organik üretim açısından avantaja çevirebilecek önemli bir şehirdir (Bayraktar, 2017). Bayburt ilimizde organik tarım yönünden bu denli önemli bölgelerimizden bir tanesi olmasına rağmen gerek tarımsal üretim (yem bitkileri, baklagiller, meyvecilik gibi) gerekse hayvancılık yönünden (büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık, arıcılık gibi) yeterli gelişim gösterememiştir. Uygulanacak projeler, eğitim faaliyetleri ve tarımsal destekler ile ilin organik ürün üretimi geleceğine hız kazandırabilmesine uygun stratejiler hedeflenip geliştirilerek desteklenmesi oldukça önem taşımaktadır. Bayburt ilinin organik tarım havzası olarak bitkisel üretim ve hayvancılık yönünde geliştirilmesi, paketleme ve pazarlama ağının oluşturulması bölgenin kalkınması ve ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Bu fırsatlar ve olanaklar doğrultusunda organik tarım sektörü içerisinde gelecek vaat edebilecek bir şehir olarak gözükmektedir.

Kaynaklar

- [1] S. Kırımhan, *Organik Tarım Sistemleri ve Çevre Kitabı*. Ankara: Uğurer Tarım Kitapları (Bireysel Yayın), 2005.
- [2] B. Bayraktar, "Bayburt'ta Organik Tarım ve Hayvancılığın Mevcut Durumu" *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol. 5 sayı 13, pp. 1762-1768, 2017.
- [3] S. Çetiner, "Yeşil Devrim de Neymiş" *Maliye Dergisi*, vol. 158 326-348, 2013
- [4] AD. Kayalar, "Dünyada ve Türkiye'de Organik Tarım Üretim ve İhracat Üzerine Bir Çalışma" İstanbul İhracatçılar Birlikleri Genel Sekreterliği, 2004, İstanbul.
- [5] Z. Özbilge, "An Analysis of Organic Agriculture in Turkey: The Current Situation and Basic Constraints" *J. of Central European Agr.*, vol. 8 sayı 2, s.213-222, 2007.
- [6] T.C. Resmi Gazete, "Bitkisel ve Hayvansal Ürünlerin Ekolojik Metotlarla Üretilmesine İlişkin Yönetmelik" 2019. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/08/20100818-4.htm> [Erişim Tarihi: 02.02.2019].
- [7] T.O.B. "T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Organik Tarım Bilgi Sistemi" 2016. <http://www.tarim.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler> [Erişim Tarihi: 20.08.2017].
- [8] Anonim, "Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı" 2019. <https://bayburt.csb.gov.tr/cografi-yapisi-i-2616>. [Erişim Tarihi: 15.05.2019].
- [9] Demiryürek *et. al.*, "Organik Tarıma Geçiş İçin Uygun İlerin Belirlenmesi" Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu Bildiriler Kitabı, II, 2013, s. 49-55.
- [10] TÜİK. "Organik Bitkisel Üretim" 2016. www.tuik.gov.tr [Erişim Tarihi: 28.08.2017].
- [11] Bayburt Tarım ve Ormanlık İl Müdürlüğü, "2018 Çalışma Raporu" 2018 <https://bayburt.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2018%20YILI%20C3%87ALI%C5%9EMA%20RAPORU.pdf> [Erişim Tarihi: 04.03.2019].



Organik Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Türkiye’de Üretim Miktarı ve Değerlendirilmesi

Ayşegül YAVUZ^{*1}, Ümmügülsüm ERDOĞAN²

¹Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Bayburt, Türkiye.

²Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt, Türkiye.

Anahtar Kelimeler:

Tıbbi ve aromatik bitkiler
Organik Üretim
Değerlendirme

Özet

Dünya’da organik tarım son yıllarda hızla artış göstermiş ve gıda sektöründe büyük bir paya sahip olmuştur. Türkiye’nin sahip olduğu biyolojik çeşitlilik organik gıda ihracatımızın artmasına imkan sağlamaktadır. İnsanların beslenme ve sağlık konusuna verdiği önemin artması sonucu dünyada ve ülkemizde organik olarak üretilmiş ürünlere talepte giderek artmıştır. Günümüzde yapay ürünlerin insan sağlığını tehdit edecek duruma gelmesi de, organik tıbbi ve aromatik bitkilerin alternatif tedavi yöntemleri arasında yer almasını sağlamıştır. İnsanoğlu eski zamanlardan beri tıbbi ve aromatik bitkileri tedavi amaçlı kullanmış ve günümüze kadar devam ettirmiştir. Türkiye’de üretilen organik tıbbi ve aromatik bitkilerin büyük bir kısmının ihrac edilmesiyle iç pazar payı artmıştır. Dünya ihracatında tıbbi ve aromatik bitkilerin organik olarak üretiminin yapılması bu bitkilerin değerini arttırmaktadır. Türkiye birçok bitkinin gen merkezi olan aynı zamanda endemik türleri doğasında barındıran zengin bir bitki florasına sahiptir. Bu çalışmada, biyoçeşitlilik anlamında da önemli bir hazine olan tıbbi ve aromatik bitkilerin ülkemizde organik olarak üretimi ve değerlendirilmesindeki mevcut durumu üzerinde durulmuştur.

Organic Medicinal and Aromatic Plants Production in Turkey and Evaluation

Keywords:

Medicinal and aromatic plants
Organic Production
Evaluation

Abstract

Organic agriculture has increased rapidly in the world and has a large share in the food sector. Turkey possesses biological diversity makes it possible to increase our organic food exports. As a result of the increasing importance given to nutrition and health by people, the demand for organically produced products has increased gradually in the world and in our country. Nowadays, the fact that artificial products threaten human health has made organic medicinal and aromatic plants to be among the alternative treatment methods. Mankind has used medicinal and aromatic plants for therapeutic purposes since ancient times and has continued to this day. organic medicinal and aromatic plants produced in Turkey increased domestic market share a large part of the expulsion. Organic production of medicinal and aromatic plants in the world exports increases the value of these plants. Turkey has also inherent in hosting a rich flora with many endemic species of plant gene center. In this study, the current status of medicinal and aromatic plants, which are an important treasure in terms of biodiversity, in organic production and evaluation in our country is emphasized.

1. GİRİŞ

Tıbbi bitkiler, tabiattan alınan veya kültürü yapılan bitkilerden, drog alınarak alternatif tıpta veya ilaç sektöründe kullanılan bitkilerdir, aromatik bitkiler ise daha çok aroma ve koku özelliği olan bitkilere denir [1]. İsimleri birlikte kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler çok önce ki zamanlardan beri insan sağlığı ve hayvan sağlığının devamlılığını sağlamak, hastalıkları önlemek ve bu bitkilerin iyileştirici etkilerinden yararlanmak için kullanılmaktadır [2].

Dünyada ki bitki sayısının yaklaşık 1.000.000 civarında olduğu bilinmektedir ve bu sayının ortalama 4.000 türünün endemik özellikte olduğu tahmin edilmektedir. Ülkemizde ise yaklaşık 11.000 bitki türü bulunmakta [3] ve bu sayının yaklaşık 3.649’u endemik özelliktedir [4]. Tıbbi ve aromatik bitkiler, Ege bölgesi başta olmak üzere Türkiye’de hemen hemen tüm bölgelerimizde bulunabilmektedir [5]. Tıbbi ve aromatik bitkilerin sürdürülebilirliğini arttırmak için doğal kaynakların korunmaya alınması önemli uygulamaların başında gelmektedir. Bu anlamda her ülkenin kendi doğasına özgü tıbbi ve aromatik bitkilerinin, türlerine göre ayrımı iyi yapılmalı ve kültürü yapılan türün kaynağındaki özellikleri kaybedilmemelidir [6].

Diğer yandan tıbbi ve aromatik bitkilerin organik tarımla desteklenmesi, türlerin varlığını arttırmak, kayıt altında tutularak yok olmalarının önüne geçmek, kaliteli ürün yetiştirmek, endemik türlerin varlığını korumak, kaliteli tohumlar elde ederek özlerini kaybetmemesi gibi birçok soruna karşı çözüm olabilecektir [7]. Organik tarımın insan sağlığı üzerindeki payı büyüktür. Son zamanlarda kullanılan kimyasalların canlılığı tehdit etmesi organik tarımın önemini anlaşılmıştır. Aynı zamanda organik ürünlerin tüketilmesinde ekonomik alım gücünün de yükselmesi bu ürünlere olan ilgiyi arttırmıştır [8]. Organik tıbbi ve aromatik bitkilerin büyük bir pazar payı olduğunu söyleyebiliriz. Bu anlamda üretimin artırılmasının faydalı olacağını belirtebiliriz [4].

Tıbbi ve aromatik bitkiler, insanların bitkilerle olan ilişkilerini inceleyen entobotanik biliminde de büyük rol oynamaktadır [3]. Bu nedenle günümüzde birçok hastalığın tedavisinde de kullanılan ilaçların ham maddesi olan tıbbi ve aromatik bitkilere gelecekte ihtiyaç duyulacağı unutulmamalıdır [9].

2. TÜRKİYE’DE ORGANİK TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN ÜRETİM ŞEKİLLERİ

Önemli tüketim kaynağı olan tıbbi ve aromatik bitkilerin Dünya’da ve Türkiye’de artan talebe cevap vermesi üretimin artmasını sağlamıştır. Fakat üretiminde öncelikli olan üretim miktarının fazla olması değil bitkinin doğal florasının bozulmaması ve kalitenin kaybedilmemesidir. Üretim miktarı bundan sonraki aşama olmalıdır. İlaç sanayisinde büyük bir paya sahip olan tıbbi ve aromatik bitkiler, bitkisel drog adı altında bu alanda yer almaktadır. Bunu aromaterapi ve gıda sektörü takip etmektedir [10]. Tıbbi ve aromatik bitkilerin doğadan toplananlarından çok kültürü yapılanlarına önem verilmelidir. Türkiye’de 12.000 kadar bitki taksonunun (tür, alttür, varyete) 3.649’u endemiktir ve 10.000’e yakın da bitki türü bulunmaktadır [4]. Türkiye’de organik tarımı yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin üretim miktarı, 2017 yılında 98.099,45 tondur [11].

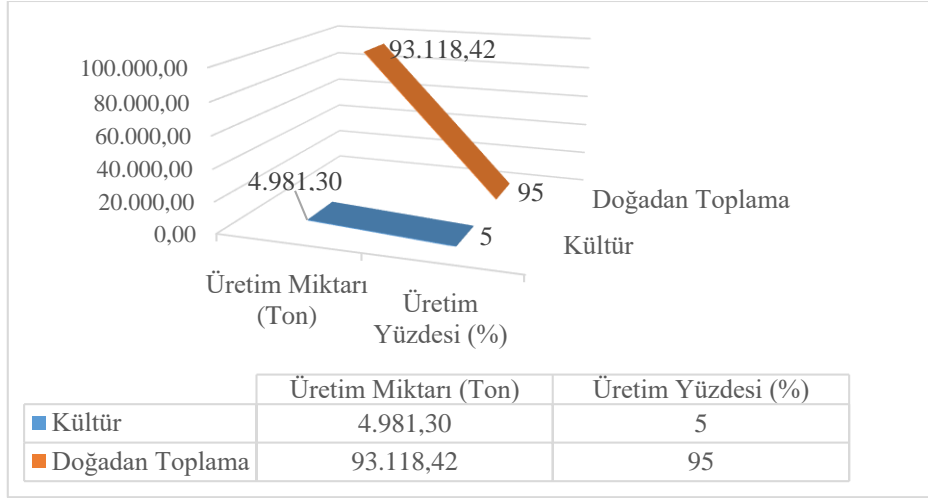
2.1. Doğadan Toplanan Organik Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Tıbbi ve aromatik bitkilerin doğadan toplanması insanlığın eski dönemlerden bu zamana kadar sürdürdükleri bir toplama şeklidir. Doğadan toplama bitki türlerinin varlığının azalmasına neden olmaktadır. Dünya da bilinçsizce toplanan bitkilerin %13’ünün tehdit altında olup bu yüzdenin 22-47’lik payı yok olmayla karşı karşıya kalmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin varlık sayısı hakkında kesin bir bilgi olmayıp bu veriye ulaşmak zordur. Bu bitkilerin varlığının azalmasına neden olan aşırı toplama, erken ve geç toplama, toplanan bitkinin doğal popülasyonunun bozulması, bitkinin toplanan materyal kısmı ve toplanan bitkilerin yerine başka bitkilerin geçmesi gibi kontrolsüz durumlar sayılabilir. Bu olumsuzluklar doğadan kontrolsüzce toplanan tıbbi ve aromatik bitkilerin yok olmasına kadar gidebilir. Bu bitkilerin en çok sağlık açısından kullanıldığı düşünülürse bu durum gelecekte hastalıkları tedavi etme imkanlarının da zamanla kısıtlanmasına neden olacağı söylenebilir [12]. Türkiye’de üretimi yapılan organik tıbbi ve aromatik bitkilerin %95’inin doğadan toplanarak elde edildiği ve kültürü yapılanların %5 olduğu Şekil 1’de görülmektedir.

2.2. Kültürü Yapılan Organik Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Tıbbi ve aromatik bitkilerin Türkiye ekonomisindeki artan değeri, kültürünün yapılarak yetiştirilmesi ile kalite ve miktar değerini yükseltmektedir. Burada bitkiler için dikkat edilmesi gereken kendi popülasyonlarına uygun şekilde yetiştirilmeleridir. Buda bitki islahının önemsenmesinin ve artırılmasının gerekliliğini göstermektedir. Kültür üretimi yapılmasıyla, bitkiler hastalıklara karşı kontrol altına alınabilir, üretimi planlı yapılabilir, temiz

ürünler elde edilebilir, daha ucuz üretim sağlanabilir, doğadan toplama oluşabilecek tehditleri ortadan kaldırır ve elde edilen organik ürünler kimyasallara maruz kalmamış olur [12].



Şekil 1. Türkiye’de 2017 Yılında Üretim Şekillerine Göre Organik Tıbbi ve Aromatik Bitki Üretim Miktarları ve Yüzdeleri (TUİK 2018).

Türkiye’de keçiyoynuzu, papatya, kizilcik, kekik, böğürtlen, haşhaş, adaçayı, kimyon, kuşburnu, anason, rezene, çörekotu gibi organik tıbbi ve aromatik bitkilerin kültürü yapılmaktadır [13]. Organik üretimde gülyağı, gülsuyu, lavanta yağı gibi uçucu yağlar üretilmektedir. Adaçayı, kekik, biberiye, keçiyoynuzu, anason gibi tıbbi ve aromatik bitkilerin iç ve dış pazar için üretimleri yapılmaktadır [14].

3. ORGANİK TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN TÜRKİYE’DE DURUMU

Dünya üzerindeki kara alanı Türkiye’nin yüzde 0,53’ünü oluşturmaktadır ve ülkemizin kendi topraklarında barındırdığı bitki türleri dünyadaki bitki türlerinin yüzde 3,6’sı kadardır. Bu yüzde ülkemizin bitki türleri yönünden varlıklı olduğunu gösterir [15].

Tablo 1. Yıllara Göre Organik Bitkisel Üretim Miktarları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Yıl	Ürün sayısı	Çiftçi sayısı	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)
2005	205	14 401	203 811	421 934
2006	203	14 256	192 789	458 095
2007	201	16 276	174 283	568 128
2008	247	14 926	166 883	530 224
2009	212	35 565	501 641	983 715
2010	216	42 097	510 033	1 343 737
2011	225	42 460	614 618	1 659 543
2012	204	54 635	702 909	1 750 127
2013	213	60 797	769 014	1 620 387
2014	208	71 472	842 216	1 642 235
2015	197	69 967	515 268	1 829 291
2016	238	67 878	523 777	2 473 600
2017	214	75 067	543 033	2 406 606

Tıbbi ve aromatik bitkilerin bir kısmı endemik bitki olarak ta bilinmektedir ve endemik bitki türü açısından da zengin bir ülke olduğumuzu söyleyebiliriz. Tıbbi ve aromatik bitkilerin çeşitliliğinin korunması, doğru tarımın yapılması, ekonomi, bitki varlığı ve bitki kalitesi için önemlidir [12].

Kimyasalların kullanımının gün geçtikçe artması toprağı tehdit etmekte, yapısını bozarak elverişsiz hale getirmektedir ve toprak islahi önem arz etmektedir. Bununla ilgili konuların detaylı olması ile birlikte tıbbi ve aromatik bitkilerin organik üretiminin yapılması bitki türü varlığını korumak adına başarılı sonuçlar verecektir [16]. Bu anlamda kültüre alınan tıbbi ve aromatik bitkilerde organik tarım önem kazanmaktadır. Organik Tarım; kimyasal gübrelerin, sentetik ilaçların doğal dengeyi bozması insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit etmesi sonucu ortaya çıkan ve doğal dengenin tekrar kazanılmasını amaçlayan her aşaması sertifikalı, kontrollü ve kaliteli üretim şeklindedir. [17]. Ülkemizde organik bitkisel üretim miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Tablo 2’ de 2005 ve 2017 yılları arasındaki verilere bakıldığında bu artışın özellikle 2009 yılında katlanarak artmaya başladığı, 2017 yılı organik bitkisel üretim miktarının ise 2005 yılında gerçekleştirilen organik bitkisel üretim miktarının yaklaşık 6 katına ulaştığı görülmektedir [18].

Tablo 2. Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilere ait Yıllara Göre Dünya ve Türkiye Üretim Miktarları (FAO,2018).

Ürün Adı	Dünyada Üretim Miktarları (1000 Ton)					Türkiye’de Üretim Miktarları (1000 Ton)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Anason, Rezene, Kişniş	924	906	985	1074	1186	13	12	27	28	30
Sarımsak	23408	24249	25017	26783	26573	105	114	116	119	135
Kızılçik	595	628	639	655	684	13	12	11	11	11
Susam Tohumu	5406	6005	6529	6172	6112	16	16	18	19	20
Biber (Kurutulmuş)	3376	3582	3711	4010	3918	17	17	16	16	16
Haşhaş Tohumu	50	70	83	101	93	4	19	16	30	18

Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin yıllara göre Dünya’da ve Türkiye’de üretim miktarları Tablo 2’te verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde kızılçik üretiminin Dünya’da yıllar bazında üretiminde artış olduğu fakat Türkiye’de 2013 yılı itibarıyla düşüşe başladığı görülmektedir. Sarımsak üretiminin, Dünya’da 2015 yılında üretimi azalış gösterse de Türkiye’de her geçen yıl üretiminin arttığı tabloda belirtilmektedir.

Tablo 3. Türkiye’de Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yıllara Göre Ekiliş ve Üretim Miktarı (TÜİK, 2018).

YIL	Kırmızı biber		Anason		Kimyon		Kekik		Çörekotu		Rezene	
	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)
2012	112 677	165 527	194 430	11 023	226 294	13 900	94 283	11 598	2 299	161	15 775	1 862
2013	112 736	198 636	152 431	10 046	247 045	17 050	89 137	13 658	3 261	352	13 848	1 994
2014	108 508	186 291	140 506	9 309	224 421	15 570	92 959	11 752	1 717	140	15 848	2 289
2015	112 887	204 131	138 118	9 050	270 247	16 897	104 863	12 992	4 681	425	15 512	1 461
2016	122 415	228 531	136 552	9 491	268 849	18 586	121 127	14 724	23 160	2 527	17 503	2 464
2017	101 710	179 264	121 833	8 418	267 358	19 175	121 472	14 477	32 560	3 094	16 525	2 022

Adaçayı, ihlamur, isirgan, ahududu, karabaş otu, keçiboynuzu, biberiye, kekik, kızılçik, böğürtlen, civanperçemi, kuşburnu, nane, defne ve papatya gibi bazı organik tıbbi ve aromatik bitkiler hem doğadan toplama ile hem de kültür yetiştiriciliği ile üretilmektedir [19]. 2016 yılında tıbbi ve aromatik bitkilerin ithalatında genel bir artış yaşanmıştır. 2017 yılında ise dünya genelinde bu bitkilerin ithalatının büyük ölçüde önceki yıllara göre düşüşe geçtiği görülmektedir. 2018 FAO verileri incelendiğinde 2015, 2016, 2017 yıllarında Türkiye’de kekik, zencefil, rezene, kimyon ve anason ithalati yapılmazken, dünyada en çok ithalati yapılan tıbbi ve aromatik bitki yeşil çay olmuştur.

Tablo 4. Türkiye’de 2017 Yılı Organik Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretim Verileri (TUİK, 2018).

Sıra No	Ürün Adı	Üretim Miktarı (Ton)	Sıra No	Ürün Adı	Üretim Miktarı (Ton)
1	Adaçayı	283,52	36	Hünnap	4,13
2	Adaçayı (Doğadan toplama)	199,69	37	İhlamur	3,43
3	Ahududu	110,5	38	İhlamur (Doğadan toplama)	21,05
4	Ahududu (Doğadan toplama)	1.000	39	İsirgan otu	1,8
5	Ahududu yaprağı (Doğadan toplama)	50	40	İsirgan Otu (Doğadan toplama)	0,1
6	Aliç	2,68	41	Kantaron	2,14
7	Aliç (Doğadan toplama)	84.949	42	Kapari	8,58
8	Altın Çilek	0,215	43	Karabaş Otu	1,94
9	Altın Otu (Helichrysumitalicum)	0,1	44	Karabaş Otu (Doğadan toplama)	1,5
10	Anason	168,2	45	Keçiboynuzu (Doğadan toplama)	445,1
11	Bergamot	0,1	46	Keçiboynuzu (Harnup)	1.031,16
12	Biberiye	63,13	47	Kekik	636,85
13	Biberiye (Doğadan toplama)	2	48	Kekik (Doğadan toplama)	677,38
14	Böğürtlen	505,2	49	Kizilcik	760,25
15	Böğürtlen (Doğadan toplama)	1000	50	Kizilcik (Doğadan toplama)	2.539,20
16	Böğürtlen Yaprığı (Doğadan toplama)	220	51	Kimyon	105,38
17	Civanperçemi	0,15	52	Kişniş	2,49
18	Civanperçemi (Doğadan toplama)	0,1	53	Alabaş	0,5
19	Çemen (Buy)	5	54	Kuşburnu	221,04
20	Çördük (Doğadan toplama)	0,5	55	Kuşburnu (Doğadan toplama)	1754,25
21	Çörek Otu	138,49	56	Lavanta	27,34
22	Defne	172	57	Mahlep	1,72
23	Defne (Doğadan toplama)	176	58	Nane	39,26
24	Dulavrat otu	0,08	59	Nane (Doğadan toplama)	30
25	Ebegümece	1,2	60	Papatya	1,035
26	Ekinezya	6,69	61	Papatya (Doğadan toplama)	0,2
27	Fençel (Arapsaçı)	0,16	62	Reyhan	19,43
28	Frenk Üzümlü	0,275	63	Rezene	146,18
29	Gilaburu (Viburnum opulus)	0,54	64	Safran	0,4
30	Goji Berry (Kurt Üzümlü)	1,96	65	Sarimsak	65
31	Hardal Otu	0,03	66	Sivri Kekik (Doğadan toplama)	50
32	Haşhaş	320,2	67	Stevia (Şeker Otu)	1,1
33	Hatmi Çiçeği	0,32	68	Sudan Otu	0,15
34	Hindiba	0,19	69	Sumak	5,53
35	Hint İnciri (Doğadan toplama)	2	70	Susam	175,36
			71	Tarhun	3

Doğadan toplanan organik tıbbi ve aromatik bitkilerin ise çoğunluğunu, aliç (84.949 ton), kizilcik (2539 ton), kuşburnu (1754,25), ahududu (1000 ton), böğürtlen (1000 ton), kekik (677,38 ton), keçiboynuzu (445 ton), böğürtlen yaprağı (220 ton), adaçayı (283,52 ton) ve defne (176 ton) oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye’de küçük üretim paylarına sahip olsalar da ihlamur (3,43 ton), isirgan otu (1,8 ton), kantaron (2,14 ton), hünnap (4,13 ton), altın çilek (0,215 ton), kapari (8,58 ton), civan perçemi (0,16 ton), kişniş (2,49 ton), alabaş (0,5 ton), çemen (8 ton), tarhun (3 ton) gibi bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin organik üretimleri yapılmaktadır.

Tablo 5. Dünya’da ve Türkiye’de Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin İthalat Verileri (FAO, 2018).

Ürünler		2015		2016		2017	
Ürün Kodu	Bitki Adı	Dünya (Ton)	Türkiye (Ton)	Dünya (Ton)	Türkiye (Ton)	Dünya (Ton)	Türkiye (Ton)
071490	Sahlep	152.769	0,128	135.343	2	57.432	1
070320	Sarimsak	1.828.781	2.651	1.767.973	25.127	1.595.857	415
090111	Kahve	6.606.611	43.185	6.969.637	39.688	6.477.727	51.126
090210	Yeşil Çay	148.950	6,338	145.198,26	0,88	77.358.382	2,909
090411	Karabiber	293.113	2.773	287.097	4.095	257.280	6.116
090910	Anason, Çin Anasonu	167	0	182,107	0	44,546	0
090930	Kimyon	546	0	371	0	287	0
090950	Rezene, Ardiç Meyvesi	117	0	136	0	56	0
091010	Zencefil	2.520	0	10.272	0	403	0
091020	Safran	3.577	0,049	3.559	0,064	2.384	0,097
091040	Kekik ve Defne Yaprığı	97	0	381	0	13	0
091099	Diğer Baharatlar (Çemen vb.)	203.977	7.608	221.112	7.536	162.253	8.784
120740	Susam Tohumu	1.814.716	126.383	1.972.974	137.011	1.590.379	145.812
120791	Haşhaş Tohumu	78.954	0,6	81.578	0,021	70.589	19
121190	İlaç, parfüm ve insektisit olarak kullanılan bitki ve kısımları	622.408	2.651	607.354	3.581	540.083	48.280

Tablo 4. İncelendiğinde organik tarımı yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin doğadan toplanan ve kültürü yapılan ürünlerin üretim miktarlarındaki büyük fark dikkat çekmektedir. Bu da Türkiye’nin organik tıbbi ve aromatik bitki üretiminde kültür yetiştiriciliğinde henüz başlangıç seviyesinde olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

Biyolojik çeşitliliğin korunması, insanlık tarihinin geleceği açısından hayati öneme sahip olmasının yanı sıra organik tarımın da hedeflerinden biri olarak çok önemli bir role sahiptir. Zengin flora yapısına sahip ülkemizde tıbbi ve aromatik bitkilerin korunması, kendi doğal ortamlarına zarar vermeden toplama yapabilmesi, bu bitkilerin devamlılığı için gerekli ve önemli uygulamalardır. Ayrıca var olan bitkilerin kayıt altına alınması, bitki popülasyonunun yüzde oranını arttırmak adına gerekli görülmektedir. Diğer yandan, eğitim faaliyetlerinin artırılması, özellikle doğadan toplanan tıbbi ve aromatik bitkilerin bilinçsizce toplanmasının önüne geçilmesi, bu

bitkilerin mevcut varlıklarının sürdürülebilmesi ve organik tıbbi ve aromatik bitkilerin ülkemizde ki üretim miktarlarını ve değerlendirilmesini etkileyerek yön verebilecek önemli uygulamalardan birisi olarak her daim önemini koruyacaktır.

Kaynaklar

- [1] E. Sezik, “*Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ve Kalite*”, İnönü Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Eczacılık ve Ormancılıktaki Önemi Çalıştayı,2014
- [2] N. Arslan, “*Genel Tıbbi Bitkiler Ders Notları*” (Basılmamış),2007.
- [3] A. Kaya, “*Tıbbi Bitkiler ve Entobotanik Çalışmalar*”, Bitkilerde Tedavi Sempozyumu, 2010.
- [4] M. Javani, N. Arslan ve M. Taher, “*Tıbbi Aromatik Bitkilerin Doğadan Toplanmasında İyi Toplama Uygulamaları*”, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi,15(4): 28-33, 2015.
- [5] E. Faydaoğlu ve M. Sürücüoğlu, “*Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi*”, Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 2011, 11 (1): 52 – 67.
- [6] X. Zhang, “*WHO guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants*”, World Health Organization, Geneva, 2003
- [7] N. Arslan, H. Baydar, S. Kızıl, Ü. Karik, N. Şekeroğlu ve A. Gümüşçü, “*Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminde Değişimler ve Yeni Arayışlar*”, Türkiye Ziraat Mühendisliği 8. Teknik Kongresi, 2015.
- [8] GTHB (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı), *Ulusal Eylem Planı 2013-2016*, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013.
- [9] N. Arslan, “*Tıbbi ve Aromatik Bitkiler*”, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi,17(5): 66-69,2016.
- [10] Y. Kan, “*Türkiye’de Tıbbi Bitkilerin Üretilmesi ve Pazarlanması*”, Bitkilerde Tedavi Sempozyumu,2010
- [11] Türkiye İstatistik Kurumu Verileri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. [Erişim : 05-Aralık-2018]
- [12] E. Yücel, “*Tıbbi Bitki İslahi ve Yetiştiriciliği*”, Bitkilerde Tedavi Sempozyumu,2010
- [13] Türkiye İstatistik Kurumu Verileri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. [Erişim : 08-Aralık-2018]
- [14] E. Bayram, S. Kirici, S. Tansi, G. Yılmaz, O. Arabacı, S. Kızıl ve İ. Telci, “*Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminin Arttırılması Olanakları*”, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası 7. Teknik Kongresi,2010.
- [15] N. Arslan, “*Türkiye’de Doğal Çiçek Soğanlarının Potansiyeli ve Geleceği*”,1. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi Bildiriler Kitabı, 209-215,2010
- [16] R.B. Bağdat ve M. Pehlivan, “*Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Organik Tarım ve Hayvancılıkta Kullanımları ve Toprak İslahındaki Roller*”.
- [17] R. Çakmakçı ve Ü. Erdoğan “*Organik Tarım*”, 3. Baskı, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 2012
- [18] Tarım ve Orman Bakanlığı Verileri, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler> [Erişim: 05-Aralık-2018]
- [19] Türkiye İstatistik Kurumu Verileri,<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> [Erişim: 06-Aralık-2018]



Organik Tarım Ürünleri Konusunda Yapılmış Pazarlama Çalışmalarından Örnekler

Döndü ÇINAR^{1*}, Bora GÖKTAŞ²

¹Bayburt Üniversitesi, FBE Organik Tarım İşletmeciliği Yüksek Lisans Öğrencisi
Bayburt, ORCID ID: 0000-0001-6591-8895

²Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri,
Bayburt, ORCID ID: 0000-0003-2159-0241

Anahtar Kelimeler:

Organik tarım,
pazarlama,
organik tarım
pazarlama

Özet

Organik tarım tüm dünyayı ilgilendiren ve birçok sağlık sorunlarının önüne geçen önemli tarımsal bir araçtır. Hızlı nüfus artışına cevap verebilecek hızlı üretim organik tarımda söz konusu değildir. Bundan dolayı birçok kimyasal girdiler kullanılarak bunun önüne geçilmeye çalışılsa da bu durumda çevre ve insan sağlığı açısından büyük tehditler oluşturmaktadır ve organik tarım söz konusu olmamaktadır. Kimyasal girdiler kullanılarak birim alandan alınan ürün miktarı da arttırılmaya çalışılmakta, böylece nüfusun besin ihtiyacının büyük miktarı karşılanabilmektedir. Ancak bunu yaparken doğanın dengesinde bozulmalar meydana geleceğini göz ardı etmememiz gerekmektedir. İlerleyen zamanlarda üreticilerde ve tüketicilerde sağlık ve güvenli gıdalar tüketmek istemeleri, organik tarıma olan duyarlılığın artması sonucu organik tarım ürünleri üretilmeye başlanmış, ülkemizde ve dış ülkelerden belirli ürünlerde talep artışları olmuştur. Buna paralel olarak da organik tarım ürünlerinin pazarlanmasına yönelik çalışmalarda artış meydana gelmiştir. Bu çalışmada; Türkiye’de organik tarım ürünlerinin pazarlanması konusunda yapılmış çalışmalar ve organik tarımın geçmişten günümüze nasıl bir yol izlediği üzerinde durulmuştur. Bu çerçevede organik tarım sistemi başlığı altında organik tarımın tanımına, organik tarımın tarihi gelişimine, faydalarına, dezavantajlarına, amaçlarına, pazarlama kavramına ve tarihi gelişimine yer verilmiştir.

Examples of Marketing Studies on Organic Agricultural Product

Keywords:

Organic
Agriculture,
Marketing,
Organic
Agricultural
Marketing

Abstract

Organic agriculture is an important agricultural tool that concerns the whole world and prevents many health problems. Rapid production that can respond to rapid population growth can not be carried out in organic agriculture. Therefore, although many chemical inputs are tried to be used to prevent this, they pose great threats to the environment and human health and there is no organic agriculture. Chemical inputs are used to increase the amount of products taken from the unit area and thus, the large amount of food needs of the population can be met. However, in doing so, we should not ignore the deterioration of the balance of nature. As a result of the increase in the sensitivity to organic agriculture in producers and consumers, organic agricultural products have started to produce and there have been increases in demand for certain products in our country and abroad. In parallel, there has been an increase in the efforts to market organic agricultural products. This research has been focused on studies on the marketing of organic agricultural products in Turkey and what kind of way it has followed from the past to the present. In this context under the title of organic agriculture system the definition of organic agriculture the historical development of organic agriculture its benefits disadvantages, aims, marketing concept and historical development are included.

1. GİRİŞ

Organik tarımda genetiği değiştirilmemiş tohum kullanmak, toprağa ve doğaya zarar verecek kimyasal ilaç gibi maddeleri kullanmamak, ayrıca sertifikasyon ve etiketlendirme gibi temel ilkeleri olan üretim yöntemidir[1]. Bu üretim şekliyle insan, hayvan ve çevrenin korunması yanında doğal kaynaklarda korunmuş olacaktır.

Zakowska – Biemans’ a (2011) göre toplum kesiminde artan gelir ve ürün çeşitliliği tüketicilerin beslenme konusunda büyük değişiklikler meydana getirmiştir. Seufert, Ramankutty ve Foley (2012) gıda sektöründe ilerlemeler kaydetmek için birçok araştırmalar yapan bu kişiler organik ürün üretiminin yaygınlaştırmak olduğunu belirtmişlerdir. Çevre, biyolojik çeşitlilik gibi doğal dengenin korunması için organik tarımın gerekliliği vurgulanmıştır. Buna bağlı olarak organik üretim hem tüketicilerin hem de doğal dengenin korunması için en iyi üretim yöntemi olarak belirlenmiştir[2]. Bunun yanında deMagistris ve Gracia (2008) tüketicilerin güvenli ve çevreye zararsız ürün üretim yöntemlerini önemseyerek satın alma işlemlerini gerçekleştirdiklerini ortaya atmışlardır. Doğal dengeye zararın baş göstermesiyle tüketici ürünü satın alırken bu hususları da göz ardı etmemektedir[3]. Organik ürünler tüketici zihninde genel olarak tüketilen gıdalara göre daha sağlıklı olduğu algılanmaktadır[4].

Tarımın geçmişten günümüze insan hayatına girdiği andan itibaren tarıma yönelik hiçbir kimyasal girdi kullanılmamıştır, ilerleyen teknoloji ve gelişen sanayi ile kimyasal girdi kullanımı artış göstermiştir[5]. Tarımda kullanılan kimyasal girdiler çevreye ve dolayısıyla insanların sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bunun önüne geçilmesi için organik tarım çalışmaları artırılmalı ve organik tarıma gereken önem verilmelidir. Ancak hızla artan nüfusa sadece organik tarım uygulanarak yeterli besin ihtiyacı karşılanamamaktadır. Bundan dolayı kimyasal girdiler kullanılarak ve ürünlerin hızlı bir şekilde yetiştirilmesi sağlanmış olup ihtiyaçlar karşılanabilmektedir. Ama bu durum çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyerek; ekosistemin bozulmasına, biyolojik çeşitliliğin sağlanamaması gibi durumların ve toprak erozyonu gibi doğa olaylarının oluşmasına zemin hazırlayacaktır. Bahsi geçen olayların oluşmasına ortam hazırlayan bir nevi insanlardır. Birçok üreticiler daha hızlı üretim gerçekleştirmek ve yüksek karlar elde etmek için kimyasal girdi kullanma yoluna gitmişlerdir. Bilinçsiz olarak kimyasal girdilerin kullanılması ekolojik dengeyi bozmakta ve doğayı sürdüren yeşil döngü yerine doğayı yok eden kısır döngü ortaya çıkmaktadır[6]. Kimyasal girdilerin kullanımı sonucunda birtakım olumsuzlukların ortaya çıkmasıyla bu duruma alternatif çözümler baş göstermiştir. 1910 senesinde Albert Howard’ ın Tarımsal Vasiyetnamesi, 1924 senesinde Dr. Rudolf Steiner’ in Biyodinamik Tarım Yönetimi çalışmaları çerçevesinde bazı Avrupa ülkelerinde organik tarıma duyarlı üretici ve tüketiciler bir araya gelerek organik tarım alanında çalışmalara başlamışlardır. Bu çalışmalar ardından 1972 senesinde Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu (IFOAM) üç kıtada beş kurucu organizasyon tarafından kurulmuştur ve bu organizasyonun merkezi Almanya olan bu hareketin gelişimini uygun bir şekilde faaliyete geçirerek, gerekli standartlar ve yönetmelikler oluşturmayı, tüm bilgileri katılan üyelere ve bu alanda uğraşan sektörlerle aktarmaktır[7].

Aslında kimyasal girdi olarak bilinen 1970 yılında “Yeşil devrim” olarak nitelendirilen tarım politikası ülkelerdeki beslenme sorununa çözüm olsa da ekolojik dengeyi tahrip ederek insan sağlığını, kaynakları, ekosistemi, biyolojik çeşitliliği vb. durumları tetiklemiştir[8]. Tüm bunların farkına varan duyarlı tüketiciler ise sağlıklı besinlerin tüketimi konusunda organik tarıma ve dolayısıyla organik ürünlere yönelmeye başlamışlardır. Bu yönelişle organik ürün pazarlarında tüketici talepleri artacak ve birçok organik ürünler pazarlanma imkanına sahip olacaktır. Türkiye’ de üretilen birçok organik ürün dış pazara satılırken, bunların geri kalanı da iç pazarda tüketilmekte ve bazı mamullerin karışımında kullanılmaktadır. Organik Pazar ve büyük marketlerin aracılığıyla bu ürünler pazarlanabilmektedir[9]. Organik tarım ve gıda ürünlerine olan talebin artması sonucu organik tarımı benimseyen çiftçi sayısı da doğal olarak artmıştır. Bu talebin artması aynı zamanda uluslararası ticareti de geliştirmiştir. Kendi ülkelerinde organik ürünler için iç Pazar ve talep olmadığı bazı ülkeler Avrupa’ da yetişmeyen ve talep edinilen organik ürünleri üretmeye ve ihraç etmeye başlamışlardır[10]. Pazarlama kanalları yolu ile bazı organik meyve ve sebzeler tüketicilere ulaştırılmaktadır. Bu ulaşım yolları bir kısmı üretimin olduğu yerde satış yaparak ulaştırırken, bir kısmı da bazı üretim yerlerinin pazara uzak mesafede olduğu için üretimin alanında komisyonculara satılarak ürettikleri ürünleri pazarlamaktadırlar. İhracat firmaları veya tarım kooperatifleri yoluyla da tüketicilere ürünler doğrudan pazarlanabilmektedir[11].

Eldeki çalışmanın amacı, organik ürünlerin pazarlanmasındaki durumları ortaya koymak, organik tarım ve pazarlama kavramlarının literatür taramaları yapılarak, organik tarım konusunda yapılmış pazarlama çalışmalarından örnekler sunmaktır. Bu doğrultuda, 19 çalışma örneği belirlenmiş olup söz konusu çalışmalara ilişkin bilgiler tablo şeklinde gösterilmiştir. Çalışma için seçilen örnek araştırmalar şunlardır:

1. Banu BAYSEL: Türkiye’ de Organik Tarım Üretiminin Önemi ve Tarımsal ürün İhracatı İçerisindeki Payı
2. Fatma UZUN: Organik Tarım ve İhracatı

3. Sinan NARDALI: Etik Pazarlama Anlayışı Çerçevesinde Organik Tarım Ürünleri Pazarlaması
4. Ayşe KARA: Organik Ürünlerin Pazarlanmasında Tüketiciler Tutumları ve Tercihlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma
5. Hasan Selçuk ETİ: Organik Gıdaların Pazarlanması ve Organik Gıdalara Karşı Tüketici Tutum ve Davranışları Analizi
6. Eren ÇAĞDAŞ: Türkiye’ de Ekolojik Tarım Ürünlerinin pazarlanması ve Rapunzel Limited Şirketinde Yapılan Uygulama
7. Seçil Adalet GÖK: Organik Tarım İşletmelerinin Pazarlama Faaliyetleri ve Sorunlara Yönelik Yaklaşımları
8. Zahide KURT: Organik Tarım Ürünleri Pazarlaması ve Uygulamaları
9. Selma KARABAŞ: Organik Ürünlerin Pazarlanmasında Tüketici – Üretici Davranışları Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi
10. Süreyya ECE: Organik Tarım İşletmelerin de Pazarlama Sorunlarına Yönelik Şanlıurfa İlinde Bir Araştırma
11. Gülüm Burcu DALKIRAN: Türkiye’ de Ekolojik Ürünlerin Pazarlanma Süreci ve Turizm Boyutu
12. Halil İbrahim GENÇELİ: Organik Ürünlerin Pazarlanmasında Marketlerin Rolü
13. Ghassan Yas Khudhur ALSULTAN: Organik Ürün Pazarlamasında Satın Alma Nedenlerine İlişkin Bir Araştırma
14. Emrah GÜRKAN: Avrupa Birliği’ n de Organik Tarım Pazarı
15. Ruhsar YANMAZ: Organik Ürünlerin Pazarlanması ve Ticareti
16. Dilara AYLAA, Derya ALTINTAŞ: Organik Üretim ve Pazarlama Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme
17. Mahmut DAŞÇI, Serap BEDİR, Şerif KIZILTAŞ, M. Murat CENGİZ, Hüseyin BOZ: Yöresel Organik Ürünlerde Üretim ve Pazarlama Problemleri
18. Süleyman KARAMAN, Damla ÖZSAYIN, Hasan KARAHAN: Organik Yaş Meyve ve Sebzelerin Doğrudan Pazarlanmasında Tüketici Memnuniyeti
19. Derya ÖZTÜRK, Ali İSLAM: Türkiye’ de Organik Ürünlerin Pazarlanması

2. ORGANİK TARIM SİSTEMİ

2.1. Organik Tarım Kavramı

Ekolojik tarım veya biyolojik tarım olarak da bilinen organik tarıma yönelik birçok tanım yapılabilmektedir. Tanımlara geçmeden önce organik tarımın ekolojik ve biyolojik olarak bilinmesindeki sebep dil farklılıkları nedeniyle farklı ülkelerde farklı isimlerle anılmasıdır. Örneğin İngiltere’ de organik (organic), Almanya’ da ekolojik (ökologish) ve Fransa’ da biyolojik (bioloque) kelimeleri kullanılmaktadır. Ancak bu kelimeler birbiriyile eşanlamlıdır[12].

Birçok kurum veya kuruluş tarafından organik tarım şu şekillerde tanımlanmıştır: Uluslararası Organik Tarım Federasyonu (IFOAM) tarafından 2008 yılında İtalya’ da yapılan tanım, “Toprak ekosistem ve insan sağlığını devam ettiren, sağlıklı olmasını sağlayan bir üretim sistemidir. Sistem olumsuz etkisi olan girdilerin kullanımı yerine ekolojik süreçler, biyolojik çeşitlilik ve yerel koşullara uyum sağlamış döngülere dayanır. Ekolojik tarım içinde bulunduğumuz çevreye fayda sağlamak adil ilişkiyi ve tüm ilgili taraflar için iyi bir yaşam kalitesini yaygınlaştırmak adına gelenek, yeni buluşlar ve bilimi bir araya getirir.” [12].

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA)’nın yaptığı tanıma göre, “Organik tarım, sentetik içerikli gübre, tarım ilaçları, büyüme düzenleyiciler ve hayvan ve yem katkıları kullanımını yasaklayan veya büyük ölçüde kaçıran bir üretim sistemidir. Mümkün olduğu ölçüde organik tarım sistemleri toprağı işlemek ve verimliliğini korumak, bitki besin maddelerini sağlamak, zararlı böcek, yabancı ot ve hastalıkları kontrol etmek için ürün münavebesi, bitki artıkları, hayvan gübresi, baklagiller, yeşil gübreleme, organik çiftlik artıkları ve biyolojik zararlı kontrollü işlemlere dayanır.”[12].

Organik tarım, insan sağlığına, çevreye zarar vermeyen ve kimyasal girdi kullanmayan, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı tarımsal üretim biçimidir. Organik tarımda ürün yetiştirilmesi ve hasat, işleme, sınıflandırma, ambalajlama, etiketleme, muhafaza, depolama, taşıma ile ürünün tüketiciye ulaşmasına kadar olan diğer tüm işlemlerde, kimyasal madde veya tarım ilacı kullanılmamaktadır[13].

Organik tarım, (ekolojik tarım, biyolojik tarım) toprak, su, bitki, hayvan ve su kaynaklarını kirlenmeden, genetik kaynaklara müdahale etmeden yapılan kimyasal gübre ve ilaçların hiç kullanılmadığı veya izin verilenlerin kullanıldığı kontrollü ve sertifikalandırılmış bitkisel üretim, hayvansal üretim, su ürünleri ve ormancılık ürünleri üretimi yöntemidir. Konvansiyonel tarıma alternatif olarak ortaya çıkan organik tarım ekolojik sistemde hatalı

çalışmalar sonucu kaybolan doğal dengeyi yeniden kurmaya yönelik insan ve çevreye dost üretim sistemlerini içermektedir[14].

“Dünyada havayı, suyu ve toprağı kirletmeksizin, erozyonu, toprağın tuzlulaşmasını, diğer hastalık ve zararlıların etkisini en aza indirecek tarımsal tekniklerin geliştirilmesine her geçen gün duyulan ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayacak, doğaya dost üretim metodu “organik Tarım” olarak nitelendirilmektedir[15].

“Organik tarım, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen ve üretimde kimyasal girdi kullanılmadan, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı tarımsal üretim biçimidir, doğal dengeyi koruyarak hava ve su gibi yaşamsal kaynakların ve doğal hayatın korunmasını amaçlayan bir üretim yöntemidir.”[15].

Organik tarımda ürün yetiştirilmesi, toplanması, hasat kesim, işleme, tasnif, ambalajlama, etiketleme, muhafaza, depolama, taşıma ile ürünün tüketiciye ulaşmasına kadar olan diğer tüm işlemlerde, kimyasal madde veya tarım ilacı kullanılmamaktadır. Çiftçiler ve aileleri tarım ilaçlarına daha sık maruz kaldıkları için, organik tarım öncelikle çiftçi ve ailesinin genel olarak toplumun sağlığını korur ve iyileştirir. Organik tarım yaygınlaştıkça, tedavisi çok pahalı olan hastalıklara yakalanma oranları da azalacak ve ekonomide dolaylı yoldan olumlu etkilenecektir[15].

Yukarıdaki kurum ya da kuruluşların yapmış oldukları tanımlardan hareketle organik tarım; üretimi sırasında ekolojik dengeyi, biyolojik çeşitliliği ve ekosistemi bozmadan, insan, hayvan, çevre ve diğer canlılara zarar vermeden, kimyasal girdilerin kullanımının olmadığı üretiminden tüketimine kadar olan her aşamasında kontrollü bir şekilde ilerleyen tarım olarak tanımlanabilir.

Organik tarım, doğal çevreye, insana, diğer canlılara zarar vermeden ve yaşam alanlarını koruyarak, kimyasal girdiler kullanılmadan kaliteli üretim yapılmasını amaçlayan tarım sistemidir. Zamanla tüketici bilincinin değişmesi sonucu organik tarıma olan ihtiyaç artmakta ve tüketicilerin sağlık sorunları ile karşılaşma durumlarını göz önünde bulundurarak organik tarıma olan ilgiye gittikçe artmaktadır.

Bu bilgiler ışığında yapılan tanımlara yönelik organik tarımın birçok faydasına değinebiliriz[16].

- Tarım açısından faydası: Topraktaki mineralleri, yaşayan küçük canlıları korur, toprakta yetiştirilen ürünlerin besin değerlerini korur.
- Çevre açısından faydası: Öncelikle topraktaki erozyonu azaltır, havadaki, sudaki kirlilik oranını azaltır, insan, hayvan ve diğer canlıların yaşam alanını korur.
- Maliyet açısından faydası: Organik tarımda girdi kullanımı söz konusu olmadığından ekstra girdiye herhangi bir masraf olmayacaktır.
- Sosyal açıdan faydası: İstihdamın artırılması, birçok sağlık sorunlarının önüne geçilmesi, kaliteli ve sağlıklı bir yaşam sunar.

Organik tarımın birçok faydası olduğu kadar dezavantajları da vardır. Bunlar tüketici kesiminin organik tarımla ilgili yeterli bilgiye sahip değildir. Bundan dolayı organik ürünlerin kabul edilmemesi ve aradıkları mal grubun da yer alması zaman alacaktır.

- Verimlerde yaşanan kayıplardan dolayı organik tarım uygulamaları başladığında bu verim kayıplarının maliyeti üreticilere yansıtacaktır.
- Organik tarımın yayılması zaman alıcı olduğundan tarımsal faaliyetler yetersiz kalmıştır.
- Bu tarımda üretilen ürünlerin iç piyasada pazarlanması yeni ve belirsiz bir konudur. Konunun yeni olması yetersiz eleman ve yetersiz tarımsal yayın çalışmalarının olmasıdır.
- Diğer bir sorunda arazilerin yetersiz, küçük, birbirine yakın ve parçalı bir yapıya sahip olmasıdır[17].

2.2. Organik Tarımın Amaçları

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere organik tarımın genel olarak şunlardır: Bu tarım sisteminde birim alandan alınan ürün miktarı değil, yetiştirilen ürünlerin doğal yöntemlerle kalitesini artırmak amaçlanmıştır. Bunun dışında diğer amaçları da şunlardır:

- Kimyasal girdilerin kullanımı sonucunda ortaya çıkan olumsuzlukları en aza indirmek,
- Doğaya zarar vermeyecek şekilde üretim yapmak,
- Herhangi bir canlının sağlığını tehdit edecek ve yaşam alanını bozacak durumları ortadan kaldırmak,
- Biyolojik çeşitliliği koruyarak devamlılığını sağlamak,
- Organik tarım ürünleri üreticilerine toprağı korumak ve ıslah edilmesi konusunda gerekli eğitimlerin verilmesi,

- Sürdürülebilir tarım için bitki ve hayvan genetiklerinin verimli ve etkin bir şekilde korumak ve kullanmak,
- Tüketiciye kaliteli ve güvenilir ürünler sunmak,
- Gelecek nesilleri de düşünerek sağlıklı kaynaklar bırakmak, bu kaynaklardan faydalanabilmelerini sağlamak[18].

3. ORGANİK TARIMIN TARİHİ GELİŞİMİ

Organik tarımın dünyada gelişimi 1930' lu yıllara dayanmaktadır, ilk olarak da organik tarım Avrupa ve ABD de ortaya çıkmıştır. İlerleyen zamanlarda diğer tüm dünya ülkelerine yayılarak ilerleme göstermiştir. Organik tarımın hızla yayılması durumunda insanlar çevre, sağlık vb. konularda bilinçli olmaya başlamışlardır. Bunun sonucu olarak da organik tarımda olan talep artıyor ve buna bağlı olarak organik tarımda çalışan çiftçi sayıları da artış göstermekte olup organik ticareti hızlandırmaya neden olmuştur[12].

Türkiye' de ise organik tarımın gelişimi diğer ülkelerden talepler olması üzerine 1984 yılında başlamıştır. Türkiye' de üretimi yapılan ilk organik ürünler kuru üzüm ve kuru incir olmakla beraber ardından kuru kayısı ve fındık ürünlerinin üretimi yapılmıştır. Organik ürün çeşitleri artarak 1990 yıllarda 8 adete ulaşmış ilerleyen yıllarda ülkelerden gelen talepler doğrultusunda organik tarım çeşitliliği büyük gelişme göstermiştir. Şimdilerde ise organik ürün sayısı artarak ve bunlara ilave olarak işlenmiş ürünlerde de artış meydana gelmiş ve 270 adet ürünü geçmiştir[19].

Bizim ülkemizde 2000 yılına kadar organik tarım ürünleri dış pazara yönelik gelişmiştir. 1999 yılından sonrada organik tarım ürünleri İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Antalya, Kuşadası, Bodrum gibi yerlerde satışları başlamış ve talep de artış görülmüştür[20].

4. PAZARLAMA KAVRAMI VE TARİHİ GELİŞİMİ

Pazarlama kavramı, küreselleşme, teknolojik ilerlemeler ve ekonomik boyutlar gibi nedenler ile sürekli yenilenen bir kavram haline gelmiştir. Bundan dolayı işletmeler için vazgeçilmez fonksiyonu olan pazarlama kavramı sürekli yenilenen bir kavram olmuştur.

Pazarlama, farklı dönemlerde oluşan tanımlara farklı ifadeler yüklenerek birçok tanımı yapılmıştır. Pazarlama kavramı sadece gözle görülür elle tutulur somut nesnelere pazarlanması değil, aynı zamanda fikirlerin yani soyut düşüncelerinde pazarlanmasıdır.

Geçmişten günümüze “müşteri” işletmeler açısından önemli odak noktalarından birisidir ve işletmeler müşterilerin istek ve beklentilerini doğru zamanda ve doğru biçimde belirleyerek müşterilere en uygun fiyatta kaliteli ürünlerin hızlı bir şekilde sunarak rekabette bir adım önde olabilmektedirler. Bu durum ise pazarlama faaliyetlerinin diğer işletme fonksiyonlarında olduğu gibi pazarlamanın etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesi ile mümkündür[20].

Pazarlamanın ne olduğuna yönelik birçok tanım yapılmaktadır. Bu tanımlar arasından en çok tercih edilen tanım kısa zaman öncesine kadar Amerikan Pazarlama Birliği'nin 1985 yılında yapmış olduğu tanımdır. “Pazarlama kişisel ve işletme amaçlarını gerçekleştirerek değişimleri sağlamak için fikirlerin, ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi, fiyatlandırılması, tutundurulması ve dağıtımının planlanması ve yürütülmesi sürecidir.”[21].

APB 1948 yılında pazarlama ilk şu şekilde tanımlanmıştır, “Pazarlama üreticiden tüketiciye veya katılımcıya doğru yönlendirilen işletme faaliyetlerinin yerine getirilmesi ve mal – hizmetlerin akışını sağlayan olaydır”. 1948 yılında yapılan bu tanım bazı küçük değişikliklerle 1960 yılında yeniden tanımlanmış olup şu şekilde kazanmıştır, “Mal ve hizmetlerin üreticilerden tüketicilere akışını yönlendiren işletme faaliyetlerinin yerine getirilmesidir.” 1960 yılında yapılan tanıma APB yeni ifadeler ekleyerek tanımı değiştirmiştir. Bu tanımda 1985 yılında yaptığı tanımdır. 2004 yılında pazarlama yeni anlamlar kazanarak tekrar şu şekilde tanımlanmıştır. “Pazarlama örgüt ve paydaşlarına fayda sağlayacak şekilde müşteriler için değer yaratmak, iletmek ve ulaştırma ve müşteri ilişkilerini yönetmeye yönelik bir örgütsel fonksiyon ve dizi süreçtir.” Şimdilerde kullandığımız ve yine APB tarafından 2007 yılında pazarlamaya yeni anlamlar yükleyerek günümüzde kullandığımız tanım şudur, “pazarlama alıcılar, müşteriler, paydaşlar ve toplumun bütünü için değer ifade eden önerilerin geliştirilmesi, iletişimi, ulaştırılması ve değişimi için bir dizi kurum ve süreçten meydana gelen, örgütler ve bireyler tarafından yürütülen bir faaliyettir.”[21].

Kotler' e göre pazarlama kavramı ise, “Karşılanmamış gereksinimleri ve talepleri saptayan, bunların büyüklüğünü ve olası karlılığını tanımlayıp ölçen; organizasyonun hangi hedef pazarlara en iyi şekilde hizmet verebileceğini

belirleyen; seçilen bu pazarlara hizmet ederek uygun ürünlere, hizmetlere ve programlara karar veren ve organizasyondaki herkesin müşteriye düşünüp ona hizmet etmesini isteyen işletme fonksiyonu” olarak tanımlanmıştır[22].

Pazarlama toplum yapısındaki değişikliklerle sürekli yenilenen ve çok eski toplumlarda değiş – tokuş (takas) ile ortaya çıkmış, şimdilerde ise yeni anlam ve ifadeler kazanarak yıllar itibariyle sürekli değişen bir kavram olmuştur. Temelini insan istek ve ihtiyaçları oluşturan, bu istek ve ihtiyaçların takas edilmesi şimdilerde satın alma ifadesi ile benzerlik göstermektedir[23].

Pazarlama kavramı 1850 yılından günümüze kadar birçok değişim süreci geçirmiştir. Bu değişim süreçleri üretim anlayışı, ürün anlayışı, satış anlayışı ve modern pazarlama anlayışı olmak üzere dört dönemden oluşmaktadır[23]:

- I. Üretim anlayışı dönemi: Bu dönemde tüketicilerin ihtiyaç ve istekleri üzerine değil üretilen malların miktarı göz önünde bulundurulmuştur. Bu dönem 1900 yılların başlarında ortaya çıkmış olup, burada az maliyetle çok üretim yapmak önemsenirken, tüketici kesiminde de hangi fiyata ne miktarda mal alırım düşüncesi hakimdir
- II. Ürün anlayışı dönemi: Bu dönemde de kaliteli ürünler tercih edilmekte ve “kalite” tüketicilerin odak noktası konumundadır. Üreticilerde üretim safhasında ürünleri kaliteli üretmek için neler yapmalıyım düşüncesi hakimdir. Bu dönemde pazarlamanın rolü üretim döneminde olduğu gibi oldukça azdır. Üretim ve ürün dönemlerinin ortak noktası üretimin ne kadar iyi olduğu düşüncesidir.
- III. Satış anlayışı dönemi: Tüketici kesimi yine önemsenmemektedir. Dönemin belirgin özelliği üretim ve ürün dönemlerinde hizmet önemsenen kavram değildi, satış döneminde malların pazarlanabileceği gibi hizmetlerde pazarlanabilir düşüncesi üzerine hizmet kavramı da önemli bir yere sahip olmuştur.
- IV. Modern pazarlama anlayışı dönemi: Bu dönem öncesinde tüketiciler tamamen göz ardı edilmiştir. Bu dönemin önemli noktasını tüketiciler veya müşteriler oluşturmaya başlamıştır. Tüketicilerin veya müşterilerin istekleri, ihtiyaçları, arzuları ne gibi sorular üzerinde durulmuştur. Bir takım pazar araştırmaları yapılarak tüketicilerin veya müşterilerin istekler, ihtiyaçları vb. saptanır, sonuçlar üzerinden mal üretimi yapılır veya hizmete yönelik eylemleri gerçekleştirilmeye çalışılır. Bunlardan hareketle tüketicilerin veya müşterilerin sadece mal talep etmedikleri, hizmete de talep olduğu anlaşılmıştır.

5. ORGANİK TARIM PAZARLAMA ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ

Organik tarım konusunda yapılmış olan pazarlama çalışmalarından örnekler aşağıdaki Tablo 1.’ de pazarlama konusundaki çalışmaların örnekleri bulunmaktadır.

Tablo 1. Pazarlama Çalışmalarından Örnekler

Yazar	Yıl	Çalışmanın amacı	Elde edilen sonuç
Banu BAYSEL	2013	Tüm dünya ülkelerinde ve Türkiye’ de organik tarım ticaretinin SWOT analizi yapılarak Türkiye’ de organik tarım sektörünün durum analizi yapılacaktır. Organik tarım sistemi tanıtılarak dünyada arz edilen önemi vurgulanacak, Türkiye’ nin bu sistem ile alakalı durum analizini yapıp ve konularla ilgili gelişmeler kaydedilerek yapılacak olanlar ortaya konulacaktır.	Diğer ülkelerin organik ürün pazarı gözden geçirildiğinde, Türkiye bu durumun çok gerisinde kaldığı görülmüştür ve organik ürün potansiyeli konusunda elindeki fırsatları değerlendiremediği saptanmıştır. Bizim ülkemizde organik ürün sektörünün ilerletilmesi için ilk olarak yapılması gereken tüketicilerin bilinçlendirilmesidir. Türkiye iç pazara yönelik yeterli seviyeye ulaştırabilmek için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Bu durumda dış ülkelere azalan talep kendi ülkemizde iç talepten karşılanabilecektir[24].
Fatma UZUN	2006	Organik tarım hakkında bilgi vererek, tüm dünya ülkelerinde bu konudaki durumu belirleyerek ve organik tarım konusunda Türkiye’ nin olumlu-olumsuz yönlerini saptamak.	Türkiye’ de organik tarım küçük ve parçalı topraklarda yapılmakta olup ve Türkiye’ de genel olarak konu hakkında bir araya gelmiş üreticiler yeterli değildir. Tüketicilere tanıtılan bu organik ürünlerin alınması söz konusu olmakla beraber, pazarlama çalışmaları ve iç pazar açısından yetersizdir. Ülkemizde organik tarımı ileri seviyelere taşımak amacıyla devletin, bazı kurum veya kuruluşların destekleriyle ulusal – uluslararası düzeyde birçok çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte tarım ekonomisi kapsamında köyden kente olan yerleşmelerin bir nebze olsa geride kalacaktır sonucuna ulaşılmıştır[25].
Sinan NARDALI	2009	Organik sektörde faaliyet gösteren kişilerin anketler yapılarak üreticilerin, tüketicilerin, perakendecilerin ve sertifikasyon kuruluşlarından oluşan bu kişilerin önemli gördükleri noktalar, sahip oldukları etik ilkeler ve karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır.	Etik pazarlama anlayışı ile organik ürün pazarlamasının bir arada olduğu çalışmadır. Organik ürün pazarının büyümesi, ilerlemesinde ki neden belirtilmiştir. Organik ürünlerin üretimi, fiyatı, dağıtımı, tutundurması gibi ilkeler ortaya atılmıştır. Ancak bu ilkeler için pazarlama açısından planlanan eksikliği veya yetersizliği birçok etik sorunlar ortaya çıkarmıştır. Farklı organik ürünlerin fiyatı üzerinde değil sağlık açısından yararlarına değinilmiştir[26].

Tablo 1' in devamı

Ayşe KARA	2007	Tüketici kesiminin organik ürün tercihleri ve organik tarım konusunda tutumlarını belirleyerek, organik ürün tüketen kesimin nerelerden alışveriş yaptıkları (dükkan süpermarket) yerler ve tercih nedenleri, bu ürünlerin özelliklerini belirlemek.	Tüketicilerin bazı organik ürünleri tercih ettiklerini söyleyebiliriz, bu ürünlere olan tutumları, tercihleri üzerindeki faktörler incelenip, ulaşılan sonuçlarda tüketicilerin organik ürün pazarındaki bilinçlilik durumları değerlendirilmiş, bunun üzerine şirketler tüketici tercihleri neticesinde organik ürün hakkında neler yapılıp ya da yapılmayacağı konusunda tüketicilere gerekli bilgiler ışığında aydınlatılması öngörülmüştür[27].
Hasan Selçuk ETİ	2014	Tüketiciler organik gıdaları satın alırken sergiledikleri davranışlarını, tutumlarını etkileyen unsurları bulup analiz etmek.	İç pazarda tüketilen organik gıdaların fazlaştırılarak kimyasal girdilerin kullanılmadığı, çevreye, toprağa vb. zarar verilmeyecek, ekonomik açıdan, ülkemizin bu tarım sistemindeki dış pazar payı artırılması önemli noktalara getirmektedir[28].
Zahide KURT	2006	Organik tarım sistemi, organik ürünlerin pazarlanması dünyada ve Türkiye' de organik tarım, organik ürünlerin bizim ülkemizdeki birkaç süper marketlerde pazarlanması konusunda bilgiler yer alacaktır.	Farklı niteliklere sahip Pazar bölümlerinin fırsatları ve bu fırsatlardan faydalanmak için hedef Pazar seçilir seçildikten sonra seçilen hedef pazar için pazarlama karması oluşturulup, organik ürün pazarlamasında da pazarlama karması; ürün, fiyat, dağıtım, tutundurmaktır[29].
Halil İbrahim GENÇELİ	2013	Organik ürünlerin pazarlanmasında marketlerin rolüne ve tüketici eğilimlerini belirleyerek, detaylı literatür çalışması yapılarak, Kozzy Alışveriş ve Kültür Merkezi içinde tüketicilere anket uygulanmıştır.	Ulaşılan sonuçlarda ilerleyen perakende sektörünün geniş alanda ürün ile tüketici buluşma merkezi vazifesi organik ürün sektöründe de değişiklik olmamıştır. Organik ürünlere büyük AVİM' ler de ve market zincirlerinde ulaşmak mümkündür. Marketlerden alınan organik ürünlerin güvenilirlik açısından tüketicileri bu yerlere çekmede başarılı olmuştur[30].
Eren ÇAĞDAŞ	2003	Bizim ülkemizde ekolojik tarım ürünleri konusunda pazarlama çalışmalarına ve bu konuda yapılması gerekenler değerlendirilmiştir. Ayrıca ekolojik tarım sektöründe faaliyet göstermek isteyen firmalara yardımcı olması ve bu sektörün pazarının oluşumu ile ilerlemesi değerlendirilmiştir.	Ekolojik tarım ürünlerinin pazarının gelişimi için üretici ve tüketicilere düşen görevlere yer verilip görevler şunlardır: Üreticiler sağlıklı besinleri yetiştirerek yaşam kalitesini yükseltip, yüksek karlar edinilebileceğini anlatıp, ne kadar çok üretici olursa bir o kadar da pazarda ekolojik tarım ürünleri sayısı fazlalaşacaktır. Tüketici kesiminin de bu ürünler konusunda yeterli bilgiler edinip, ürünlerin hakkında tüm faydalar tüketiciye aktarılmalıdır. Tüketicilere bu ürünleri talep ettirebilmek için tutundurma faaliyetlerinin yapılması ve dağıtım ile tüketiciye ulaştırılması sağlanmalıdır[31].
Süreyya ECE	2008	Bu çalışmada organik tarımın tüm dünya ülkelerindeki ve Türkiye' deki ilerlemelerinden ve öneminden söz edilmiştir. Türkiye' de organik tarım sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin durumlarından bahsedilmiş ve ortaya çıkan problemler saptanmıştır. Şanlıurfa' daki organik tarım işletmeleri değerlendirilmiş ve karşılaşılan problemler belirlenmiş, problemler için tavsiyeler ile yardımcı olunmaya çalışılmıştır.	Şanlıurfa' da organik tarım alanında faaliyet gösteren firmaların bilgi yetersizliği ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı birtakım destekler alınmalı ve gerekli tüm bilgiler edinilmelidir. İşletmede çalışan tüm kişilerin bu konuda bilgili olmaları gerekmektedir. Üniversite, diğer kurum veya kuruluşların desteği alınarak seminer, sempozyum vb. programlar düzenlenmelidir[32].
Gülüm Burcu DALKIRAN	2009	Ekolojik tarım ürünlerinin Türkiye' deki pazar sistemini ortaya çıkararak, gelecekteki durumu hakkında tahminlerde bulunmaktır.	Türkiye, Avrupalı ithalatçıların talepleri doğrultusunda organik kuru incir ve kuru kayısı ile başlamıştı. Tarım Bakanlığının verilerine göre 567 organik ürün kurutulmuş, dondurularak veya yaş olarak pazarlayan firmalar bulunmaktadır. Ayrıca tüketicilerin, tüketim durumlarını saptamak amacı ile tüketicilere anket yapılmıştır. Anket sonuçlarına ise çalışmada yer verilmiştir[33].
Selma KARABAŞ	2011	Araştırmanın makro düzeyindeki kapsamında dünyada ve bizim ülkemizde organik tarımın gelişimi, organik ürün pazarının yapısı, pazarın işleyişi, seyreden politikalar, kontrol sertifikasyon ve pazarlama karmalarına (ürün, fiyat, dağıtım, tutundurma) konuları yer almaktadır. Mikro düzeyde ki kapsamı, üretici ve tüketici kesimiyle karşılıklı görüşmeler bir araştırmacı tarafından yapıp anket sonuçlarından oluşmaktadır. Araştırma yeri olarak belirlenen Çakmak Baraj Havzası çevresinde organik ürün üretimi yapan – yapmayan üreticilerin davranışlarındaki farklılıkların saptanmasıdır. Samsun' un merkezinde organik ürün için tüketicilerin eğilimlerini ortaya koyup, tüketicilerin bu ürünleri tercih etmelerindeki unsurları belirlemek.	Samsun Çakmak Barajı Havzasında organik üretimin fazla yapıldığı Koldere, Eğridere, Gökçeçakmak, Kabaceviz, Şeyhğüven, Esençay, Porsuk ve Yukarı Aksu Köylerinde organik üretimi yapmayan 105 üretici, organik üretim yapan 110 üretici ile 2009 haziran- eylül aylarında gerçekleştirilen anket sonuçlarına göre irdelenmiştir. 215 firmayla organik tarım yapanlar – yapmayanlar anketler yapıldı. Organik tarım yapan- yapmayan arazi durumları, ürün seçimi, sosyo-ekonomik durumları ve demografik özellikleri açısından karşılaştırılıp analizleri yapılmıştır. İki grup açısından arazi durumları bakımından farklılıklar çıkmadığı sonucuna varılmıştır[34].

Tablo 1' in devamı

Ghassan Y. K. ALSULTAN	2018	Organik ürün kullanan tüketicilerin demografik özellikleri ile organik ürün satın alma sıklıkları, organik ürün satın alma nedenleri ve organik ürün satın almama nedenleri arasında farklılıklar olup olmadığının tespit edilmesidir.	Pazarlama uzman kişilere ve organik ürün üreten ticari işletmelere tüketici davranışları üzerinden yararlar sağlayacağı beklenilmektedir. Türkiye' de organik ürün tüketicilerin yaş, cinsiyet vb. özellikleri ile bu ürünleri ne sıklıkla aldıkları, bu ürünleri alma nedenleri ve bu ürünleri almama nedenleri konusunda ayrıntı noktalar olup olmadığı üzerine çalışma yapılan ilk çalışmadır. Hipotez test sonuçlarına göre organik ürün tüketicilerinin bu ürünleri alma sıklıkları cinsiyet, yaş, eğitim seviyesi, medeni hal, çocuk sayısı, aile genişliği, aileye gelir getiren kişi sayısı, gelir durumları ve meslekleri farklılık göstermemiştir. Organik ürünleri almama nedenleri yaş, medeni hal, aile genişliği ve gelir seviyesi istatistiksel veriler neticesinde farklılık olmadığı görüldü[35].
Seçil Adalet GÖK	2008	Organik tarım işletmelerinin pazardaki yerini tüketici refah düzeyi ve bilincindeki değişikliklere yönelik genişletmek buna bağlı olarak da sorunların ortaya konulup bu sorunları değerlendirmektir. Organik tarım kavramı, organik tarım ürünlerinin pazarlanması bu başlık altında talep, bu ürünlerin pazarı, pazarlama karması unsurları ile incelenip bu ürünleri pazarlayan işletmelerin pazar belirleme stratejileri ayrıca bizim ülkemizde organik meyve ve sebze ürünleri üretiminde çalışan işletmelerin pazarlama durumu ve pazarda meydana gelen sorunları irdeleyip çözümler üretmeye yönelik bir araştırma amaçlanmıştır.	<ol style="list-style-type: none"> 1. AB ihracatını sağlamanın ötesinde bizim ülkemizin toprakları parçalı ve küçük yapıya sahip olması üretim faaliyetini artırıcı bir rol oynamaktadır. 2. Çin – Hindistan gibi çalışan maliyetinin çok aşağı olması ülkelerin organik tarım ürün fiyatları üzerindeki eğilimleri de göz ardı etmemek gerekir. 3. Görüşülen işletmeler açısından sübvansiyonlu organik tarım ürün fiyatları uluslararası piyasada haksız rekabet ortaya çıkabilmektedir. 4. Bazı ülkelerin düşük maliyete sahip olmaları, iyi kalitede organik ürüne sahip olmaları belirlenmiş, coğrafi yakınlık kısa zamanda pazara ulaştırılabilir avantajı sağlamaktadır. 5. Türkiye' de organik tarım ihracatı diğer ülkelerin talepleri üzerine gerçekleşmiştir. 6. Organik ürün fiyatı ile geleneksel ürün fiyatı arasındaki fark "sertifikasyon maliyetlerinin" ön planda olmasıdır. 7. Dağıtım sürecinde büyük marketlerin organik ürünlere raf maliyeti görüşülen işletmeler ile Kontrol ve Sertifikasyon Kuruluşlarınca dile getirilmiştir. 8. Sektör pazarları geliştirilerek organik ürünler üreticiden tüketiciye kolay ulaştırılarak fiyat azalıyor, bu sayede iç pazar aktif olabilmektedir[36].
Emrah GÜRKAN	2007	Avrupa Birliği'nde organik tarım pazarının hızla genişlediği ve toplumun ilerleyen zamanlarda daha çok organik ürün tüketimini göstermek amacıyla yazılmıştır. En yeni veriler kullanılarak hipotezi ispatlama yoluna gidilmiştir.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avrupa' da organik tarım yapılan arazilerin hızla büyümesi, 2005 verileri neticesinde dünyada 31 milyon hektar tarım arazisinin 6,9 milyonu Avrupa kıtasında bulunmaktadır. 2. Avrupa' da bulunan birçok kurum organik tarımın gelişmesi için yoğun çalışmalar içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Birçok hastalığın meydana gelmesinden sonra bazı ülkeler organik tarım ürünlerini kullanımının artması için destekleme faaliyetleri gerçekleştirmiştir. 2005 verilerine bakıldığında AB tarım arazilerinin %39' u organik şekilde işleniyordu. Bu rakam 2030 yılında %25' e yükselmesi bekleniyor. 3. Yaşam bilincinin artması organik ürün pazarının daha da genişlediği görülmektedir. AB 'de organik ürün pazarının yarattığı hacimler sırasıyla 2003: 11 milyar Euro, 2005: 14, 5 milyar Euro 2010 yılında beklenen: 20 milyar Euro ulaşacağı tahmin ediliyor. Anketler sonucunda organik ürüne daha yaklaşımcı bakılıyor, fiyatların düşmesiyle de düşük ve orta gelir sahipleri de tüketmeye başladığı görülmüştür[37].
Dilara AYLA Derya ALTINTAŞ	2017	Organik üretimin literatür taraması yapmak, pazardaki problemleri irdeleyerek çözüm önerileri sunmaktır.	Organik ürünlerin sağlık, çevre, ekonomik vb. boyutlarıyla anlatılarak tüketici bilincinin oluşturulmasına yardımcı olmak, devletin, belediyelerin bu konuda talebi artırıcı politikalar düzenleyerek iç ve dış pazarlarda fırsatları değerlendirmek, üreticilerin daha kolay erişebilmeleri için gerekli pazarlama elemanlarını topluma bilgilendirmelerin yapılması talepleri artırılabilir yollarından biri olabilir[38].
Ruhsar YANMAZ	2011	Tüm dünya ülkelerinde ve Türkiye' de Organik ürünlerin ticaret boyutu, bu ürünlerin pazarlanmaları, pazarlamada göz önünde bulundurulması gerekenler ile ilgili bilgilere değinilmiştir.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organik ürünlerle ilgili gerekenleri belirlemek 2. Organik ürün grupları oluşturularak bu üretim aşamalarını geliştirmek 3. Organik tarımı uzun vadeli düşünmek ve planlamak 4. Dış ticarete bağlı kalmayarak iç pazarı da büyütme 5. Organik tarım sektörü alanında çalışanların eğitimlerine hem destek hem de önem vermek 6. Satış yapacağımız ülkeleri yakından takip etmek (gelişme, ekonomik, tüketiciler vb. açısından) 7. Organik ürünlerin Pazar ağını genişletmek, işlenmiş ürünlerin önemli olacağını unutmamak, laboratuvarlara, kullanılacak girdilere dikkat etmek[39].

Tablo 1' in devamı

Mahmut DAŞCI Serap BEDİR Şerif KIZILTAŞ M. Murat CENGİZ Hüseyin BOZ	2010	Hem tarımsal açıdan hem de hayvancılık açısından Narman ilçesinin bu konuda potansiyelinin yüksek olduğu düşünülerek yetiştiricilik ve organik ürün üretimi değerlendirilerek nihai sonucu ortaya koyarak, çözüm üretilerek tavsiyelerde bulunulacaktır.	Narman ilçesindeki kişilerin hepsi bitkisel ve hayvansal üretim yaptıklarını söyleyerek bitkisel üretimin hemen hemen ailedeki tüketim ihtiyacını karşılamak ve hayvansal üretimde ise pazarlama, süt siğirciliği biçiminde birçoğunun aile tüketim ihtiyacı için kullanıldığı öğrenilmiştir. En çok buğday ve patates üretiminin yapıldığı bunların yanında mısır, fasulye, mercimek gibi ürünlerde üretilmektedir. Bitki veya hayvan ürünlerinin en yakın pazarlarda veya üreticiden alan kişilere satılmakla beraber fiyat konusunda da tüketiciler etkin rol oynamaktadır. Organik ürünler herkesin bildiği gibi önemli bir yere sahiptir, yöresel ürünlerin organik tarıma uygun yöntemlerle üretilmesi ve tüketicilere ulaştırılması, kırsal kesimlerde tarımsal ürün üreticilerinin gelirleri artacak olup insan, çevre vb. tehdit edecek unsurlar ortadan kaldırılabilmektedir[40].
Süleyman KARAMAN Damla ÖZSAYIN Hasan KARAHAN	2013	Bilecik ili Pazaryeri ilçesine bağlı Kınık köyünde 4 senedir faaliyet gösteren Organik Tarım Çiftliğinden doğrudan pazarlama sistemi ile organik yaş sebze ve meyve satın alan tüketicilerin tutum ve davranışları analiz edilmektedir. Buna ilaveten tüketicilerin doğrudan pazarlama sistemine olumlu ya da olumsuz bakış açıları da irdelenecektir.	Doğrudan pazarlama faaliyetlerini seçen üreticiler daha sağlıklı ürünler üreterek ve herhangi bir zararlı ilaç vb. kullanmadan üretimlerini gerçekleştirmektedirler. Tüketici kesimi ise sağlıklarını düşündükleri için organik yaş meyve ve sebzeleri tercih etmektedirler. Tüketiciler ortalama ayda 2 veya 3 kez satın almaktadırlar ve ortalama 50-100 TL civarında gider olmaktadır. Doğrudan pazarlama sistemi tüketicilerin hizmetlerini ve üretim hakkında görüşlerinin alınması, bu görüşlerden hareketle gerekli uygulamalar yapılarak tüketiciler olumlu etkilenecektir[41].
Derya ÖZTÜRK Ali İSLAM	2014	Dünya da ve Türkiye' de ticari hareketler, organik ürünlerin pazarlanması ve pazarlama aşamasında karşılaşılan problemler ve bu problemlere karşı önlemler alınarak bu önlemler ışığında bilgilere yer verilecektir.	Pazarlama şirketlerinin yetersiz olması ve üretici sayısının az olması, Türkiye' de organik ürünlere yönelik iç Pazar gelişmemiştir, bu açıdan üreticilerin ürünlerini iç pazara sunabileceği durum söz konusu değildir. Türkiye' de organik ürünlerin üretimini, ihracatını, iç pazarın gelişimine etki eden unsurlarda vardır. Planlama sisteminin olmaması, ürün çeşitlerinin az olması, organik tarım konusunda eğitim ve bilinç eksikliği, araştırmalardaki yoksunluk, devlet desteklerinin yeterli seviyede olmaması. Organik ürünlerin ihracatının olmaması ya da bu ürünlerin iç piyasaya sürülmesi ya da konvansiyonel şekilde tüketimi yapılmaktadır. Bundan dolayı iç Pazar hareketlendirilirse, ürün sayısı fazlaştırılırsa, üretici sayısının artmasıyla bunlarla birlikte gerekli eğitimler verilerek talep artabilir ve iç pazar büyütülebilir[9].

Yapılmış olan çalışmaların incelenmesi neticesinde sadece 11 çalışmada (Eti, 2014; Karabaş, 2011; Dalkıran, 2009; Gençeli, 2013; Alsultan, 2018; Nardalı, 2009; Gök, 2008; Ece, 2008; Çağdaş, 2003; Kara, 2007; Kurt, 2006) anket yapılmış olup ayrı bir tabloda gösterilmiştir ve bu çalışmalarda Tablo 1.' de çalışmanın bütününden elde edilen sonuçlar ve amaçlarından da bahsedilmiştir. Bu anket çalışmaları arasında "Kurt, 2006" çalışmasında amaç, yöntem, uygulanan kişi sayısı vb. yer almadığı için Tablo 2' de yer verilmemiştir. Bahsi geçen konular aşağıdaki Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Yapılan Araştırmalara İlişkin Diğer Bilgiler

Yazar	Yıl	Anketin uygulandığı kişi sayısı	Çalışmanın amacı	Çalışmanın yöntemi
Seçil Adalet GÖK	2008	Meyve ve sebze ürün grubunda pazarlama faaliyetinde bulunan 204 işletme ve 13 sertifikasyon kuruluşuna uygulanmıştır. Ancak 6 adet işletmeden ve 3 adet kontrol ve sertifikasyon kuruluşundan oluşan bir örneklem oluşturulmuştur.	Türkiye’de organik tarım ürünlerinin pazarlayan işletmelerin Pazar seçimleri ve pazarlama karması açısından değerlendirilmesi konusunda faaliyet gösteren işletmelerin organik tarım ürünleri pazarlama faaliyetleri ile bu ürünleri pazarlarken karşılaştıkları sorunları ortaya koyacak, bu sorunların giderilmesi için gereken çözüm önerilerinin değerlendirmektir.	Kütüphanelerden, ulusal tez merkezinden araştırmalar yapılarak, ikincil verilerin toplanması amacıyla daha önceden konuya ilişkin yapılan çalışmalar incelenmiştir. Literatür çalışmalarına bağlı olarak sorular geliştirilmiştir. Yerli ve yabancı bilimsel dergiler taranmıştır. Birincil verilerin toplanmasında nitel veri toplama tekniklerinden derinlemesine mülakat yöntemi kullanılmıştır. Mülakatlar 2 araştırmacı tarafından gerçekleştirilip görüşülen kişilerin söylemleri hem yazılı hem de ses kaydı yapılmıştır.
Süreyya ECE	2008	Araştırma 3 işletme ile sınırlı kalmıştır, anketin uygulandığı kişiler Şanlıurfa’da tüketimde bulunan kişiler arasında tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir. Toplam 115 kişiye uygulanmıştır.	Organik tarım işletmelerinin karşılaştıkları pazarlama sorunlarını belirlemek ve nasıl bu sorunların üstesinden gelebileceğine dair çözümler bulmak.	Kapalı uçlu sorular içeren bir anket formundan oluşmaktadır. İşletme yöneticileriyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Ulaşılan bilgiler doğrultusunda tablo ve grafikler hazırlanmıştır. Şanlıurfa ilinde ikamet eden tüketicilere organik ürünle ilgili bir anket uygulanmıştır, kişiler arasında tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir. Araştırma 3 işletme ile sınırlı kalmıştır.
Sinan NARDALI 1. Araştırma Organik Ürün Üreticileri Ve etik Sorunlar	2009	Toplam 50 anket formu doldurulmuştur.	1. Organik ürün üreticilerinin karşılaştığı etik problemlerin belirlenmesi. 2. Etik problemlere ilişkin ifadeler verilen önem yardımıyla öne çıkan etik sorunların tespit edilmesi. 3. Tespit edilen bu etik problemlere yönelik çözüm önerilerinin oluşturulması amaçlanmıştır	Anket formu Chonko ve Hunt’ un yaptıkları “Ethics and Marketing Management: A Retrospective and Prospective Commentary” isimli çalışmada yer alan “en fazla karşılaşılan etik problemler ve bunlara ilişkin ifadeler” den yararlanılarak hazırlanmıştır. Organik ürün üreticilerinin e-mail adreslerine ulaşıp ve mail yardımıyla bu işletmelere ulaşılmaya çalışılmıştır.
2.Araştırma Organik Ürünlerin Perakende Ve etik Problemler		62 organik ürün perakendecisinin 50 sine ulaşılabildi.	1. Organik ürün satışı yapan perakendeciler ve etik problemlerin belirlenmesi. 2. Etik problemlere ilişkin ifadeler verilen önem yardımıyla öne çıkan etik sorunların tespit edilmesi. 3. Elde edilen veriler yardımıyla bu etik sorunların kümelenmesi. 4. Belirlenen ve kümelenen bu etik problemlere yönelik çözüm önerilerinin oluşturulması amaçlanmıştır.	Organik ürün perakendecilerinin demografik özellikleri, etik kodları olup olmaması, organik ürünleri pazarlarken karşılaşılan etik problemler belirlenmeye çalışılmıştır. Anket formu oluşturulurken Chonko ve Hunt’ un çalışmalarında yer alan ifadeler organik ürünler bağlamında; organik ürünlerin üretimi, fiyatı, dağıtımı ve tutundurulması açısından dört başlık altında ele alınmıştır.
3.Araştırma Sertifikasyon Kuruluşları Ve etik sorunlar		Türkiye’de yasada belirtilen koşulları yerine getiren ve Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı tarafından kontrol yetkisi verilmiş 13 adet sertifikasyon kuruluşu faaliyet göstermektedir. Türkiye’de faaliyet gösteren sertifikasyon kuruluşlarıyla görüşüldü.	Bu araştırmada Türkiye’de faaliyet gösteren sertifikasyon kuruluşlarıyla görüşülerek bu işletmelerin belirtilen sorunlara ilişkin görüşleri ve çözüm önerileri alınmaya çalışılmıştır. Ayrıca yine bu araştırma esnasında sorulacak açık uçlu sorular yardımıyla var olan yeni sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır.	Sertifikasyon kuruluşlarıyla ilgili olarak önceden yapılan çalışmalarda karşılaşılan sorunlara değinilmiş. Bu sorunlardan hareketle bir soru formu oluşturulmuştur. Kuruluşların adresleri tespit edilerek 13 adet kontrol ve sertifikasyon kuruluşunun tamamına e-mail aracılığı ile gönderilmiştir. Daha doğru sonuçlar için telefon yardımıyla bilgi verilmiştir.
4.Araştırma Organik Ürün Tüketicileri Ve etik Problemler		110 anket İstanbul’da ve 110 adet anket de Davutlar’da olmak üzere toplam 220 adet anket yapılmıştır. Ancak 17 geçersiz anket olduğu için 203 ‘ü değerlendirilmiştir.	1. Organik ürün tüketicilerinin organik ürünlere yönelik tutum ve değer yargılarının belirlenmesi 2. Uygun değer faktörlerine verilen önem yardımıyla organik ürün tüketimini motive eden unsurların saptanması ve derecelendirilmesi amaçlanmıştır.	Sadece organik ürünlerin satıldığı yerler tercih edilmiştir Anket formunda organik ürün tüketicilerinin demografik özelliklerine yer verilmiştir. Cevaplayıcıların beslenme şekillerine, satın alma davranışlarına, çevre sorunlarına, organik ürünleri satın almaları ve ne sıklıkla satın aldıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Tablo 2' in devamı

Eren ÇAĞDAŞ	2003	Şirket çalışanları ile görüşülüp şirketin geneli hakkında bilgiler alınmıştır.	Türkiye' de ekolojik tarım ürünleri pazarında sadece ekolojik ürünlerin üretimi, işlenmesi ve ticareti ile uğraşan ve iç pazarın %50' sini elinde bulunduran tek firma olan Rapunzel Organik Tarım Ürünleri ve Gıda Ticaret Ltd. Şti.' nin incelenmesi amaçlanmıştır.	Rapunzel Ltd. Şti. yapılan uygulama çalışmasında yüz yüze görüşülmüştür.
Ayşe KARA	2007	200 adet anket dağıtıldı geri dönen ve analize alınan 170 anket olarak belirlendi.	Organik ürünlerde tüketici tercihlerini ve tutumlarını ortaya koymak buna bağlı olarak organik ürün kullanan tüketicilerin alışveriş yaptıkları dükkanları/ süpermarketleri tercih etme sebepleri ile organik ürünlerde aradıkları özellikleri daha spesifik olarak incelemektir.	Tüketicilerin mağaza tercih nedenleri, organik ürün çeşitleri, organik ürünlerdeki tercih sebepleri, bu ürünlerde aranan özellikler, önem dereceleri ve tutumları belirlemek adına ön test yapılmıştır. Yüz yüze mülakat ve pilot çalışmadan yararlanılmıştır.
Selma KARABAŞ	2011	105 organik gıda üretmeyen, 110 organik gıda üreten toplamda 215 kişiye uygulanmıştır	Çalışma makro ve saha bölümleri olarak yapılmıştır. Saha araştırması üretici ve tüketici kesimlerine yapılmıştır. Üreticilere organik gıda üreten – üretmeyen aralarındaki farkları tespit etmek, tüketici kesimine de organik gıda tüketmelerine neden olan unsurlar irdelenecektir.	Tüketicilerin organik ürün hakkında bilgi düzeyleri, bilgi kaynakları, ürün tercihlerini etkileyen faktörler, en çok hangi ürünleri organik olarak tüketmeyi arzuladıkları ürünlerde aranan özellikler, fiyat konuları, organik ürünlere yönelik tutumları yer almaktadır.
Halil İbrahim GENÇELİ	2013	200 tüketiciye uygulandı.	Organik ürün tüketicilerinin organik ürünlere yönelik tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi, organik ürün tüketimini etkileyen unsurların saptanması ve derecelendirilmesi amaçlanmıştır.	Katılımcılar kolayda örnekleme yöntemine göre seçilmiştir.
Gülüm Burcu DALKIRAN	2009	120 tarımsal üretici 400 tüketici 62 otel işletmesi Toplamda 602 kişiye uygulandı. Yüz yüze görüşme yapılmıştır.	Üretici, tüketici ve otel işletmeleri ile aynı anket çalışmasının yapılması; organik tarım sektörünün içinde bulunduğu süreci ortaya koyabilmek ve pazarın geleceğine yönelik tahminlerde bulunmak.	Üretici düzeyinde veri toplama ve analiz yöntemi Tüketici düzeyinde veri toplama ve analiz yöntemi Otel işletmelerinin düzeyinde veri toplama ve analiz etme.
Ghassan Y.K. ALSULTAN	2018	418 organik ürün tüketicisine yapıldı.	Organik ürün kullanan tüketicilerin demografik özellikleri ile organik ürün satın alma sıklıklar, organik ürün satın alma nedenleri ve organik ürün satın almama nedenleri arasında farklılıklar olup olmadığını tespit etmek.	Ana kitle ve örneklem seçimi, araştırmanın modeli, araştırmanın hipotezleri, veri toplama yöntem ve aracı ile verilerin analizi hakkında bilgiler yer almaktadır.
Hasan Selçuk ETİ	2014	460 anket dağıtıldı 343 Cevaplanmış Olarak geldi.	Organik ürünlerin potansiyel ve mevcut tüketicilerinin demografik özelliklerini ve ürün ile ilgili tutum ve davranışlarını etkileyebilecek faktörleri ortaya koymak	Ana kitlenin ve örnek kitlenin seçimi veri toplama yöntemi anket sorularının hazırlanması ve test edilmesi ve araştırmada kullanılan ölçekler hakkında bilgiler yer almaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genellikle organik tarım herkes tarafından kimyasal girdilerin kullanılmadığı çevreyi kirletmeden, insan, hayvan ve diğer canlıların yaşam alanını yok etmeden ekosistemi koruyarak, ekolojik dengeyi bozmadan yapılan tarım şekli olarak bilinmektedir. Ne yazık ki bu bilinen uygulanmayıp tarım sektöründe yapılan yanlış uygulamalar geç fark edilmiş olup ilerleyen zamanlarda toplumun organik ürünlere karşı duyarlılığı konvansiyonel tarımı geride bırakarak organik tarıma yönelmeler başlamıştır. Gelişmiş ülkelerde organik tarım sektörü gelişmekte olan ülkelere göre daha hızlı gelişmiştir ve organik ürün pazarı göz önünde bulundurulduğunda Türkiye organik ürün pazarının çok daha gerisindedir ve organik ürün hakkında yasal düzenlemeler yetersizdir.

Türkiye' de organik ürün pazarlaması en bilinen şekliyle 1985 yılında dış ülkelerin talep yoğunluğu üzerine başlamıştı. Ancak ülkemizde dış pazarların önemli olduğu kadar iç pazarda önemlidir. Çünkü dış pazar faaliyetleri gerçekleştirilemediği durumda ya da taleplerin azalması doğrultusunda kaybedilen gelirlerin iç pazardan sağlanması gerekmektedir. Ne yazık ki Türkiye' de organik ürün konusunda iç pazar gelişmemiştir. İç pazarın gelişebilmesi için tüketicilerin organik ürün satın almaya yönlendirilmesi gerekmekte, ancak fiyatları yüksek olması nedeni ile geliri düşük ya da orta seviyede olan tüketicilerin organik ürünleri satın almaları mümkün olmayacaktır. Türkiye' de organik tarım sektörünün gelişebilmesi için devlet bu konuda destek vererek maliyetleri

düşürme politikası uygulayarak daha ucuz ürünler pazara sunulmasını sağlayarak gelir seviyesi düşük ya da orta seviyede olan toplumunda organik ürün satın alabilmelerini sağlamalıdır ve bu sayede sadece dış pazara yönelik olmayıp iç pazarda canlandırılabilir. Bu durumda dış pazar talepleri azaldığında iç pazar ortaya çıkacak olan zararı karşılayabilir duruma gelecektir. Ek olarak toplumun sağlık açısından düşünceleri de sağlanarak tüketicilerin organik ürün satın almalarına yönelik hem tüketicilere hem de üreticilere gerekli eğitimler, bilgiler ve kurum veya kuruluşlar tarafından organik ürünlere yönelik etkinlikler yapılarak bu konuda üreticilere ve tüketicilere bilinçli davranmaları kazandırılabilir. İç pazarın büyümesi için organik ürün sayısı artırılarak, devlet destekleri yeterli seviyede olursa organik ürün satan satıcı sayısı da artış gösterir ve bu doğrultuda talep artırılabilir. Türkiye’ de organik ürün üretici sayısının az olmasının ya da artmamasının en önemli nedenlerinden biri de organik tarımın küçük boyutlu parçalı arazilerde yapılmaya çalışılması yani arazi yetersizliğidir. Bunun neticesinde de elde edilen ürün az olmakta ve üretilenlerinde büyük bir kısmının dış pazara ihraç edilip bu durumda yine iç pazarın gelişimini engellemektedir. Bu durumda da yine devlet teşvikleri ve yasal düzenlemeler önemli bir yere sahip olmaktadır. Kısacası gelecek nesillere sağlıklı bir yaşam alanı bırakmak için organik tarım ürünleri hakkında topluma her yönüyle bilgiler verilerek öneminin vurgulanması ve bu önem gelecek nesillere de unutturmayacak şekilde devam etmesini sağlamak olmalıdır.

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde organik ürünlerin pazarlanması, ihracatı, ithalatı gibi durumlar, Türkiye ve dünyadaki gelişimleri, ilerlemeleri ele alınmıştır. Anket çalışmalarında organik tarım konusunda karşılaşılan sorunlar değerlendirilip tüketicilerin organik tarıma bakış açıları, işletmelerin organik ürünleri pazarlama durumları değerlendirilmiştir. Tüketicilerin demografik özelliklerine göre en çok hangi organik ürünleri tercih ettikleri ve satın alma nedenleri anket çalışmalarıyla ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca Türkiye’ de organik ürün üretiminin yetersizliğinden bahsedilip problemler ortaya konulup çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır. Yine organik ürün konusunda üretici ve tüketici kesiminin yeterli bilgi ve eğitim eksikliğinden söz edilmiştir. Bu durumun asıl nedeni de Türkiye’ de organik ürün yetiştiriciliğine geç başlanmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca tüketicilerin organik tarımın tam olarak ne olduğunu bilmemekte ya da yanlış bilmekteyler. Yani organik ürünleri genellikle doğal ürünlerle karıştırdıkları tespit edilmiştir. Bu durumda doğal ürün ile organik ürün arasındaki farkın yeterince bilinmediğini kanıtlar niteliktedir. İkisi arasındaki fark ise doğada tamamen kendiliğinden yetişen ürünler doğal ürünlerdir, organik ürünler ise hiçbir kimyasal girdinin kullanılmadığı çevre dostu ürünlerin üretilmesi yöntemidir.

Kaynaklar

- [1] SÜRMEĒİ, A. (2003). Organik Tarım Gelişimi ve İlkeleri, Kırsal Kalkınma ProgramıEğitim Dizisi, Dev-Maden SenYayınları, No:1.
- [2] de Magistris, T., ve Gracia, A. (2008). The decision to buy organic food products in southern Italy. *British Food Journal*, 110(9), 929-947.
- [3] Zakowska-Biemans, S. (2011). *Polish consumer food choices and beliefs about organic food. British Food Journal*, 113(1), 122-137.
- [4] Magkos, F., Arvaniti, F., & Zampelas, A. (2006). *Organic Food: Buying More Safety or Just Peace of Mind? A Critical Review of the Literature. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(1), 23-56.
- [5] F. KARAER., S., GÜRLÜK, (2003) *Gelişmekte Olan Ülkelerde Tarım-Çevre-Ekonomi Etkileşimi*, Doğuş Üniversitesi Dergisi, 4(2), 197-206.
- [6] ATILGAN, A., COŞKUN, A., SALTUK , B., & ERKAN, M. (2007) , *Antalya Yöresindeki Seralarda Kimyasal ve Organik Gübre Kullanım Düzeyleri ve Olası Çevre Etkileri*, Ekoloji 15,62, 37-47.
- [7] Anonim. www.ecas.com.tr. 14.12.2018.
- [8] Anonim. www.tarimpusulasi.com/bilgi-depo/yeşil-devrim-nedir/5594. 11.12.20018.
- [9] D, ÖZTÜRK., A,İSLAM, (2014) *Türkiye’ de Organik Ürünlerin Pazarlanması*, Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi.I, 75-94.
- [10] Anonim, <http://apelasyon.com/Yazi/491-organik-tarimin-onemi>. 11.12.2018.
- [11] C, AKBAY., S,CANDEMİR., E. ORHAN. (2005) *Türkiye’ de Yaş Meyve ve Sebze Ürünleri Üretim ve Pazarlaması*, Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), 96-107.
- [12] DEMİRYÜREK, K. (2011) *Organik Tarım Kavramı ve Organik Tarımın Dünya ve Türkiye’ deki Durumu*, GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 27-36.
- [13] Anonim. www.dunyaatlası.com. 11.12.2018.

- [14] Anonim. www.gidabilimi.com. 11.12.2018.
- [15] Anonim, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Genel-Bilgiler>. 11.12.2018.
- [16] ÇOBANOĞLU, F., İŞİN, F. (2009) *Organik Kuru İncir Üreticilerinin Organik Tarım Sistemi Tercihini Etkileyen Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Analizi*, Tarım Ekonomisi Dergisi; 15(2): 63-71.
- [17] Anonim. <http://www.ziraatciyiz.biz/organik-tarimin-avantajlari-ve-dezavantajlari-t504.html>. 11.12.2018.
- [18] Anonim. <http://www.ecas.com.tr/organik-tarimin-amaci-nedir>. 11.12.2018.
- [19] Anonim. <http://www.tarimsitesi.net/icerik-664-Organik-Tarimin-Tarihcesi-ve-Gelisimi.html>. 16.12.2018.
- [20] KOÇ, A. (1999). *Kriz Dönemlerinde reklam neden önemlidir. MediaCat Pazarlama*, 8-15.
- [21] ÜNER, M.M. (2009). *Pazarlama karması paradigmasında pazarlama tanımı. Pazarlama ve İletişim Kültür Dergisi*, 29(3), 4-16.
- [22] Anonim. <https://mehmetakpinar.wordpress.com/2015/04/26/35/>. 03.01.2019.
- [23] ALBAY, M.N. (2010). *Geleneksel Pazarlamadan Yeni Pazarlama Yaklaşımlarına Geçiş Süreci*. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi dergisi, 15(2), 213-235.
- [24] BAYSEL, B. (2013). *Türkiye 'de Organik Tarım Üretiminin Önemi ve Tarımsal Ürün İhracatı İçerisindeki Payı*, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi).
- [25] UZUN, F. (2006). *Organik Tarım Üretim ve İhracatı*, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul).
- [26] NARDALI, S. (2009). *Etik Pazarlama Anlayışı Çerçevesinde Organik Tarım Ürünleri Pazarlaması*, (Basılmamış Doktora Tezi, Manisa).
- [27] KARA, A. (2007). *Organik Ürünlerin Pazarlanmasında Tüketicilerin Tutumlarının ve Tercihlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya).
- [28] ETİ, H.S. (2014). *Organik gıdaların pazarlanması ve organik gıdalara karşı tüketici tutum ve davranışları analizi*, (Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi).
- [29] KURT, Z. (2006). *Organik Tarım Ürünleri Pazarlaması ve Uygulamalar*, (Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi).
- [30] GENÇELİ, H.İ. (2013). *Organik Tarım Ürünlerinin Pazarlanmasında Marketlerin Rolü*, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul).
- [31] ÇAĞDAŞ, E. (2003). *Türkiye' de Ekolojik Tarım Ürünlerinin Pazarlanması ve Rapunzel Ltd.Şti. Yapılan uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir).
- [32] ECE, S. (2008). *Organik Tarım İşletmelerinde Pazarlama Sorunlarına Yönelik Şanlıurfa İlinde Bir Araştırma*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa).
- [33] DALKIRAN, G.B. (2009). *Türkiye'de Ekolojik Ürünlerin Pazarlama Süreci ve Turizm Boyutu*, (Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi).
- [34] KARABAŞ, S. (2011). *Organik Ürünlerin Pazarlanmasında Üretici-Tüketici Davranışları ve Bu Davranışları Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi (Samsun ili örneği)*, (Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi).
- [35] ALSULTAN, G.Y.K. (2018). *Organik Ürün Pazarlamasında Satın Alma Nedenlerine İlişkin Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi Isparta).
- [36] GÖK, S. A. (2008). *Organik Tarım İşletmelerinin Pazarlama Faaliyetleri Ve Sorunlara Yönelik Yaklaşımları*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi).
- [37] GÜRKAN, E. (2007). *Avrupa Birliği' nde Organik Tarım Pazarı*, (Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi).
- [38] AYLA, D., ALTINTAŞ, D. (2017). *Organik Üretim ve Pazarlama Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme, Kastamonu Universty Journal of Economics & Administrative Sciences Faculty*, 19(4), 7-17.
- [39] YANMAZ, R. (2011). *Organik Ürünlerin Pazarlanması ve Ticareti*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 06110/Ankara.

- [40] DAŞCI, M.,BEDİR, S., KIZILTAŞ, S., CENGİZ, M.M., &BOZ, H. (2010). *Yöresel Organik Ürünlerde Üretim ve Pazarlama Problemleri, "Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran -1 Temmuz , Erzurum, (Poster Bildirimi)"*.
- [41] KARAMAN, S., D. ÖZSAYIN., H,KARAHAN.(2013). *Organik Yaş Meyve ve Sebzelerin Doğrudan Pazarlanmasında Tüketici Memnuniyeti, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (1), 83-87.*



Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları

Özlem GÖKTAŞ^{1*}, Betül GIDİK²

¹Bayburt Üniversitesi FBE Organik Tarım İşletmeciliği Yüksek Lisans Öğrencisi
²Bayburt Üniversitesi UBF Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü

Anahtar kelimeler:

*Tıbbi ve aromatik bitkiler,
Faydalı bitkiler,
Bitkisel yağlar.*

Özet

İnsanlar geçmişten günümüze bitkileri çeşitli amaçlarla kullanmaktadırlar. Hastalıklarını tedavi etmek, beslenmek, barınmak, savunmak ve ısınmak için bitkilerden faydalanmışlardır ve hala faydalanmaya devam etmektedirler. Bunları içgüdülerine güvenerek, deneme yanılma yöntemiyle keşfetmişler, günümüzde ise bu daha bilinçli bir şekilde yapılmakta ve gıda, eczacılık, kozmetik, boya, ziraat, tıp gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Türkiye, bir tarım ülkesi olması ve zengin bir flora sahip olması sebebiyle tıbbi aromatik bitki yönünden oldukça geniş bir alana sahiptir. Bu çalışmanın amacı, tıbbi ve aromatik bitkilerin geçmişten günümüze hangi amaçlarla ve ne gibi yöntemlerle kullanıldığını ortaya koymaktır.

Uses of Medicinal and Aromatic Plants

Keywords:

*Medicinal and aromatic plants,
Useful plants,
Vegetable oils.*

Abstract

People have been using plants for various purposes from past to present. They have benefited from plants to treat their diseases, feed, shelter, defend and warm up, and still continue to benefit. They discovered these by relying on their instincts, by trial and error, and nowadays this is more consciously done. Turkey has quite a large area of an agricultural country and in terms of medical aromatic plants to be due to the rich flora. The aim of this study is to determine the methods used for medicinal and aromatic plants from past to present.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar insanlar, beslenme, barınma, ısınma, yaralarını iyileştirmek ve hastalıklarını tedavi etmek için bitkilerden faydalanmışlardır. M.Ö. 5000' li yıllarda insanların tedavilerde kullandığı 250 adet bitkinin var olduğu saptanmıştır. Hititler, Mısırlılar, Sümerler, Asurlar ve Mezopotamyalılar yıllarca bitkilerle tedavi yoluna gitmişler. Zamanla ilaçların üretime girmesi tıbbi aromatik bitki kullanımında azalmaya neden olmuştur. 1900' lü yıllardan sonra, insanların sentetik ilaçların yan etkilerini keşfetmesiyle ve yiyecek ve içeceklerde bulunan sentetik maddelerin insan sağlığına verdiği zararların bilincine varmasıyla doğal ürünlere olan talep artış göstermiştir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin toplanma ve hazırlanma işlemleri oldukça dikkatli yapılmalıdır. Genellikle bitkiler doğadan toplama yoluyla elde edilmektedir. Bilinçsizce yapılan toplamalarda bitki türlerinde ciddi anlamda kayıplar oluşmaktadır, bunu en aza indirgeyebilmek adına insanlar bilinçlendirilmeli ve türleri tehlikede olan bitkileri kültüre alıp çoğaltım yoluna gidilmelidir. Toplama sonrası kurutma işlemleri uygun koşullarda yapılmalı, bitkilerin kullanım dozu yeterli miktarda ayarlanmalıdır aksi halde faydalı sayılan bitkiler zararlı bir hal alacaktır.

Tıbbi ve aromatik bitkiler günümüzde; gıda, kozmetik, boya, tekstil, ilaç, tarım gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre bitkilerin tedavi amaçlı kullanımı değişiklik göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde insanların %80' i bitkisel ürünlerle tedavi olmaktadır. Orta Doğu, Asya ve Afrika'daki bazı ülkelerde bu oran %95' e kadar çıkmaktayken; gelişmiş ülkelerde ise bu oran daha da az olmaktadır. Örneğin Almanya'da bu oran %40-50 dolaylarında, ABD'de %42, Avustralya'da %48 ve Fransa'da ise %49'dur[1]. Türkiye zengin bir flora sahip olması nedeniyle oldukça fazla bitki türünü bünyesinde

barındırmaktadır. Yaklaşık olarak 11000 civarında bitki taksonu vardır ve bunlardan 500 kadarı alternatif tıp için kullanılmaktadır[2]. Yaş haliyle kullanılabilen bu bitkiler kurutulmuş da kullanılmaktadır. Bitkinin gövdesi, yaprağı, çiçeği, tohumu, yumrusu, kabuğu bütün organları farklı amaçlarla ve farklı yöntemlerle kullanılmaktadır. Ülkemizde tıbbi aromatik bitkiler en çok; Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Marmara ve Doğu Karadeniz bölgelerinde toplanmaktadır. Ülkemiz zengin bitki çeşitliliğine sahip olmasına rağmen, tıbbi aromatik bitki ihracatı konusunda henüz yeterli düzeye gelebilmiş değildir[3]. İhracatı yapılan bitkilerin başında anason, defne, haşhaş ve kekik gelmekteyken, ithalatta ise karabiber ilk sırada yer almaktadır[4].

Bu çalışmanın amacı, tıbbi ve aromatik bitkilerin geçmişten günümüze hangi amaçlarla ve ne gibi yöntemlerle kullanıldığını ortaya koymaktır.

2. TIBBİ AROMATİK BİTKİLER KAVRAMI

Bitkilerin çeşitli kısımlarından ve bu kısımlardan elde edilen maddelerin dahili veya harici olarak hastalık tedavisinde kullanılmasına yarayan bitkilere tıbbi bitki denmektedir. Bu bitkiler günümüzde hastalık tedavileri dışında fitoterapi, eczacılık, gıda, baharat, kozmetik, boya, ziraat gibi alanlarda da kullanılmaktadır[5]. Tıbbi aromatik bitkilerle elde edilen bitkisel ilaçların üç çeşidi mevcuttur, işlenmemiş, işlenmiş ve herbal (şifalı ot) ürünleri. Kullanım alanları oldukça geniş olan bu bitkileri, familyalarına, kullanılan organlarına, içeriğinde bulunan etken maddelerine, tüketimine, kullanımına ve farmakolojik etkilerine göre gruplandırabiliriz[6].

Dünya’da 50000-70000 arasında bitki türü tıbbi amaçlı olarak kullanılmaktadır[3]. Ülkemizde ise 11000 adet bitki türünden 500 kadarı tıbbi amaçlı kullanılmaktadır[2]. Tıbbi aromatik bitkilerin üretimi ve kullanımı dünya genelinde artmaktadır[7].

Tıbbi aromatik bitkilerin üretimi ve kullanımındaki gelişmelere baktığımız zaman, 20. yy. başındaki sosyo-politik olaylar, teknolojik gelişmeler, bitkisel ilaç kullanımında azalmaya sebebiyet vermiştir. 1930-1940’ lı yıllarda sentetik ilaç üretimlerinde artış olmuştur. Dünya Savaşı’ndan sonra yaşanan sosyo-ekonomik değişiklikler, sentetik ilaç eldesi ve endüstriyel alanda ilerlemeler kaydeden batılı ülkelerde 1970’ lerin sonuna kadar bitkilerin tıbbi alanda kullanımında azalmalar olmuştur. Yüzyıl başlarında bitkisel ilaç kullanımı % 40’ ın üzerindeyken, 70’ li yılların ortalarına doru bu oran % 5’ in altına inmiştir. 1980’ li yıllardan sonra insanların sağlık alanında bilgi sahibi olmaları, kimyasalların etkilerinden korunma çabaları, doğal ve organik ürünlere olan taleplerdeki artış tıbbi aromatik bitkilerle tedaviyi yeniden gündeme getirmiştir. Gelişmiş ülkeler bu talepler karşısında bitkilerle tedavi konusunu yeniden ele almış ve çalışmalar başlatmıştır. Tıbbi aromatik bitkiler bu doğrultuda güvenilir şekilde kültüre alınmış, üretimde artış sağlanmış ve halkın kullanımına sunulmuştur. Kozmetik firmaları tıbbi bitkiler içeren ürünler oluşturmuş, kilo artışı ve yaşlanma gibi birçok üründe bu bitkiler kullanılmıştır. Günümüzde de tıbbi aromatik bitkiler oldukça fazla önem arz etmekte ve bir çok alanda kullanılmaya devam edilmektedir[8].

3. TIBBİ AROMATİK BİTKİLERİN KULLANIMI

Geçmişten günümüze bitkilerin çeşitli kısımlarından elde edilen droglar; gıda, baharat ve tıbbi amaçlı kullanılmıştır. Gün geçtikçe ve teknoloji ilerledikçe bu bitkilerin kullanım alanları artmış ve çeşitli sanayi kollarında kullanılmıştır.

3.1.Tedavi Alanında Kullanımı:

Bitkisel tedavi yöntemlerine günümüzde ‘alternatif tıp veya fitoterapi’ adı verilmektedir. Fitoterapi terimini ilk kez kullanan Fransız doktor Henri Lenclerc’ tir (1870-1955). Etken maddeleri inceleyen Farmakognozi’ nin bitkisel içerikli tedavinin, sentetik ilaçlara oranla daha uygun fiyata ve daha az yan etkiyle insanlara daha faydalı olacağını desteklemesiyle Fitoterapi’ nin gelişmesine katkı sağlamıştır. Bitkilerin çeşitli organları taze veya kurutulmuş halde kullanılmaktadır. Bu bitkilerin fayda sağlayıp sağlamadığına gözlemleyerek karar verilmiştir. Tahmini olarak 2000 yıl kadar önce yaşamış bir tabiat bilgininin söylediği *"Her derdin bir bitkisel devası vardır, mesele onu bulmaktır"* sözü günümüzde de geçerliliğini korumaktadır.

3.1.1.Bitkisel İlaç Çeşitleri

- Tıbbi amaçlı kullanılan çaylar.
- Galenik preparatlar: Alkola, ekstre, eliksir, hidrola, pomat ve tentür.
- Hazır ilaçlar: Banyo, bitki özü, gargara, injeksiyon, kompres, krem, lapa, lavman, losyon, parfüm, sargı, solüsyon, süt, şampuan, şurup, toz, tütsü, yağ ve yakı.

Tıbbi Amaçlı Kullanılan Çaylar

Fitoterapi alanının uygulama yöntemlerinden olan tıbbi çaylar, tek başına veya birkaç tane drogun birlikte hazırlanmasıyla elde edilen koruyucu ve tedavi edici özellikleri bulunan sulu bitkisel preparatlardır[9]. Bitkisel çayların güzel tat ve aromalarının yanı sıra iyileştirici etkilerinden dolayı tüketiminde artış meydana gelmektedir. Günümüzde bu amaçla kullanılan bitki sayısı oldukça fazladır. Ülkemizde bu anlamda en çok adaçayı, ahududu, anason, biberiye, dağ çayı, ekinezya, elma, fesleğen, ıhlamur, ısırgan, kekik, kuşburnu, melisa, nane, papatya, rezene, sinameki ve tarhun gibi bitkilerden elde edilen çaylar tüketilmektedir. Genelde bu çaylar infüzyon, dekoksasyon ve maserasyon yöntemleriyle elde edilmektedir. Bitkisel çayların; antiaging, antiaterojenik, antienflamatuvar, antikanserojen, antimikrobiyal, antioksidan ve kalp koruyucu etkileri olduğu bilinmektedir. Yapılmış olan çalışmalarda, bitki çaylarının antioksidan etkilerinin yüksek olduğu tespit edilmiş ve bunun bitkilerdeki yüksek fenolik maddelerden kaynaklandığı saptanmıştır [7]. Bitki çayları iyileştirici özelliği sayesinde birçok hastalığa fayda sağlamaktadır. Aşağıdaki Tablo 1. de bitkilerin söz konusu faydalarının birkaçından bahsedilmektedir.

Tablo 1. Bazı Hastalık Tedavilerinde Kullanılan Bitkiler [10]

Hastalık Adı	Tedavide Kullanılan Bitkiler
Böbrek Hastalığı	Altın otu, atkuyruğu, ayrık otu
Hazımsızlık	Anason, dereotu, havlican, kakule, kimyon, papatya, rezene, yenibahar, zencefil
Hemoroit	Civanperçemi, kuşburnu, mazi, sultan otu, zencefil
Kabızlık	Keten tohumu, rezene, sinameki
Kalp Hastalıkları	Alıç, ökseotu
Kanser Hastalığı	Isırgan otu, kırmızıbiber, ökse otu
Karaciğer Hastalığı	Enginar, hindiba, kurtpençesi, zerdeçal
Menopoz	Adaçayı, anason, civanperçemi, karanfil, papatya, tarçın
Mide Kanaması	Civanperçemi, kuşburnu, sumak
Mide Ağrısı ve Bulantısı	Eğir kökü, nane, zencefil
Prostat	Eğir kökü, ısırgan otu kökü, yeşil çay, zerdeçal
Romatizma	Anason, atkuyruğu, biberiye, karanfil, kekik, lavanta, melisa, papatya
Safra Kesesi	Altın otu, civanperçemi, hindiba, pelin otu, zerdeçal
Soğuk Algınlığı, Üşütme ve Öksürük	Ardıç, ebegümeci, ekinezya, ıhlamur, karanfil, meyankökü, nane, okaliptüs, papatya, zencefil
Stres, Depresyon ve Endişe	Anason, kantaron, lavanta, melisa, papatya, rezene, şerbetçiotu
Unutkanlık ve Hafıza Zayıflığı	Adaçayı, biberiye, kakule, yeşil çay, zencefil
Uyku Bozukluğu	Anason, çuha çiçeği, kedi otu, melisa, papatya, rezene, şerbetçi otu
Yorgunluk	Ada çayı, biberiye, meyan kökü, kakule, kekik, kuşburnu, zencefil
Yüksek Kolesterol	Biberiye, kekik, kuşburnu, üzüm çekirdeği, yeşil çay, zencefil
Yüksek Şeker	Kudret narı, mahlep, mersin, tarçın
Zayıflama	Biberiye, kiraz sapı, mate yaprağı, mısır püskülü, rezene, sinameki, yeşil çay, zencefil, zerdeçal

Tıbbi Amaçlı Kullanılan Çayların Hazırlanış Yöntemleri

Demleme Yöntemi (İnfüzyon)

Demleme yöntemiyle çay hazırlamak için, yaklaşık olarak 25 g kurutulmuş halde bulunan bitki üzerine, kaynamış 1 litre su ilave edilerek kullanılan kabin ağzı kapatılır ve 10 dakika dinlenmesi sağlanarak süzgeçten geçirilerek içilir. Eğer tek kişilik hazırlamak isteniyorsa, bitki 1 veya 2 çay kaşığı kullanılarak aynı yöntemle demlenir. Demleme yöntemi genellikle bitkinin çiçek ve yaprak karışımlarından hazırlanarak kullanılan bir yöntemdir.

Kaynatma Yöntemi (Dekoksiyon)

Kaynatma yöntemiyle çay hazırlamak için, yaklaşık olarak 25 g kurutulmuş halde bulunan bitki üzerine, soğuk halde 1 litre su ilave edilerek kullanılan kabın ağzı kapatılır ve 30 dakika kaynatılarak süzgeçten geçirilerek içilir. Bitkisel çayların hazırlanma yöntemlerinden birisi olan kaynatma yönteminin kullanımındaki amaç, demleme yönteminden farklı olarak sert dokuya sahip olan meyve, kök, kabuk gibi bitkinin çeşitli kısımlarının etken maddelerinin çaya daha iyi nüfuz edebilmesinin sağlanmasıdır.

Oda Sıcaklığında Hazırlama Yöntemi (Maserasyon)

Oda sıcaklığında hazırlama yönteminde, yapısında müsilaj bulunduran ve ısıyla bozulan maddeler içeren droglardan çaylar hazırlanmaktadır. Bitki drogları uygun bir kaba konularak oda sıcaklığındaki su drogların üzerine ilave edilir. Bir gece oda sıcaklığında bekleyen çay daha sonra süzülerek içilir.

Tıbbi Çay Türleri

- 1) Granüle çaylar
- 2) İstant çaylar
- 3) Paket çaylar
- 4) Poşet çaylar

Bitki çayları, hem tek bir bitkiden hem de birkaç bitki karışımından hazırlanabilmektedir. Bitki çaylarını hazırlarken, hazırlanma sürelerine dikkat edilmeli, bitkilerin etkilerine, zehir durumuna, dozuna ilaç haline getirilmeden ayarlanması yapılamayan bitkileri kullanmamaya özen gösterilmelidir.

Bitkisel İlaç Hazırlama Yöntemleri

Bitki Suları Hazırlama: Bitkilerin tazeyken sıkılıp süzülmesi yöntemidir. Buzdolabında saklanabilir, 1 hafta içerisinde tüketilmesi gerekmektedir.

Ekstre Hazırlama: Bitki droglarının çözünen kısmının uygun bir çözücü yardımıyla alınarak çözelti hazırlanması ve çözeltiden çözücünün uçurulmasıyla elde edilen kısımdır.

Lapa Hazırlama: Lapalar hazırlanırken, ekmek, pişirilerek ezilmiş patates ve yağ kullanılmaktadır. Ekmek ısıtılır, patates ezilir ve içine sıvı ekstre konularak karıştırılır. Karışım bez içerisine konularak hasta bölgeye uygulama yapılır. Sıcak lapalar 10 veya 15 dakika, soğuk lapalar ise 25 ya da 30 dakika bölgeye uygulanır.

Merhem Hazırlama: Bitki drogu havanda ezilip toz şekline getirilir içerisine bir miktar sıvı yağ eklenerek yeniden ezilir. Üzerine eşit miktarda olacak şekilde lanolin ve vazelin azar azar ilave edilir ve iyice birbirine karışması sağlanır.

Tıbbi Yağ Hazırlama: Haricen kullanılan bir yöntemdir. Zeytinyağı içerisine kantaron, kudret narı, sedef otu ve papatya gibi bitki droglarının konularak 2 hafta kadar güneşte bekletilip daha sonra bezden süzülerek kullanılmasıdır.

Tentür Hazırlama: Taze veya kuru haldeki bitki üzerine seyreltilmiş alkolün eklenip 1-2 hafta kadar bekletilmesiyle elde edilmektedir[9].

3.2. Gıda ve Meşrubat Olarak Kullanımı

Tıbbi aromatik bitkilerin en yaygın kullanım şekillerinden birisi de baharatlardır. Geçmişten günümüze insanlar çeşitli özelliklerinden faydalanmak için baharatları kullanmışlardır. Baharatlar, Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği'nde(Tebliğ No: 2013/12) şöyle tanımlanmıştır: "Çeşitli bitkilerin tohum, tomurcuk, çekirdek, meyve, çiçek, kabuk, kök, gövde, rizom, yumru, yaprak, sap, soğan gibi kısımlarının kurutulup bütün halde ve/veya ufalanması ve/veya öğütülmesi ile elde edilen gıdalara renk, tat, koku ve lezzet vermek için kullanılan ürünlerdir." Baharatların verdiği lezzetin yanı sıra koruyucu etkisi de bulunmaktadır. Örneğin, sucuk, pastırma gibi ürünlerde kullanılan baharatlar hem lezzet katmaktadır hem de koruyucu etki göstermektedir. Ayrıca bazı baharatlar, iştah açıcı ve sindirimi kolaylaştırıcı etkiye de sahiptir.

Tıbbi aromatik bitkilerin çoğu doğadan toplama yolu ile elde edilmektedir. Ülkemizde uzun yıllardır, haşhaş, kimyon ve safran üretimi yapılmaktadır. Daha sonra bu bitkilerin yanı sıra anason, çörek otu, kekik, kırmızıbiber, nane ve rezenenin de üretimi yapılmaya başlanmıştır [7,9]. Ülkemizde üretimi en çok yapılan baharatlardan

179.264 ton ile kırmızıbiber ilk sırada yer almaktadır. Sonrasında 19.175 ton ile kimyon ve 14.477 ton ile kekik takip etmektedir. Aşağıdaki tablo 2 ve tablo 3 de üretimi yapılan baharat bitkilerinin TÜİK verileri gösterilmektedir.

Tablo 2. Baharat Bitkileri İstatistik Tablosu [11]

Yıllar	Kırmızıbiber (Red pepper)		Anason (Anise)		Kimyon (Cumin)		Kekik (Theyme)	
	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)
2015	112 887	204 131	138 118	9 050	270 247	16 897	104 863	12 992
2016	122 415	228 531	136 552	9 491	268 849	18 586	121 127	14 724
2017	101 710	179 264	121 833	8 418	267 358	19 175	121 472	14 477

Tablo 3. Baharat Bitkileri İstatistik Tablosu [11]

Yıllar	Çörekotu (Black cumin)		Rezene (Fennel)		Kişniş (Coriander)		Süprügeotu (Heather)	
	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Alan (Dekar)	Üretim (Ton)
2015	4 681	425	15 512	1 461	150	11	15 035	2 078
2016	23 160	2 527	17 503	2 464	503	42	13 850	1 883
2017	32 560	3 094	16 525	2 022	410	29	10 339	2 183

Tıbbi aromatik bitkilere ait ürünler gıda takviyesi olarak da kullanılmaktadır. Gıda takviyeleri Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği'ndeki (Tebliğ No:2013/49) tanımlamaya göre, “normal beslenmeyi takviye etmek amacıyla, vitamin, mineral, protein, karbonhidrat, lif, yağ asidi, amino asit gibi besin öğelerinin veya bunların dışında besleyici veya fizyolojik etkileri bulunan bitki, bitkisel ve hayvansal kaynaklı maddeler, biyoaktif maddeler ve benzeri maddelerin konsantre veya ekstraktlarının tek başına veya karışımlarının kapsül, tablet, pastil, tek kullanımlık toz paket, sıvı ampul, damlalıklı şişe ve diğer benzeri sıvı veya toz formlarda hazırlanarak günlük alım dozu belirlenmiş ürünlerdir.” Yani bitkisel ürünlerin gıda takviyesi olarak kabul edilebilmesi için, amino asit, vitamin ve mineral içeriği ve kullanılan bitkideki bir ya da birkaç kimyasal maddenin saflaştırılması gerekmektedir. Böylece bunlardan elde edilen kapsül, ilaç veya şuruplar kabul edilebilir hale gelmektedir. Gün geçtikçe piyasada gıda takviyesi ürünlerin sayısı artmaktadır. Bu durumda bu ürünlere ve içeriklerine olan güven azalmaktadır. Yararları kadar zararları da olan bu ürünlerin denetimlerinin iyi yapılması gerekmektedir. Piyasada toksik etki göstermeyen ve insan sağlığını tehdit etmeyen bu ürünlerin oranının yalnızca % 2,5 olduğu yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır.

Tıbbi aromatik bitkiler gıda katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Bitkilerin tatlandırıcı, renklendirici, antioksidan ve koruyucu özelliklerinden faydalanılmaktadır. Bitkilerde bulunan uçucu yağların etken maddelerinin, antimikrobiyal, antioksidan, antifungal, inhibisyon gibi çeşitli özelliklerinin bulunduğu çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir. Bunların yanı sıra renklendirici olarak da kullanılan bitkiler vardır; annatto (bixa orellana ağacı) kırmızı renk, aspir kırmızı ve sarı renk, domates kırmızı renk, kadife çiçeği sarı-turuncu renk, nar kırmızı-mor renk, paprika kırmızı renk, safran sarı renk ve zerdeçal sarı renk maddesi olarak kullanılmaktadır[7].

Alkollü yada alkolsüz içeceklerde de yine tıbbi aromatik bitkilerden faydalanılmaktadır. İçki ve sigara endüstrisinde kullanılan bitkilerin veya bu etken maddelerin kullanılması belirli bir sınırlama içerisinde olmaktadır [9].

3.3. Parfümeri ve Kozmetik Sanayisinde Kullanımı

Parfüm, tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen yağların belirli oranlarda karıştırılarak alkol içerisine alınıp kalıcı hale getirilmesiyle oluşturulmaktadır. İnsanlar zararlı etkileri olduğu bilinen petrol türevleri içeren parfümlerden uzaklaşıp doğal olanlarını aramaya yönelmişlerdir. Bitkilerden parfüm eldesinde bitkilerin çeşitli kısımları kullanılmaktadır. Bunlar; odunları, gövde ve kök kabukları, meyve kabukları, meyveleri, çiçekleri, kök, rizom ve soğanları, tohumları, yaprakları ve resinleridir.

Kozmetik sanayisi, insanların doğal ve organik ürün ihtiyacına olan taleplerinin artmasıyla bu alandaki üretimini arttırmaya devam etmektedir. İnsanlar artık sadece yedikleri şeylerden değil sürdürdükleri şeylerden de gördükleri zarardan dolayı kimyasallardan uzak durmaya çalışmaktadır. Bu da sanayicileri harekete geçirmiştir. Türkiye’deki önemli kozmetik bitkileri ve kullanım alanlarına ilişkin örnekler aşağıdaki Tablo 4. de gösterilmiştir.

Tablo 4. Türkiye’ de Kullanılan Kozmetik Bitkileri ve Kullanım Alanları [12]

Nemlendirici, onarıcı, yatıştırıcı ve yenileyici kozmetik bitkileri		
Bitkinin Adı	Bitkinin Kullanılan Kısmı	Kullanım Alanları
Aynısefa (<i>Calendula officinalis</i>)	Çiçekler	Krem, şampuan, diş macunu, cilt bakımı ve bebek yağı olarak kullanılmaktadır.
Karakafesotu (<i>Symphytum officinale</i>)	Kök ve yapraklar	Cilt ve saç bakım ürünlerinin yanı sıra Avrupa’ da tıbbi merhem olarak kullanılmaktadır.
Kuşotu (<i>Stellaria media</i>)	Toprak üzerindeki çiçekli kısım	Cilt bakım ürünlerinde kullanılmaktadır. Tahriş olmuş ciltlerde yatıştırıcı etkiye sahiptir.
Papatya (<i>Matricaria recutita- Anthemis nobilis</i>)	Açma zamanındaki çiçekler	Saç bakımı, cilt bakımı ve bebek bakım ürünlerinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Tahriş olmuş ciltleri yatıştırır, yumuşatır ve sıkılaştırır. Saç rengini açıcı özelliğe sahiptir.
Bozot (<i>Marrubium vulgare</i>)	Toprak üstü kısmı	Hassas ve tahriş olmuş ciltleri yatıştırıcı etkisi vardır. Antiseptik özelliğindedir.
Mürver (<i>Sambucus nigra</i>)	Çiçek ve meyve	Saç ve cilt bakımı ürünlerinde kullanılmaktadır. Tahriş olmuş ciltleri yatıştırıcı, yumuşatıcı, sıkılaştırıcı, antiseptik ve cilt temizleyici olarak kullanılmaktadır.
Hayıt (<i>Vitex agnus-castus</i>)	Tohum	Anti-akne ve nemlendirici olarak kullanılmaktadır.
Anti-aging kozmetik bitkileri		
Bitkinin Adı	Bitkinin Kullanılan Kısmı	Kullanım Alanları
Deniz iğdesi- Yalancı iğde (<i>Hippophae rhamnoides</i>)	Bitkinin tohumundan elde edilen soğuk pres sabit yağı ve ekstresi	Krem, yağ ve serum şeklindeki formları kullanılmaktadır.
Ölmez çiçek (<i>Helichrysum sp.</i>)	Çiçekler	Cilt bakım ürünleri anti aging özelliğe sahiptir.
Ezan çiçeği (<i>Oenothera biennis</i>)	Bitkinin tohumlarından elde edilen sabit yağ	Anti aging, nemlendirici ve cilt tahrişlerini azaltıcı etkisi vardır.
Leke karşıtı kozmetik bitkileri		
Bitkinin Adı	Bitkinin Kullanılan Kısmı	Kullanım Alanları
Koyungözü papatya (<i>Bellis perennis</i>)	Açma zamanındaki çiçekler	Yaşlılık lekeleri, çiller ve güneş lekelerine kullanılmaktadır.
Kocayemiş (<i>Arbutus undeo</i>)	Yapraklar	Cilt rengini açıcı, leke giderici etkisi vardır. Serumlarda ve kremlerde kullanılmaktadır.
Ayı üzümü (<i>Vaccinium arctostaphylos</i>)	Yapraklar	Cilt rengini açıcı ve leke giderici etkisinden dolayı serum ve kremlerde kullanılmaktadır.
Meyan kökü (<i>Glycyrrhiza glabra</i>)	Kök	Cilt rengini açıcı ve leke giderici etkisi vardır.
Saç bakımında kozmetik bitkiler		
Bitkinin Adı	Bitkinin Kullanılan Kısmı	Kullanım Alanları
Huş ağacı (<i>Betula pendula</i>)	Açma zamanındaki çiçekler	Saç bakımı ve cilt bakımı ürünlerinde sıkça kullanılmaktadır. Tahriş olmuş ciltleri yatıştırıcı, yumuşatıcı ve sıkılaştırıcı etkisi vardır. Saç rengini açıcı özelliğe sahiptir.
Yara otu (<i>Prunella vulgaris</i>)	Başak kısmı	Saç dökülmesini önleyici etkiye sahiptir

3.4. Biyoyakıt Olarak Kullanımı

Günümüzde hızlı nüfus artışı, düzensiz kentleşme, sanayileşme ve bilinçsizce yakıt kullanımı fosil kökenli yakıtlarda azalmaya, hava ve çevre kirliliğinde ise artışa neden olmaktadır. Kullanılmakta olan enerji kaynaklarının bir süre sonra tükeneceği düşünülürse, alternatif enerji kaynaklarına yönelim kaçınılmaz olmaktadır. Bunun için fiziksel ve kimyasal açıdan uygun aynı zamanda ekonomik olarak üretilebilecek kaynaklar bulunmalıdır. Bu süreç içerisinde yapılan araştırmalar göstermektedir ki en uygun haliyle hem insan hem de çevre açısından düşünüldüğünde biyoyakıt geleceğin en ideal yakıtı olarak kullanılacaktır. Bu konuda dünyada ve ülkemizde çeşitli çalışmalar yapılmış ve hala devam etmektedir. Biyoyakıt olarak kullanılan bitkilerden bazıları şunlardır; kolza, ketencik, ayçiçeği, hintyağı ve jojoba bitkisi [9,13].

4. SONUÇ

Günümüzde insanların kimyasal maddeler içeren sentetik ürünlerden uzaklaşıp doğal ürünlere yönelmesiyle birlikte tıbbi aromatik bitkilerin kullanımında artış olduğu görülmektedir. Bu bitkilerin geçmişten günümüze hayatımızın her alanında kullanıldığı yapılan birçok çalışma ile belirtilmiştir. Artan ihtiyaçlar nedeniyle, bu bitkilerin doğadan toplanması, kurutulması, saklanması ve kullanılması kontrollü olarak yapılmalıdır. Tıbbi ve aromatik bitkiler Tıp alanında olduğu gibi, eczacılıkta, gıda sanayisinde, parfümeri ile kozmetik sanayisinde ve biyoyakıt olarak kullanılmaktadır. Bu bitkileri en çok çay olarak ve kozmetik alanında kullanılmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini vurgulamaktadır. Bu çalışmanın gelecekte tıbbi ve aromatik bitkiler konusunda yapılacak çalışmalara kaynak oluşturabileceği ve bu konuda yeni fikirlerin ortaya çıkmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] V. Acıbuca and D.B. Budak, "Dünya'da ve Türkiye'de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi," *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi.*, vol. 33, no. 1, p. 37-44, 2018.
- [2] Ş. Türkan, H. Malyer, S.Ö. Aydın and G. Tümen, "Ordu İli ve Çevresinde Yetişen Bazı Bitkilerin Etnobotanik Özellikleri," *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.*, vol. 10, no. 2, p. 162-166, 2006.
- [3] <https://www.baka.org.tr/uploads/1357649536TiBBi-VE-AROMATIK-BITKILER-SEKTOR-RAPORU-5ARALIK.pdf> [Accessed: 17-Nov-2018].
- [4] Ö.V. Bayraktar, G. Öztürk and D. Arslan, "Türkiye'de Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Pazarlamasındaki Gelişmelerin Değerlendirilmesi," *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi.*, vol. 26, no. 2, p. 216-229, 2017.
- [5] A. E. Hakverdi and N. Yiğit, "Yozgat-Akdağmadeni Yöresinde Bulunan Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler," *Bartın Orman Fakültesi Dergisi.*, vol. 19, no. 2, p. 82-87, 2017.
- [6] V. Gül, "Rize Yöresine Ait Tıbbi ve Aromatik Bitkilere Genel Bir Bakış," *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.*, vol. 4, no. 4 97-107, 2014.
- [7] R. Toker, M. Gölükcü and H. Tokgöz, "Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Gıda Sanayisinde Kullanım Alanları," *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi.*, vol. 4, no. 15, p. 54-59, 2015.
- [8] E. Bayram, S. Kırıcı, S. Tansı, G. Yılmaz, O. Arabacı, S. Kızıl and İ. Telci, "Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminde Arttırılması Olanakları," in *Ziraat Mühendisleri Odası 7. Teknik Kongresi*, 2010.
- [9] S. Aytaç and Ç. Yiğen, "Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Önemli Kullanım Alanları," *III. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, 2016.
- [10] E. Faydaoğlu and M.S. Sürücüoğlu, "Geçmisten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi," *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi.*, vol. 11, no. 1, p. 52-67, 2011.
- [11] http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [Accessed: 18-Dec-2018].
- [12] N. Tanrikulu, "Kozmetik Bitkileri Tarımı ve Türkiye Florasının Kozmetik Bitkileri Açısından Önemi," in *4. Kozmetik Kimyası, Üretimi, Standardizasyonu Kongresi, Kimyagerler Derneği*, 2014.
- [13] Ö. Gökteş and B. Gıdık, "Ketencik (*Camelina sativa*) Bitkisinin Ekonomik Önemi," in *IV. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, 2018.

Elektrik Kaynaklı Yanma ve Yangın

Betül KAYA*¹, Yunus KAYA²

¹Kimya Yüksek Mühendisi, Bayburt, Türkiye
²Bayburt Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, Bayburt, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Elektrik,
Yanma,
Yangın,
Önlem

Özet

Bu çalışmada Türkiye ve Dünya'nın bazı bölgelerinde yangının en önemli sebeplerinden birisinin elektrik kaynaklı yangınlar olduğu üzerinde durulmuştur. Bu duruma bağlı olarak ise yanma ve yangının tanıtılmasından başlanarak, elektrikten kaynaklanan yangınlar hakkında temel bilgiler verilmiş ve elektrikten kaynaklanan yanma ve yangına karşı çeşitli önlemler sunulmuştur.

Combustion and Fire Caused by Electricity

Keywords:

Electricity,
Combustion,
Fire,
Precaution

Abstract

In this study, one of the most important causes of fire in Turkey and in some parts of the world is focused on fires caused by electricity. Depending on this situation, starting from the introduction of combustion and fire, basic information about the fire caused by electricity is given and various precautions against combustion and fire caused by electricity are presented.

1. GİRİŞ

Hiç şüphe yok ki elektrik, insanlık tarihinin en büyük buluşlarından birisidir. Bunun yanında elektriğin insan hayatına sağladığı faydaların yanında dikkatli olunmadığı takdirde çok büyük zararlara, hatta ölümlere dahi sebebiyet verebileceği de açıktır. Bir elektrik şokunun etkisi ve zararı birçok faktöre bağlıdır. Bunlar elektriğin vücuda ulaşım yolu, akımın miktarı, akıma maruz kalma süresi ve derinin kuru ya da rutubetli olmasıdır. Su genellikle elektrik için iyi bir iletkenidir ve rutubetli ortamlarda kolayca elektriksel iletim sağlanır. Bir elektrik şoku hafif karıncalanmadan ciddi yanıklara hatta kalp durmasına kadar birçok sonuca açıktır. Aşağıdaki tablo şehir şebekesi frekansında akımın elden ayağa bir saniye süre ile yönelmesi halinde ortaya çıkaracağı sonuçları teşhir etmesi bakımından önemlidir [1].

Tablo 1. Akım büyüklüklerinin etkileri [1]

Akım	Etkisi
1 mA	Akımı fark etme
5 mA	Hafif şok hissetme, acı vermez ancak rahatsız eder
6-30 mA	Acı verici şok, etki kaynağından uzaklaşma
50-150 mA	Aşırı acı, solunum durması, ciddi kas büzülmesi
1000-4300 mA	Ventricular fibrillation (kalp çırpınması)
10000 mA ve üzeri	Kalp durması, ciddi yanık ve muhtemel ölüm

Elektrikle ilgili en çok zararlar elektrik şoku ve yangındır. Türkiye'nin en büyük şehri olan İstanbul'a ve bazı ülkelere bakıldığında yangının temel nedenleri arasında elektrik, İstanbul ve Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nde sigaradan (dikkatsizlik ve ihmal) sonra 2. sırada, İngiltere'de ilk sırada ve Japonya'da kasıtlı yangından sonra 2. sırada'dır [2].

İstanbul'da elektrikten kaynaklanan yangınlarının oranı, 1990 yılından önce % 12 iken bu oran her yıl artmış ve son yıllarda % 23 mertebesine ulaşmıştır. Kuşkusuz bunun önemli sebeplerinden biri kişi başına tüketilen enerjinin her yıl artmasıdır. Eskiden evlerde sadece buzdolabı kullanılırken günümüzde çamaşır makinası, bulaşık makinası, fırın, televizyon, bilgisayar gibi elektrikle çalışan cihazların sayısı artmıştır. Aynı zamanda elektrik yangınlarının sayısının artmasının bir sebebi de eskiyen tesisatların yenilenmemesindedir. Tesisatlar zamanla yıpranmakta, tozlanmakta ve yangına duyarlı hale gelmektedir [2].

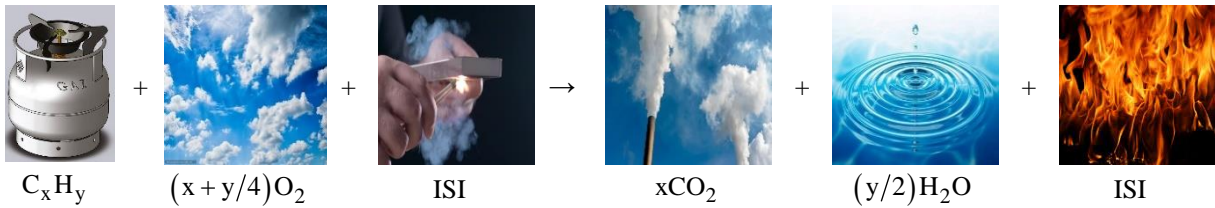
Elektrik kaynaklı yangınların artışındaki hız, bu durumun araştırılmasını önemli hale getirmiş durumda olup, biz bu çalışmamızda kimya mühendisi ve elektrik-elektronik mühendisi olarak yanma ve yangının tanıtılmasından başlayarak, elektrikten kaynaklanan yangınlar hakkında temel bilgiler vereceğiz ve elektrikten kaynaklanan yanma ve yangına karşı önlemler sunacağız.

2. YANMA VE YANGIN

Elektrik tesisatlarında yanma ve yangın konusunu daha iyi kavramak ve çözüm önerileri geliştirmek için; yanma, yanıcı maddeler, ısı ve yangın konularını kısaca özetlemek yararlı olacaktır.

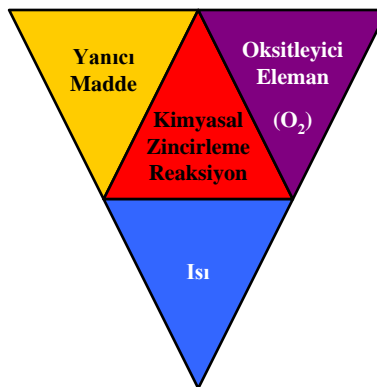
2.1. Yanma

Yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığında oksijenle meydana getirdiği ekzotermik kimyasal zincirleme reaksiyona yanma denir. Maddenin özelliklerine göre yanma şekli alevli, korlu veya alev+korlu şeklinde olabilir. Yanma sonucu farklı yoğunlukta ısı, ışık ve duman açığa çıkar [3].



Şekil 1. Yanma olayı

Yukarıda belirtilen formül dışında yanıcı maddenin yapısına bağlı olarak muhtelif yanma ürünleri meydana gelir. Örneğin, yanıcı maddenin yapısında azot var ise yanma ürünü olarak azot oksitler veya siyanürler, kükürt var ise kükürt dioksit ortaya çıkmaktadır [3].



Şekil 2. Yanma tetrahedronu [3]

2.2. Yanıcı maddeler

Metal ve nükleer madde yangınlarına neden olan yanıcı maddeler dışındaki yanıcı organik madde ve bileşiklerine yanıcı madde denir [3].

Organik madde ve bileşiklerin yapısında; karbon, hidrojen, kükürt, fosfor ve azot gibi elementler bulunmaktadır. Yanıcı maddeler doğada katı (Odun, kömür vs.), sıvı (Sıvı yağlar, benzin, motorin, katran, asfalt, gres, alkol,

aseton, etil asetat vs.) ve gaz (Likit petrol gazı (LPG), doğalgaz, havagazı, hidrojen, asetilen, karbon monoksit, kükürt karbonat vs.) olmak üzere üç halde bulunur [3].

2.3. Isı

Yanmanın meydana gelebilmesi için gerekli olan en önemli etkidir. Çünkü günlük hayatta yanıcı madde ve oksijen teması sürekli vardır. Ancak yanmayı başlatacak etken ısıdır. Yanmanın başlayabilmesi için sıcaklığın yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşması gerekir [3].

Tablo 2. Endüstride kullanılan bazı maddelerin tutuşma sıcaklığı [3]

Maddenin Adı	Tutuşma Sıcaklığı
Pamuk	400 °C
Pamuklu Kumaş (Ham Bez)	225 °C
Pamuklu Kumaş (Aprelenmiş)	275 °C
Yün	600 °C
Naylon 6.66	425 °C (160-260 °C arası erir)
Polyester	450-485 °C (256-292 °C'de yumuşar ve damla damla akar)
Tahta	240-270 °C (Çam ağacı 260 °C)
Gazete Kâğıdı	230 °C
Amonyak	651 °C

Tablo 3. Bazı tutuşturma kaynaklarının verdiği sıcaklıklar [3]

Tutuşturma Kaynağının Adı	Verdiği Sıcaklık
Doğalgaz	Hava ile 1875 °C (Oksijen ile 2780 °C)
Propan	Hava ile 1925 °C (Oksijen ile 2800 °C)
Bütan	Hava ile 1905 °C (Oksijen ile 2900 °C)
Kibrit	450-470 °C
Elektrik Arkı	1093 °C
Sigara	287-732 °C
Oksijen-Asetilen Kaynağı	3315 °C

2.4. Yangın

Kontrol dışına çıkmış yanma olayına yangın denir. Yangın nedenleri; bilgisizlik, dikkatsizlik ve ihmal, tedbirsizlik, sıçrama (çevredeki yangından sirayet), sabotaj, tabiat olayları ve kazalar olarak sıralanabilir [3].

A sınıfı yangınlar: A sınıfı yangınlar, metaller dışındaki yanabilir katıların yangınlarını kapsar. Odun, ham mamul, tekstil madenleri, kâğıt, saman ve pamuk gibi korlu yanan yanıcı maddelere ait yangınlardır. Bu yangınların bir kısmında yanma yüzeyseldir [3].

- Yanma, odun, kâğıt, tekstil ürünlerindeki gibi katı yüzeylerde olur.
- Alevli ve korlu yangınlar olup sabit yerde yanarlar.
- A sınıfı yangınlarda, yanan maddelerin kimyasal yapısına bağlı olarak çok yoğun karbon monoksit ve benzeri yanıcı, boğucu ve zehirleyici gazlar açığa çıkar.
- Kor bütün A sınıfı yangınlarda ısı vericidir.
- Bu yangınlara müdahale daha kolaydır. Yanan yüzeyin söndürücü madde ile kaplanması ve oksijenle ilişkisinin kesilmesi yeterli olabilir.
- Rulo kumaş, saman balyası, rulo kâğıt, üst üste istiflenmiş malzemeler ve kömürde olduğu gibi içten yanmada olabilir. Bu noktada yangının nüfuziyeti önemlidir.
- Kolay şekil değiştirebilen kauçuk ve plastik gibi malzemelerin yangınlarının söndürülmesinde ayrı bir teknik gerekmektedir.
- Pahalı ve yerine konulması imkânsız eşyaların yangınlarında (müzeler ve koleksiyonlar gibi) yan etkisiz ve tahrip etmeyen bir uygulama gerekir.

- Hassas elektronik sistemlerin kullanıldığı bilgi işlem ve benzeri yerlerde de yan etkisiz ve tahrip etmeyen uygulamalar yapılmalıdır.
- Su ile teması halinde parlama, patlama ve yanıcı gazlar açığa çıkaran katı madde yangınlarında doğru söndürme maddesi kullanılmalıdır [3].

B sınıfı yangınlar: Yanabilen sıvıların sebep olduğu yangınlardır. Akaryakıt ve alkol yangınları bu sınıfa girmektedir. Ham petrol sıvı halde iken yanmaz. Ancak buhar haline geçip hava ile belirli bir oranda karıştıktan sonra yanabilir. 1 lt benzinin buhar haline geçmesiyle 30 lt yanıcı buhar elde edilmektedir. Akaryakıt buharları zehirlidir ve havadan 300 kat daha ağırdır [3].

Akaryakıt buharlarının yanmaya başlamaları için açık alev veya ateş ile temas etmesine gerek yoktur. Yanma noktalarına kadar ısınmaları veya bu noktaya kadar ısınmış bir cisim ile temas etmeleri alevlenmeleri için yeterlidir. Benzin düşük bir sıcaklıkta bile buhar haline gelir, fakat mazot, uçak yakıtı gaz yakıtı gibi ağır yakıtlar ısılmadıkça buharlaşmazlar. 100 lt havada 1-7 lt arasında akaryakıt buharı olan karışım yanıcıdır [3].

C sınıfı yangınlar: Yanabilen gazların sebep olduğu yangınlardır. Hızlı karışan ve hızlı yayılabilen tehlikeli yangın gruplarından. LPG, havagazı, doğalgaz ve hidrojen gibi yanabilen çeşitli gazları kapsamaktadır. C sınıfı yangınlar alevlidir ve patlama ile karşılaşma ihtimali bir hayli fazladır. Bu gruptaki gazların oksijenle temasları çok küçük oranlarda olmalıdır. Aksi halde patlama ve parlama şeklinde büyük yangınlara sebep olurlar. Patlama ve parlama sırasında oluşan yüksek basınç, ısı ve alev yangının kısa sürede hızla büyümesine neden olur. Örneğin, benzin patlamaz. Ancak benzin buharı uygun karışım sonucu ısı ile karşılaştığında patlama meydana gelir [3].

LPG havadan ağır olduğu için zemine çöker, doğalgaz ise hafif olduğu için tavana çıkar. Gaz kaçaqları ve sızıntılarında kesinlikle ateş kullanılmaz. Kaçağın veya sızıntının meydana geldiği ortam havalandırılır. Söndürme maddesi olarak kuru kimyevi toz (KKT), CO₂ kullanılabilir. Ayrıca seyreltmek sureti ile de etkisiz hale getirilebilir [3].

D sınıfı yangınlar: Magnezyum, sodyum, potasyum, alüminyum gibi yanabilen metallerin yangınlardır. Bu tür yangınlar, işleme sırasında oluşan çapakların yağla karışması ve daha sonra üst üste toplanarak basınç altında kalmaları sonucunda yağın ve kırıntıların ısınmasıyla meydana gelir. Korlu yangınlardır, alev oluşturmazlar. Ortalama 2000-2500 °C'de olduğu için D sınıfı yangınlara karşı su, CO₂, KKT kullanılmaz. Yüksek ısıdan dolayı bu maddeler başka reaksiyonlara neden olurlar. 100 °C'de buharlaşan su, metal yangınlarında kullanılırsa, yüksek ısıdan dolayı hidrojen ve oksijene ayrılır. Söndürme maddesi olarak hafif metal söndürme tozları (D tozu), kuru kum ve döküm talaşı kullanılmalıdır. D sınıfı yangınlarda ayrıca soğutma ve ayırma işlemiyle de söndürme yapılabilir [3].

3. ELEKTRİKTEN KAYNAKLANAN YANGINLAR

Elektrikten kaynaklanan yangınları statik elektrikten kaynaklanan yangınlar ve elektrik tesisatı ve elektrikli cihazlardan kaynaklanan yangınlar olarak iki gruba ayırabiliriz.

3.1. Statik elektrikten kaynaklanan yangınlar

Statik elektrik (veya durgun elektrik), belli bazı nedenlerle meydana gelen ve isminden de anlaşıldığı gibi, bir işe yaramayan ve zaman zaman arklar şeklinde boşalan elektriktir. Bu boşalma genel olarak kontrol altına alınamaz ve statik elektrikten faydalanılamaz. Bu kontrolsüz güç, haliyle bazı tehlikeler yaratabilir [4].

Statik elektrik, tabiatta birbirinden farklı veya aynı, iletken veya yalıtkan iki maddenin temas etmesi ve sonra ayrılması (contact separation) veya sürtünme meydana getirmesi (friction generation) sebebiyle kendiliğinden oluşur. Birbirleriyle temas halinde olan maddeler arasında, temas yüzeyi boyunca elektron transferi olur. Bu sınır tabakasının elektriksel karakteristiği, her iki temas halindeki maddelerin karakteristiklerinden farklıdır. Eğer bu iki madde birbirinden ayrılırsa, sınır tabakası ortadan kalkar ve neticesinde bir tanesinde elektron fazlalığı (negatif yüklenme) ve ötekisinde ise elektron azlığı (pozitif yüklenme) meydana gelir. Haliyle bu iki ayrı yük birbirlerini çekerler ve arada bulunan hava gibi yalıtkan olan bir tabaka boyunca ark (kıvılcım) yaparak boşalmak ve yük farklılığını dengelemek isterler. İşte bu ark olayı bazı ortamlarda çok tehlikeli olabilir. Eğer sınır tabakasının rezistansı çok küçük ve ayrıca potansiyel farkı az ise bu deşarj işlemi, iki madde arasında arka sebep olmadan olur. Netice olarak, meydana gelebilecek kıvılcımın şiddeti, her iki yüzey arasındaki potansiyel farkı ve geçiş ortamının direnci ile doğru orantılıdır. Ayrıca, eğer iki maddenin temas etmesi ve ayrılması bir

sürtünme şekline dönüşürse, yüzeylerde birikecek fazla statik elektrik yüklerinin meydana getireceği potansiyel farkı ve dolayısıyla deşarj arki daha da fazla olacaktır [4].

İçinden sıvı veya gaz geçişi olan hortum ve tesisatlarda veya iletken olmayan maddelerin sürtünmesi sonucu oluşan statik elektrikten kaynaklı ark sonucu yanma ve yangın oluşabilir. Yanıcı buharların olduğu yerde bu ark çok tehlikelidir.

3.2. Elektrik tesisatı ve elektrikli cihazlardan kaynaklanan yangınlar

Elektrik tesisatı ve elektrikli cihazlardan kaynaklanan yangınların nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Tesisatlarının standartlara uygun yapılmaması ve uygun malzeme kullanılmaması,
- Tesisatlarda sonradan yapılan eklemeler,
- Çalışma olmayacağı zaman elektriklerin şalterden kapatılmaması,
- Elektrik lambası, kablolar ve açma kapama düğmelerinde oluşan arızalar,
- Kullanıcı hataları; ütünün fişte bırakılması, elektrikli ısıtıcıların yakınında çamaşır gibi yanıcı maddelerin bulundurulması,
- Elektrikli aletlerin talimatına uygun kullanılmaması,
- Kablolarda meydana gelen erimeler,
- Sigortaların hatalı sarımı ve kullanımı,
- Aşırı yüklenme yapılması [3].

4. ÖNLEMLER

Araştırmalarımız ve tecrübelerimiz göstermektedir ki elektrik kaynaklı yangınların minimize edilebilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Statik elektrikten kaynaklı yangınları önlemek için, sistemlerin topraklanması yapılmalı, statik elektrik oluşması muhtemel yerlerde çalışan personele, statik elektrik giderici elbise, eldiven ve ayakkabı giydirilmeli. Personel için belirli noktalarda “statik elektrik deşarj istasyonu” kurulmalıdır [3].
- Elektrik tesisatı ve elektrikli aletlerin bakımları düzenli yapılmalı, elektrik ile ilgili bakım ve tamirat dâhil tüm işler, konunun uzmanları tarafından yapılmalıdır [3].
- Kablo kesitlerinin ve/veya sigorta amperajlarının gerilim düşümü ve kısa devre hesaplarına uygun olmaması durumunda aşırı ısınma nedeni ile yangın riski artar. Bu nedenle kablo kesitleri ve sigorta amperajları tesisat ile ilgili yönetmeliklere uygun olarak düzenlenmelidir [5].
- Türkiye’de her geçen gün çoğalan Asya pazarı ve standarttan uzak kalitesiz ve ucuz malzemeler ile yapılan elektrik tesisatı ve bu devrelerden beslenen standart dışı elektronik cihazlar yangına davetiye çıkarmaktadır. Buna ek olarak yine imalat sırasında bakır tel, izolasyon kaplamasının tam ortasında olmazsa, bir tarafta izolasyon kalınlığı azalacağından yine izolasyon hatası sonucu yangın riski artacaktır. Bu nedenlerden dolayı kullanılan bütün elektrik malzemeleri en azından Türk Standartları Enstitüsü (TSE) standartlarına uygun olmalıdır [5].
- Özellikle fare gibi kemirgenler, kabloların izolasyonlarını kemirirler. İzolasyon zayıflayınca, fazlar arasında kalıp kısa devreye neden olurlar ve yanmaya başlarlar [5].
- Gelişigüzel çekilmiş ve sarkık bırakılmış kabloların, zedelenme ve bağlantı yerlerinden çıkma riskleri vardır. Ehliyetli bir elektrikçi tarafından sarkık kablolar kroşeler ile duvara düzgün olarak sabitlenmeli veya sac kablo kanalları içerisine alınmalıdır [5].
- Solvent benzeri kimyasal maddeler, normal şartlarda buharlaşırlar. Havadan ağır oldukları için zeminde birikirler. Havadaki kritik yoğunluk oranı aşıldığında ise küçük bir statik elektrik veya ark sonucu infilak ederler. Bu ark, bir lambanın açma-kapama anahtarı içinde normal olarak her açma kapamada meydana gelen bir ark olabileceği gibi, kontaktör kontakları arasında veya elektrik motorunun fırçaları arasında da her çalışmada olur. Bu tür durumlarda ark oluşturan veya oluşturabilecek elektrik tesisatı ve cihazlarının hava ile temasının kesilmesi gerekir. Bunun sonucunda meydana gelen ark, kapalı sistem içinde kalır ve ortam ile temas etmez [5].
- Geçici olarak kullanılan uzatma kabloları, zemin üzerinde çignenerek ezilip izolasyonu zayıflar. Bu nedenle uzun süre kullanılmamalı, sabit kablolama tesisatına geçilmelidir [5].
- Tehlike ihtimali yüksek olan tesisatlardaki buşonlu sigortalar, üzerine tel sarılarak yeniden kullanılmasını önlemek amacı ile termik-manyetik otomatik sigorta veya şalterler ile değiştirilmelidir [5].
- Kaçak akım koruma rölesinin görevi, bir yalıtım hatasından kaynaklanan hata akımı olduğu anda devreyi kesip, o hata akımına maruz kalabilecek bir insanın hayatını kurtarmaktır. 30 mA hassasiyetindeki kaçak akım koruma rölesi insan hayatını korumaya yönelik kullanılır. 300 mA hassasiyetindeki kaçak akım koruma rölesi ise, büyük ölçekli bir yalıtım hatasının oluşturduğu yangın riskini engellemeye yönelik kullanılır [5].

- Kabloların bağlandığı sigorta, kontaktör, klemens gibi bağlantı noktalarının dirençleri, elektrik kablolarına göre daha yüksektir. Bu nedenle kablolarla oranla daha fazla ısınmaya yol açabilirler. Bağlantı noktalarındaki vidalar, tesisin işletmeye alınmasından sonra üzerinden akım geçmesi neticesi ısınır. Gece devreden çıkarılınca soğur. Metallerin ısılarının artması ile genişleşim ısılarının azalması ile eski haline dönmesi nedeni ile vidalarda gevşeme olabilir. Temas basıncının azalmasından dolayı arklar oluşup kısa süre içerisinde çok yüksek sıcaklıklar meydana gelip yangına sebep olabilir. Bu durum daha çok pano içi bağlantılarda ve asma tavan içerisindeki aydınlatma armatürlerinin bağlantılarında meydana gelebilir. Uzun süreli olmayan periyodik aralıklar ile bağlantılar sıkılmalı ve ısınan noktalar tespit edilmelidir [5].
- Çok katlı binalarda elektrik kabloları saftlardan yoğun olarak katlara dağılır. Örneğin, bodrum katta pano çıkışında meydana gelebilecek bir yangın, safttaki kablolar nedeni ile bütün binaya yayılıp kümül (birikimli) hasar oluşturabilir. Şafttaki hava akımı da yangının kolayca büyümesine yardımcı olur. Bu nedenle saftların kat geçişlerine yangını önleyici veya geciktirici izole maddeler ile tıkaçlar yapılması, yangının çıktığı bölmede kalmasını sağlayacaktır [5].
- Elektrik kablolarının panolara, motor bağlantı kutularına, ölçüm sistemlerine ve diğer kumanda sistemlerine girişleri, kablo çapına uygun kauçuk conta olan rekorlar ile yapılmalıdır. Lastik conta somunu gerektiği kadar sıkılmalıdır. Amaç kablo ile rekor arasından panoya girecek havadaki serbest akrilik, pamuk, viskon gibi elyafın pano ve diğer elektrik kumanda cihazları içine girmesinin önlenmesidir. Aksi halde elektrik panosu ve diğer elektrik kumanda sistemleri içerisinde biriken hava, elyaf pano içinde oluşacak ısınma ve arklar sonucunda yanmaya başlayacaktır [6].
- Aynı anlayışta açıkta yapılan elektrik kabloları ekleri ve/veya kapağı açık buatlar, içinde klemens kullanılmadan yapılmış eklerde zaman içinde ısınma ve arklar sonucu yangının başlama sebebidir [6].
- Diğer taraftan tüm elektrik panoları, kumanda ve ölçüm cihazları sac dolap ve kutularının kapakları ve kutu içine açılan tüm deliklerin kesin olarak kapalı olması şarttır. Yine amaç panoya girecek havadaki serbest akrilik, pamuk, viskon elyafın pano ve diğer elektrik kumanda cihazları içine girmesini önlemektir [6].
- Aynı sebep ile pano kapaklarının bir lastik conta ile korunması, kapağının bir kilit sistemi ile sürekli kapalı tutulması kesin olarak sağlanmalıdır [6].
- Kuvvetli akım pano ve kablolarının en azından senede bir kere termal kameralar ile ısı haritaları çıkarılmalı ve bu ısının yangına sebep olmaması için gereken önlemler alınmalıdır [6].
- Elektrik panoları en az bir metre yakın çevresi, iz düşümü ve pano üstü yangına müsait malzemeden arındırılmış olmalıdır [6].
- Aydınlatma armatürleri kablo girişleri, buat giriş ve çıkışları kesin olarak uygun rekorlar kullanılarak yapılmalıdır [6].

Kaynakça

- [1] H. Efeoglu, M. Ertugrul, A. Cansiz, T. Karacali, E. A. Oral, B. Soysal, E. Sonmez and R. Dilber, *Fizik II Elektrik Magnetizma Laboratuvarı Klavuzu*. Erzurum, TR, 2006.
- [2] A. Kilic, “Gelişmiş Ülkelerde ve Türkiye’de Yangın Nedenleri,” *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, vol. 200, pp. 8-10, 2018.
- [3] İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, “Yangın ve Kazalarla Mücadele Eğitim Kitabı,” 2019. [Online]. Available: http://itfaiye.ibb.gov.tr/img/1135817112015__9087030291.pdf. [Accessed: 5-May-2019].
- [4] F. U. Toktas, “Statik Elektrik,” 2019. [Online]. Available: <http://www.olcum.org/wp-content/uploads/2013/04/10.pdf>. [Accessed: 5-May-2019].
- [5] O. Oduncu, “Elektrikli Kaynaklı Yangınların Çıkış Nedenlerinin İncelenmesi ve Alınacak Önlemler,” 2017. [Online]. Available: <http://www.yanginokulu.com/elektrik-kaynakli-yanginlarin-cikis-nedenlerinin-incelemesi-ve-alinacak-onlemler/>. [Accessed: 5-May-2019].
- [6] Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi İtfaiyesi, “Elektrik Konusunda Uyulması Gereken Önemli Noktalar,” 2019. [Online]. Available: <http://www.gaosbitfaiye.org/images/7d406e90-979f-475c-aaa8-43f6418ed263Elektrik%20%C3%B6nlem.pdf>. [Accessed: 5-May-2019].