

MÜHENDİSLİK ALANINDA ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER - I

ARALIK 2021

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. SELAHATTİN BARDAK
DR. ÖĞRETİM ÜYESİ NESLİ AYDIN
DR. ÖĞRETİM ÜYESİ YALÇIN BOZTOPRAK

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel

Editörler / Editors • Doç. Dr. Selahattin Bardak

Dr. Öğretim Üyesi Nesli Aydın

Dr. Öğretim Üyesi Yalçın Boztoprak

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2021

ISBN • 978-625-8075-36-6

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.

Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1.

Sokak Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR

Telefon / Phone: +90 312 384 80 40

web: www.gecekitapligi.com

e-mail: gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Mühendislik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler - I

Aralık 2021

Editörler

Doç. Dr. Selahattin Bardak
Dr. Öğretim Üyesi Nesli Aydın
Dr. Öğretim Üyesi Yalçın Boztoprak

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

SULAMA PROJESİ PLANLAMASI UZERINE ORNEK BİR
ÇALIŞMA: ANTALYA-KORKUTELİ KIZILALİLER GÖLETİ
SULAMASI

Gürol YILDIRIM 1

Bölüm 2

SULAMA REHABİLİTASYONU PROJESİ ÜZERİNE
ÖRNEK BİR ÇALIŞMA: MAMASIN BARAJI SULAMASI VE
REHABİLİTASYONU

Gürol YILDIRIM 13

Bölüm 3

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE BİYOAKTİF BİLEŞİKLER

Pınar ANLAR & Mükerrrem KAYA & Güzin KABAN 25

Bölüm 4

ET VE ET ÜRÜNLERİ İÇİN KORUYUCU KÜLTÜRLER

Selen SALLAN 41

Bölüm 5

FERMENTE SOSİSLERDE BİYOJEN AMİNLER

Zeynep Feyza YILMAZ ORAL 55

Bölüm 6

TEK KULLANIMLIK BEZLERDE İLETKEN MÜREKKEP
KULLANIMININ İNCELENMESİ

Ümit GENÇTÜRK & Züleyha DEĞİRMENCİ 69

Bölüm 7

FARKLI PARAMETRELERDE UYGULANAN ISIL İŞLEMLERİN
30MNB5 ÇELİĞİNİN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ İLE İLGİLİ
ÇALIŞMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Fatih Nedim YORULMAZ & Nilay ÇÖMEZ & Canser GÜL &

Hülya DURMUŞ 89

Bölüm 8

ANTİK KENTLERDEKİ ZİYARETÇİ DAĞILIMININ COĞRAFİ
ETİKETLİ SOSYAL MEDYA VERİLERİNE DAYALI OLARAK
ANALİZİ VE HARİTALANMASI: PERGE ANTİK KENTİ
ÖRNEĞİ

Ahmet USLU 101

Bölüm 9

MENEKİRSESİ OBRUĞU’NUN (KARAPINAR-KONYA, ORTA
ANADOLU) JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Yaşar EREN & Şeyda PARLAR & Berkant COŞKUNER..... 117

Bölüm 10

TÜRKİYE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 2018 VE 2019
YILLARINDA GERÇEKLEŞEN İŞ KAZALARI VE MESLEK
HASTALIKLARINA AİT SGK YILLIKLARI VERİLERİNİN
İNCELENMESİ

Ergün ERASLAN & Dilek ÖZTAŞ & Şule Yüksel AKBAŞ &

Esmâ ORAL..... 133

Bölüm 11

ŞABAZİT İÇERİKLİ ZEOLİT NUMUNESİNİN ÖN
KARAKTERİZASYONU VE ÖĞÜTÜLME ÖZELLİKLERİ

Öykü BİLGİN 149

Bölüm 12

ERGONOMİDE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMI

Ergün ERASLAN & Dilek ÖZTAŞ & Abdullah AĞA &

Çağrı BUZ..... 161

Bölüm 13

MAKİNE ÖĞRENMESİ REGRESYON YÖNTEMLERİ İLE KISA DÖNEM YENİLENEBİLİR ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM TAHMİN ÇALIŞMASI: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

İpek ATİK..... 171

Bölüm 14

RADYO FREKANS ABLASYONUNDA PARAMETRİK DEĞİŞİKLİKLER VE ETKİLERİ

Serhat KÜÇÜKDERMENCİ 187

Bölüm 1

SULAMA PROJESİ PLANLAMASI UZERINE ORNEK BİR ÇALIŞMA: ANTALYA-KORKUTELİ KIZILALİLER GÖLETİ SULAMASI

Gürol YILDIRIM¹

1 Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye. E-mail: gurol.yildirim@giresun.edu.tr ; yildirim3@itu.edu.tr

Bu bölüm yazarın yönettiği yüksek lisans tezlerindeki derleme çalışmalarından üretilmiştir,.ORCID Number: 0000-0003-1899-5379

GİRİŞ

Antalya İlinin 83 km kuzeybatısında yer alan, Çağşak ve Suuçu dere-lerinin birleşimi üzerinde yapılması düşünülen gölet ile sulu ve kuru tarım yapılmakta olan Antalya İli Korkuteli İlçesi Kızılaliler Köyü arazilerine ait brüt 204 ha, net 183 ha tarım arazisinin sulanması öngörülmektedir.

Bu doğrultuda gölete ilişkin su yapılarının hidrolik hesapları yapılmış, planlama koşullarının el verdiği ölçüde bu yapılar boyutlandırılmış, sulama şebekesi modern yöntemlere göre seçilmiş ve projenin ekonomik olarak yapılabilirliği ortaya konulmuştur.

Toplumsal yaşamda ekonomik ve sosyal düzenin güvence altına alınmasındaki en büyük faktör olan üretim, ilk olarak insanın temel uğraşlarından olan tarımın gelişmesiyle başlamıştır. Suyu etkin kullanarak toprak ile buluşturma çabaları, gereksinmelerin gün geçtikçe arttığı bu yaşamsal döngüde sınırlı olan kaynakların optimal kullanımlarını zorunlu kılmaktadır.

Hangi iklim kuşağında bulunursa bulunsun; tarımsal faaliyetlerde kararlılığı sağlayan, yüksek verimlilik ve mevsimsel şartlara göre bitki desenini şekillendiren, insanın ve doğanın devamı için gerekli olan temel unsur sulamadır. Sulamanın yanında günümüzde toprak ve su kaynaklarının daha etkin olarak kullanılabilmesi, enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, doğal yaşamsal döngünün sağlanabilmesi, mevcut ve mutasavver üretim sahalarının korunması gerekmektedir.

Bu kriterlere bakıldığında su ve toprak kaynaklarını geliştirme projelerinin arasında önemli bir yer teşkil eden barajlar; içme-kullanma suyu temini, sulama, enerji, taşkın koruma ve su depolama amaçlarına yönelik olarak planlanır, projelendirilir, inşa edilir ve işletilir. Dolayısıyla su depolama tesisleri hayatımızda önemli bir yer kapsamaktadır.

AMAÇ ve KAPSAM

Bu çalışmada bir sulama projesinin; planlamasının nasıl yapılacağı, söz konusu projenin bulunduğu yöreye ve ülkemize ne gibi katkılarının olacağı, sulama planlaması yapılırken dikkat edilmesi gereken unsurların neler olduğu, mühendislik disiplinlerinin birbirleriyle olan ilişkileri ve bu ilişkilerin sentezi sonucu ortaya çıkacak olan formülasyona göre projenin ne tür faydalar sağlayacağını belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda Antalya İli Korkuteli İlçesi Kızılaliler Köyü sınırları içerisinde bir gölet ve sulama tesislerinin planlaması yapılmıştır.

Proje alanında sulama suyuna duyulan talep gelişmeyi gerektiren en önemli etkidir. Sulama yararının bilincine varan çiftçi, suya karşı büyük bir özlem duymaktadır. Proje alanındaki su kaynakları doğal durumda

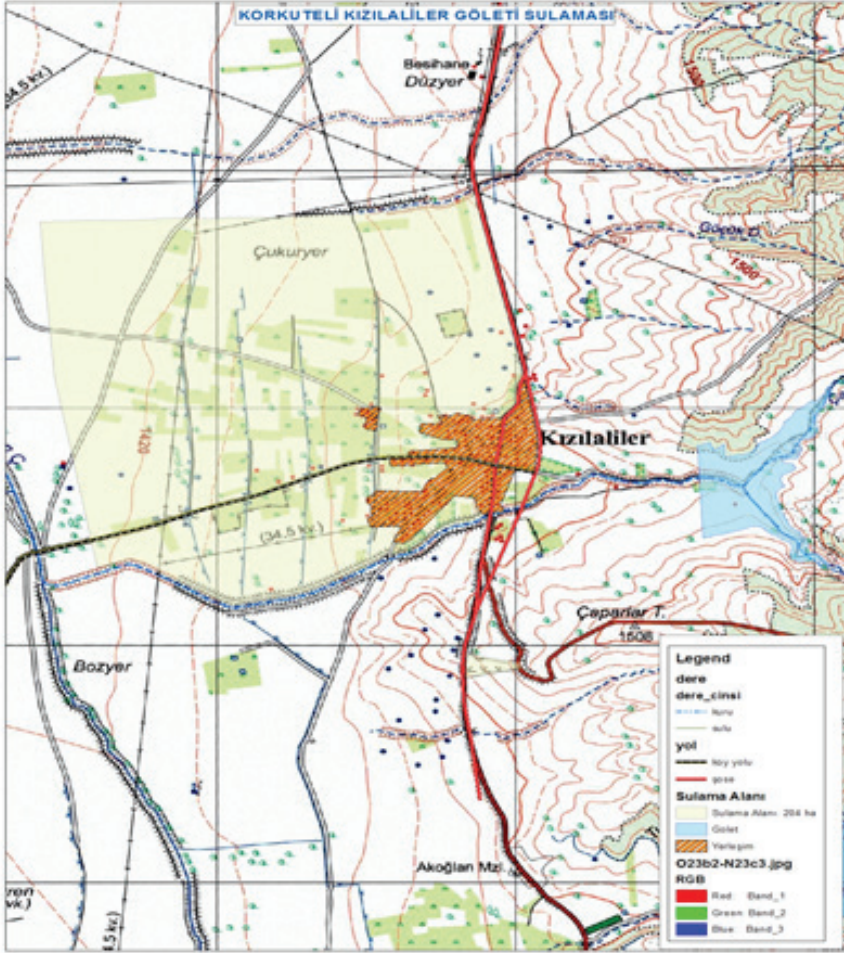
yıllık potansiyel ve akım düzeni yönünden tarım alanlarının gereksinimine göre uygun bir dağılım göstermemekte olup, bunları düzenleyici bir tesisin varlığını zorunlu kılmaktadır.

Proje alanındaki halkın geçim kaynağı tarımdır. Tarım gelirleri ise yeterli olmadığından bölge dışına göç kaçınılmaz olmaktadır. Nüfusu yerinde tutarak yaşam düzeyini yükseltmek için sulamanın geliştirilmesi gerekmektedir.

ÇALIŞMA ALANI VERİLERİ

Antalya İlinin 83 km kuzeybatısında yer alan, Çağşak ve Suuçtu dere-lerinin birleşimi üzerinde yapılması düşünülen gölet ile sulu ve kuru tarım yapılmakta olan Antalya İli Korkuteli İlçesi Kızıaliler Köyü arazilerine ait brüt 204 ha, net 183 ha tarım arazisinin sulanması öngörülmektedir.

Bu doğrultuda gölete ilişkin su yapılarının hidrolik hesapları yapılmış, planlama koşullarının el verdiği ölçüde bu yapılar boyutlandırılmış, sulama şebekesi modern yöntemlere göre seçilmiş ve projenin ekonomik olarak yapılabilirliği ortaya konulmuştur.



Şekil 1: Proje Lokasyonu

METODOLOJİ

Su ve toprak kaynakları projelerinin geliştirme aşamalarından ilki olan planlamanın; olmazsa olmaz derecedeki iki elemanı su ve topraktır.

Bu iki kaynak ile ilgili done ve bilgilerin sağlıklı olarak temini ve bunların projede doğru şekilde kullanılması, o projeden beklenen sonucun alınması için önde gelen temel şartlardır. Bu çalışmada;

- Su ve toprak kaynaklarını geliştirme projelerinin planlanmasında projenin her unsurunun ve tümünün incelenen alternatifler açısından teknik, ekonomik, mali ve çevresel yapılabilirliği ortaya konulur.
- Depolama tesisleri için 1/1000, rezervuar alanı için 1/5000 ölçekli haritalar hazırlanır.

- 1/1000 ve 1/5000 ölçekli haritalar üzerine yüzey jeolojik bilgileri işlendi, jeolojik kesitler çizildi, formasyon ve hidrojeoloji ile ilgili bilgiler hazırlanır.

- Doğal yapı gereçleri, laboratuvar deneyleri de yapılmak suretiyle cins, yer ve miktar olarak belirlenir.

- Toprak kaynakları yeri, derinliği, yapısı, drenaj kabiliyeti, erozyona mukavemeti yönünden niteliklerini belirleyen gözlem ve laboratuvar deneylerine dayalı arazi tasnif ve drenaj etütleri yapılır.

- Proje sahasındaki sosyal yapıyı, insan kaynağını, projeli koşullara adaptasyon kabiliyetini, projeli-projesiz koşullarda bitki desenlerini, gelir durumunu, pazar araştırmalarını içeren tarımsal ekonomi etütleri yapılır.

- Proje kapsamında önerilecek su yapılarının ekonomisi ve stabilitesi açısından su temini doneleri, kadastral ve muhtelif tekerrürlü taşkın hesapları ile sulama suyu ihtiyaçlarını içeren proje hidrolojisi çalışmaları yapılır.

- Projenin her maksadına ilişkin detaylı ihtiyaç ve talep tahmin çalışmaları yapılır.

- Mevcut ya da temini mümkün teknolojilerin projeye uygulanma imkanlarına yönelik çalışmalar yapılır.

- Baraj gövdesi, dolusavak, derivasyon tüneli gibi tesisler 1/1000 ölçekli haritaya yerleştirilir.

- Tesislere ait en ve boy kesitler çıkartılır.

- Baraj gövde hacmi bulunur.

- Baraj kot-alan-hacim eğrisi çizilir.

- İşletme çalışması için gerekli doneler hazırlanarak işletme çalışmaları yapıldı ve aktif hazne seçilerek normal su seviyesi belirlenir.

- Derivasyon-batardo optimizasyonu yapılarak tünel çapı ve memba batardosu kret kotu belirlenir.

- Kadastral taşkın hidrografına göre farklı dolusavak-kret genişlikleri için taşkın öteleme çalışmaları yapılır.

- Buna bağlı olarak dolusavak çıkış debisi, maksimum su seviyesi, kret kotu tespit edilir.

- Optimum seçeneğe göre tespit edilen sulama alanına göre ana kanallar ve yedekler çizilir.

- Son yılın DSI birim fiyatları kullanılarak keşif bedelleri hesaplanır.

- Faydalar ve yıllık giderler hesaplanarak ekonomik ve mali analiz çalışmaları yapılır.

Su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çok yönlü etüt ve planlama hizmetleri DSİ Genel Müdürlüğü tarafından, DSİ Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı bünyesinde ve taşra teşkilatlarında oluşturulmuş olan 11 değişik disiplinin koordineli olarak çalışması ile yürütülmektedir.

Bu disiplinler:

- Gözlem Faaliyetleri
- Harita Faaliyetleri
- Toprak ve Drenaj Etütleri
- Su ve Toprak Analizleri
- Tarımsal Ekonomi
- Hidroloji Çalışmaları
- Erozyon ve Rüşubat Kontrolü
- Su Tahsisi ve Su Sicili
- Çevresel Etki Değerlendirmeleri
- Ekonomik ve Mali Analizler
- Taşkın Etüdü ve Planlaması'dır.

Bu çalışma, yukarıdaki bahsedilen disiplinlere ilişkin olarak DSİ Etüt, Planlama ve Tahsisler Daire Başkanlığı ve DSİ 13. Bölge Müdürlüğü (Antalya) teknik elemanlarının tecrübelerinden yararlanılarak nihailendirilmiştir.

UYGULAMA

Bütün mühendislik disiplinleri ile yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bütün verilere ilişkin sonuçlar ve analizler tablolar halinde verilmiş olup, yapılan çalışmanın ekonomik verilerine bakıldığı zaman söz konusu projenin hayata geçmesi halinde yöre halkı ve ülke ekonomisine fayda sağlayabileceği açıkça görülmektedir.

Tablo 1: Hidrolik Özellikler

Hidrolik Veriler	
Yağış Alanı	9,13 km ²
Yıllık Ortalama Yağış	384,70 mm
Yıllık Ortalama Akım	0,836 hm ³

Tablo 2: Gövde ve Rezervuara İlişkin Özellikler

Gövde ve Rezervuar	
Gövde Tipi	Kil çekirdekli kaya dolgu
Talveg Kotu	1456,00 m
Temel Kotu	1450,00 m
Kret Kotu	1476,50 m
Kret Uzunluğu	417 m
Kret Genişliği	8 m
Menba Şevi	1/2
Mansap Şevi	1/1,8
Gövde Hacmi (Batardo Dahil)	303 589 m ³
Maksimum su seviyesi	1475,20 m
Normal su seviyesi	1473,42 m
Minimum su seviyesi	1462,28 m
Maksimum su seviyesinde göl hacmi	923 012 m ³ (0,92 hm ³)
Normal su seviyesinde göl hacmi	764 464 m ³ (0,764 hm ³)
Minimum su seviyesinde göl hacmi	68 475 m ³ (0,068 hm ³)
Aktif hacim	695 989 m ³ (0,696 hm ³)
Sulamaya verilecek su miktarı	747 110 m ³ (0,747 hm ³)
Maksimum su kotunda göl alanı	140 957 m ²
Normal su kotunda göl alanı	119 485 m ²
Minimum su kotunda göl alanı	27 650 m ²

Tablo 3: Su Yapılarına İlişkin Özellikler

Dolus avak	
Yeri	Sağ s ahil
Tipi	Karşıdan alışlı-kontrolsüz
Kret uzunluğu	6 m
Eşik üst kotu	1473,42 m
Giren Debi(Q_{500})	41,60 m ³ /sn
Çıkan Debi (Q_{500})	29,30 m ³ /sn (ötelenmiş)
Deşarj kanalı uzunluğu	145,50 m
Enerji kırıcı havuz uzunluğu	9,00 m
Derivasyon	
Yeri	Sol s ahil
Tipi	Kondüvi
Adedi	1
İç çapı	1 m
Uzunluğu	100 m
Q_{10}	11,49 m ³ /sn
Q_{25}	17,92 m ³ /sn
Dips avak	
Yeri	Sol s ahil
Tipi	Çelik cebri boru
Cebri boru çapı	1 m
Cebri boru uzunluğu	105 m
Min. İşletme kotunda dips avak kap.	2,9 m ³ /sn
Max. İşletme kotunda dips avak kap.	4,4 m ³ /sn

Tablo 4: Çalışmanın Ekonomisi

Maliyet ve Ekonomi (2015 Birim Fiyatları ile)	
Toplam tesis bedeli	16 420 311 TL
Toplam proje bedeli	18 425 792 TL
Toplam yatırım bedeli	20 090 087 TL
Yıllık toplam gelir	2 557 319 TL
Yıllık toplam gider	1 228 845 TL
Rantabilite	2,13

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Antalya İli Korkuteli İlçesi Kızıllaliler Köyü sınırları içerisinde sulama amaçlı depolama tesisinin yapılması ile bu tesisin yöre halkına ve ülkemize olan sosyal ve ekonomik etkileri araştırılmış, hidrolik yapıların bu proje üzerinde nasıl planlanması gerektiği, sulama planlaması yapılırken dikkat edilmesi gereken unsurların neler olduğu, planlamada mühendislik disiplinlerinin birbirleriyle olan ilişkileri anlatılmıştır.

Yapılan bütün değerlendirmeler sonucu ortaya konulacak olan formülasyon ile bu projenin ne tür faydalar sağlayacağı ortaya çıkarılmıştır. Bu bağlamda proje alanında sulama suyuna duyulan talep gelişmeyi gerektiren en önemli etken olup, sulama yararının bilincine varan çiftçi suya karşı büyük bir özlem duymaktadır.

Proje alanındaki su kaynakları doğal durumda yıllık potansiyel ve akım düzeni yönünden tarım alanlarının gereksinimine göre uygun bir dağılım göstermemekte olup, bunları düzenleyici bir tesisin varlığını zorunlu kılmaktadır.

Proje alanındaki halkın geçim kaynağı tarımdır. Tarım gelirleri ise yeterli olmadığından bölge dışına göç kaçınılmaz olmaktadır. Nüfusu yerinde tutarak yaşam düzeyini yükseltmek için sulamanın geliştirilmesi gerekmektedir.

Su ve toprak kaynakları projelerinin geliştirme aşamalarından ilki olan planlamanın; olmazsa olmaz derecedeki iki elemanı su ve topraktır. Bu iki kaynak ile ilgili done ve bilgilerin sağlıklı olarak temini ve bunların projede doğru şekilde kullanılması, o projeden beklenen sonucun alınması için önde gelen temel şartlardır.

Bu çalışma kapsamında:

- Su ve toprak kaynaklarını geliştirme projelerinin planlanmasında projenin her unsurunun ve tümünün incelenen alternatifler açısından teknik, ekonomik, mali ve çevresel yapılabilirliği ortaya konulur.

- Harita çalışmaları, jeolojik çalışmalar, doğal yapı gereçleri, arazi tasnif-drenaj etütleri, tarımsal ekonomi etütleri, hidroloji etütleri, talep tahmin çalışmaları, teknolojik uygulamalar, çevresel etkiler, su yapılarının boyutlandırılması, ekonomik ve mali analizler bir bütün olarak değerlendirildi. Bütün mühendislik disiplinlerine ilişkin olarak elde edilen bulgular tablolar halinde gösterilir.

- Hazırlanmış olan tez çalışmasında, Çağşak ve Suuçtu dereleri üzerine inşası tasarlanan Kızılaliler Göletinden toplam 204 ha brüt alanın sulanması öngörülür.

- Korkuteli Kızılaliler Göleti Projesinin hayata geçmesiyle brüt 204 ha tarım arazisinin borulu sistemle sulanması sağlanacak ve tarımsal olarak büyük fayda sağlanacaktır. Böylelikle su tasarrufu sağlanacak, ayrıca projenin orman alanlarına çevresel olarak büyük fayda sağlayacağı açıktır.

- Yapımı planlanan Kızılaliler Göleti ile tarımsal alanların bir kısmı basınçlı-borulu sulama sistemi ile modern bir sulama olanağı ile tanışacak, birim alandan elde edilecek önemli tarımsal gelir artışı ile başta yöre çiftçisi olmak üzere, bölge ekonomisi ve sonuçta ülke ekonomisi adına önemli sayılabilecek katkılar sağlanacaktır.

- Bugünkü koşullarda 194,75TL/da olan tarımsal net gelir sulama projesinin uygulanmasından sonra 1688,74 TL/da değerine yükselecektir. 183,40 ha net sulama alanında sağlanacak yıllık toplam gelir artışı 2015 yılı B.F. ile 2 557 319 TL olarak hesaplanmıştır.

- Projenin toplam tesis bedeli 16 420 311 TL, yatırım bedeli 20 090 087 TL, yıllık toplam gideri ise 1 228 845 TL'dir. Rantabilite oranı 2,13 olarak hesaplanan Kızılaliler Göleti ve Sulama Projesi teknik ve ekonomik yapılabilirlik yönünden uygun bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Ağırlioğlu, N. (2007), “Baraj Planlama ve Tasarımı”, 2.Baskı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Alparslan, E. (1985), “Yatırım Projelerinin Ekonomik Analizi”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.
- Bayazıt, M. (1994), “Su Kaynakları Sistemleri”, 1.Baskı, İTÜ Rektörlüğü, İstanbul.
- Bayazıt, M. (1996), “Biriktirme Haznelerinin Tasarımı ve İşletilmesi”, 1.Baskı, İTÜ Rektörlüğü, İstanbul.
- Bekem, Ş. (1970), “Toprak ve Kaya Dolgu Barajlarda Derivasyon Dipsavak Dolusavak Proje ve Hesapları”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.
- Çiçek, A., Antalya İli Korkuteli İlçesi Kızılaliler Göleti ve Sulaması Planlaması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018, Aksaray.
- Dalkır, Ö. (2007), “Beton Ağırlık Barajları”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.
- Değirmenci, İ. (1986), “Su ve Toprak Kaynakları Planlaması”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.
- Değirmenci, İ. (2010), “Su ve Toprak Kaynaklarının Planlaması”, 1.Baskı, Poyraz Ofset, Ankara.
- Genç, E. (1989), “Proje Planlamalarında Toprak ve Drenaj Çalışmaları”, 1. Baskı, DSİ Yayınları, Samsun.
- Gönülkırılmaz, S. (2015), “Antalya Korkuteli Kızılaliler Göleti ve Sulaması Arazi Tasnif ve Drenaj Raporu”, DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Kulga, D. (1985), “Su ve Toprak Kaynakları Projelerinde Planlama Aşamaları ve Bunların Kapsam ve Done Bakımından Farklılıkları”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.
- Müftüoğlu, F. (1982), “Akarsu Yapıları II”, 1.Baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Özçırpıcı, N. (1985), “Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirme Projelerinin Hazırlanmasında Hidrolojik Doneler”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.
- Özkoca, T. (2015), “Antalya Korkuteli Kızılaliler Göleti ve Sulaması Hidroloji Raporu”, DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Satır, E. (2015), “Antalya Korkuteli Kızılaliler Göleti ve Sulaması Tarımsal Ekonomi ve Kamulaştırma Raporu”, DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Şentürk, F. (1988), “Barajların Projelendirilmesinde Hidrolik Hesaplar”, 1.Baskı, DSİ Yayınları, Ankara.

- Tuna, D. (2015), “Antalya Korkuteli Kızıllaliler Göleti ve Sulaması Mühendislik Jeolojisi ve Doğal Yapı Gereçleri Raporu”, DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Yanmaz, R., Yıldırım, O. ve Orta, H., 1994. Biber Bitkisinde Farklı Sulama Yöntemleri ve Sulama Suyu Miktarlarının Biber Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1369, Ankara.
- Yıldırım, O., 1993. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1281, 214 s., Ankara.
- Yıldırım, O., 1994. Meyve Ağaçlarının Sulanmasında Damla, Yağmurlama ve Karık Sulama Yöntemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1347, Ankara.
- Yıldırım, O., 1996. Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1449, Ankara.
- Yıldırım, O., 2003. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1536, Ankara.
- Yıldırım, O., 2005. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1542, Ankara.
- Yıldırım, O. ve Korukçu, A., 1999. Damla Sulama Sistemlerinin Projelendirilmesi. Ankara.

Bölüm 2

SULAMA REHABİLİTASYONU PROJESİ ÜZERİNE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA: MAMASIN BARAJI SULAMASI VE REHABİLİTASYONU

Gürol YILDIRIM¹

1 Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye. E-mail: gurol.yildirim@giresun.edu.tr ; yildirim3@itu.edu.tr

Bu bölüm yazarın yönettiği yüksek lisans tezlerindeki derleme çalışmalarından üretilmiştir, ORCID Number: 0000-0003-1899-5379

GİRİŞ

Aksaray Mamasın Barajı Sulaması Rehabilitasyonu çalışması ile Mamasın Barajından brüt 23.000 ha tarım arazisinin modern sulama sistemi (borulu şebeke) ile sulanması için rehabilite edilmesi amaçlanmıştır.

Mamasın Barajının geçmişi irdelendiği zaman, işletmede bulunan sulama sistemi o günün teknik ve ekonomik şartları da dikkate alınarak açık kanallı klasik sistem olarak düşünülmüştür. Son yıllarda sulama projeleri basınçlı sulama sistemleri olarak projelendirmiş ve sulama sahası ile ilgili planlama raporunun üzerinden 50 yıl geçmesinden dolayı Aksaray Mamasın sulamasının revize edilmesi zorunluluğu doğmuştur.

Yeryüzünde su olmadan hayat düşünülememektedir. Eski çağlardan beri medeniyetler her zaman su yakınlarında kurulmuş ve medeniyetler suyun hayat verdiği topraklarda gelişmiştir. Akarsulardan yararlanma imkânı bulan toplumlar tarih boyunca dönemlerinin güçlü medeniyetlerini kurmuşlar, sudan faydalanma imkânı bulamayan toplumlar ise bölgelerini terk edip göç etmek durumunda kalmışlardır.

Yazının da bulunduğu, medeniyetin doğuşu olarak bilinen verimli topraklarda ilk tarımın yapıldığı, ayrıca “verimli hilal” olarak da adlandırılan Mezopotamya bölgesi tüm bu imkânlarla Dicle Nehrinin ve Fırat Nehrinin suları sayesinde sahip olmuştur.

Fırat Nehri ve Dicle Nehri, M.Ö. 3000 yılında Sümerler tarafından yapıldığı düşünülen kanal şebekesiyle bağlanarak nehirlerden daha fonksiyonel bir şekilde faydalanıldığı aşikârdır. Dünyada kullanılabilir su miktarının sürekli olarak artış gösteren dünya nüfusunun talebi karşısında yetersiz kalması sebebiyle günümüzde suyun stratejik öneme sahip hale geldiğini görmekteyiz.

Nüfus, gelecekte su ve su kaynaklarının kullanımı ve kalitesini etkileyecek en önemli faktör haline gelecektir. Dünyadaki toplam nüfus 2011 yılında 7 milyarı aşmış ve 2050 yılında ise 9,15 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Yani 2050 yılında, 2011 yılındaki dünya nüfusunun %30 oranında artış göstereceği öngörülmektedir.

Dünyada, çeşitli bölgeler arasında kişi başına düşen üretim miktarı yönünden farklılıklar bulunmasına rağmen toplam yıllık gıda maddeleri üretim miktarı, tüketim miktarını karşılayabilecek düzeydedir.

Tarımsal istihdam gelişmiş ülkelerde %7 seviyesinde olmasına rağmen gelişmekte olan ülkelerde halen %60 seviyesinde bulunduğu gözlemlenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde tarımla uğraşan bir kişi kendisi ile beraber yaklaşık 3 kişinin geçimini tarımsal istihdamdan sağlarken, gelişmiş ülkelerde bu değer 14 kişiye kadar çıkabilmektedir.

Ülkemizde ise tarımsal istihdam oranı yaklaşık %25 olup, tarımla uğraşan bir kişi kendisi ile beraber yaklaşık 4 kişinin geçimini tarımsal istihdamdan sağlamaktadır.

Kalkınmanın finansmanını tarım sektörü sağlamaktadır. Tarım sektörü ve sanayi sektörü karşılıklı ilişki içinde ekonomik kalkınmanın temel taşları konumundadır. Sanayi sektörü, tarım sektöründeki fazla iş gücünü değerlendirerek tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere üretim gerçekleştirmekte olup, sanayi sektöründeki istihdama katkı sağlamakta ve aynı zamanda üretilen yeni ürünlerle tarımın gelişmesine de katkı sağlamaktadır.

Buradan tarım sektörü ile sanayi sektörünün karşılıklı olarak sürekli ilişki içinde ve birbirlerini karşılıklı olarak destekledikleri sonucuna ulaşılmaktadır. Ekonomik kalkınmada her iki sektöründe payı yadsınamayacak derecede fazladır.

Yaklaşık 78 milyon hektarlık (783.577 km²) yüzölçümüne sahip Türkiye’de bu alanın yaklaşık üçte biri olan 28 milyon hektar tarım arazisi olarak değerlendirilmektedir. Yapılan son incelemeler neticesinde 2011 yılı sonu itibarıyla ekonomik olarak sulanabilecek 8,5 milyon hektar alanın 5,61 milyon hektarı sulamaya açıldığı tespit edilmiştir.

Bu alanın 3,32 milyon hektarının sulanması DSİ tarafından inşa edilen modern sulama sistemi şeklinde sağlanmaktadır. 1,3 milyon hektarlık kısmı ise önceki yıllarda hizmet veren ancak günümüzde İl Özel İdarelerine devredilen Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) ve İl Özel İdareleri tarafından işletmeye açılmıştır. Yaklaşık 1 milyon hektarlık kısımda ise vatandaşlar tarafından sulama gerçekleştirilmektedir.

Ekonomik olarak sulanabilme imkânı bulunan 8,5 milyon hektar arazinin bugün itibarıyla sulanmayan 2,89 milyon hektarlık kısmının da 2023 yılına kadar DSİ Genel Müdürlüğü tarafından işletmeye açılması planlanmaktadır.

Günümüze kadar Türkiye’nin ekonomik olarak sulanması uygun olan 8,5 milyon hektar tarım arazisinin yaklaşık %66 kısmı sulanabilir hale getirilmiş ve 3,32 milyon hektara tekabül eden bu alan ülkemizin toplam tarım alanının (28 milyon hektar) yaklaşık %11,86’sına denk gelmektedir.

Türkiye’nin ekonomik kalkınmasına büyük fayda sağlayan tarım sektöründen daha fazla yararlanabilmek için sulanabilen tüm tarım arazilerinin suya kavuşturulması, planlaması yapılacak olan sulama sistemlerinin modern sulama şebekeleri olarak inşa edilmesi, ayrıca önceki teknolojik imkânlarla inşa edilen (kanal, kanalet vb.) sulama sistemlerinin de modern sulama (borulu şebeke) sistemlerine dönüştürülmesi hem ekonomiye katkı sağlanması hem de suyun verimli ve dikkatli kullanılması adına büyük önem arz etmektedir.

AMAÇ VE KAPSAM

Proje sahasında Uluırmak suyundan istifade ile Aksaray Ovasında, sulama imkanlarını arttırmak fikri oldukça eski olup, bu hususta çeşitli etütler yapılmıştır. Fakat elle tutulur ilk etüdler DSİ Etüd ve Plân Dairesinde hazırlanan ve 1957 yılında tamamlanan “Mamasın Barajı Avam Proje Raporu” ile 1960 yılında tamamlanan “Uluırmak Projesi Plânlama Raporu”dur.

Bu çalışmalara bağlı olarak yapılan kati proje ve inşaat faaliyetleri neticesinde halen Mamasın Barajı ve Aksaray Ovası Sulama şebekesi hizmet vermektedir.

Daha önce hazırlanan planlama raporu 1979 yılında hazırlanan “Uluırmak Projesi Planlama Revizyon Raporu” ile revize edilmiştir. Daha sonra yapılan Kat’i proje çalışmaları dahilinde Mamasın Barajı yükseltilmiştir.

Bu çalışmasının amacı Mamasın Barajından ve Sulama Sahası içerisindeki mevcut YAS kuyularından faydalanılarak, muhtelif teknik ekonomik alternatifler dikkate alınmak suretiyle Aksaray Ovasında yer alan ve mevcut sistemlerle sulanan tarım arazilerinin borulu şebeke ile sulanması amacıyla en ekonomik alternatifin ortaya konulması, bu çalışmalara esas teşkil edecek Rehabilitasyon çalışmasının hazırlanmasıdır.

İşletmede bulunan sulama sistemi o günün teknik ve ekonomik şartları da dikkate alınarak açık kanallı klasik sistem olarak düşünülmüştür. Son yıllarda sulama projeleri basınçlı sulama sistemleri olarak projelendirmiş ve söz konusu sulama sahası ile ilgili planlama raporunun üzerinden 50 yıl geçmesinden dolayı Aksaray Mamasın sulamasının revize edilmesi zorunluluğu doğmuştur.

Aksaray Mamasın Barajı Sulaması Rehabilitasyonu ile Mamasın Barajından brüt 21.938 ha sahanın borulu sulama şebekesi ile sulanması amaçlanmıştır. Proje sahası içerisinde yer alan 1.062 ha mera sahalarının ise, mevcut durumda konumları ve özellikleri uygun olarak tespit edilen 19 adet YAS kuyusu ile sulanması düşünülmüştür. Bu sayede brüt 23.000 ha saha sulanabilecektir.

Mamasın Barajının geçmişi irdelendiği zaman, işletmede bulunan sulama sistemi o günün teknik ve ekonomik şartları da dikkate alınarak açık kanallı klasik sistem olarak düşünülmüştür. Son yıllarda sulama projeleri basınçlı sulama sistemleri olarak projelendirmiş ve sulama sahası ile ilgili planlama raporunun üzerinden 50 yıl geçmesinden dolayı Aksaray Mamasın sulamasının revize edilmesi zorunluluğu doğmuştur.

Bu bağlamda; mevcut durumda sulanan arazilere ilişkin toprak yapısı, topoğrafyaya göre toprak drenaj kabiliyeti, erozyona olan direnç bakımından gözlemsel ve deneysel olarak arazi sınıflandırma ve drenaj çalışmaları yapılmıştır.

Sulama sahasındaki üretim yapan çiftçilerin sosyolojik durumları, ekonomik durumları, yapılacak olan rehabilitasyona ilişkin yeni bitki desenine göre adaptasyon kabiliyetlerine ilişkin olarak tarımsal ekonomi çalışmaları yapılmıştır.

Üreticiye ve yöre halkına ilişkin talep tahminleri ve ihtiyaçlara yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Projenin uygulanmasına yönelik, ekonomik faydalar ve genel giderler detaylandırılarak ekonomik ve mali analiz çalışmaları yapılmıştır.

YÖNTEM

Mamasın Barajının geçmişi irdelendiği zaman, işletmede bulunan sulama sistemi o günün teknik ve ekonomik şartları da dikkate alınarak açık kanallı klasik sistem olarak düşünülmüştür. Son yıllarda sulama projeleri basınçlı sulama sistemleri olarak projelendirmiş ve sulama sahası ile ilgili planlama raporunun üzerinden 50 yıl geçmesinden dolayı Aksaray Mamasın sulamasının revize edilmesi zorunluluğu doğmuştur.

Bu bağlamda; mevcut durumda sulanan arazilere ilişkin toprak yapısı, topoğrafyaya göre toprak drenaj kabiliyeti, erozyona olan direnç bakımından gözlemsel ve deneysel olarak arazi sınıflandırma ve drenaj çalışmaları yapılmıştır.

Sulama sahasındaki üretim yapan çiftçilerin sosyolojik durumları, ekonomik durumları, yapılacak olan rehabilitasyona ilişkin yeni bitki desenine göre adaptasyon kabiliyetlerine ilişkin olarak tarımsal ekonomi çalışmaları yapılmıştır.

Üreticiye ve yöre halkına ilişkin talep tahminleri ve ihtiyaçlara yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Projenin uygulanmasına yönelik, ekonomik faydalar ve genel giderler detaylandırılarak ekonomik ve mali analiz çalışmaları yapılmıştır.

ÇALIŞMANIN LOKASYONU

Aksaray ili sınırları içerisinde bulunan tarım sahalarına ilişkin yapılan tez çalışması ile Mamasın Barajından ve sulama sahası içerisindeki mevcut YAS kuyularından faydalanılarak, muhtelif teknik ekonomik alternatifler dikkate alınmak suretiyle Aksaray Ovasında yer alan ve mevcut sistemlerle sulanan tarım arazilerinin borulu şebeke ile sulanması amacıyla en ekonomik alternatifin ortaya konulması, bu çalışmalara esas teşkil edecek rehabilitasyon çalışmasının hazırlanması hedeflenmektedir.

Şekil 1. Projenin Yeri



ÇALIŞMAYA İLİŞKİN KARAKTERİSTİKLER

Amacı	: Sulama
Tipi	: Kaya Dolgu
Talveg Kotu	: 1.066,26 m
Kret Kotu	: 1.111,15 m
Dolusavak Kret kotu	: 1.107,19 m
Talvegden Yüksekliği	: 44,89 m
Min. Su Kotu	: 1.086,62 m
Normal Su Kotu	: 1.107,19 m
Mak. Su Kotu	: 1.109,24 m
Ölü Hacim	: 8,65 hm ³
Aktif Hacim	: 154,61 hm ³
Toplam Hacim	: 165,80 hm ³
Drenaj Alanı	: 1.440 km ²
Su Kaynağı	: Uluırmak (Melendiz ve Karasu)
Yıllık Ortalama Akım	: 155,3 hm ³ /yıl
Regülasyon Oranı	: %90

- **Dolusavak**

Yeri	: Sağ sahil
Tipi	: Serbest, karşıdan alıslı, kontrolsüz
Eşik Genişliği	: 92,00 m
Proje Debisi	: 570 m ³ /s
Katastrofal Debi	: 1.050 m ³ /s

- **Derivasyon kondüvisi ve dipsavak**

Yeri	: Sağ sahil
Kondüvi Tipi	: Tünel
Tünel Çapı	2,5-3,0 m
Tünel Uzunluğu	: 189,0 m
Çelik boru uzunluğu	: 78,0 m (Ø 1.400)
Dipsavak kapasitesi	: 15,0 m ³ /s

- **Aksaray regülatörü karakteristikleri**

Talveg kotu	: 994,00 m
Su alma kotu	: 997,50 m

- **Sağ sahil sulama sahası**

Sulama alanı (brüt)	: 20.021 ha
Mera Alanı (kuyularla sulanması önerilen alan)	: 1 062 ha
Sulama Modülü	: 0,59 l/s/ha
Ana Boru Başlangıç Çapı	: 2.800 mm
Ana Boru Başlangıç Debisi	: 14.565 l/s
Ana Boru Uzunluğu	: 50.335,00 km

- **Sol sahil sulama sahası**

Sulama alanı (brüt)	: 1.917 ha
Sulama Modülü	: 0,59 l/s/ha
Ana Boru Başlangıç Çapı	: 900 mm
Ana Boru Başlangıç Debisi	: 1.365 l/s

Ana Boru Uzunluğu : 16.415,00 km

• **Proje Ekonomisi**

Rantabilite : 1,72

İç Karlılık Oranı : % 8,49

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

• **Projesiz Projeksiyonda Tarımsal Durum**

Proje alanı üç ünite halinde incelenmiştir. Bu üniteler Sağ Sahil, Sol Sahil ve Sağ Sahil Sulama Birliği Sahasında yer alan KOÇAŞ Tarım İşletmesidir. I. Ünite sağ sahil sulaması ile II. Ünite sol sahil sulaması yönetimleri farklı olsa da birbirinin devamı şeklindedir.

Sulama alanında yapılan arazi çalışmaları incelendiğinde ana ürünün hububat, ayçiçeği ve şekerpancarı olduğu görülür. Sulama oranları incelendiğinde sulama oranlarının birçok sulamadan daha iyi olduğu görülür.

Yıllar itibari ile bakıldığında sulama oranlarının 2000’li yıllarda %70’in üstünde olduğu ve günümüzde ise bu oranların %60-65’lere düştüğü görülür. Bunun en büyük nedeni sulama kaynağının yetersiz olmasına rağmen ruhsatlı ve ruhsatsız kuyular ile sulamanın istenilen düzeyde olmasa da devam ettirilmesidir.

• **Projeli Projeksiyonda Tarımsal Durum**

Proje alanının %66,19 ’u sulanmaktadır. Kalan yaklaşık %34’lik kısım da Hububat, Nohut ve ayçiçeği üretimi yapılmaktadır. Alan tam sulamaya geçtiğinde sulama sahasında ekilen ürünlerde çeşitlenme olması muhtemeldir. Bu yüzden rehabilitasyon projesinin yapılması durumunda özellikle ve işletme genişliği de dikkate alındığında hububatın sulama sahasında ana ürün olarak devam edeceği beklenmektedir.

Hayvancılığın durumu düşünüldüğünde yem bitkilerinde kendi ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik ekimin devam edeceği ve bir miktar artacağı düşünülmektedir Şekerpancarı geleneksel üründür kotanın izin verdiği ölçüde oranda artma beklenmektedir. Yonca, Tarım Bakanlığının hem hayvancılığa hem de yem bitkilerine verdiği teşvik dolayısı ile artış gösterecek ürünlerdendir.

Koçaş Tarım İşletmelerinde ise su sıkıntısı ortadan kalkacağı için derin kuyular kullanılmayacak ve maliyetlerde düşüş yaşanacaktır. Aynı zamanda modern tarım tekniklerinin kullanılması ile verimlerde artış beklenmektedir.

Tablo 1. Projesiz Durum Sağ Sahil Bitki Deseni

ÜRÜNLER	1.YIL		10.YIL		20.YIL	
	PATERN	ALAN	PATERN	ALAN	PATERN	ALAN
HUBUBAT	35,56	54588,1	35	53728,15	32,2	49429,9
Ş.PANCARI	6,83	10489,4	5	7675,45	4	6140,36
AYÇİÇEĞİ	18,27	28049,3	15	23026,35	13	19956,2
S. MISIR	0,74	1138,4	0,5	767,545	0,5	767,545
SEBZE	1,01	1557,3	0,5	767,545	0,5	767,545
YONCA (s)	1,47	2253,9	1	1535,09	1	1535,09
KAVAK	0,91	1396,2	0,7	1.074.563	0,5	767,545
BOSTAN	0,3	465,4	0	0	0	0
MEYVE	0,49	751,8	0,3	460,527	0,3	460,527
HUBUBAT(K)	19,36	29714	21	32236,89	23	35307,1
AYÇİÇEĞİ	9,33	14320	10	15350,9	11	16886
NOHUT	2,33	3580	3	4605,27	4	6140,36
NADAS	1,86	2853,2	4	6140,36	5	7675,45
BOŞ ARAZI	1,53	2352	4	6140,36	5	7675,45
TOPLAM	100	153509	100	153509	100	153509

I. Ünite Sağ Sahil Sulama Birliği Projesiz Durum Projeksiyonu

Tablo 2. Projesiz Durum Sol Sahil Bitki Deseni

ÜRÜNLER	1.YIL		10.YIL		20.YIL	
	PATERN	ALAN	PATERN	ALAN	PATERN	ALAN
HUBUBAT	37,16	7809,9	35	7350	33	6930
Ş.PANCARI	5,86	1230,6	5	1050	4	840
AYÇİÇEĞİ	15,67	3290,7	14	2940	13	2730
S. MISIR	2,06	432,6	2	420	2	420
SEBZE	0,87	182,7	0,5	105	0,5	105
YONCA (s)	3,11	653,1	3	630	3	630
KAVAK	0,78	163,8	0,7	147	0,5	105
BOSTAN	0,26	54,6	0	0	0	0
MEYVE	0,42	88,2	0,4	84	0,3	63
HUBUBAT(K)	16,6	3486	19,4	4074	19,7	4137
AYÇİÇEĞİ	8	1680	9	1890	10	2100
NOHUT	2	420	3	630	4	840
NADAS	3,73	783,3	4	840	5	1050
BOŞ ARAZI	3,45	724,5	4	840	5	1050
TOPLAM	100	21000	100	21000	100	21000

II. Ünite Sol Sahil Sulama Birliği Projesiz Durum Projeksiyonu

Tablo 3. *Projesiz Durum KOÇAŞ İşletmeleri Bitki Deseni*

ÜRÜNLER	1.YIL		10.YIL		20.YIL	
	PATERN	ALAN	PATERN	ALAN	PATERN	ALAN
BUĞDAY	25	6372,75	28	7137,48	33	8412,03
BUĞDAY TOHUMU	7	1784,37	6	1529,46	5	1274,55
YONCA TOH (Y)	6	1529,46	6	1529,46	6	1529,46
YONCA (Y)	7	1784,37	7	1784,37	6	1529,46
FİĞ TOH.	4	1019,64	4	1019,64	4	1019,64
FİĞ	11	2804,01	10	2549,1	8	2039,28
S.MISIR	10	2549,1	9	2294,19	8	2039,28
TOPLAM	100	25491	100	25491	100	25491

III. Ünite Koçaş Tarım İşletmeleri Projesiz Durum Projeksiyonu

Rehabilitasyon projesi yapılması yöre tarımına ivme kazandıracakken, yapılmaması durumunda ise çiftçilerin istekliliklerini sürdürmelerine rağmen, zaman içerisinde kanal yetersizliklerindeki artış, işgücü sıkıntısı, köyden kente göç, imar konusunda arazilerinin değerlendirilerek tarımdan vazgeçme gibi olayların yaşanması oldukça muhtemeldir.

Bu durumdan dolayı patern olarak incelendiğinde ürün bazında herhangi bir değişiklik ya da herhangi bir üründen vazgeçme yerine sulu tarımın yayılacağı, özellikle işçilik gerektiren ürünlerden kaçınılacağı öngörülmüş ve bunun yerine sulamadan vazgeçilen ürün yerine yine o ürünü kuru olarak ekim yoluna gidileceği ve çoğunlukla da nadasa yönelim olacağı düşünülmüştür.

Çok düşük oranda yer alan kavak için arazinin uzun süreli işgali de imar gibi konulardan dolayı istenilmeyeceği düşünüldüğü, çok az olan kavak ekiminin ilerleyen zamanda son bulacağı düşünülmüştür. Şekerpancarında düşüş oranı sınırlı tutulmuştur. Bunun nedeni hazır alıcılı olmasıdır.

Hububat ve ayçiçeği ana üründür. Sulu tarım arazisinden kayan hububat kuru tarım arazisinde ekilmeye devam edecektir. Hububatın yağışların yeterli olduğunda ayrıca sulamaya ihtiyaç duymaması da bu konuda et-kendir.

KAYNAKLAR

- Altınorak, Y. ve Yıldırım, O., 1988. Uygun Sulama Yönteminin Seçimine Ekonomik Faktörlerin Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı 1988, 39(1-2); s.81-88, Ankara.
- Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Benli, B., 1999. Yirmibirinci Yüzyılda Su Sorunu. 7. Kültürteknik Kongresi, s.8-16, Nevşehir.
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi N., Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M. ve Gökalp, Z., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi. Ziraat Mühendisleri Odası Yayını, s.194-211. Ankara.
- Çetin, B., Yazgan, S. and Tipi, T., 2004. Economics of Drip Irrigation in Turkey, University of Uludag, Bursa, Turkey.
- Çetin, Ö., 1997. Harran Ovası Koşullarında Farklı Sulama Yöntemlerinin Pamuk Verim ve Su Kullanım Randımanına Etkisi. K. H. Erzurum Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No:102, Erzurum.
- Çevik, B., Tuzcu, Ö., Kaplankıran, M., Yurdakul, O., Tekinel, O., ve Korkmaz, S., 1993. Çukurova Koşullarında Limon Yetiştiriciliğinde En Uygun Sulama Yönteminin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Doğa Bilimleri Der., 17(2): 471-486, Ankara.
- Dağdelen, N., 2001. Büyük Menderes Havzası Koşullarında Sanayi Biberinde Farklı Sulama Aralığı ve Sulama Düzeyinin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, E.Ü.Z.F. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova/İzmir.
- Delibaş, L., 1994. Sulama. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:213, Ders Kitabı No:24 , Tekirdağ.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1986. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, 105-108p, Rome.
- Dursun, M.F., 2012. 2011'de 10 Bin Çiftçi 200 Yeni Kooperatif Kurdu. Su ve Toprak Dergisi. Sayı:13 s.14-15, Ankara.
- Evsahibioğlu, A.N., Aküzüm, T. ve Çakmak, B. 2010. Su Yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınır Aşan Sular, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, s.119-134, Ankara.
- Tokgöz, M. A., 1998. Dalaman Tarım İşletmesinde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Zamanının Planlanması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Yayın No: 1494, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler: 818, 75 s., Ankara.
- Tsur, Y. and Dinar, A., 1995. Efficiency and Equity Considerations in Pricing and Allocating Irrigation Water. World Bank, Washington D.C. Vasiliev, V. 1977. Effect of Different Irrigation Methods on Soil Wetting and Yields in Intensive Apple Orchards. Khidrotekhnik i Melioratsii, 22(4): 21-24.

- Uzun, İ. Mamasın Barajı Sulaması Rehabilitasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018, Aksaray.
- Yanmaz, R., Yıldırım, O. ve Orta, H., 1994. Biber Bitkisinde Farklı Sulama Yöntemleri ve Sulama Suyu Miktarlarının Biber Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1369, Ankara.
- Yıldırım, O., 1993. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1281, 214 s., Ankara.
- Yıldırım, O., 1994. Meyve Ağaçlarının Sulanmasında Damla, Yağmurlama ve Karık Sulama Yöntemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1347, Ankara.
- Yıldırım, O., 1996. Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1449, Ankara.
- Yıldırım, O., 2003. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1536, Ankara.
- Yıldırım, O., 2005. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1542, Ankara.
- Yıldırım, O. ve Korukçu, A., 1999. Damla Sulama Sistemlerinin Projelendirilmesi. Ankara.

Bölüm 3

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE BİYOAKTİF BİLEŞİKLER

Pınar ANLAR¹

Mükerrem KAYA²

Güzin KABAN³

1 Öğr. Gör. Pınar ANLAR Gıda Teknolojisi Programı, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye ORCID ID: 0000-0001-9832-553X

2 Prof. Dr. Mükerrem KAYA Gıda Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye ORCID ID: 0000-0001-6340-828X

3 Prof. Dr. Güzin KABAN Gıda Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye ORCID ID: 0000-0001-6720-7231

* Sorumlu yazar: pinar.anlar@atauni.edu.tr

Giriş

Gıdalar uzun yıllar boyunca vücut için gerekli besinleri ve enerjiyi sağlamanın bir kaynağı olarak algılanırken günümüzde büyüme ve gelişmeyi destekleme aracı olarak görülmeye başlanmıştır. Diğer taraftan gıdalar diyabet, kanser, osteoporoz, obezite ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde önemli bir faktör olarak da kabul edilmektedir (Arihara, 2006). Bu nedenle, gıda endüstrisinde gıda güvenliğinin iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yanı sıra (Decker ve Park, 2010) gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırılması yönünde de çalışmalar yapılmaktadır. Biyoaktif bileşikler, tipik olarak gıdalarda az miktarlarda oluşan, besin zincirinin bir parçası olan ve sağlık üzerinde olumlu etkiler gösteren esansiyel ve esansiyel olmayan bileşiklerdir (Biesalski vd., 2009). Gıdalarda pek çok biyoaktif bileşik bulunmaktadır ancak bu bileşikler, kimyasal yapı ve fonksiyonel özellikler açısından büyük farklılıklar gösterebilmektedir (Kris-Etherton vd., 2002). Fonksiyonel bileşenlerin ana kaynağı olarak bitkiler düşünülmesine rağmen yapılan araştırmalar hayvansal ürünlerin de biyolojik aktif bileşikler için iyi bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır (Pogorzelska-Nowicka, Atanasov, Horbanczuk & Wierzbicka, 2018).

Et, biyolojik değeri yüksek protein, vitaminler (B2 vitamini, B6 vitamini, B12 vitamini, pantotenik asit ve niasin) ve mineral maddelerin (demir, çinko, fosfor ve selenyum) yanı sıra biyoaktif bileşikler için de (koenzim Q10, glutatyon, lipoik asit vb.) önemli bir kaynaktır (Ahmed ve Muguruma, 2010; Milan vd., 2014). L-karnitin, koenzim Q₁₀, karnosin, anserin, taurin, konjuge linoleik asit, kreatin, glutatyon ve lipoik asit, et ve et ürünlerinde bulunan önemli biyoaktif bileşikler olup insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Beslenmedeki önemi tüketici bilincinin artmasıyla günümüzde daha da iyi anlaşılan etin halen yeterince bilinmeyen ve beslenme açısından önem arz eden özellikleri bulunmaktadır.

L- Karnitin

L-karnitin (γ -trimetilamino- β -hidroksi butirat), lisin ve methionin amino asitlerinden sentezlenmektedir (Demarquoy vd., 2004). İnsan vücudunda üretilebildiğinden beslenmede esansiyel bir bileşik olarak düşünülmemekle birlikte bazı hastalıklarda kullanılması gerekli bir bileşen olarak kabul edilmektedir (Vongsawasdi ve Noomharm, 2014).

L-karnitinin ana fonksiyonu, beta oksidasyon yoluyla yağ asitlerinin biyolojik enerjiye dönüştürüldüğü iç mitokondriyal membranlar boyunca uzun zincirli yağ asitlerini taşımaktır (Arihara ve Ohata, 2011). L-karnitin'in diğer önemli bir özelliği de antioksidatif etki göstermesidir. Bu bileşiğin nitrik oksit miktarını, hücresel solunumu ve oksidatif hasara karşı savunmaya yardımcı olan enzimlerin aktivitelerini düzenlediği belirtilmektedir (Kalaiselvi ve Panneerselvam, 1998). Ayrıca L-karnitin, valin,

lösün ve izolösün metabolizmasında da rol oynamaktadır (Kulczynski, Sidor & Gramza-Michałowska, 2019).

L-karnitinin %25'i insan vücudunda üretilirken, %75'i gıdalardan alınmaktadır (Schmid, 2010). Bu bileşik, hem hayvansal hem de bitkisel ürünlerde bulunabilmekle birlikte (Erfle, Fisher & Sauer, 1970; Woollard, Indyk & Woollard, 1999; Demarquoy vd., 2004) et, L-karnitin için iyi bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Sığır eti, domuz, koyun ve kanatlı etlerine göre daha fazla L-karnitin içermektedir (Seline ve Johein, 2007). Sığır bifteğinin 65 mg/100g ve dana kıymanın ise 87.5 mg/100g L-karnitin içerdiği bildirilmektedir (Demarquoy vd., 2004). Farklı pişirme yöntemleri (kızartma, haşlama, ızgara, fırınlama, buharda pişirme ve mikrodalgalı pişirme) ve dondurma (-35°C, 1-6 ay) işlemlerinin etin L-karnitin içeriği üzerinde olumsuz bir etkisi söz konusu değildir (Seline ve Johein, 2010).

Koenzim Q₁₀

Koenzim Q₁₀ (2,3 dimetoksi-5 metil-6-dekaprenil benzokinon), ubikinon, CoQ ve Q10 vitamini olarak da bilinen, yağda çözünen, vitamin benzeri bir kinondur. Koenzim Q₁₀ ilk olarak 1957 yılında sığır mitokondrilerinden izole edilmiştir. Kalp, beyin, karaciğer ve böbrek gibi dokularda daha yüksek seviyelerde bulunmaktadır (Bonakdar ve Guarneri, 2005).

Koenzim Q10'un biyosentezi, çok sayıda vitamini gerektiren çok aşamalı bir süreçle tirozinden başlamaktadır (Folkers, 1996). Doğal olarak oluşan bir antioksidan olup hücresel solunumun önemli bir bileşeni olarak işlev görmektedir. Koenzim Q10'un antioksidan, koruma ve hücresel enerji üretimindeki işlevleri, bir redoks döngüsünde ubiquinol (indirgenmiş koenzim Q10 veya koenzim QH₂ veya CoQH₂) ve ubikinon (oksidlenmiş koenzim Q10) arasında elektron alışverişi yapabilme yeteneğine dayanmaktadır (Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014). Hücrede enerji üretiminde enzimatik noktalarda kilit görevi yapması nedeniyle bu bileşik hücre içinde enerji dönüşümü ve ATP üretimi için de gereklidir (Crane, 2001). Koenzim Q10, hücre hasarına ve/veya hücre ölümüne neden olan serbest radikalleri nötralize edebilme özelliğine sahip olup (Dos Santos, Antunes, Dos Santos & Bianchi, 2009) hem lipidleri hem de proteinleri oksidasyon sürecinden koruyabildiğinden diğer antioksidanlara göre daha üstün olarak düşünülmektedir. Ayrıca, koenzim Q10'un indirgenmiş formu (ubiquinol), tokoferol (E vitamini) ve askorbat (C vitamini) gibi diğer antioksidanların yeniden üretilmesini de sağlayabilmektedir (Frei, Kim & Ames, 1990).

Koenzim Q₁₀, kardiyovasküler, nörodejeneratif ve mitokondriyel hastalıklar ile diyabet, periodontal hastalıklar ve diğer bazı hastalıkların tedavisinde pozitif etki gösterebilmektedir (Pravst, Žmitek & Žmitek, 2010). Ayrıca bileşiğin ilerleyen yaş ile bağlantılı olarak ortaya çıkan ciltteki ok-

sidatif stres oluşumunu da azalttığı belirtilmektedir (Blatt vd., 1999).

Et, balık, bakliyat, kabuklu yemişler, süt ürünleri ve çeşitli sebzeler koenzim Q₁₀ için iyi kaynaklardır (Kamei vd., 1986). Sığır, tavuk ve domuz etinde koenzim Q₁₀ miktarı sırasıyla 16.1–36.5, 14–21 ve 24.3–41.1 mg/kg arasında değişmektedir (Mattila ve Kumpulainen, 2001). Diğer taraftan sığır etinde koenzim Q10 içeriğinin kasa bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmektedir (Reig, Aristoy & Toldrá, 2015). Kas farklılığının yanı sıra hayvanın türü ve pişirme işlemi de koenzim Q10 içeriğinde etkili olabilmektedir (Purchas, Rutherford, Pearce, Vather & Wilkinson, 2004).

Karnosin ve Anserin

Karnosin (β -alanil-histidin), ilk olarak 1900 yılında sığır ekstraktında tanımlanmış olup (Babizhayev vd., 1994), β -alanin ve L-histidin amino asitlerinden oluşan bir dipeptittir (Chan, Decker & Feustman, 1994). Karnosin, et, kanatlı eti ve bazı balıklarda bulunan imidazole içeren doğal bir bileşiktir (Gökalp, Kaya & Zorba, 2012). Anserin (β -alanil-N-metil-L-histidin) ise karnosinin N-metillenmiş derivatıdır (Kojima, Saegusa & Sakata, 2014).

Karnosin ve anserin, antioksidan histidil dipeptitlerdir. Ayrıca ette en bol bulunan antioksidan maddelerdir (Stadnik ve Keska, 2015). DPPH radikal temizleyici ve indirgeyici ajanlar olarak etki etmektedir (Bauchart vd., 2006; Bernardini vd., 2011). Ayrıca bu antioksidan peptitlerin, oksidatif strese bağlı yaşlanmanın önlenmesinde de rol oynadığı belirtilmektedir (Arihara, 2006). Diğer taraftan karnosinin belki de en önemli görevi anti-glikasyon etkisidir. Serbest radikal hasarından bağımsız olarak yaşlanmanın ana süreçlerinden biri glikasyondur. İleri glikasyon ürünleri son ürünleri organizmaya geniş çapta zarar vermektedir. Karnosin ise bu etkiyi bloke ederek, aldehit ve ketonları inaktive etmekte ve protein glikasyonu ile birlikte ileri glikasyon son ürünlerinin oluşumunu azaltmaktadır. Ayrıca var olan bu bileşiklere bağlanarak onları inaktive etmektedir (Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014). Böylelikle karnosinin diyabet, böbrek hastalıkları ve bazı kanser türleriyle ilişkili olan glikasyon ve oksidasyona karşı savunma mekanizmalarına sahip olduğu bildirilmektedir. Anserin ise karnosine benzer şekilde, tamponlama kapasitesine ve antioksidan özelliklere sahiptir (Jayasena vd., 2014).

Karnosin, sığır kaslarının, anserin ise tavuk kaslarının karakteristik peptitleridir (Arihara, 2006). Karnosin seviyesi sığır etinde 372.5 mg/100g (Aristoy ve Toldra, 2004) ile 453 mg/100g (Purchas ve Zou, 2008) arasında değişebilmektedir. Karnosin, yağ oksidasyonunu ve metmiyogloblin oluşumunu inhibe ederek etin rengi ve lezzetini stabilize edebilmekte ve böylece etin raf ömrünü artırabilmektedir (Lee, Hendricks & Cornforth, 1998; Djenane, Martinez, Sanchez-Escalante, Beltran & Roncales, 2004;

Badr, 2007). Bununla birlikte karnosin ve anserin biyoaktif peptitlerinin miktarı vakumda pişirmede (75°C’de 90 dakika) azalabilmekte ancak depolama sırasında önemli bir değişiklik göstermemektedir (Bauchart vd., 2006). Ayrıca sığır etinin 10 dakika haşlanması ile karnosin ve anserinin suda çözünürlüklerinin yüksek olması nedeniyle %50 oranında bir azalma gösterdiği, buna karşın mikrodalgada pişirme ile daha düşük oranda karnosin ve anserin kaybı olduğu bildirilmektedir (Peiretti, Medana, Visentin, Dal Bello & Meineri, 2012).

Taurin

Taurin (2-aminoetansülfonik asit), methionin ve sistinden üretilen biyoaktif bir bileşiktir (Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014). İlk olarak 1827 yılında boğa safrasından izole edilen (Lourenço ve Camilo, 2002) taurin, organizmada protein yapısına girmemekle beraber retina ve sinir sisteminin gelişmesi, kalsiyum seviyesi ve bağışıklık fonksiyonunun düzenlenmesi gibi pek çok fizyolojik fonksiyonda rol oynamaktadır. Kalpteki serbest amino asitlerin büyük bir kısmını taurin oluşturmaktadır. Kalbin kasılma düzenini ve gücünü artırdığı da ifade edilmektedir (Huxtable, 1992). Ayrıca vücudu oksidatif strese karşı da korumaktadır (Purchas vd., 2004; Jong, Azuma & Schaffer, 2012).

Sığır etinde 43-46 mg/100g arasında değişen (Laidlaw, Grosvenor & Kopple, 1990; Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014) taurin miktarının pişirme ile düştüğü bildirilmektedir (Laidlaw vd., 1990; Purchas, Busboom & Wilkinson, 2006). Diğer taraftan taurin miktarı hayvan yaşı ilerledikçe artış göstermektedir (Watanabe, Ueda & Higuchi, 2004).

Konjuge Linoleik Asit (KLA)

Konjuge linoleik asit (KLA), 1980’lerde pişirilmiş hamburgerlerde antitumörjenik aktivite belirlenmesi ve bu etkinin KLA’dan kaynaklandığının ortaya çıkması ile dikkat çekmiştir (Koba ve Yanagita, 2014). KLA, linoleik asidin (18 karbon) pozisyon ve geometrik izomerlerinin bir karışımını ifade etmektedir (McGuire ve McGuire, 2000). KLA’nın 28’den fazla izomeri bulunup, en büyük payı cis-9, trans-11 formu (yaklaşık %80) oluşturmaktadır. Bu izomer, hücre zarında fosfolipitlerle birleşebilme özelliğinden dolayı biyolojik olarak en aktif izomerdir (Fritsche ve Steinhart, 1998).

KLA’nın in vivo oluşumu, rumende linoleik asidin *Butyrivibrio fibriosolvens* tarafından izomerizasyonu yoluyla gerçekleşmektedir. Biyohidrojenasyonda ilk adım, linoleik asidin (18:2 cis-9 cis-12) 18:2 cis-9 trans-11’e (veya 18:2 trans-9 cis-11 veya her ikisine) izomerizasyonu ve bir membran bağlı izomeraz tarafından katalizlenmesidir. Bu ara maddeler daha sonra trans-vaksenik asit (18:1 trans-11) ve elaidik asit (18:1 trans-9)

karışımını oluşturmak üzere hidrojenlenir. KLA ayrıca linoleik asidin serbest radikaller tarafından oksitlenmesi ve ardından radikallerin proteinler tarafından yeniden protonlanması yoluyla da oluşabilmektedir (Fritsche ve Steinhart, 1998).

Konjuge linoleik asidin, insan metabolizmasında antikarsinojenik (Kelly, 2001), bağışıklık sistemini geliştirici (Pariza, Park & Cook, 2001), kolesterol ve arterioskleroz riskini düşürücü (Tanaka, 2005), gelişmeyi ve büyümeyi teşvik edici, vücutta yağ birikimini azaltıcı (Pariza, 2004) ve diyabete karşı koruyucu (Koba ve Yanagita, 2014) etkileri söz konusudur.

KLA, et ve et ürünleri, süt ürünleri, bazı sebze ve deniz ürünleri dahil olmak üzere çeşitli gıdalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak hayvansal kaynaklar genellikle bitkisel kaynaklardan daha yüksek miktarlarda KLA içermektedir. Geviş getiren hayvanlardan elde edilen gıdalar, geviş getirmeyen hayvanlardan elde edilen gıdalara göre daha fazla KLA bulundurmaktadır (Fritsche ve Steinhart, 1998; Koba ve Yanagita, 2014; Kulczynski vd., 2019).

KLA içeriğinin sığır etinde 1.2-10 mg/kg yağ, kuzu etinde 5.6-19 mg/kg yağ, tavuk etinde 0.1-1.5 mg/kg yağ ve hindi etinde 2-2.5 mg/kg yağ arasında değiştiği belirtilmektedir (Mulvihill, 2002; Schmid, Collomb, Sieber & Bee, 2006). Et ve et ürünlerinde KLA içeriği hayvanın türü, yaşı, rasyon ve mevsimsel varyasyonlardan etkilenmekle birlikte (Mulvihill, 2002) en çok etkileyen faktörün rasyon olduğu belirtilmektedir (Khanal ve Olson, 2004). Diğer taraftan pişirme sıcaklığı (Shantha, Crum & Decker, 1994) ve soğukta depolama sırasında KLA içeriğinin etkilenmediği bildirilmektedir (Shantha vd., 1994; Hur vd., 2004).

Kreatin

Azotlu bir organik asit olan kreatin (3-metilguanidinoasetik asit veya N- (aminoiminometil)-N-metilglisin)), 1834’de et suyunun bir bileşeni olarak keşfedilmiş (Shiver, 1929), 1847’de ise etin önemli bir bileşeni olduğu belirlenmiştir (Romanchak, Cupp & Tracy, 2003).

Organizmada kreatin başlıca glisin, arginin ve methionin amino asitlerinden karaciğerde sentezlenmekte ve kas dokusuna taşınmaktadır (Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014). Bu bileşiğin ana işlevi, kas kasılmasında enerji sağlamasıdır. Bu nedenle enerji metabolizmasında hayati bir rol oynamaktadır. Diğer bir fonksiyonu ise ATP/ADP oranının korunmasıdır (Greenhalff, 2001). Kreatin ve fosfokreatin, özellikle kas hücrelerinde yüksek enerjili fosfatın ADP’ye aktarılmasıyla karakterize edilmekle birlikte, birçok dokuda enerji dağıtım sürecinin anahtar bileşenleridir (Wyss ve Kaddurah-Daouk, 2000; Mora, Sentandreu & Toldra, 2008). Ayrıca kreatin, hücrel bir ortamda radikal türleri uzaklaştırarak antioksidan aktivite sergilemektedir (Sestili vd., 2011). Bazı hastalıklar ve yaralanma veya ameliyat sonrası kas zayıflığının

meydana geldiği durumlar için kreatin kullanımı tamamlayıcı bir tedavi olarak önerilmektedir (Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014).

Kreatin, iskelet kasında önemli seviyede, beyin ve karaciğerde ise az miktarlarda bulunmaktadır. Kreatin ve fosfokreatin, kesimden hemen sonra meydana gelen ölüm sonrası biyokimyasal süreçlerde yer alarak iskelet kasının enerji metabolizmasında önemli bir rol oynamaktadır (Toldra, 2006). Taze sığır etinde kreatin miktarı 266 ile 400 mg/100g arasında değişebilmektedir. Kuzu etinde de kasa bağlı olarak kreatin miktarının 278-511 mg/100g arasında değiştiği belirlenmiştir. Diğer taraftan farklı üretim proseslerinin bu bileşiğin seviyesini etkilemediği de bildirilmektedir (Purchas ve Busboom, 2005). Bununla birlikte pişirme işlemi kreatin miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin 80°C’de pişirilen örneklerde 60°C’de pişirilen örneklerle göre daha fazla kayıp oluşmaktadır. Çiğ ette karnitin oranı 1961 mg/100g kuru madde olarak belirlenirken, 60°C’de miktar 1132 mg/100g kuru madde ve 80°C’de 947 mg/100g kuru maddeye düşebilmektedir. Bu kaybın bir kısmı ısıtılma işlemin etkisi ile kreatinin, kreatinine dönüşümünden ileri gelmektedir. Ayrıca pişirme süresi uzadıkça kreatin miktarındaki düşüşün de arttığı belirtilmektedir (Purchas vd., 2004).

Glutasyon

Glutasyon (GSH) (γ-glutamyl-L-sisteinilglisin), sistein, glutamik asit ve glisinden oluşan düşük molekül ağırlıklı ve suda çözünebilir bir tripeptittir (Kulczynski vd., 2019). Bu biyoaktif bileşik, mükemmel bir antioksidan olarak kabul edilmektedir (Bray ve Taylor, 1994; Schafer ve Buettner, 2001). Antioksidan özelliği sistein kısmındaki tiyol grubunun, indirgeyici bir ajan olmasından kaynaklanmaktadır (Vongsawasdi ve Noomhorm, 2014). GSH aynı zamanda DNA sentezinde ve hasarlı DNA parçalarının onarılmasında, metabolik fonksiyonların yerine getirilmesinde, toksik maddelerin inaktif hale dönüştürülmesinde görev yapmaktadır (Chavan vd., 2005). Glutasyon ayrıca, başlıca malondialdehit ve 4-hidroksi-2-nonenal olmak üzere lipid oksidasyon ürünlerinin detoksifikasyonuna da katılmakta (Bukowska, 2004) ve ağır metalleri detoksifiye edici olarak işlev görmektedir (Rahman ve MacNee, 1999; James vd., 2005).

Sığır eti glutasyon için iyi bir kaynaktır ve diyetle glutasyon, sistein içeriği nedeniyle sığır etinde yüksek seviyelerde (200 mg/kg) bulunabilmektedir (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009). Gıdaların işlenmesinde özellikle konserve, kurutma ve kürlenme işlemlerinde GSH kaybı söz konusu olabilmektedir (Jones vd., 1992).

Lipoik Asit

Lipoik asit, mitokondrideki çeşitli enzim kompleksleri için önemli bir kofaktör olup hidrojen ve açıl gruplarının transferini sağlamaktadır (Mu-

hammad ve Khan, 2017). Reaksiyon sırasında dehidrolipoik asite indirgenmekte ve böylelikle antioksidan aktivite göstermektedir. Hem lipoik asit hem de dehidrolipoik asit, demir ve bakır gibi serbest metal iyonlarıyla kompleks formlar yapabilmekte ve böylelikle oksidatif zararları önleyebilmektedir (Packer, Witt & Tritschler, 1995).

Ispanak, lahana ve brokoli gibi koyu yeşil yapraklı sebzeler lipoik asit açısından zengindir. Kas dokusunda lipoik asit miktarı oldukça düşüktür. Ancak böbrek, karaciğer ve kalp gibi dokular bu bileşiği kas dokusuna göre biraz daha yüksek seviyede içermektedir (Mattulat ve Baltes, 1991).

Kolin

Kolin (2-Hidroksi-N, N, N-trimetiletan-1-aminium), tüm hücrelerin normal işlevi için önemli olan temel bir besin maddesidir. Bu bileşik vücutta sentezlenebilmekte ve esas olarak (%95) fosfatidilkolin şeklinde bulunmaktadır. Ancak kolinin endojen sentezinin insanların normal yaşamını sürdürmek için yeterli olmadığı düşünülmektedir (Zeisel ve Blusztajn, 1994; Kulczynski vd., 2019).

Kolin ve türevleri, lipoproteinlerin ve membran lipidlerinin yapısal elementleri olup bir nörotransmitter olan asetilkolinin de öncüleridir (Ueland, 2010). Ayrıca lipid-kolestererol taşınması ve metabolizması açısından da önem arz etmektedir (Zeisel ve Blusztajn, 1994). Kolin açısından yumurtanın yanı sıra et de önemli bir kaynaktır. Kolin miktarı yağsız sığır etinde 66 mg/100g (Patterson, Bhagwat, Williams, Howe & Holden, 2008), %30 yağlı sığır kıymasında 46.1 mg/100g ve %20 yağlı sığır kıymasında 56.3 mg/100g bulunabilmektedir (Lewis vd., 2015).

Sonuç

Et ve et ürünleri protein, demir, çinko ve B12 vitamini gibi temel besin bileşenlerinin yanı sıra tüketici sağlığını olumlu yönde etkileyen fizyolojik olarak aktif bileşikler de içermektedir. Karnitin, karnosin, konjuge linoleik asit, glutatyon, taurin, koenzim Q10, kreatin, lipoik asit ve kolin ette bulunan önemli biyoaktif bileşiklerdir. Bu bileşiklerin bir kısmı az miktarlarda bulunmasına karşın fonksiyonları açısından büyük önem arz etmektedir. Hayvanın türü, cinsi ve yaşı, rasyonu ve kas çeşidi gibi faktörler biyoaktif bileşiğin özelliğine bağlı olarak az veya çok etkili olabilmektedir. Bunun yanı sıra bazı bileşikler bu faktörlerden etkilenmemektedir. Pişirme koşulları ve yöntemleri de pek çok biyoaktif bileşik üzerinde etkili olmaktadır. Diğer taraftan etin olgunlaştırılması veya fermentasyonu sırasında proteolitik parçalanma sonucu oluşan bazı peptitler, biyoaktif özellik gösterebilmekte ve özellikle fonksiyonel gıdaların üretimi için son yıllarda bu bileşikler üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

Kaynaklar

- Ahhmed, A.M., Muguruma, M. (2010). A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat Science*, 86, 110–118. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.032.
- Arihara, K., Ohata, M. (2011). Functional meat products, in *Functional Foods: Concept to Product*, (2nd edn). V.T.T. Saarela (Ed.), Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, pp. 512-533.
- Arihara, K. (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74, 219-229. doi:10.1016/j.meatsci.2006.04.028.
- Aristoy, M., Toldra, F. (2004). Histidine dipeptides HPLC-based test for the detection of mammalian origin proteins in feeds for ruminants. *Meat Science*, 67, 211-217. doi:10.1016/j.meatsci.2003.10.008.
- Babizhayev, M.A., Seguin, M-C., Gueyne, J., Evstigneeva, R.P., Ageyeva, E.A., Zheltukhina, G.A. (1994). L-Carnosine (-alanyl-L-histidine) and carcine f-alanylhistamine) act as natural antioxidants with hydroxyl-radical-scavenging and lipid-peroxidase activities. *Biochemical Journal*, 304, 509-516. doi: 10.1042/bj3040509.
- Badr, H.M. (2007). Antioxidative activity of carnosine in gamma irradiate ground beef and beef patties. *Food Chemistry*, 104, 665-679. doi:10.1016/j.foodchem.2006.12.015.
- Bauchart, C., Remond, D., Chambon, C., Mirand, P., Savary-Auzeloux, I., Reynes, C., Morzel, M. (2006). Small peptides (<5 kDa) found in ready-to-eat beef meat. *Meat Science*, 74, 658-666. doi:10.1016/j.meatsci.2006.05.016.
- Belitz, H.D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4nd edn). pp.38-39, Springer-Verlag, Germany.
- Bernardini, R., Harnedy, P., Bolton, D., Kerry, J., O'Neill, E., Mullen, A.M., Hayes, M. (2011). Antioxidant and antimicrobial peptidic hydrolysates from muscle protein sources and by-products. *Food Chemistry*, 124, 1296–1307. doi:10.1016/j.foodchem.2010.07.004.
- Biesalski, H-K., Dragsted, L.O., Elmadfa, I., Grossklaus, R., Müller, M., Schrenk, D., Walter, P., Weber, P. (2009). Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. *Nutrition*, 25, 1202–1205. doi:10.1016/j.nut.2009.04.023.
- Blatt, T., Mundt, C., Mummert, C., Maksiuk, T., Wolber, R., Keyhani, R. Schreiner, V., Hoppe, U., Schachtschabel, D. O., Stab, F. (1999). Modulation of oxidative stress in human skin of old donors. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 32:83–88. doi: 10.1007/s003910050088.
- Bonakdar, R.A., Guarneri, E. (2005). Coenzyme Q10. *American Family Physician*, 72 (6), 1065-1070. PMID: 16190504.

- Bray, T.M., Taylor, C.G. (1994). Enhancement of tissue glutathione for antioxidant and immune functions in malnutrition. *Biochemical Pharmacology*, 47 (12), 2113-2123. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(94\)90246-1](https://doi.org/10.1016/0006-2952(94)90246-1).
- Bukowska, B. (2004). Glutathione: Biosynthesis, inducing factors and concentration in selected medical conditions. *Medycyna Pracy*, 55, 501–509. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15887520/>.
- Chan, K.M., Decker, E.A., Feustman, C. (1994). Endogenous skeletal muscle antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34 (4), 403-426. <http://dx.doi.org/10.1080/10408399409527669>.
- Chavan, S., Sava, L., Saxena, V., Pillai, S., Sontakke, A., Ingole, D. (2005). Reduced glutathione: Importance of specimen collection. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 20 (1), 150-152. doi: 10.1007/BF02893062.
- Crane, F.L. (2001). Biochemical functions of coenzyme Q10. *Journal of the American College of Nutrition*, 20 (6), 591-598. doi: 10.1080/07315724.2001.10719063.
- Decker, E.A., Park, Y. (2010). Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 86, 49-55. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.021.
- Demarquoy, J., Georges, B., Rigault, C., Royer, M-C., Clairet, A., Soty, M., Lekounougou, S., Le Borgne, F. (2004). Radioisotopic determination of L-carnitine content in foods commonly eaten in Western countries. *Food Chemistry*, 86, 137–142. doi:10.1016/j.foodchem.2003.09.023.
- Djenane, D., Martinez, L., Sanchez-Escalante, A., Beltran, J.A., Roncales, P. (2004). Antioxidant effect of carnosine and carnitine in fresh beef steaks stored under modified atmosphere. *Food Chemistry*, 85, 453-459. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.007.
- Dos Santos, G.C., Antunes, L.M.G., Dos Santos, A.C., Bianchi, M.L.P. (2009). Coenzyme Q10 and its effects in the treatment of neurodegenerative diseases. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 45 (4), 607-618. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502009000400002>.
- Erfle, J. D., Fisher, L. J., Sauer, F. (1970). Carnitine and acetylcarnitine in the milk of normal and ketotic cows. *Journal of Dairy Science*, 53 (4), 486-489. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(70\)86236-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(70)86236-1).
- Frei, B., Kim, M.C., Ames, B.N. (1990). Ubiquinol-10 is an effective lipid-soluble antioxidant at physiological concentrations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87, 4879-4883. doi: 10.1073/pnas.87.12.4879.
- Fritsche, J., Steinhart, H. (1998). Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 206, 77-82. <https://doi.org/10.1007/s002170050218>.
- Folkers, K. (1996). Relevance of the biosynthesis of coenzyme Q10 and of the four bases of DNA as a rationale for the molecular causes of cancer and

- a therapy. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 224, 358–361. doi: 10.1006/bbrc.1996.1033.
- Greenhalff, P. (2001). The creatine–phosphocreatine system: there’s more than one song in its repertoire. *The Journal of Physiology*, 537 (3), 657. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.00657.x.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö. (2012). Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi, Yayın No: 786, Ziraat Fakültesi Yayın No: 320, Ders Kitapları Serisi: 70, Atatürk Üniv. Ziraat fak. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Hur, S.J., Ye, B.W., Lee, J.L., Ha, Y.L., Park, G.B., Joo, S.T. (2004). Effects of conjugated linoleic acid on color and lipid oxidation of beef patties during cold storage. *Meat Science*, 66, 771–775. doi:10.1016/S0309-1740(03)00104-9.
- Huxtable, R.J. (1992). Physiological actions of taurine. *Physiological Reviews*, 72 (1), 101-142. doi: 10.1152/physrev.1992.72.1.101.
- James, S.J., William, S., Melnyk, S., New, E., Pogribna, M., Jernigan, S. (2005). Thimerosal neurotoxicity is associated with glutathione depletion: Protection with glutathione precursors. *NeuroToxicology*, 26 (1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2004.07.012>.
- Jayasena, D.D., Jung, S., Bae, Y.S., Kim, S.H., Lee, S.K., Lee, J.H., Jo, C. (2014). Changes in endogenous bioactive compounds of Korean native chicken meat at different ages and during cooking. *Poultry Science*, 93, 1842-1849. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03721>.
- Jones, D.P., Coates, R.J., Flagg, E.W., Eley, J.W., Block, G., Greenberg, R.S., Gunter, E.W., Jackson, B. (1992). Glutathione in foods listed in the national cancer institute’s health habits and history food frequency questionnaire. *Nutrition and Cancer*, 17 (1), 57-75, doi: 10.1080/01635589209514173.
- Jong, C.J., Azuma, J., Schaffer, S. (2012). Mechanism underlying the antioxidant activity of taurine: Prevention of mitochondrial oxidant production. *Amino Acids*, 42, 2223–2232. doi: 10.1007/s00726-011-0962-7.
- Kalaiselvi, T., Panneerselvam, C. (1998). Effect of L-carnitine on the status of lipid peroxidation and antioxidants in aging rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 9, 575-581. doi:10.1016/S0955-2863(98)00052-7.
- Kamei, M., Fujita, T., Kanbe, T., Sasaki, K., Oshiba, K., Otani, S., Matsui-Yuasa, I., Morisawa, S. (1986). The distribution and content of ubiquinone in foods. *Nutrition*, 56 (1), 57-63. PMID: 3710719.
- Kelly, G.S. (2001). Conjugated linoleic acid: A review. *Alternative Medicine Review*, 6 (4), 367. PMID: 11578253.
- Khanal, R.C., Olson, K.C. (2004). Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3 (2), 82-98. doi: 10.3923/pjn.2004.82.98.

- Koba, K., Yanagita, T. (2014). Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). *Obesity Research & Clinical Practice*, 8, 525-532. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orcp.2013.10.001>.
- Kojima, S., Saegusa, H., Sakata, M. (2014). Histidine-containing dipeptide concentration and antioxidant effects of meat extracts from silky fowl: Comparison with meat-type chicken breast and thigh meats. *Food Science and Technology, Research*, 20 (3), 621-628. doi: 10.3136/fstr.20.621.
- Kris-Etherton, M.P., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, M.S., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E., Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 113 (9), 71-88. doi: 10.1016/s0002-9343(01)00995-0.
- Kulczynski, B., Sidor, A., Gramza-Michałowska, A. (2019). Characteristics of selected antioxidative and bioactive compounds in meat and animal origin products. *Antioxidants*, 8, 335. doi:10.3390/antiox8090335.
- Laidlaw, S., Grosvenor, M., Kopple, J.D. (1990). The taurine content of common foodstuffs. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 14 (2), 183-188. doi: 10.1177/0148607190014002183.
- Lee, B.J., Hendricks, D.G., Cornforth, D.P. (1998). Antioxidant effects of carnosine and phytic acid in a model beef system. *Journal of Food Science*, 63 (3), 394-398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15750.x>.
- Lewis, E.D., Zhao, Y-Y., Richard, C., Bruce, H.L., Jacobs, R.L., Field, C.J., Curtis, J.M. (2015). Measurement of the abundance of choline and the distribution of choline-containing moieties in meat. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66 (7), 743-748. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1088942>.
- Lourenço, R., Camilo, M. E. (2002). Taurine: a conditionally essential amino acid in humans? An overview in health and disease. *Nutricion Hospitalaria*, 17, 262-270. PMID: 12514918.
- Mattila, P., Kumpulainen, J. (2001). Coenzymes Q9 and Q10: Contents in foods and dietary intake. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14, 409-417. doi:10.006/jfca.2000.0983.
- Mattulat, A., Baltes, W. (1991). Determination of lipoic acid in meat of commercial quality. *Z Lebensm Unters Forsch*, 194, 326-329. doi: 10.1007/BF01193214.
- McGuire, M.A., McGuire, M.K. (2000). Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Journal of Animal Science*, 77, 1-8. doi: 10.2527/jas2000.002188120077000ES0033x.
- Milan, B.Ž., Marija, B., Jelena, I., Jelena, J., Marija, D., Radmila, M., Baltić, T. (2014). Bioactive peptides from meat and their influence on human health. *Tehnologija mesa*, 55 (1), 8-21. ID: 207308044.

- Mora, L., Sentandreu, M.A., Toldra, F. (2008). Contents of creatine, creatinine and carnosine in porcine muscles of different metabolic types. *Meat Science*, 79, 709-715. doi:10.1016/j.meatsci.2007.11.002.
- Muhammad, M.T., Khan, M.N. (2017). Kinetics, mechanistic and synergistic studies of Alpha lipoic acid with hydrogen peroxide. *Journal of Saudi Chemical Society*, 21 (2), 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2015.01.008>.
- Mulvihill, B. (2002). Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). *Nutrition Bulletin*, 26 (4), 295-299. <https://doi.org/10.1046/j.1467-3010.2001.00179.x>.
- Packer, L., Wlitt, E.H., Tritschler, H.J. (1995). Alpha-lipoic acid as a biological antioxidant. *Free Radical Biology & Medicine*, 19 (2), 227-250. doi: 10.1016/0891-5849(95)00017-r.
- Pariza, M.W. (2004). Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 1132S-6S. doi: 10.1093/ajcn/79.6.1132S.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283-298. doi: 10.1016/s0163-7827(01)00008-x.
- Patterson, K.Y., Bhagwat, S.A., Williams, J.R., Howe, J.C., Holden, J.M. (2008). USDA Database for the choline content of common foods, release two. Nutrient Data Laboratory, Beltsville Human Nutrition Research Center, ARS, USDA.
- Peiretti, P.G., Medana, C., Visentin, S., Dal Bello, F., Meineri, G. (2012). Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chemistry*, 132, 80-85. doi:10.1016/j.foodchem.2011.10.035.
- Pogorzelska-Nowicka, E., ID , Atanasov, A.G., ID , Horbanczuk, J., Wierzbicka, A. (2018). Bioactive compounds in functional meat products. *Molecules*, 23, 307. doi:10.3390/molecules23020307.
- Pravst, I., Žmitek, K., Žmitek, J. (2010). Coenzyme Q10 contents in foods and fortification strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 269-280. doi:10.1080/10408390902773037.
- Purchas, R.W. and Zou, M. (2008). Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. *Meat Science*, 80, 470-479. doi:10.1016/j.meatsci.2008.01.013.
- Purchas, R.W., Busboom, J.R. (2005). The effect of production system and age on levels of iron, taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine in beef muscles and liver. *Meat Science*, 70, 589-596. doi:10.1016/j.meatsci.2005.02.008.

- Purchas, R.W., Busboom, J.R., Wilkinson, B.H.P. (2006). Changes in the forms of iron and in concentrations of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine in beef longissimus muscle with cooking and simulated stomach and duodenal digestion. *Meat Science*, 74, 443-449. doi:10.1016/j.meatsci.2006.03.015.
- Purchas, R.W., Rutherford, S.M., Pearce, P.D., Vather, R. B., Wilkinson, H.P. (2004). Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine. *Meat Science*, 66, 629-637. doi:10.1016/S0309-1740(03)00181-5.
- Rahman, I., MacNee, W. (1999). Lung glutathione and oxidative stress: implications in cigarette smoke-induced airway disease. *American Journal of Physiology*, 277 (6), L1067-88. doi: 10.1152/ajplung.1999.277.6.L1067.
- Reig, M., Aristoy, M-C., Toldrá, F. (2015). Sources of variability in the analysis of meat nutrient coenzyme Q10 for food composition databases. *Food Control*, 48, 151-154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.009>.
- Romanchak, N., Cupp, M.J., Tracy, T.S. (2003). Creatine Monohydrate. Dietary Supplements: Toxicology and Clinical Pharmacology. M.J. Cupp; T.S. Tracy (Ed.), Chapter 6, pp. 91-92. Totowa, New Jersey.
- Schafer, F.Q., Buettner, G.R. (2001). Redox state of the cell as viewed through the glutathione disulfide/glutathione couple. *Free Radical Biology and Medicine*, 30 (11), 1191-1212. doi: 10.1016/s0891-5849(01)00480-4.
- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73, 29-41. doi:10.1016/j.meatsci.2005.10.010.
- Schmid, A. (2010). Bioactive substances in meat and meat products. *Fleischwirtschaft International*, 25 (2), 127-133.
- Seline, K-G., Johein, H. (2007). The determination of L-carnitine in several food samples. *Food Chemistry*, 105, 793-804. doi:10.1016/j.foodchem.2007.01.058.
- Seline, K-G., Johein, H. (2010). The content of L-carnitine in meat after different methods of heat treatment. *British Food Journal*, 113 (9), 1114-1126. doi: 10.1108/00070701111174569.
- Sestili, P., Martinelli, C., Colombo, E., Barbieri, E., Potenza, L., Sartini, S., Fimognari, C. (2011). Creatine as an antioxidant. *Amino Acids*, 40, 1385-1396. doi: 10.1007/s00726-011-0875-5.
- Shantha, N.C., Crum, A.D., Decker, E.A. (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 1757-1760. <https://doi.org/10.1021/jf00044a035>.
- Shiver, H.E. (1929). The physico-chemistry of creatine and creatinine. *Chemical Reviews*, 419-444. <https://doi.org/10.1021/cr60023a005>.

- Stadnik, J., Kęska, P. (2015). Meat and fermented meat products as a source of bioactive peptides. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 14 (3), 181-190. doi: 10.17306/J.AFS.2015.3.19.
- Tanaka, K. (2005). Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. *Animal Science Journal*, 76, 291-303. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2005.00268.x>.
- Toldra, F. (2006). Meat: Chemistry and biochemistry. In Handbook of Food Science Technology and Engineering. Y. H. Hui (Ed.). pp. 1-18, Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ueland, P.M. (2010). Choline and betaine in health and disease. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 34, 3-15. doi: 10.1007/s10545-010-9088-4.
- Vongsawasdi, P., Noomhorm, A. (2014). Bioactive compounds in meat and their functions. Functional Foods and Dietary Supplements: Processing Effects and Health Benefits, Athapol Noomhorm, Imran Ahmad and Anil Kumar Anal (Ed.), pp.113-138, John Wiley & Sons, Ltd, Thailand, <https://doi.org/10.1002/9781118227800.ch5>.
- Watanabe, A., Ueda, Y., Higuchi, M. (2004). Effects of slaughter age on the levels of free amino acids and dipeptides in fattening cattle. *Animal Science Journal*, 75, 361-367. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2004.00198.x>.
- Woollard, D.C., Indyk, H.E., Woollard, G.A. (1999). Carnitine in milk: a survey of content, distribution and temporal variation. *Food Chemistry*, 66, (1), 121-127. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00042-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00042-4).
- Wyss, M., Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiological Reviews*, 80 (3), 1108-1182. doi: 10.1152/physrev.2000.80.3.1107.
- Zeisel, S.H., Blusztajn, J.K. (1994). Choline and human nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 14, 269-96. doi: 10.1146/annurev.nu.14.070194.001413.

Bölüm 4

ET VE ET ÜRÜNLERİ İÇİN KORUYUCU KÜLTÜRLER

Selen SALLAN¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Et ve Ürünleri Teknolojisi Programı, Bandırma, Balıkesir.

ORCID : 0000-0001-9806-6937 ; e-mail: ssallan@bandirma.edu.tr

GİRİŞ

Gıda güvenliği, sağlıklı ve güvenilir gıda üretimini sağlamak amacı ile gıda hammaddesinin eldesi, üretimi, işlenmesi, taşınması ve tüketimi aşamalarında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınması olarak tanımlanmaktadır (Kaya, 2018). Gıda güvenliğinin sağlanmasında gıda kaynaklı patojenlerin kontrolü büyük önem arz etmektedir. Gıda kaynaklı hastalıkların önemli bir kısmını, mikroorganizmalar veya mikroorganizmaların ürettiği toksinlerin neden olduğu mikrobiyal gıda kaynaklı hastalıklar oluşturmaktadır (Zorba, 2010). Soğukta muhafaza, dondurma, ısıtma işlemi, kurutma, fermentasyon gibi geleneksel gıda muhafaza yöntemleri gıda güvenliği konusundaki beklentileri tam olarak karşılayamadığından yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektriksel alan, biyopreservasyon gibi yeni uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır (Köseoğlu & Aran, 2019).

Ürünün duyuusal özelliklerini mümkün olduğunca az değiştiren, patojenleri inhibe etmek ve/veya ürünün raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılan antagonistik kültürler “koruyucu kültürler” olarak adlandırılmaktadır. Bu mikroorganizmaları veya metabolitlerin (bakteriyosinleri veya enzimleri) kullanılması genellikle “biyopreservasyon” olarak adlandırılır (Lücke, 2000). Gıda biyopreservasyonu kontrollü/doğal mikroflora ile mikrobiyal metabolitlerin ürün güvenliğinin sağlanması ve raf ömrünün artırılması amacıyla kullanılmasıdır. Bu amaçla endüstride genellikle laktik asit bakterileri kullanılmaktadır (Köseoğlu & Aran, 2019).

Et endüstrisinde gıda kaynaklı patojenleri inhibe ederek ürün güvenliğini sağlamak, ürün stabilitesini iyileştirmek, ürüne yeni duyuusal özellikler kazandırmak ve intestinal mikrobiyota üzerine pozitif etkisiyle sağlığa yararlı etkiler oluşturmak amacıyla mikroorganizmalardan yararlanılmaktadır (Lücke, 2000). Günümüzde fermente et ürünlerinde laktik asit bakterilerinden *Lactobacillus sakei*, *L. curvatus*, *L. pentosus*, *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus*; katalaz-pozitif koklardan *Staphylococcus xylosus*, *S. carnosus*, *Kocuria varians*; mayalardan *Debaryomyces hansenii*, *Candida famata* ve küflerden ise *Penicillium nalgiovense*, *P. chrysogenum* starter kültür olarak kullanılmaktadır (Kaya & Kaban, 2019; Yılmaz Oral & Kaban, 2021a; Sallan et al., 2022). Fermente et ürünlerinde starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri duyuusal ve tekstürel özelliklerin gelişiminde rol oynamaktadır. Ayrıca bu bakteriler asit oluşturarak ürün güvenliğine de katkıda bulunmaktadır. Katalaz pozitif koklar (koagülaz negatif stafilokoklar, *Kocuria*) ise ürün renginin geliştirilmesi ve stabilizasyonu ile oksidatif ransiditenin önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca bu mikroorganizma grubu proteolitik ve lipolitik özellikleri ile ürünün tipik lezzeti üzerinde etkili olmaktadır. Maya (*Debaryomyces*) ve küflerden (*Penicillium*) ise ürünün duyuusal özelliklerini geliştirmek ve stabilize etmek amacıyla yararlanılmaktadır. Ma-

yalar, katalaz aktivitesi ile renk stabilizasyonuna, proteolitik ve lipolitik aktiviteleri ile lezzet oluşumuna katkı sağlamaktadır. Buna karşın küfle olgunlaştırılan fermente sosislerde yüzeyde hoş bir görünüm sağlamaları yanında lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile lezzet oluşumunda etkili olmaktadır. Starter kültür olarak küflerin diğer bir önemli özelliği ise mikotoksijenik küfler de dahil olmak üzere diğer küflerin gelişmesini engelleyerek ürün güvenliğine katkıda bulunmasıdır. Bu mikroorganizmalar ürün yüzeyini kaplayarak oksijen ve ışığın olumsuz etkilerinden de ürünü korumaktadır (Kaya & Kaban, 2019).

Koruyucu kültürler gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini engelleyebilen ve sağlık açısından herhangi bir risk arz etmeyen mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Geisen et al., 1992). Ürünün kalite parametrelerinde önemli değişime neden olmadan ilave edildiklerinde patojen ve bozulma etkeni mikroorganizmalar üzerinde antogonistik etki oluşturan mikroorganizmalar olarak da tanımlanmaktadır (Köseoğlu & Aran, 2019). Starter kültürler fermente et ürünlerinde aroma/reng gelişimi ve dayanıklılığı sağlarken, koruyucu kültürler gıda zehirlenmelerine neden olan mikroorganizmaları inihibe ederek mikrobiyal stabiliteyi artırmaktadır (Geisen et al., 1992). Starter kültürlerle koruyucu kültürler arasındaki bir farklılık da aynı kültürün farklı şartlarda farklı amaçlar için kullanılabilir olmasıdır. Starter kültürlerde asit üretimi gibi metabolik aktivite, teknolojik öneme sahipken antimikrobiyal aktivite ikincil bir etki oluşturmaktadır; koruyucu kültürlerde ise tam tersi durum söz konusudur (Holzapfel et al., 1995).

Koruyucu kültürler, toksin üretmemeli, biyojen amin ya da sağlığa zararlı olan diğer metabolitleri üretmemeli ve patojenik özellik göstermemelidir. Substrata kolay adapte olabilmeli, koruyucu aktivitesi süreklilik arz etmeli, metabolik aktivitesi tahmin edilebilmeli, yerel suşlara karşı yarışmacı olmalı, spesifik enzim aktivitesi göstermelidir. Bu kültürler ayrıca iyi üretim uygulamalarında ürünün duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilememeli ve uygun olmayan koşullarda indikatör olarak rol oynamalıdır (Holzapfel et al., 1995).

Et endüstrisinde koruyucu kültür olarak genellikle laktik asit bakterileri kullanılmaktadır. Koruyucu kültürler arzu edilmeyen mikroorganizmaların gelişimini; besin maddelerine yarışma, organik asit üretimi ve/veya bakteriyosin üretimi ile engelleyebilmektedir. Bu bölümde laktik asit bakteri kültürlerinin koruyucu kültür olarak kullanımları ve etkileri irdelenmiştir.

BESİN MADDELERİNE YARIŞMA

Mikroorganizmanın gelişimi için gerekli olan besin öğelerinin sınırlandırılması durumunda besin öğelerine karşı yarışma her zaman söz ko-

nusu olabilmektedir. Hızlı gelişen yani substrata çok iyi uyum sağlayan mikroorganizmalar ortamda dominant hale gelebilmekte ve besin ögesi- nin tükenmesi durumunda mikroorganizmaların gelişimi durmaktadır. Besin maddesine yarış ve/veya antimikrobiyal metabolitlerin birikimi yoluyla gerçekleşen antagonistik aktivite ile patojen veya arzu edilmeyen mikroorganizmaların gelişimi inhibe edilebilmektedir. Fermente sosislerde 10^6 - 10^7 kob/g düzeyinde yapılan inokulasyon, fermentasyon sırasında mikroorganizmaya iyi bir yarışma olanağı sağlamaktadır. Metabolik aktiviteden bağımsız olarak ortama hakim olan kültürler, arzu edilmeyen mikroorganizmaların kolonizasyonunu engellemektedir (Holzapfel et al., 1995).

ORGANİK ASİT ÜRETİMİ

Fermente et ürünlerinde en önemli organik asit laktik asit olup çoğunlukla homofermentatif laktobasiller tarafından üretilmektedir. Laktik asit pH'yı düşürerek pek çok mikroorganizma üzerinde inhibisyon etki göstermektedir. Bunun yanı sıra disosiye olmamış laktik asit de antimikrobiyal aktivite gösterebilmektedir (Geisen et al., 1992).

Farklı pKa değerlerinden dolayı organik asitlerin mikroorganizmalar üzerine etkisi farklılık göstermektedir. Yüksek pKa değerine sahip bir organik asit gıdanın pH değerinde daha fazla oranda disosiye olmamış moleküle sahip olup daha fazla antimikrobiyal etki göstermektedir (Sivri, 2016). Örneğin asetik asit (pKa: 4.75) laktik aside (pKa: 3.71) göre aynı molar konsantrasyonunda ve pH değerinde daha fazla antagonistik aktivite göstermektedir (Holzapfel et al., 1995). Organik asitlerin hücre içine kolay geçişini sağlayan lipofilik özellikleri de farklılık göstermektedir. Asetik asit, laktik asitten daha fazla lipofilik olduğundan daha fazla antimikrobiyal etkiye sahiptir (Geisen et al., 1992; Holzapfel et al., 1995; Sivri, 2016).

Yüksek rekabet özelliğine sahip bakteriyosin oluşturmayan laktik asit bakterileri, et ürünlerinde iyi bir gelişme göstererek arzu edilmeyen mikroorganizmaların gelişimini inhibe edebilmektedir. Bu inhibisyon mikroorganizmalar tarafından oluşturulan laktik asit başta olmak üzere organik asitlerden kaynaklanmaktadır. Fermente sosislerde fermentasyon sırasında pH'nın 5.3'ün altına hızlı bir şekilde düşürülmesi *Salmonella* ve *Staphylococcus aureus*'un gelişimini engellemektedir (Holzapfel et al., 1995; Lücke, 2000). Hızlı asitleşme ürün güvenliği açısından önemli bir faktör olduğundan, fermente sosis üretiminde, asit oluşum hızı ve derecesi yüksek laktik asit bakteri suşları tercih edilmektedir. Ancak düşük pH değerleri asidik tada neden olduğundan pek çok üründe arzu edilmemektedir. ABD'de fermente sosislerde düşük pH değerleri tolere edilebilirken, çoğu Avrupa ülkesinde 5.0'in altında pH değeri asidik olarak değerlendirilmektedir (Geisen et al., 1992).

BAKTERİYOSİN ÜRETİMİ

Bakteriyosinler, ribozomal olarak sentezlenen, sentezleyen bakteriye yakın türler üzerinde antimikrobiyal aktivite gösteren, peptit veya protein yapısındaki bileşiklerdir (Geisen et al., 1992; Köseoğlu & Aran, 2019). Bakteriyosinler, gıdanın fizikokimyasal yapısını bozmaksızın (asidifikasyon, protein denatürasyonu) patojen ve bozucu bakterileri inhibe eden önemli metabolitlerdir. Bu bileşikler hedef hücrenin membranında gözenek oluşturarak veya hücre duvarı sentezini engelleyerek antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Köseoğlu & Aran, 2019). Bakteriyosinler genellikle ısıya dayanıklı olmasına karşın tripsin, pepsin ve diğer proteazlar gibi proteolitik enzimler tarafından inaktive edilmektedir. Küçük peptitlerden ($MA < 10$ kDa) lantibiyotik tipi bakteriyosinleri içeren büyük proteinlere ($MA > 30$ kDa) ve aktivite için esansiyel olan lipid ve polisakkarit gibi kompleks bir molekül grubu içerenlere kadar pek çok yapısal gruba ayrılabilirler. (Kasil, 2001). Bakteriyosinler biyokimyasal ve genetik özelliklerine göre dört farklı sınıfta toplanmaktadır. Sınıf I bakteriyosinleri diğer sınıflardan ayıran temel özellik; sentez sonrası gerçekleşen modifikasyon sonucunda yapılarında lantionin, α -metillantionin, dehidroalanin ve dehidrobütirin aminoasit rezidülerinin bulunmasıdır. Sınıf I bakteriyosinler moleküler yapıları ve antimikrobiyal etki mekanizmalarına göre de iki alt grupta toplanmaktadır. Sınıf II bakteriyosinleri de molekül yapılarına göre a, b ve c şeklinde sınıflara ayrılmıştır. Sınıf Ia grubuna ait nisin ile sınıf IIa grubuna ait pediocin en fazla incelenen bakteriyosinlerdir (Köseoğlu & Aran, 2016).

Koruyucu kültürler, patojenler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişiminin engellenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Et ve et ürünlerinde bu amaçla doğal olarak bulunan laktik asit bakterilerinden yararlanılmaktadır. Bakteriyosin üreten bazı laktik asit bakterileri, ürettikleri bakteriyosinler ve etki spektrumları Tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1: Bakteriyosin üreten bazı laktik asit bakterileri ve bakteriyosinler ile etki spektrumları (Geisen et al., 1992; Çon & Gökalp, 2000)

Bakteriyosin Üreten Mikroorganizma	Üretilen Bakteriyosin	Etki Spektrumu
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Lactocin B	Laktobasiller
	Lactocin F	Laktobasiller Enterokoklar
<i>Lactobacillus helveticus</i>	Helveticin J	Laktobasiller
	Lactocin 27	Laktobasiller
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Plantaricin A	Laktik asit bakterileri
	Lactocin B	Laktik asit bakterileri, <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Clostridium botulinum</i>

<i>Lactobacillus sakei</i>	Sakacin A	Laktobasiller, Leukonostoklar, Enterokoklar, <i>L. monocytogenes</i>
	Sakacin	<i>L. monocytogenes</i>
	Lactocin S	Laktik asit bakterileri
<i>Lactococcus lactis</i>	Nisin	<i>S. aureus</i> , Bacillus spp, <i>L. monocytogenes</i>
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Pediocin PA-1	Laktobasiller, Leukonostoklar, Pediokoklar, <i>L. monocytogenes</i>
	Pediocin AcH	Laktobasiller, Leukonostoklar, <i>S. aureus</i> , <i>C. perfringens</i>
	Bacteriocin PA1	<i>L. monocytogenes</i> <i>L. monocytogenes</i>
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	Pediocin AcH	Laktobasiller, Pediokoklar, <i>S. aureus</i> , <i>C. perfringens</i> , <i>C. botulinum</i>
	Pediocin A	<i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>C. botulinum</i> ,

Lactococcus ve *Lactobacillus* cinslerine ait türler farklı özellikte bakteriyosinler üretmektedir. Bu laktik asit bakterilerinin bakteriyosinleri, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* gibi patojenler ile bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar üzerinde etki göstermektedir. *Pediococcus* türlerine ait bakteriyosinler de birçok patojen mikroorganizma üzerinde etkili olmaktadır (Tablo 1). *Carnobacterium* ve *Leuconostoc* cinslerinin ürettiği bakteriyosinler de *L. monocytogenes* başta olmak üzere gıda kaynaklı patojenler üzerinde etki göstermektedir (Holzaphel et al., 1995).

Bakteriyosinler, üretici suşlar ile genellikle yakın ilişkili olduğu mikroorganizmalar üzerinde etkilidir. Koruyucu kültür olarak kullanılan laktik asit bakterilerinin ürettiği bakteriyosinler, gıda kaynaklı patojenlerin yanı sıra diğer laktik asit bakterilerine karşı da antagonistik aktivite gösterebilmektedir. Bakteriyosinler Gram (-) mikroorganizmalara karşı etkin değildir (Tagg et al., 1976; Kasil, 2001). Bununla birlikte Gram (-) ve bazı dirençli Gram (+) bakteriler, fiziksel ya da kimyasal stres faktörlerine ma-

ruz kaldığında bakteriyosine karşı duyarlı hale gelebilmektedir (Arıcı & Sağdıç, 2010; Kışla, 2016).

Gıdalarda laktik asit bakterilerinin bakteriyosin üretimini pH, sıcaklık ve besin öğeleri gibi faktörler önemli ölçüde etkilemektedir. Bakteriyosin üretim yeteneğinin kendiliğinden kaybı, faj enfeksiyonu, gıdada mevcut diğer mikroorganizmalar tarafından inhibisyonu laktik asit bakterilerinin bakteriyosin üretimini etkileyen diğer faktörlerdir. (Schillinger et al., 1996; Kasil, 2001). Diğer taraftan bakteriyosinlerin aktivitesini etkileyen faktörler de mevcuttur. Bakteriyosine dayanıklı patojen veya bozucu mikroorganizmalar bu faktörler arasında yer alabilir. Ayrıca proteaz ve oksidasyon işlemleri gibi proteinlerin biyolojik aktivitesini destabilize eden şartlar, protein yüzeylerine ya da yağ parçaları gibi bileşiklere bağlanma, diğer katkılar tarafından inaktive edilme, zayıf çözünürlük ve gıda matrisinde düzensiz engellenme ve pH etkileyen diğer faktörlerdir (Kasil, 2001; Schillinger et al., 1996)

Laktik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinler, duyarlı bakteri hücrelerine karşı çok hızlı ve yüksek bir etki gösterebilmektedir. Bu bakteriyosinler çok düşük konsantrasyonlarda dahi etkili olabilmektedir. Bununla birlikte bakteriyosinlerin Gram (+) bakterilere karşı antibakteriyal etki spektrumları önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Ayrıca bu bakteriyosinlerin duyarlı suşlara karşı MIC (minimum inhibe edici konsantrasyonu) değeri farklılık arz etmektedir. Bununla birlikte hassas suşlar bir bakteriyosine karşı dirençli iken ikinci bir bakteriyosine karşı duyarlı olabilmektedir. (Arıcı & Sağdıç, 2010; Kışla, 2016). Gıda endüstrisinde bakteriyosinlerin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda yer almaktadır:

(a)Gıdaların duyuusal özellikleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olmamalı,

(b)Düşük konsantrasyonlarda dahi antagonistik aktivite gösterebilmeli,

(c) Antimikrobiyal spektrumu geniş olmalı,

(d) Maliyeti uygun olmalı ve

(e) Toksik etkiye sahip olmamalıdır (Arıcı & Sağdıç, 2010).

KORUYUCU KÜLTÜRLERİN ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIM ALANLARI

Bakteriyosin oluşturan kültürlerin taze ve işlenmiş et ürünlerinde kullanılması ürüne önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Et ürünlerinde bakteriyosin üreten laktik asit bakterileri doğrudan koruyucu bir kültür olarak kullanılabilirdiği gibi saflaştırılmış veya kısmi saflaştırılmış bakte-

riyosinler de uygulama alanı bulmaktadır (Geisen et al., 1992; Holzaphel et al., 1995).

Bakteriyosin üreten kültürler genellikle fermente olmayan ürünlerde koruyucu kültür olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra koruyucu kültürler, starter kültürlerle beraber kullanılabildiği gibi tek başına starter kültür olarak da kullanılabilmektedir. Ancak starter kültür olarak kullanıldıklarında hem etkin muhafaza için yeterli düzeyde bakteriyosin üretebilmeli hem de ürüne istenen kalite özelliklerini kazandırabilmelidir (Köseoğlu & Aran, 2019).

Sosis ve salam gibi düşük asitli emülsiyon tipi et ürünlerinde patojen mikroorganizmaların inhibisyonunda bakteriyosin veya bakteriyosin üreten laktik asit bakterilerinin kullanımı ürün güvenliğine önemli katkıda bulunmaktadır (Okere & Montville, 1991; Kasil, 2001). Doğada oldukça yaygın olarak bulunan psikrotrofik karakterdeki gıda kaynaklı patojen bir bakteri olan *L. monocytogenes*'in et ürünlerinde inhibisyonuna yönelik pek çok çalışma yürütülmüştür. Pişirilmiş et ürünlerinde *L. monocytogenes*'in varlığı genellikle üretim sonrası kontaminasyonlardan kaynaklanmaktadır (Kaban et al., 2010). Bundan dolayı frankfurter, wiener, hot dogs gibi emülsifiye et ürünlerinde *L. monocytogenes*'in kontrolü açısından bakteriyosin üreten laktik asit bakterilerinin kullanılması önerilmektedir (Berry et al., 1991; Degnan et al., 1992). Vakum ambalajlı dilimli salamalarda üretim sonrası kontaminasyonlara karşı bakteriyosin üreten *L. sakei* LB706 suşunun kullanıldığı bir çalışmada, 4°C ve 7°C'lik depolama sıcaklıklarında bu suşun *L. monocytogenes*'in gelişimini engelleyebildiği belirtilmektedir (Geisen et al., 1992). Ayrıca bu suş modifiye atmosfer koşullarında 4°C'de dilimli salamalarda *L. monocytogenes*'in gelişimini inhibe edebilmektedir (Kaban et al., 2010). Pastörize kıymada bu suşun *L. monocytogenes* sayısında bir logaritmik birimlik düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Schillenger et al., 1991).

Koruyucu kültürler tüketime hazır et ürünlerinin soğukta muhafazasında ürün güvenliğine önemli katkıda bulunabilmektedir. Pişirilmiş vakum ambalajlı dilimli et ürünleri üzerinde yürütülen bir çalışmada *Leuconostoc carnosum* 4010 suşunun koruyucu kültür olabileceği belirtilmiştir (Budde et al., 2003).

Fermente sosislerde fermentasyon gıda kaynaklı patojenlerin gelişimi açısından en kritik aşamadır. Bu ürünlerde *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *Salmonella* önemli gıda kaynaklı patojenler arasında yer almaktadır (Yılmaz Oral & Kaban, 2021b). Fermente ürünlerin olgunlaşması ve depolaması sırasında mikrobiyolojik stabilite açısından nitrit, rekabet edici flora (starter kültürler), redoks potansiyeli, pH ve a_w önemli engel etkenlerdir. Bu etkenlerin yanı sıra bakteriyosin üreten suşların ve/veya doğrudan

bakteriyosinlerin kullanımı gıda güvenliği açısından sıklıkla gündeme gelmektedir. Kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucuk üretiminde bakteriyosin üreten *L. sakei* Lb 706 ve *P. acidilactici* Lb 628 suşlarının *L. monocytogenes* sayısında hızlı bir düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Kaya & Gökalp, 2004). Sucuk üzerine yürütülen diğer bir çalışmada ise yerel bir suş olan *L. plantarum* S50'nin *L. monocytogenes* sayısında önemli bir redüksiyona neden olduğu ortaya konulmuştur (Kamiloğlu et al., 2018). Sucuk üzerinde yürütülen diğer bir çalışmada da bakteriyosin üreten starter kültür kullanımının *L. monocytogenes* gelişimini inhibe ettiği tespit edilmiştir (Erol et al., 1999). Sucukta *L. monocytogenes*'in inhibisyonunda *P. acidilactici* 13 suşunun koruyucu kültür olarak kullanılabileceği ise diğer bir çalışmada saptanmıştır (Coşansu et al., 2010). *Yersinia enterocolitica*'nın sucukta inhibisyonuna yönelik yürütülen diğer bir çalışmada ise *L. sakei* ve *P. acidilactici*'nin sucukta fermentasyonun ilk günlerinde 5 logaritmik birimlik redüksiyona neden olduğu bildirilmiştir (Ceylan & Fung, 2000).

Nisin, tanımlanmış laktik asit bakteri bakteriyosinleri arasında biyokimyasal ve genetik açıdan en iyi karakterize edilen bakteriyosindir. Geniş bir etki spektrumuna sahip olan bu bakteriyosin, gıdaların bozulmasında ve gıda kaynaklı hastalıklarda etken vejetatif ve sporlu Gram (+) birçok bakteri üzerinde etkilidir. GRAS (genellikle güvenli olduğu kabul edilen) statüsünde olan bu bakteriyosinin, konsantrasyonuna bağlı olarak, sucukta *L. monocytogenes* üzerinde önemli bir redüksiyona sebep olduğu bildirilmektedir (Hampikyan & Ugur, 2007).

Et ürünlerinde gıda kaynaklı patojenlerin kontrolünde küreme ajanı olarak kullanılan nitrit önemli bir engel etkidir. Et ürünlerinde çok fonksiyonlu bir katkı maddesi olan nitrit, kür renginin gelişimi, tipik kür lezzetinin oluşumu ve lipid oksidasyonunun önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak nitritin sekonder aminlerle reaksiyona girerek kanserojenik nitrozaminleri oluşturmamasından dolayı nitrit oranının düşürülmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Nitrit oranı düşürülmüş bir fermente et ürününde koruyucu kültür kullanılmış ve fermente et ürünlerinde *L. plantarum* PSC20 kullanımının *L. monocytogenes*'in kontrol edilmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Nikodinoska et al., 2019).

Buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen taze etlerin bozulmasında laktik asit bakterileri, *Brochothrix thermosphacta*, *Pseudomonas* spp. ve *Enterobacteriaceae* familyasını üyeleri önemli rol oynamaktadır (Borch et al., 1996). Taze kuzu etleri üzerinde yapılan bir çalışmada *L. sakei*, *S. carnosus* ve *S. xylosum* veya *S. carnosus* ve *L. sakei* içeren koruyucu kültürlerin kuzu etinin mikrobiyal bozulmasını geciktirdiği rapor edilmiştir (Xu et al., 2021a). Taze sığır etinde *L. curvatus* CRL705 suşunun *L. monocytogenes* ve *B. thermosphacta*'yı inhibe ettiği, bu suşun düşük

sıcaklıklarda etkisini gösterdiği ve ürünün pH'sı üzerinde de önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Ayrıca bu suşun spontan laktik asit bakterileri üzerinde de antagonistik aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Castellano & Vignolo, 2006; Castellano et al., 2008).

Taze ette koruyucu kültür uygulamalarında, genellikle et ürünlerinde doğal olarak bulunan ve uzun yıllardır fermente sosislerde starter kültür olarak kullanılan *L. sakei* ve *L. curvatus* türleri kullanılmaktadır. Koruyucu kültürler genellikle yüksek konsantrasyonlarda ilave edilir ve yaygın olarak bakteriyosin üreten suşları içerir. Uygulama genellikle 10^5 - 10^7 kob/g veya kob/cm² seviyelerinde yapılmakta ve ürün tipine göre değişiklik göstermektedir. Diğer taraftan bakteriyosin pozitif laktik asit bakterilerinin Gram (-) bakterilere karşı antagonistik aktivitesi olmamasına rağmen bazı çalışmalarda inhibitör etki gözlenmesi, mikroorganizmalar arasındaki yarışmadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca koruyucu kültürlerin başka antagonistik metabolit üretme ihtimalleri de söz konusudur (Xu et al., 2021b).

SONUÇ

Et ürünlerinde ürün tipine bağlı olarak laktik asit bakterileri, özellikle bakteriyosin üreten laktik asit bakterileri, ürün güvenliğine önemli katkıda bulunmaktadır. Ancak koruyucu kültür kullanımını tek başına bir engel etken olarak değerlendirmek doğru bir yaklaşım değildir. Koruyucu kültürler gıda kaynaklı patojenlerin yanı sıra bozulmaya neden olan mikroorganizmalar üzerinde de etki göstermelidir. Bununla birlikte hammaddenin temini, işleme ve depolama sırasında hijyen asla ihmal edilmemeli ve ürünler uygun koşullarda muhafaza edilmelidir. Kullanılan suşların sağlık açısından herhangi bir risk arz etmemeleri gerektiği hususu da göz ardı edilmemelidir. Koruyucu kültürler starter kültür olarak da etki gösterebilmekte veya gıdanın fermentasyonu ve/veya depolanması sırasında dominant florayı oluşturabilmektedir. Koruyucu kültürlerin laktik asit başta olmak üzere organik asit üretebilmeleri de antimikrobiyal aktivite açısından önem arz etmektedir. Bununla birlikte inhibisyonda bu mikroorganizmaların rekabet edebilme özelliklerinin daha etkin olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Arıcı, M., Sağdıç, O. (2010). Gıdaların korunmasında mikroorganizmalar ve ürünleri, Gıda Mikrobiyolojisi, (Ed:Osman ERKMEN), ss: 298-312, Efil Yayınevi, Ankara.
- Berry, E.D., Hutkins, R.W., Mandigo, R.W. (1991). The use of bacteriocin-producing *Pediococcus acidilactici* to control postprocessing *Listeria monocytogenes* contamination to Frankfurters. *J. Food Prot.*, 54 (9), 681-686.
- Borch, E., Kant-Muermans, M-l., Blixt, Y. (1996). Bacterial spoilage of meat and cured meat products, *International Journal of Food Microbiology*, 33, 103-120.
- Budde, B. B., Hornbaek, T., Jacobsen, T., Barkholt, V., Koch, A. G. (2003). *Leuconostoc carnosum* 4010 has the potential for use as a protective culture for vacuum-packed meats: Culture isolation, bacteriocin identification, and meat application experiments. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 171-184.
- Castellano, P., Belfiore, C., Fadda, S., Vignolo, G. (2008). A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina, *Meat Science*, 79, 483-499.
- Castellano, P., Vignolo, G. (2006). Inhibition of *Listeria innocua* and *Brochothrix thermosphacta* in vacuum-packaged meat by addition of bacteriocinogenic *Lactobacillus curvatus* CRL705 and its bacteriocins. *Letters in applied Microbiology*, 43, 194-199.
- Ceylan, E., Fung, D. Y. C. (2000). Destruction of *Yersinia enterocolitica* by *Lactobacillus sake* and *Pediococcus acidilactici* during low-temperature fermentation of Turkish dry sausage. *Journal of Food Science*, 65, 5, 876-879.
- Çon, A. H., Gökalp, H. Y. (2000). Laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal metabolitleri ve etki şekilleri, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 30: (3-4), 180-190.
- Coşansu, S., Geornaras, I., Ayhan, K. and Sofos, J.N. (2010). Control of *Listeria monocytogenes* by bacteriocin-producing *Pediococcus acidilactici* 13 and its antimicrobial substance in a dry fermented sausage sucuk and in turkey breast, *Journal of Food and Nutrition Research*, 49(4), 206-214.
- Degnan, A. J., Yousef, A. E., Luchansky, (1992). Use of *Pediococcus acidilactici* to control *Listeria monocytogenes* in temperature-abused vacuum-packaged wieners, *Journal of Food Protection*, 55, 2, 98-103.
- Erol, İ., Celik, T. H., Sireli, U. T. and Ozdemir, H. (1999). Effect of bacteriocinogenic starter cultures on the growth of *Listeria monocytogenes* in Turkish fermented sausage (Sucuk), *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23(4), 793-802.

- Geisen, R., Lücke, F-L., Kröckel, L. (1992). Starter and proective cultures for meat and meat products, *Fleischwirtschaft*, 72, 894-898.
- Hampikyan, H., Ugur, M. (2007). The effect of nisin on *L. monocytogenes* in Turkish fermented sausages (sucuks). *Meat Science*, 76, 327-332.
- Holzappel, W. H., Geisen, R., Schillinger, U. (1995). Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes, *International Journal of Food Microbiology*, 24, 343-362.
- Kaban, G., Kaya, M., Lücke, F-K. (2010). The effect of *Lactobacillus sakei* on the behavior of *Listeria monocytogenes* on sliced Bologna-type sausages. *Journal of Food Safety*, 30, 889-901.
- Kamiloğlu, A., Kaban, G., Kaya, M. (2018). Effects of aurochtonous *Lactobacillus plantarum* starins on *Listeria monocytogenes* in sucuk during ripening. *Journal of Food Safety*, DOI: 10.1111/jfs.12618.
- Kasil, D. (2001). Et teknolojisinde koruyucu kültürler ve bakteriyosinler, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem Kaya, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kaya, M. (2018). Geleneksel Türk Et Ürünleri ve Gıda Güvenliği. EURASIAN Natural Nutrition and Healthy Life Congress, 12-15 July 2018, Ankara, Turkey.
- Kaya, M., Gökalp, H. Y. (2004). Farklı starter kültürler kullanılarak üretilen sucuklarda *Listeria monocytogenes*'in davranışı, *Turk J Vet Anim Sci*, 28, 1113-1120.
- Kaya, M., Kaban, M., (2019). Fermente et ürünleri, Gıda Biyoteknolojisi. Editör Necla ARAN, ss. 157-195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.
- Kışla, D. (2016). Mikrobiyal kaynaklı gıda biyokoruyucuları, bakteriyosin ve nanoteknoloji. Temel Gıda Mikrobiyolojisi (Ed: Dilek Heperkan), Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık, Ankara, çeviri Bibek Ray and Arun Bhunia, CRC Press Taylor Francis Group, ss:211-230.
- Köseoğlu, V. K., Aran, N. (2019). Gıda bioprezervasyonu. Gıda Biyoteknolojisi (Ed: Necla Aran), ss:449-486, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık, Ankara
- Lücke, F-K. (2000). Utilization of microbes to process and preserve meat, *Meat Science*, 56, 105-115.
- Nikodinoska, I., Baffoni, L., Di Gioia, D., Manso, B., Garcia-Sanchez, L., Mele-ro, B., Rovira, J. (2019). Protective cultures against foodborne pathogens in a nitrite reduced fermented meat product, *LWT-Food Science and Technology*, 101, 293-299.
- Okere, A., Montville, T. J. (1991). Bactericin inhibition of *Clostridium botulinum* spores by lactic acid bacteria. *J. Appl. Bacteriol.*, 73, 290-298.

- Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M. (2022). The effects of nitrite, sodium ascorbate and starter culture on volatile compounds of a semi-dry fermented sausage, LWT-Food Science and Technology, 153, 112540.
- Schillinger, U., Kaya, M., Lücke, F K. (1991). Behaviour of *Listeria monocytogenes* in meat and its control by a bacteriocin-producing strain of *Lactobacillus sake*, J Appl Bacteriol, 70 (6), 473-478.
- Schillinger, U., Geisen, R.,Holzapfel, W. H. (1996). Potential of antagonistic microorganisms and bacteriocins for the biological preservation of foods, Trends in Food Science and Technology, 7, 158-164.
- Sivri, D. (2016). Düşük pH ve organik asitlerle kontrol. Temel Gıda Mikrobiyolojisi (Ed: Dilek Heperkan), ss: 475-482. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık, Ankara, çeviri Bibek Ray and Arun Bhunia, CRC Press Taylor Francis Group .
- Tagg, J. R., Dajani, A. S., Wannamaker, L. W. (1976). Bacteriocins of gram-positive bacteria. Bacteriol Rev. 40, 722-756.
- Xu, M. M., Kaur, M., Pillidge, C. J., Torley, P. J. (2021a). Evaluation of the potential of protective cultures to extend the microbial shelf-life of chilled lamb meat. Meat Science, 181, 108613.
- Xu, M. M., Kaur, M., Pillidge, C. J., Torley, P. J. (2021b). Microbial biopreservatives for controlling the spoilage of beef and lamb meat: their application and effects on meat quality, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, DOI: 10.1080/10408398.2021.1877108.
- Yılmaz Oral, Z. F., Kaban, G. (2021a). Effects of autochthonous strains on volatile compounds and technological properties of heat-treated sucuk. Food Bioscience 43, 101140.
- Yılmaz Oral, Z. F., Kaban, G. (2021b). Assessment of the Effects of Starter Cultures on the Safety of Sucuk, The 10th International Scientific Research Congress, 11-12 April 2021, pp:122-130,
- Zorba, N.N. 2010. Gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıklar. Gıda mikrobiyolojisi (Ed: Osman Erkmen), ss:128-130, Efil Yayınevi, Ankara.

Bölüm 5

FERMENTE SOSİSLERDE BİYOJEN AMİNLER

Zeynep Feyza YILMAZ ORAL¹

¹ Öğr. Gör. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum. ORCID:0000-0002-6295-0509, e-mail: zeynep.yilmaz@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Fermente sosisler tipik lezzet ve aromalarıyla et ürünleri içerisinde öne çıkmaktadır. Bu ürünler kuruma derecesine bağlı olarak kuru veya yarı kuru olmak üzere genellikle iki grup altında toplanmaktadır. Kuru fermente sosislerde su aktivitesi 0.90'nın altındadır ve üretimlerinde genellikle ısıtma işlemi veya tutsüleme uygulanmamaktadır. Yarı kuru fermente sosislerde ise su aktivitesi 0.90 ile 0.95 arasında değişmekte ve bu ürünlerde genellikle 60-68°C'de ısıtma işlemi uygulanmaktadır (Yılmaz Oral & Kaban, 2021). Sucuk, fermentasyon ve kurutma (olgunlaştırma) uygulanarak elde edilen kuru bir fermente sosis çeşididir (Sallan et al., 2019). Bu üründe nem miktarının toplam proteine oranı 2.5'in altındadır (Anonim, 2019). Isıtma işlemi görmüş sucuk ise hızlı fermentasyon, ısıtma işlemi ve kurutma ana işlem basamakları uygulanarak üretilen yarı-kuru fermente sosis çeşididir (Sallan et al., 2020). Isıtma işlemi görmüş sucukta ise nem miktarının toplam proteine oranı 3.6'nın altında olmalıdır (Anonim, 2019). Rohwurst, chorizo, salami, cervelat, summer sausage, pepperoni gibi ürünler de fermente sosis çeşitleridir (Sallan et al., 2020). Fermente ürünlere özgü tekstür, aroma ve renk; olgunlaştırma sırasındaki bakteriyel, enzimatik ve biyokimyasal reaksiyonlara bağlı olarak şekillenmektedir (Toldra et al., 2001). Bu ürünlerde fermentasyon aşamasında laktik asit bakterileri, başta laktik asit olmak üzere organik asit oluşturarak ürünün pH değerinin düşürmekte ve böylelikle tekstür gelişimine ve asidik tada katkıda bulunmaktadır. Olgunlaşma sırasında cereyan eden proteolitik parçalanma sonucu peptitler ve serbest aminoasitler gibi protein yapısında olmayan azotlu bileşiklerin miktarı artmaktadır. Fermente sosislerde cereyan eden diğer bir reaksiyon serbest aminoasitlerin mikrobiyal dekarboksilasyonu ve buna bağlı olarak biyojen amin oluşumudur. Fermente sosislerde biyojen amin oluşumunda pek çok faktör etkili olmaktadır. Fermente sosis üretim sürecinde etkili olan pek çok iç ve dış faktörler aynı zamanda biyojen amin oluşumunu da etkilemektedir. Bu bölümde biyojen aminlerin yapısı ve oluşumu, fermente sosislerde mevcudiyeti ve oluşumunu etkileyen faktörler incelenmiştir.

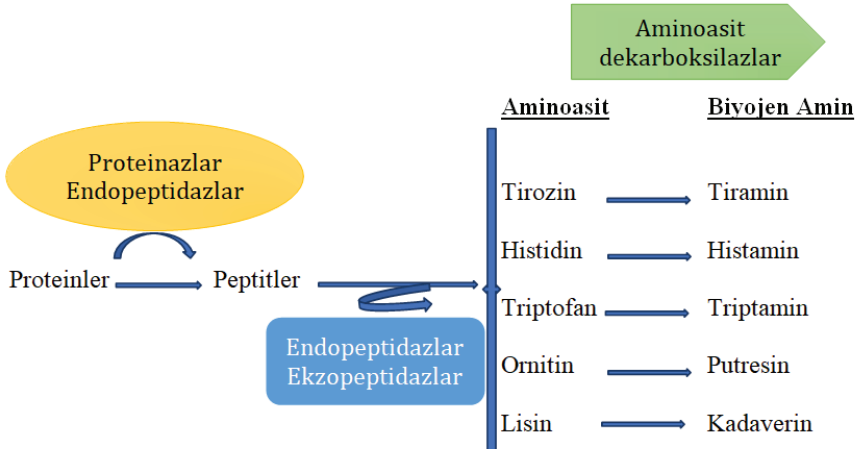
BİYOJEN AMİNLERİN OLUŞUMU ve YAPISI

Fermente sosis üretiminde endojen ve mikrobiyal enzimatik aktiviteye bağlı olarak fermentasyon sırasında biyokimyasal, mikrobiyal ve fiziksel olmak üzere birçok reaksiyon meydana gelmektedir. Spontan bulunan mikroflora aracılığıyla veya starter kültürlerin kullanımı yoluyla fermentasyon gerçekleşmektedir. Fermentasyon sırasındaki kimyasal reaksiyonlarda protein ve lipid gibi et bileşenlerinin yanı sıra katkı maddeleri ve fermentasyon koşulları da önemli rol oynamaktadır (Ashaolu et al., 2021). Fermentasyonda laktik asit bakterilerinin faaliyeti ile asitleşme sonucunda pH düşüşü göstermektedir. Fermente sosislerde teknolojik açıdan önem arz eden katalaz pozitif koklar ise lipolitik ve proteolitik aktiviteleriyle kimya-

sal değişimlerde etkili olmaktadır (Kaya & Kaban, 2019). Fermente sosislerde olgunlaşma aşamasında proteolizis sonucu oluşan aminoasitler, biyojen aminler için iyi bir kaynaktır. Serbest aminoasitler, Enterobacteriaceae familyasının üyeleri, mikrokok/stafilokoklar ile laktik asit bakterilerinin dekarboksilaz aktiviteleri sonucunda biyojen aminlere dönüşebilmektedir. Fermente sosis üretiminde düşük kaliteli hammadde kullanımı da serbest aminoasit gibi protein tabiatında olmayan azotlu maddeler için de iyi bir kaynak oluşturabilmektedir (Ercoşkun vd., 2005; Lorenzo et al., 2016).

Biyojen aminler genellikle serbest aminoasitlerin, aminoasit dekarboksilaz enzimleri aracılığıyla dekarboksilasyonu sonucunda oluşan alifatik (putresin, kadaverin), aromatik (tiramin, feniletilamin) veya heterosiklik (histamin, triptamin) yapıdaki bileşiklerdir. Biyojen aminler, aldehit ve ketonların aminasyonu veya transaminasyonu ile de oluşabilmektedir (Lorenzo et al., 2016). Biyojen aminler amino gruplarına göre de mono, di ve poliaminler olmak üzere ayrıca değerlendirilebilmektedir (Sivamaruthi et al., 2021).

Histamin, tiramin, triptamin sırasıyla histidin, tirozin ve triptofan aminoasitlerinin dekarboksilasyonu sonucu ile oluşmaktadır. Putresin ve kadaverin ise sırasıyla ornitin ve lisinden oluşmaktadır (Şekil 1). Putresin aynı zamanda spermin ve spermidin poliaminlerinden de oluşabilmektedir (Halasz et al., 1994)



Şekil 1: Biyojen aminlerin oluşumu (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero (2004)'den uyarlanmıştır)

FERMENTE SOSİSLERDE BİYOJEN AMİN MEVCUDİYETİ

Biyojen aminler, et, balık, meyve, sebze, çikolata gibi çok sayıda gıda maddesinde doğal olarak bulunabilmektedir. Proteince zengin gıdalar ve fermente sosisler genellikle daha yüksek biyojen amin içeriğine sahiptir (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004). Yüksek biyojen amin seviyesi; düşük kaliteli hammadde, uygun olmayan fermentasyon/kurutma (olgunlaştırma) ve depolama koşullarından kaynaklanabilmektedir. Ayrıca bu ürünlerde fermentasyonda rol oynayan mikroorganizmalar da biyojen amin akümülyasyonuna neden olabilmektedir (Sallan & Kaya, 2021). Fermente sosislerde ürün tipine, üretim koşullarına ve benzeri faktörlere bağlı olarak biyojen amin içeriği oldukça varyasyon gösterebilmektedir. Yüksek miktarlarda biyojen amin içeren gıdalarda bu bileşikler doğrudan toksik etki gösterebilmektedir (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004). Sağlık açısından risk teşkil eden biyojen aminlerin, kanserojenik nitrozaminlerin oluşumunda da etkili olabilmektedir. Nitekim putresin, spermidin ve sperminin nitrozopirolidin; kadaverinin ise nitrozopiperidin oluşumunda rol oynadığı belirtilmektedir (Sallan, 2021; Sallan & Kaya, 2021).

Fermente et ürünlerinde biyojen aminlerin mevcudiyeti ve seviyesini; hammadde ve ingredientlerin kalitesi, bakteriyel faaliyet, dekarboksilaz sentezi ve dekarboksilaz aktivitesini etkileyen üretim ve depolama koşulları veya bu aşamalarındaki kontaminasyonlar belirlemektedir. Fermentasyon ve olgunlaşma sırasındaki proteolizis serbest aminoasit miktarının artmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, serbest aminoasit içeriği ile biyojen amin birikimi arasında önemli bir korelasyonun söz konusu olmadığı belirtilmektedir. Bu sonuç dekarboksilaz aktivitesini etkileyen faktörlerin prekürsör aminoasitlerin mevcudiyetinden daha önemli olabileceğini göstermektedir (Stadnik, 2018).

Fermente sosislerde spontan olarak bulunan hem Gram (-) hem de Gram (+) bakteriler biyojen amin oluşturabilmektedir. Hammaddenin eldesi, muhafazası ve işlenmesi sırasında bulaşan mikroorganizmalar da biyojen amin oluşturabilmektedir. Buna ilaveten fermente sosislerde starter kültür olarak kullanılan mikroorganizmaların da biyojen amin oluşturabildiği araştırmalarla ortaya konulmuştur. Enterobacteriaceae familyasının üyeleri ile *Pseudomonas* cinsi bakteriler kadaverin, histamin ve putresin biyojen aminlerinin major üreticileri olarak bilinmektedir (Stadnik, 2018). Fermente sosislerde Enterobacteriaceae familyasının üyelerinin sayısı oldukça düşüktür. Bu mikroorganizmaların sayısı olgunlaşma süresi ilerledikçe saptanabilir sayının altına dahi düşebilmektedir (Kaya & Kaban, 2019; Sallan & Kaya, 2021). Ancak üretimde kullanılan etin hijyenik kalitesinin düşük olması ve ayrıca uygun olmayan fermentasyon koşulları Enterobacteriaceae familyasına ait üyelerin sayısında artışına neden olmakta ve üretimin ilk aşamalarında dekarboksilazlar serbest hale geçmektedir (Lorenzo et al., 2016).

Bacillus ve *Staphylococcus* cinslerine ait bazı türler de dekarboksilaz aktivitesi gösterebilmektedir. Ancak fermente sosislerde Gram (+) bakteriler içerisinde ağırlıklı olarak dikkatler laktik asit bakterileri üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu mikroorganizmalar aminogenik potansiyeli düşük olmasına rağmen biyojen amin akümülyasyonuna katkıda bulunabilmektedir. Bazı laktik asit bakterileri aminoasit dekarboksilaz aktivitesine sahip olup histamin, kadaverin, putresin oluşturabilirken özellikle tiramin oluşumu açısından oldukça etkilidirler. Bundan dolayı fermente sosislerde starter kültür olarak kullanılan suşların seçimi oldukça önemlidir. Diğer bir önemli husus ise fermente sosislerde biyojen amin oluşumuna neden olan mikroorganizmaların gelişimini inhibe edecek koşulların fermentasyon sırasında sağlanmasıdır (Stadnik, 2018).

Fermente sosislerde tiramin, putresin ve kadaverin başlıca belirlenen biyojen aminlerdir. Bu aminlerin seviyeleri ürün tipine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Kadaverinin seviyesi ise oldukça değişkenlik göstermektedir. Fermente sosislerde putresin ve tiramin varlığı laktik asit bakterilerinin aktivitesi ile ilişkilendirilirken, kadaverinin, hijyenik önlemlerin yetersizliği ve üretimde kullanılan hammaddenin yüksek mikrobiyal yükünden ileri geldiği belirtilmektedir (Lorenzo et al., 2016). Taze ette kadaverinin seviyesi 1 mg/kg düzeyinde tespit edilebilirken daha yüksek seviyelere çıkabildiği de bildirilmektedir (Drabik-Markiewicz et al., 2011; Gençcelep et al., 2008). Benzer şekilde de putresin seviyeleri yüksek bulunmuştur (Erkmen & Bozkurt, 2004). Ayhan et al. (1999), *L. sakei*, *P. pentosaceus*, *S. carnosus* ve *S. xylosum*'dan oluşan karışık kültürün putresin oluşumunu inhibe ederken tiramin üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Doğan et al. (2020) ise *L. plantarum*, *L. sakei* ve *L. curvatus* türlerinin sucukta histamin ve tiramin oluşumunu düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Fermente sosislerde histamin gibi bazı aminlerin seviyeleri balık gibi gıdalarda tespit edilen miktarlardan daha düşük düzeydedir ve bundan dolayı da toksikolojik etkileri fermente sosislerde sınırlıdır (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004). Fermente sosislerde histamin seviyesi ürün tipine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Aynı ürün tipinde de farklılıklarla karşılaşmaktadır. Bu farklılıkların olgunlaştırma süresi, hammadde çeşidi ve kalitesi, fermente sosis hamurundaki yağsız et / yağ oranından ileri geldiği belirtilmektedir (Lorenzo et al., 2016). Kuru sosislerde histamin konsantrasyonu 100 mg/kg veya daha yüksek seviyelere kadar çıkabilmektedir (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004). Fermente bir sosis çeşidi olan sucukta da 100 mg/kg'ın üzerinde histamin içeriği belirlenmiş olmakla birlikte, bu üründe histamin içeriği genellikle 100 mg/kg'ın altındadır (Şenöz et al., 2000; Erkmen & Bozkurt, 2004; Ekici et al., 2004; Gençcelep et al., 2008).

Spermin ve spermidin fermente sosislerde genellikle çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Taze ette ise her zaman doğal olarak bulunur. Fermente sosislerin üretiminde kullanılan hem yağsız ette hem yağda bulunan bu biyojen aminlerin seviyesi genellikle fermentasyon ve olgunlaştırma proseslerinden etkilenmemektedir. Ancak sperminin bazı mikroorganizmalar tarafından azot kaynağı olarak kullanıldığı durumlarda bu biyojen aminin seviyesinde azalma dahi görülebilmektedir (Lorenzo et al., 2016)

Spermidin, spermin, putresin ve kadaverin gibi biyojen aminlerin deaminasyon ve siklizasyon reaksiyonları ile nitrozlanabilir sekonder aminler oluşabilmektedir. Putresin ve spermidin nitrozopirolidin oluştururken, spermin ise nitrozopirolidin oluşumunda rol oynamamaktadır. Bununla birlikte dekarboksilaz aktif mikroorganizmalar tarafından kadaverine dönüştürülen lizin aminoasidi, nitrozopiperidinin prekürsörü olarak rol oynayabilmektedir. Kadaverin, nitrozasyondan önce deaminasyon ve siklizasyon reaksiyonları sonucu piperidine dönüşmektedir. Piperidin ise nitrozasyon ajanı ile reaksiyona girerek nitrozopiperidin oluşturabilmektedir (Sallan & Kaya, 2021).

FERMENTE SOSİSLERDE BİYOJEN AMİN OLUŞUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Fermente sosislerde hammadde seçimi, ürün kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Hijyenik koşullarda elde edilen taze ette genellikle hakim florayı *Micrococcaceae* familyasının üyeleri ve mayalar oluşturmaktadır. Soğukta muhafazada aerobik koşullarda özellikle *Pseudomonas* ve soğuğa toleranslı *Enterobacteriaceae* familyalarının üyeleri, vakum uygulanarak ambalajlanmış ette ise daha çok laktobasiller gelişmektedir (Gökalp vd., 2004). Fermente sosis üretiminde kullanılacak hammaddenin mikrobiyal yükünün düşük, pH değerinin ise 5.8'in üzerinde olmaması gerekmektedir. Fermente sosis hamurlarında başlangıçta laktik asit bakterileri ile *Micrococceae* familyası üyeleri genellikle 10^3 - 10^5 kob/g civarında bulunmaktadır. Gram (-) bakterilerin (*Enterobactericeae*, *Pseudomonas*) sayısı ise başlangıçta 10^3 - 10^4 kob/g düzeyindedir (Kaya & Kaban, 2019). Bu ürünlerde fermentasyon kritik bir aşamadır. Bu aşamada laktik asit bakterilerinin gelişimi ve asit üretimi arzu edilmeyen mikrofloranın inhibisyonu açısından büyük önem arz etmektedir (Lücke, 2000).

Fermente sosislerde biyojen aminlerin çok yüksek seviyelerde olması *Enterobacteriaceae* gibi arzu edilmeyen floranın yüksek seviyelerde olduğunu gösterir. Bu durum aynı zamanda hammadde kalitesinin düşük olduğunu ve/veya üretim sırasında hijyenik ve teknolojik kurallara uyulmadığının göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir (Lorenzo et al., 2016). *Enterobacteriaceae* familyasına ait üyeler genellikle yüksek dekarboksilaz aktivitesine sahip mikroorganizmalardır. Fermente sosislerden izole edi-

len pek çok Enterobacteriaceae familyası üyesinde histidin, lizin, ornitin ve tirozin dekarboksilaz aktivitesi tespit edilmiştir (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004).

Biyojen amin oluşumunda serbest aminoasit miktarı önemli bir faktördür. Uygun olmayan koşullarda depolama sırasında proteolitik aktiviteye sahip mikroorganizmaların aktivitesi sonucu serbest aminoasit miktarı artış gösterebilmektedir ve bu da aminoasit dekarboksilaz enzimleri için iyi bir substrat oluşturmaktadır. Ayrıca hammadde pH'sının yüksek olması durumunda fermentasyon sırasında arzu edilen floranın gelişimi yavaşlamakta ve Enterobacteriaceae gibi Gram (-) bakterilerin inhibisyonu güçleşmektedir. Bu nedenle fermente sosislerde hammadde seçiminde pH önemli bir kalite kriteri olarak ön plana çıkmaktadır (Gökalp vd., 2004). Fermentasyon başlangıcında pH'nın hızlı düşüşü amin pozitif mikroorganizmaların gelişimini inhibe edebilmektedir. Diğer taraftan düşük pH bakteriyal aminoasit dekarboksilazların aktivitesini artırabilmektedir. (Stadnik, 2018).

Bakteriyal aminoasit dekarboksilaz enzimleri biyojen amin oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Biyojen amin oluşumu, mikrobiyal yük ve mikrobiyota çeşitliliğinden etkilenmektedir. Mikroorganizmaların aktiviteleri ile et ve et ürünlerinde biyojen amin oluşumu arasındaki ilişki pek çok araştırmada incelenmiştir. Et ürünlerinin dekarboksilaz aktivitesi *Enterobacteriaceae*, pseudomonaslar, *Micrococcaceae* ve laktik asit bakterileri ile ilişkilendirilmektedir. Tablo 1'de putresin, kadaverin, tiramin ve histamin üretebilen bazı mikroorganizmalar yer almaktadır. Taze ette Enterobacteriaceae familyasının üyeleri kadaverinin başlıca üretici mikroorganizması olarak belirtilmektedir (Bover-Cid et al., 2001; Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004). Buna karşın putresin yüksek toplam canlı sayısı ile ilişkilendirilmektedir. Diğer taraftan laktik asit bakterileri fermente et ürünlerinde biyojen amin oluşumundan sorumlu mikroorganizmalar içerisinde değerlendirilmektedir. Yüksek *Lactobacillus* sayısının histamin oluşumu üzerinde önemli etkisinin olduğu bildirilmektedir (Maijala & Eerola, 1993; Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004; Stadnik, 2018). Tiramin üreten suşlar *Carnobacterium*, *L. curvatus* ve *L. plantarum*'a dayandırılırken, *Micrococcaceae* ve *L. sakei*'nin tiramin oluşumunda rol oynamadığı rapor edilmiştir (Masson et al, 1996). Laktik asit bakteri grubuna giren *Enterococcus faecalis* ve *E. faecium* türlerinin de yüksek seviyelerde tiramin ürettiği belirtilmektedir. *L. curvatus* suşlarının, tiraminin yanı sıra feniletilamin, triptamin, putresin ve kadaverin oluşumunda da rol oynadığı rapor edilmektedir (Lorenzo et al, 2016). Buna rağmen bazı çalışmalarda ise amin negatif *L. sakei* ve *Pediococcus pentosaceus*'un biyojen amin oluşumunu engellediği belirtilmektedir (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004).

Fermente sosislerde laktik starter kültürler, fermentasyon sırasında pH'yı düşürerek, biyojen amin oluşumunda önemli rol oynayan yüksek dekarboksilaz aktivitesine sahip Enterobacteriaceae familyası üyelerinin gelişimini önemli ölçüde engelleyebilmektedir (Gençcelep et al., 2007).

Tablo 1: Putresin, kadaverin, tiramin ve histamin üretebilen bazı mikroorganizmalar (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004; Elias et., 2018)

Biyojen Amin	Mikroorganizma	Biyojen Amin	Mikroorganizma
Putresin	<i>Citrobacter freundii</i>	Kadaverin	<i>Citrobacter freundii</i>
	<i>Enterobacter cloacae</i>		<i>Enterobacter cloacae</i>
	<i>Escherichia coli</i>		<i>Escherichia coli</i>
	<i>Es. fergusonii</i>		<i>Es. fergusonii</i>
	<i>Hafnia alvei</i>		<i>Hafnia alvei</i>
	<i>Proteus mirabilis</i>		<i>Proteus mirabilis</i>
	<i>Serratia liquefaciens</i>		<i>Serratia liquefaciens</i>
	<i>S. marcescens</i>		<i>S. marcescens</i>
	<i>Lactobacillus brevis</i>		<i>Lactobacillus brevis</i>
	<i>L. curvatus</i>		<i>L. curvatus</i>
	<i>Staphylococcus equorum</i>		<i>Staphylococcus equorum</i>
	<i>S. epidermidis</i>		<i>S. epidermidis</i>
	<i>S. saprophyticus</i>		<i>S. saprophyticus</i>
	<i>S. pasteurii</i>		<i>S. pasteurii</i>
	<i>Bacillus subtilis</i>		<i>Bacillus subtilis</i>
	<i>B. amyloliquefaciens</i>		<i>B. amyloliquefaciens</i>
	<i>Pseudomonas</i>		<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	<i>Enterobacteriaceae</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>
			<i>Brochothrix thermosphacta</i>
Tiramin	<i>Escherichia coli</i>	Histamin	<i>Citrobacter freundii</i>
	<i>E. fergusonii</i>		<i>Enterobacter cloacae</i>
	<i>Proteus mirabilis</i>		<i>Escherichia coli</i>
	<i>Carnobacterium divergens</i>		<i>E. fergusonii</i>
	<i>C. gallinarum</i>		<i>Hafnia alvei</i>
	<i>C. piscicola</i>		<i>Morganella psychrotolerans</i>
	<i>Enterococcus durans</i>		<i>Proteus mirabilis</i>
	<i>E. faecalis</i>		<i>Serratia liquefaciens</i>
	<i>E. faecium</i>		<i>S.marcescens</i>
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>
	<i>L. brevis</i>		<i>Lactobacilli</i>
	<i>L. curvatus</i>		
	<i>L. paracasei</i>		
	<i>L. sakei</i>		
	<i>L.plantarum</i>		
	<i>Enterobacteriaceae</i>		

Fermente sosislerde olgunlaştırmada etkili olan iç ve dış faktörler biyojen amin oluşumunda da rol oynayabilmektedir. Fermentasyon sıcaklı-

ğı, ürün tipine ve starter kültürün çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Yavaş olgunlaştırılan kuru sosisler ile küfle olgunlaştırılan fermente sosislerde fermentasyon sıcaklığı genellikle 22 °C'nin altındadır. Yarı kuru sosisler ise daha yüksek sıcaklıklarda fermente edilmektedir. Amerikan tipi sosislerde ise fermentasyon sıcaklığı 40 °C civarında tutulmaktadır. Sucuk üretiminde ise başlangıç fermentasyon sıcaklığı 12-26 °C arasında değişiklik gösterebilmektedir (Kaya & Kaban, 2019). Biyojen amin üreten bakterilerin gelişme sıcaklıklarına yakın fermentasyon sıcaklıkları biyojen amin oluşumunu teşvik etmektedir (Lorenzo et al., 2016). 20-37°C arasındaki sıcaklıklar, dekarboksilaz aktivitesine sahip çoğu mikroorganizma için optimum sıcaklık olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklar proteolitik aktiviteyi teşvik ederek dekarboksilaz enzimleri için substrat sağlayabilmektedir (Stadnik, 2018). Diğer taraftan düşük depolama sıcaklıklarında dahi bazı biyojen aminlerin oluşumunun engellenmesinin mümkün olmadığı belirtilmektedir (Lorenzo et al., 2016).

Redoks potansiyelinin bazı mikroorganizmalar tarafından oluşturulan bazı biyojen aminler üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir. Anaerobik koşulların putresin ve kadaverinin oluşumunu düşürdüğü belirtilmektedir (Halasz et al., 1994). Buna karşın redoks potansiyelinin düşürülmesinin histamin üretimini stimüle ettiği belirtilmektedir (Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004; Stadnik, 2018).

Fermente sosislerde hamura %2-3 oranında ilave edilen tuz, kısmi bakteriyostatik aktiviteye sahip olup hamurun yağ oranına bağlı olarak a_w değerini 0,955-0,960'a düşürebilmektedir. Bu değerlerde, arzu edilmeyen veya patojen bazı mikroorganizmaların gelişimi sınırlanmakta veya inhibe edilmekte, Micrococcaceae familyası üyeleri ile laktobasillerin gelişimi ise teşvik edilmektedir (Kaya & Kaban, 2019). Mikroorganizmaların gelişimi üzerinde önemli rolü olan tuz aynı zamanda aminoasit dekarboksilaz aktivitesini de etkilemektedir (Stadnik, 2018). Yapılan bir çalışmada sodyum klorürün histidin dekarboksilaz aktivitesini inhibe ederken, tirozin dekarboksilaz aktivitesini aktive ettiği rapor edilmiştir (Karovicova & Kohajdova, 2005). Fermente sosislerde yüksek tuz seviyesi, proteolitik bakterileri ve özellikle de amin oluşturan mikroorganizmaları kuvvetli bir şekilde inhibe edebilmektedir. Buna karşın yüksek fermentasyon sıcaklığı ve düşük tuz seviyesi kombinasyonlarında yoğun proteolizis sonucu biyojen aminlerin öncül maddeleri olan serbest aminoasit miktarında önemli derecede artış olabilmektedir (Silla Santos, 1998; Suzzi & Gardini, 2003; Lorenzo et al., 2016).

Biyojen amin oluşumunu etkileyen önemli faktörlerden biri de ürün kalibrasyonudur. Olgunlaştırma sırasında gerçekleşen dehidrasyon, oksijenin difüzyonu ve fermentasyon sırasındaki mikrobiyal gelişme üzerinde ürün kalibrasyonu önemli bir etkiye sahiptir. Büyük kalibrasyonlu ürünler

yüksek su aktivitesi, yüksek nem içeriği ve düşük tuz içeriğine sahip olduklarından mikrobiyal gelişmeyi ve biyojen amin oluşumunu teşvik edebilmektedir (Suzzi & Gardini, 2003; Ruiz-Capillas & Jimenez-Colmenero, 2004; Lorenzo et al, 2016).

Kuru ve yarı fermente sosislerde formülasyona giren diğer bir bileşen baharattır. Baharatın antimikrobiyal etkisi konusunda yoğun çalışmalar yürütülmesine rağmen biyojen amin içeriği oluşumuna etkisine yönelik çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Fermente sosis üzerinde yapılan bir çalışmada, yüksek kalibrasyonlu (80 mm) ve düşük kırmızı biber içerikli örneklerin biyojen amin içeriğinin, düşük kalibrasyonlu (55 mm) ve yüksek kırmızı biber içerikli sosis örneklerinden daha fazla biyojen amin, özellikle de tiramin ve putresin içerdiği rapor edilmiştir (Komprda et al., 2004).

SONUÇ

Biyojen aminler hijyenik kalitenin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu ürünlerde biyojen amin oluşumunda proses şartlarından ziyade hammaddenin mikrobiyal yükü ve dekarboksilaz aktivitesini sahip mikroorganizmaların çeşitliliği daha etkili olabilmektedir. Diğer taraftan laktik starter kültürler pH'yı düşürerek amin pozitif mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmekte ve böylelikle biyojen amin oluşumunu engellemektedir. Fermente sosisler, yüksek besin içerikleri ve tipik tat ve kokularıyla dikkat çeken önemli et ürünleridir. Fermentasyon ve kurutmaya dayalı olgunlaştırılmış bu ürünlerde hammadde kalitesinin yanı sıra, uygun fermentasyon ve kurutma koşulları ürün kalitesi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu ürünlerde biyojen amin içerikleri sıklıkla da tüketildikleri dikkate alındıklarında insan sağlığı açısından tehlike arz edebilmektedir. Bu bileşikleri kontrol etmenin önemli bir nedeni, histamin veya tiramin gibi biyojen amin içeren gıdaların genellikle organoleptik olarak “normal” görünmesi ve tüketicilerin duyuşal parametrelere dayalı olarak bu ürünleri reddedememeleri gerçeğidir. Yapılacak çalışmalarla biyojen seviyesini azaltmaya yönelik yeni çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2019). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları Ve Et Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2018/52, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm>, son erişim tarihi: 09/10/2021
- Ashaolu, T. J., Khalifa, I., Mesak, M. A., Lorenzo, J. M., Farag, M. A. (2021). A comprehensive review of the role of microorganisms on texture change, flavor and biogenic amines formation in fermented meat with their action mechanisms and safety, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI: 10.1080/10408398.2021.1929059.
- Ayhan, K., Kolsarıcı, N. Alsancak Özkan, G. (1999). “The effects of a starter culture on the formation of biogenic amines in Turkish soudjoucks”, *Meat Science*, 53, 183-188.
- Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou M.C. (2001). Changes in biogenic amines and polyamine contents in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar. *Meat Sci.*, 57:215–221.
- Doğan, Y., Lenger, Ö., Düz, M., Doğan, I., Gürler, Z. (2020). “Effects of wild type lactic acid bacteria on histamine and tyramine formation in sucuk”, *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(4), 2553-2558.
- Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., Vander Heyden, Y. (2011). “Influence of putrescine, cadaverine, spermidine or spermine on the formation of N-Nitrosamine in heated cured pork meat”, *Food Chemistry*, 126, 1539-1545.
- Ekici, K., Şekeroğlu, R., Sancak, Y. C., Noyan, T. (2004). A note on histamine levels in Turkish style fermented sausages. *Meat Science*, 68(1), 123–125.
- Elias, M., Fraqueza, M. J., Laranjo, M. (2018). Biogenic amines in food: Presence and control measures. *Biogenic amines; origins, biological importance and human health implications* (Eds: Joanna Stadnik), Chapter 7, pp:129-177.
- Ercoşkun, H., Toptancı, İ., Yorulmaz, A. (2005). “Fermente et ürünlerinde biyojen aminler”, *Akademik Gıda*, vol. 3,3, pp. 3-7.
- Erkmen, O., Bozkurt, H. (2004). Quality characteristics of retailed Sucuk (Turkish dry-fermented sausages). *Food Technology and Biotechnology*, 42(1), 63–69.
- Gençcelep, H., Kaban, G., Aksu, M. İ., F. Öz, F., Kaya, M. (2008). “Determination of biogenic amines in sucuk”, *Food Control*, 19, 868-872.
- Gençcelep, H., Kaban, G., Kaya, M. (2007). “Effects of starter cultures and nitrite levels on formation of biogenic amines in sucuk”, *Meat Science*, vol. 77, pp. 424-430.
- Halasz, A., Barath, A., Simon-Sarkadi, L., Holzapfel, W. (1994). “Biogenic amines and their production by microorganisms in food”, *Trends in Science and Technology*, vol. 5, pp. 42-49.

- Karovicova, J., Kohajdova, Z. (2005). Biogenic amines in food. *Chemical Papers*, 59 (1), 70-79.
- Kaya, M., Kaban, M., (2019). Fermente et ürünleri, Gıda Biyoteknolojisi. Editör Necla ARAN, ss. 157-195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.
- Komprda, T., Smelà, D., Pechová, P., Kalhotka, L., Stencl, J., Klejdus, B. (2004). Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. *Meat Sci.* 67: 607–616.
- Lorenzo, J. M., Franco Ruiz, D. J., Carballo, J. (2016). “Biogenic Amines in Fermented Meat Products”, In book: *Fermented Meat Products: Health Aspects.* (pp.450-473), Editors: N. Zdolec, 1 st edition, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Lücke, F-K. (2000). Utilization of microbes to process and preserve meat, *Meat Science*, 56, 105-115.
- Maijala R., Eerola, S. (1993). Contaminant lactic acid bacteria of dry sausages produce histamine and tyramine. *Meat Science*, 35 (3), 387-395.
- Masson, F., Talon, R., Montel, M. C. (1996). Histamine and tyramine production by bacteria from meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 32, (1-2), 199-207.
- Ruiz-Capillas, C., Jimenez-Colmenero, F. (2004). “Biogenic amines in meat and meat products”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 44, 7-8, pp. 489-499.
- Sallan, S. (2021). Nitrosopiperidine in Meat Products. *International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies*, 22-25 February 2021, Bandırma, Balıkesir.
- Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M., (2019). Nitrosamines in Sucuk: Effects of Black Pepper, Sodium Ascorbate and Cooking Level. *Food Chemistry*, 288:341-346.
- Sallan S., Kaban G., Şişik Oğraş, Ş., Çelik M., Kaya, M., (2020). Nitrosamine Formation In A Semi-Dry Fermented Sausage: Effects Of Nitrite, Ascorbate And Starter Culture And Role Of Cooking. *Meat Science*, 159:107917.
- Sallan, S., Kaya, M. (2021). Kür edilmiş et ürünlerinde biyojen amin oluşumu ve nitrozaminler. *Global Conference on Engineering Research*, (GLOB-CER), 2-4 June 2021, Bandırma, Balıkesir.
- Silla Santos, M. H. (1998). “Amino acid decarboxylase capability of microorganisms isolated in Spanish fermented meat products”, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 39 pp.227–230.
- Sivamaruthi, B. S., Kesika, P., Chaiyasut, C. (2021). A narrative review on biogenic amines in fermented fish and meat products, *J Food Sci Technol* , (58) 5: 1623-1639.

- Stadnik, J. (2018). Biogenic amines in dry-cured and fermented meats. Biogenic amines; origins, biological importance and human health implications (Eds: Joanna Stadnik), Chapter 7, pp:243-268.
- Suzzi, G., Gardini, F. (2003). “Biogenic amines in dry fermented sausages: a review”, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 88, pp. 41-54.
- Şenöz, B., Işıklı, N., Çoksöyler, N. (2000). Biogenic amines in Turkish sausages (sucuks). *Journal of Food Science*, 65(5), 764–767.
- Toldra, F., Sanz, Y. and Flores, M. (2001). *Meat Science and Applications*, pp.538-561. Marcel Dekker, Inc. 270 Madison Avenue, New York, NY 10016.
- Yılmaz Oral, Z. F., Kaban, G. (2021). Effects of autochthonous strains on volatile compounds and quality properties of heat-treated sucuk. *Food Bioscience*, 101140. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101140>

Bölüm 6

TEK KULLANIMLIK BEZLERDE İLETKEN MÜREKKEP KULLANIMININ İNCELENMESİ

Ümit GENÇTÜRK¹

Züleyha DEĞİRMENCİ²

1 Kurum: Gaziantep Üniversitesi, Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, E-posta: ugencturk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6234-4007

2 Kurum: Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, E-posta: degirmenci@gantep.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8669-4968

1. GİRİŞ

Günümüzde sıvı emici hijyen ürünleri farklı yaşlardaki bireyler için günlük yaşamda sıklıkla kullanılan ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kategorideki ürünler bebek bezleri, yetişkin bezleri, tampon, göğüs pedi, ter pedi ve kadın hijyen bağları olarak geniş bir yer tutmaktadır (Aksoy, 2012). Hijyenik ürünler içerisinde tek kullanımlık ürünler %50 oranında bir paya sahiptir (Uyanık & Baykal, 2016). Devlet Planlama Teşkilatı tarafından yapılan 17.22.04 nace kodlu sektör sınıflandırmasında çocuk bezi, hijyenik kadın pedi, yetişkin bezi ve günlük hijyenik kadın pedi ve diğer kâğıt esaslı hijyenik ürünlerin imalatı, imalat sanayi alt sektöründe, kâğıt ve mukavvadan mamul eşya alt başlığında bulunmaktadır. Araştırma müdürlüğü tarafından yayınlanan raporda hijyenik ürünler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- Çocuk Bezi (Baby Diapers); Genellikle 0-3 yaş grubu çocukların kullandığı bez,
- Yetişkin Bezi (Adult Incontinence Diapers); İdrarını tutamayan ve/veya yatalak hastaların kullandığı bez,
- Hijyenik Kadın Pedi- Kadın Bağı (Lady Sanitary Napkins); Genellikle 15-49 yaş grubundaki bayanların özel günlerde kullandığı ped,
- Günlük Hijyenik Kadın Pedi (Pantyliners- Pantyshields); Genellikle 15-49 yaş grubundaki bayanların normal günlerde kullandığı ped” (Ertuğrul, 2003).

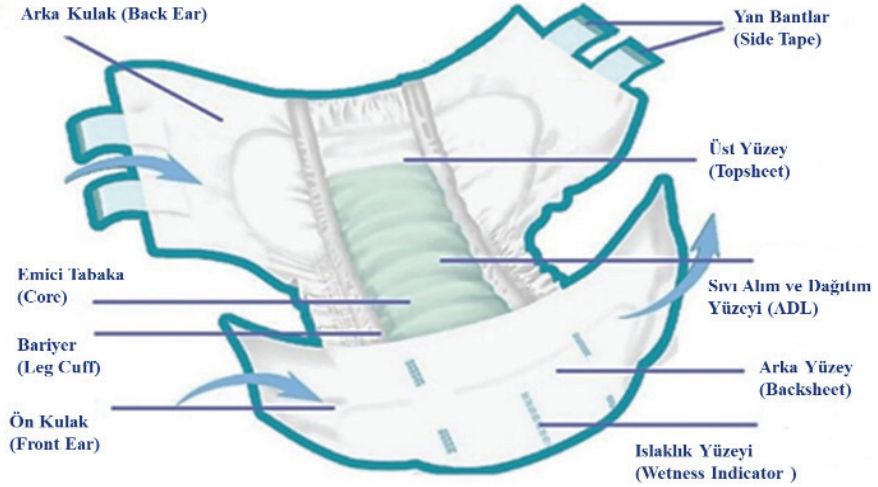
Tek kullanımlık bebek bezleri hayatımıza ilk defa 1940’lı yıllarda girmiştir. O dönemde yumuşak kâğıt kare şeklinde katlanarak plastik külot içerisine eklenmiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte tek kullanımlık bezlerin tasarım ve fonksiyonelliğinde bir dizi değişim yaşanmıştır. Bu ürünlerin gelişimindeki en önemli gelişme 1980’lerin ortasında süper emici polimerlerin (SAP) bezin yapısına katılmasıyla yaşanmıştır. Bu polimerlerin yapıya katılmasıyla çok daha yüksek oranda emme kapasitesi sağlamakta, sıvının polimerler içerisinde hapsedilmesiyle de sıvı ile deri teması azaltılmaktadır (Bender, Faergemann, & Skold, 2017).

1.1.Yetişkin Bezi Yapısı ve Katmanları

Tek kullanımlık bebek bezleri, yetişkin bezleri ve kadın hijyen ürünlerinin gelişimi farklı zamanlarda fakat benzer şekilde gelişim göstermiştir. Genel amacı sıvı emme olan bu ürünlerin farklı sıvı ve miktarda sıvı emmeleri gerektiğinden bu üç ürününün tasarımları da birbirinden farklıdır (White, 2003). Genel olarak bu ürünlerin üretiminde aynı ya da benzer hammadde ve makine teknolojisi kullanılmaktadır.

Yetişkin Bezi ülkemizde geniş kullanıma sahip olan tek kullanımlık

kâğıt ürünlerinde önemli yere sahiptir. Şekil 1.1'de ve 1.2'de yetişkin bezinin genel görüntüsü ve katmanları gösterilmektedir. Yetişkin bezi, odun hamuru ve sodyum poliakrilat esaslı süper emici polimerden oluşan emici tabaka, düşük yoğunluklu PE dış yüzey ve PP üst dokusuz (spunbond) yüzeyden oluşur. Bu tabakalar, sıcak eriyik tutkal (kauçuk veya polistiren esaslı) ile bir araya getirilir. Üretim son aşamada yapışkan bant eklenmesi ile sonlanır (Uyanık & Baykal, 2016).



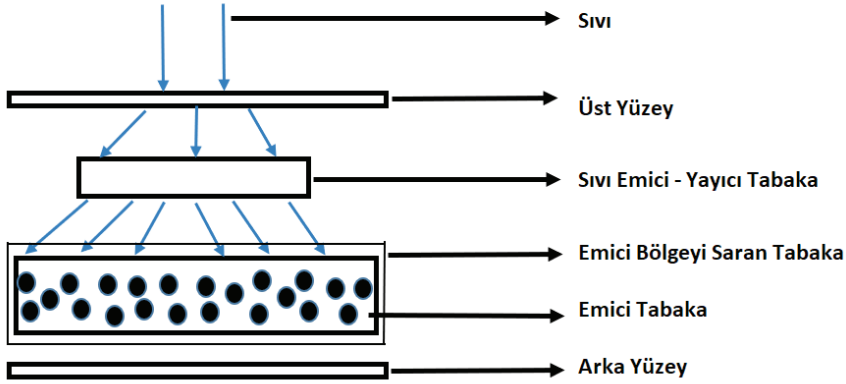
Şekil 1. Yetişkin bezinde bulunan bileşenler

1.1.1. Sıvı Alım ve Dağıtım Yüzeyi (ADL)

ADL (Acquisition Distribution Layer) üst yüzey ile emici tabaka arasında yer almaktadır. Parça şeklinde ya da core boyu uzunluğunda kullanılmaktadır. Emici bölgenin sıvı emilimi hızlı olmadığından bu katmanın gerekliliği ortaya çıkmıştır. Özellikle emici bölgenin çok ince olduğu ürünlerde bu yüzey gereklidir. ADL yüzeyi sıvıyı hızlı şekilde almakta, transfer etmekte ve dağıtmaktadır. Genellikle çok katmanlı kompozit nonwoven ürünler kullanılmaktadır. Yüzeyin üst bölgesinde daha iyi bir sıvı alımı için kalın lifler boşluklu yüzey yapısı oluşturacak şekilde serilmiştir. Orta bölgesinde nispeten ince lifler, daha az sayıda ve düşük gözenekli yüzey yapısı olarak kullanılmaktadır. Alt bölgede ise ince lifler, küçük ve düşük gözenekli yapılar tercih edilmektedir. Bu tabaka için genellikle hava ile bağlanmış (air through bonded) nonwoven yüzeyler kullanılmaktadır (Chatterjee & Gupta, 2002).

1.1.2. Üst Yüzey

Modern emici ürünlerde sıvının hızlı bir şekilde emilerek cildin kuru kalması en önemli amaçtır. Üst yüzeyin sıvıyı emmesi ve bunu alt yüzeylere hızlı şekilde emerek iletmesi istenmektedir. Uygun bir bezde sıvı iletildikten sonra üst yüzeyin kuru kalması istenmektedir. Bebek bezi pazarında üst yüzey için çoğunlukla polipropilen bazlı nonwoven yüzeyler kullanılmaktadır. Ticari olarak satılan ürünlerde üst yüzeye losyon, krem, esans vb. uygulamaları da yapılmaktadır.



Şekil 2. Yetişkin bezinin katmanlı yapısı

1.1.3. Emici Tabaka (Core)

Bu tabaka selüloz (pulp) ve süper emici polimerler (SAP) içermektedir. Pulp (selüloz) tarafından sıvı emilimi gerçekleştirilmektedir, ancak selülozun basınç altında emme kapasitesi oldukça düşüktür. Bu durum selüloz lifleri tarafından emilen sıvının geri bırakılmasına ve akabinde bezde sızmaya neden olabilmektedir. Bu sebepten dolayı SAP emici tabakaya homojen bir şekilde dahil edilmektedir. SAP kendi ağırlığının 30 katı kadar sıvıyı emebilmektedir. SAP kullanımı sıvıyı tutarak cildin kuru kalmasını sağlamakta ve kişisel hijyen ve konfor algısını yükseltmektedir. SAP kullanımı ayrıca emici tabakada kullanılan selüloz (pulp) miktarını da azaltmaktadır. Bu da ince ürün üretimini mümkün kılmaktadır. Koku kontrolü için emici tabaka (core) içerisine malzemeler eklenebilmektedir (Das & Pourdeyhimi, 2014).

1.1.4. Arka Yüzey

Bezin arka yüzeyi sıvı geçirilmeyen polietilen film yapısındadır. Bu yüzeyin ana görevi emilen sıvının bezden sızmasını önlemektir. Çoğu üründe polipropilen nonwoven ile lamine edilerek tekstil kumaş görüntü-

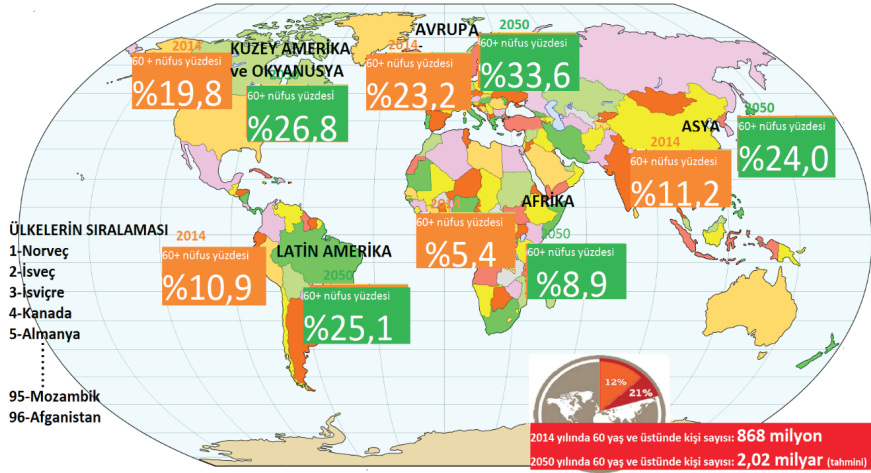
sü verilmektedir. Polietilen film üzerinde bulunan mikro gözeneklerle su buharının geçmesine izin vererek nefes alabilir bir yüzey oluşturulmaktadır. Bunun yanında sıvı moleküllerin geçemeyeceği küçüklükte olan bu gözenekler, sızdırmaya neden olmazlar. Nefes alabilen yüzeylerin kullanımını özellikle bez kullanımından doğan cilt problemlerini azaltmak için kritik önem taşımaktadır (Das & Pourdeyhimi, 2014).

1.2. Yetişkin Bezi Pazar Payı ve Kullanıcı Grubu

Yetişkin bezi Sağlık Bakanlığı Tıbbi Cihaz Kurumu kapsamında olup, geri ödemeli olarak SGK tarafından karşılanmaktadır. Her geçen gün pazarı artan yetişkin bezinin 2016'daki pazar büyüklüğü 9,8 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır. Japonya'da idrar kaçırma problemi yaşayan yetişkinlere hitap eden sektör 2016 yılında 1,8 milyar dolarlık payı ile dünya pazarının yaklaşık yüzde 20'sini kapsamaktadır. Türkiye'de ölçülebilir hasta bezi sektörünün büyüklüğü ise 2015 yılında 91 milyon TL olarak açıklanmıştır. (IMS 2015 eczane, Nielsen 2015 perakende satış verilerinin analizi) Küresel bebek bezi ve yetişkin bezi endüstrisi 2018 yılında 65 milyar dolarlık bir pay elde etmiştir ve 2024 yılında pazarın 93 milyar dolar olacağı öngörülmektedir (Report, Diaper Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2019-2024, 2019).

Yetişkinler arasında üriner inkontinans (idrar kaçırma problemi) ürünlerin pazar payının artması, yetişkinlerin bu ürünleri kullanmakta duydukları isteksizliğe rağmen hastalık oranlarının artması nedeniyle pazarın büyümesinin başlıca nedenidir. Ayrıca, yetişkin bezinin ishal, hareketlilik bozukluğu ve demans gibi koşullarda artan bir şekilde kullanılmasının, ürün pazar payının artışında olumlu yönde etkilediği tahmin edilmektedir. Ek olarak, ürünün tıbbi konular dışındaki amaçlarla kullanımının arttırılması da talebini ve müşteri kabulünü artırması beklenmektedir. Ayrıca ürün kullanımı yaygınlaştıkça, yetişkinler arasında var olan sosyal tabu ve saygınlık duygusunun normalleştiği ve pazar büyümesi önündeki engelin azaldığı görülmektedir (Report, Adult Diaper Market Report Till 2025 Growth, Trends & Forecast Analysis, 2019)

Spearhed Acuity isimli araştırma şirketi tarafından yetişkin bezlerinin kullanımı ve pazarı konusunda detaylı bir araştırma yapılmıştır. Araştırma kapsamında 60 yaş ve üstü kişi sayısı tahmini olarak hesaplanmıştır. Şekilde gösterilen veriler incelendiğinde 2050 yılında dünya nüfusunun %21'inin 60 yaş ve üstünde bir değere ulaşacağı tahmin edilmektedir. Genel olarak gelişmişlik düzeyi yüksek ülkelerde yaşlı nüfusun oranının da yüksek olduğu görülmektedir. Rapor önümüzdeki yıllarda tüm kıtalar için 60 yaş ve üstündeki bireylerin genel nüfusa oranının da artacağını tahmin etmektedir.



Şekil 3. 2014 ve 2050 (tahmini) yılları için 60 yaş ve üstü nüfus oranları (Report, Global Incontinence Care Products and Devices, 2015)

Dünya Sağlık örgütünün 2005 yılında yaptığı bir araştırmada, idrar tutamamanın yaşlanmanın bir sonucu olduğu belirtilmektedir. Bunun yanında utanma, konforsuzluk ve stres gibi çeşitli sebeplerden bu hastalığı yaşayan bireyler, toplum içerisinde bez ve benzeri hijyenik ürünleri kullanma konusunda çekince duyabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü ve benzeri kuruluşlar tarafından farkındalık yaratacak çalışmalar hijyenik ürünlerin kullanımının bireyler tarafından daha kabul edilebilir hale getireceği ön görülmektedir (Report, Global Incontinence Care Products and Devices, 2015).

Kullanıcılar mobil ve yatalak olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Mobil olarak adlandırılan kişiler, idrar kaçırma problem olan ancak günlük yaşantılarına devam eden, hareket kısıtlaması olmayan bireyler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yatalak olarak adlandırılan diğer grup ise kişisel ihtiyaçlarını karşılayamayan ve genelde bir bakıcıya ihtiyaç duyan hastalardır. Geniş bir kullanıcı yelpazesine sahip yetişkin bezleri eczaneler ve marketlerin yanı sıra büyük bölümü ihale yoluyla hastaneler ve yaşlı bakım evleri tarafından alınmaktadır. Bakıma muhtaç yatalak hastalarda kullanılan bezlerin hasta bakıcılar veya hemşireler tarafından gün içinde sıklıkla kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu da hasta bireylerde rahatsızlık yaratabilmektedir. Bezlerin değişim zamanını bildirmek üzere sensör, anten vb. malzemelerin bezlerde kullanımı araştırmacıların odaklandığı konular içerisinde. Bunun yanında iletken mürekkeplerin bu alanda kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu **çalışmanın amacı** bebek bezi veya hasta bezinin kullanımı esnasında ıslanmasının haber verilmesini sağlayacak bir sistem üzerine-

dir. Sistem için iletken mürekkepler kullanılmaktadır. Bez ıslandığında mürekkep yardımıyla sensöre iletim sağlanarak bezin değişmesi gerektiği bilgisi hasta bakıcı veya hemşirelerin kullandığı ekrana aktarılması sağlanmaktadır. Özellikle yatağa bağlı yetişkinlerde bezin sürekli kontrol edilmesi bireylerde rahatsızlığa sebep olabilmektedir. Bu kapsamda geliştirilen yöntem ile sadece bez değişimi gerektiğinde hemşire ya da bakıcının hasta ya da yatalak bireyle ilgilenmesi yeterli olacaktır. Literatürde iletken mürekkeplerin bez endüstrisinde kullanımı incelenmiş ve bu konuda akademik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma sonunda elde edilecek ürünün ticarileşmesi hedeflenmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bebek ya da idrar kaçırma problemi yaşayan yetişkinlerde bez kullanımını o bölgede form/beden, kullanılan malzeme ve katman sayısına bağlı olarak oldukça kapalı bir alan oluşmasına sebep olmaktadır. Bezin vücuda oturuşu, ürün ve deri yüzeyinden geçen hava miktarını değiştirmekte ve böylece bez ıslandığında sistemden su buharı olarak uzaklaşacak sıvı miktarını etkileyerek derinin ıslak kalma derecesinde farklılık oluşturmaktadır. Kullanılan malzemeler nem özelliklerini, yumuşaklığı ve sürtünme katsayısını değiştirmektedir. Bezdeki kullanım yerine göre ürünlerden istenen performans özellikleri farklılık göstermektedir (Agache & Humbert, 2004).

Yeditepe Üniversitesinden Yoğurtçu tarafından hazırlanan bitirme tezinde yetişkin bezlerine kullanım esnasında daha hijyenik bir yapı kazandırmak için çalışmalar yapılmıştır. Bez kullanılan bölgede yüksek oranda sıvıya maruz kalma, sürtünme ve yüksek pH gibi etkenler derinin bariyer özelliğini bozabilmektedir. Deri içerisinden mikropların geçişinin artmasına sebep olan bu durum cilt problemlerine neden olabilmektedir. Yapılan çalışmada bor bileşikleri ve pluronik molekülleri formüle edilerek yetişkin bezlerinin tasarımında kullanılmış ve antimikrobiyel özellik kazandırılmaya çalışılmıştır. Laboratuvar şartlarında hijyenik bez tasarımı yapılmış fakat ürünün pazara sunulması için üzerinde daha çok çalışma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Yoğurtçu, 2016).

Erasala ve ekibi bebek bezlerinin geçmişten günümüze değişimini derlemişlerdir. Açık bir şekilde geline nokta tek kullanımlık bebek bezleri daha az deri ıslaklığı, daha az pişik nedeni, daha iyi sızdırmazlık ve kumaş bezlerle nazaran daha yüksek hijyen sağlamaktadır. Tüm bu gelişimlerin ana amacı sağlıklı bir deri ve hijyenin devam ettirilmesidir. Nefes alabilen bezlerin geliştirilmesiyle birlikte daha konforlu ürünler üretilmeye başlanmıştır. Dışta plastik yüzeylerin kullanıldığı kumaş bezlerde sızdırmanın önlenmesi için bezin bebeğin vücuduna sıkı bir şekilde bağlanması gerekmektedir. Bunun da beraberinde ıslanmayla birlikte derinin

yumuşamasına ve derinin ıslak kalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir (Erasala, Romain, & Merlay, 2011).

Fallon ve Cottendan hijyen ürünleri ve deri arasındaki sürtünmeyi inceleyen bir çalışmalarında piyasada ticari olarak kullanılan 13 farklı nonwoven kumaşın vücut derisine temas etme durumunu simüle ederek sürtünme miktarlarını karşılaştırmışlardır. İncelenen 13 kumaşın içerik ve yapısı farklı olmakla birlikte sürtünme değerleri birbirine benzer özellik göstermiştir. Özellikle polipropilen içeren kumaşlarda (10 adet) sürtünme miktarı %15,7'den daha fazla bir değişim göstermemiştir. Diğer yandan polyester kumaş ile karşılaştırıldığında, polyester içeren nonwoven kumaşın en yüksek sürtünme katsayısına sahip nonwoven kumaş olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında polietilen ve polipropilenin bikomponent olarak kullanıldığı kumaşın ise en düşük sürtünme katsayısına sahip kumaş olduğu gözlenmiştir (Sabrina S Falloon & Cottenden, 2016). Bir sonraki çalışmada ise ticari olarak kullanılan tek kullanımlık ürünlerden 5 tanesine ön kol testi yapılarak sürtünmeleri değerlendirilmiştir (Falloon, Asimakopoulou, & Cott, 2018).

Satsumoto ve Havenith, çocuk bezleri içerisindeki hava dolaşımını incelemek üzere bir ısı ve su buharı dağılımının incelenebileceği bir cihaz geliştirmişlerdir. İzleyici gaz yönteminin kullanıldığı bu cihazda, bebek dinlenirken veya yürürken, bezin iç bölgesi ve çevresi arasındaki kantitatif havalandırma oranının da değerlendirmesi sağlanmıştır. Bezin tasarımı, kullanılan malzemenin cinsi ve bulunduğu konumun ısı ve hava transferleri üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, ısı transferinin farklı değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle durağan pozisyonunda bel ve kasık bölgesinde bez sıkıca vücudu sarmaktadır. Fakat yürüme esnasında bel ve kasık bölgesindeki açıklıklar fiziksel bir aktivite yaparken hava geçişine izin verilirken, bacak hareketleri ise ısı transfer değerlerini %20 daha fazla miktarda arttırmıştır. Klasik bebek bezi tiplerine göre daha efektif olan külot bezlerinde ısı transfer değerlerinin daha üstün olduğu yapılan bu çalışma sonucunda görülmüştür. Bölgesel olarak bebek bezlerindeki bölgelerde yapılan ısı transfer değerlerine göre en üstün bölgenin bezin ön kısmı olduğu tespit edilmiştir. Son olarak bebek bezi dizaynında kullanılan hammaddelerin yerleşimleri ve deri ile bebek bezi arasındaki hava boşluklarının fazla oluşu ısı transferini olumlu yönde etkilemiştir. Nefes alabilen, mikro gözenekli dış yüzeyler termal konforu geliştirmek için piyasaya sunulmuş ve önemli bir katkı sağlamışlardır. Bu çalışmada izleyici gaz yöntemiyle ölçülen mikro iklimlendirme havalandırma değerinin bebeğin yürüme ya da yatış pozisyonu, aktivite esnasında ve külot bez ya da klasik bez bağlanarak mikro klimanın ölçülebilmesinin önceki makalelerde yapılan çalışmalardaki geçici yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Y. & G., 2010).

2.1. Tekstillerde İletken Mürekkep Uygulamaları

Tekstil endüstrisinde iletken mürekkep kullanımı ile interaktif ürünler geliştirilebilmektedir. İletken mürekkeplerin içeriğinde gümüş, bakır, karbon gibi yüksek iletkenlik gösteren malzemeler ve taşıyıcı (carrier) bulunmaktadır. Çoğunluğu su bazlı olan bu mürekkepler tekstil ürünlerinin de içerisinde olduğu birçok yüzeye uygulanabilmektedir (Stoppa & Chierio, 2014).

Elektronik tekstil uygulamalarında, karşılaşılan en yaygın mürekkep türü gümüş içerikli olanıdır. Bunun yanı sıra karbon siyahı ve PEDOT: PSS (Poli (3,4-etilen dioksitiyofen)-poli (stiren sülfonat)) iletken polimerleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Tercih edilen mürekkeplerin esneklik özelliği, yüzeye yapışması, işlenebilirliği, maksimum işlem sıcaklığı ve sinterleme sıcaklığı gibi özellikleri önemli parametrelerdir. Pürüzsüz ve düzgün bir tabaka elde edilebilmesi için mürekkebin uygulandığı yüzey üzerinde yayılımı ve düzgünleştirilmesi önemlidir. PEDOT: PSS yüksek yüzey gerilimine sahip olduğundan yüzey üzerinde yayılımı zayıf ve yüzeyi ıslatma kabiliyeti düşüktür. Yapılan bir çalışmada alkol ve surfaktanların eklenmesiyle bu probleme çözüm aranmıştır. PEDOT: PSS'in saf, etilen glikol, etanol ve Tween 80 (Polysorbate) ile birlikte kullanıldığı 4 farklı kompozisyonun yüzey gerilimi ve cam üzerine dökülen dört mürekkebin iletkenlikleri ölçülmüştür. Etilen glikolün eklenmesiyle birlikte iletkenlik yüksek oranda artmaktadır. Etanolün eklenmesiyle iletkenlik düşmektedir. Tween 80'nin eklendiği mürekkepte yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılı olarak iletkenlik de artmıştır (Hrehorova, Rebros, Pekarovica, Fleming, & Bliznyuk, 2008).

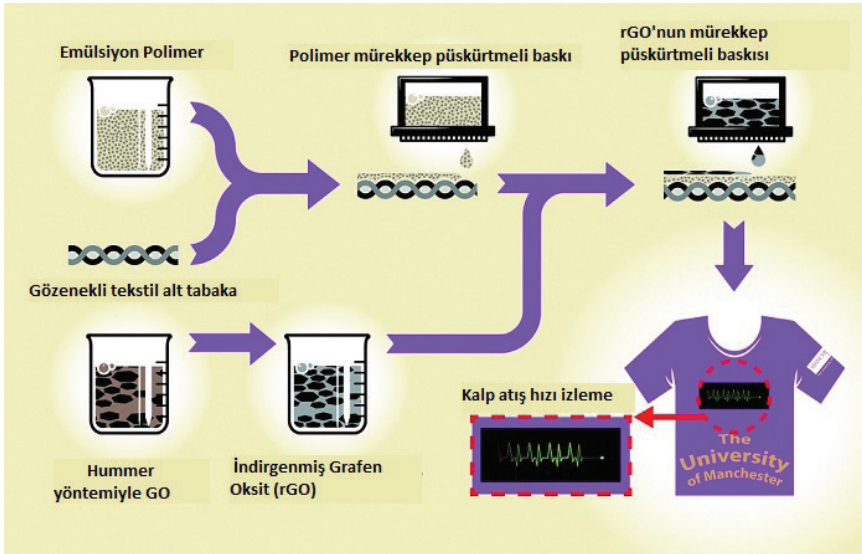
Son zamanlarda, metal nano parçacıklı, karbon nanotüp, polimer katkılı malzemeler gibi farklı özelliklerdeki iletken mürekkepler, elektronik tekstillerde kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Bakır, gümüş ve altın gibi yüksek iletkenlikleri olan parçacıkları bünyesinde bulunduran iletken mürekkepler, parçacık ve nano parçacık katkılı olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Nano parçacıklı mürekkepler de kullanılan çözücülere bağlı olarak organik ve inorganik olarak ayrılırlar.

Han ve ekibinin yaptığı çalışmada su bazlı iletken karbon nanotüp (CNT) mürekkep sentezlenmiş ve bir kalem yardımıyla doğrudan kâğıt veya çıkıntılı yüzeyler üzerine doğrudan çizilebilecek şekilde bir tasarım yapılmıştır. Bu şekilde çift yönlü ve çok katmanlı kâğıt devreler direkt kalem ile yazılarak oluşturulmaktadır. Kâğıt üzerine çizilen devreler ıslatma yardımıyla kâğıdın arkasına geçirilmiştir (Şekil 4). Bununla birlikte katlanma ve bükme gerilimleri sonrasında çizilen devre yollarının deforme olup olmadığına bakılmıştır.



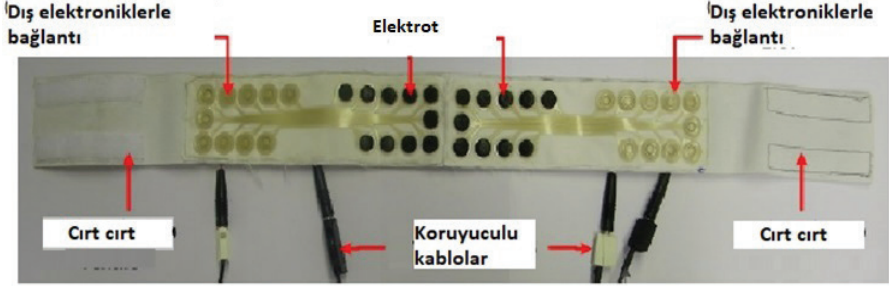
Şekil 4. Karbon nanotüp içerikli mürekkep ve kalemle devre çizimi (Han, Beomseok Kim, & Meyyappan, 2014)

Grafen mürekkeplerin inkjet baskıları ile giyilebilir e-tekstil uygulamaları yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak pürüzlü ve gözenekli yüzeylere sahip tekstil materyallerinde kesintisiz bir iletken yol elde etmek güçtür. İngiltere’de yapılan bir çalışmada tekstil yüzeyine ön bir işlem yapıldıktan sonra inkjet baskı yapılmıştır. Çalışmada 4 erkek üzerine 5 dakikalık kayıtlarla grafen baskı yapılmış tekstil yüzeyleri EKG ölçümü için kullanılmış. Deneklerin her iki elinden birer parmağa grafen baskılı tekstil parçası yerleştirilmiş ve standart iki elektrot kablolu ECG kayıt ünitesine bağlanmıştır.



Şekil 5. Grafen baskılı e-tekstil üretiminin şematik diyagramı (Karim, ve diğerleri, 2017).

Southampton Üniversitesi'nden bir diğer ekip şablon baskı (serigrafi) yöntemiyle tekstil yüzeyi üzerinde iletken yollarla birleştirilmiş elektronik bir ağ oluşturmuşlardır. Şekil 6'de ECG ve EMG (elektromiyogram) için geliştirilen baş bandı görülmektedir. Pürüzsüz bir yüzey için öncelikle poliüretan bazlı baskı patı şablon baskı ile dokuma kumaş üzerine basılmış ve ardından gümüş içerikli baskı patı iletken yollar oluşturmak için basılmıştır. Çalışmada bununla birlikte benzer şekilde koldan ölçüm yapmak için de ürün geliştirilmiştir (Paul, Torah, Beeby, & Tudor, 2013).



Şekil 6. ECG ve EMG ölçümü için kumaş alın bandı

Khirotdin, Cheng ve Mokhtar şablon baskı yöntemiyle gümüşü içerikli iletken mürekkeplerin tekstil yüzeylerine aktarılması işlemini incelemiştir. Araştırmacılar dokuma pamuk, polyester ve naylon kumaş üzerine yaptıkları ikinci tabaka mürekkep baskıda daha düzgün bir yüzey elde etmişlerdir. Mürekkebin sertleşme işleminin kontrol edilmesinin önemli olduğu ifade edilmiştir. Film kalınlığının artması ile birlikte elektrik direnci düşmüştür. Oluşturulan yapının eğilme deformasyonuna tabi tutulması ölçülen direnci etkilediği tespit edilmiştir (Khirotdin, Cheng, & Mokhta, 2016).

2.2. Kablosuz İletimde Kullanılabilecek Teknolojiler

Kablosuz iletişim teknolojisi, en basit tanımıyla, noktadan noktaya veya bir ağ yapısı şeklinde bağlantı sağlayan, bir teknolojidir. Bu açıdan bakıldığında, kablosuz iletişim teknolojisi, günümüzde yaygın olarak kullanılan kablolu veya fiber optik iletişim yapılarıyla benzerlik göstermektedir. Kablosuz iletişim teknolojisini diğerlerinden ayıran nokta ise; iletim ortamı olarak havayı kullanmasıdır. Metal kablolar, elektrik akımını iletirken kablosuz ve optik iletim sistemleri belli frekanstan elektromanyetik dalga iletmektedir. Özellikle medikal alanda düşük güçlü kablosuz teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler; Bluetooth, Zigbee, Wi-Fi

2.2.1. Bluetooth (IEEE 802.15.1)

Cihazların düşük hızda bire bir haberleşmeleri için kullanılan, genellikle kısa menzilli (10 ile 100 metre) kablosuz haberleşme sistemleri-

dir. Sistem 802.11b/g ile aynı frekans bandında (2.4 GHz-ISM) gerçekleşmektedir. Bu sebeple Bluetooth haberleşmeleri 802.11b/g haberleşmeleri üzerinde gürültü olarak olumsuz etki yapabilmektedir. Bluetooth haberleşmesi için cihazlar arasında direk görüş hattı (LOS-Line of Sight) olması gerekmemektedir. Bluetooth teknolojisi zaman içerisinde çok gelişme göstermiş ve birçok sürümü yayınlanmıştır. Böbrek ve ekibi bebeklerde ve yatağa bağlı yetişkinlerde sıcaklık ve ıslaklık durumuna bağlı olarak bezin değişimini bildiren kablosuz haberleşebilen bir sistem geliştirilmiştir. Bezin sık sık kontrolü yetişkin bireylerde rahatsızlık yaratabilmektedir. Ekibin geliştirdikleri sistem ile yetişkin ya da bebeğe bakan kişinin telefonuna bezin ıslandığı bilgisi iletilerek bez değişim zamanı bildirilmektedir. Sıcaklık sensörünün de kullanıldığı sistemde ani sıcaklık değişimi de alarm olarak verilmektedir. Çalışma kapsamında beze mobil ölçüm ünitesi yerleştirilmiş, ölçümlerin iletileceği oda ünitesi hazırlanmış ve bu oda ünitesinin kablosuz haberleşme yeteneğine sahip mobil takip ünitesi geliştirilmiştir (Böbrek, Kırbaş, & Özcan, 2017).

2.2.2. Zigbee (IEEE 802.15.4)

Kablosuz bağlanabilirlik için bir diğer standart olan ZigBee2, IEEE 802.15.4 standartını temel alır. Güvenilir olması, düşük maliyeti ve enerji tasarrufu gibi avantajları göz önüne alındığında ZigBee, PC girdi aygıtları gibi sensör ve yönetim ürünlerinin kablosuz bağlantıları için kullanılabilir. ZigBee, kablosuz iletişim kanallarının otomatik olarak aranmasına ve çok sayıda kablosuz ağın bir arada var olmasına imkân tanımaktadır.

ZigBee teknolojisi ürünleri, dünya çapında kullanıma açık olan 2.4 GHz frekans bandını kullanmaktadır. Buna ek olarak, Amerika kıtasında 915 MHz ve Avrupa'da 868 MHz de kullanılabilir. 2.4 GHz frekansında on kanal ile 250 kbps, 915 MHz frekansında altı kanal ile 40 kbps ve 868 MHz frekansında bir kanal ile 20 kbps hızlarına erişilebilmektedir. Ürünlerin erişim mesafesi iletim gücü ve çevre etkilerine bağlı olarak 10 ile 75 metre arasında değişmektedir.

Chen tarafından literatüre sunulan çalışmada Zigbee uygulaması 9 yaşındaki bir çocuğa tuvalet alışkanlığı kazandırmak için kullanılmıştır. Tuvalet alışkanlığı çocuklarda daha erken yaşlarda öğrenilebilirken otizm, down sendromu, serebral palsy vb. rahatsızlıklara sahip çocuklarda bu süre daha uzun olmaktadır. Çalışma kapsamında bezini ıslatan çocuğun bakıcısı için alarm göndererek çocukların idrar yaptığını fark etmesi ön görülmüştür. Alarm kesildiğinde çocuklar banyoya gitmek için cesaretlendirmektedir. Alarmin bakıcıya ulaştırılması için kablosuz sensör ağı kullanılmıştır (Yi-Chien, 2010).

2.2.3. Wi-Fi (IEEE 802.11a/b)

IEEE 802.11 standart takımı kablosuz yerel ağlar içindir. IEEE LAN/MAN standart komitesi tarafından 5 GHZ ve 2.4 GHZ halk bandı (public spectrum band) içinde geliştirilmiştir. Bina içi veya yerleşke alanında, gezici kullanıcılar için geliştirilmiş bir teknolojidir. 802.11 terimlerine rağmen, Wi-Fi sıklıkla kullanılan ve en çabuk ticarileşen bir isim olmuştur. Kapsamsa alanı 30-45 metredir.

2.2.4. WiMAX (IEEE 802.16e)

IEEE 802.16e standardı ile tanımlanmış bir kablosuz geniş bant erişim teknolojisidir. Teorik olarak IEEE 802.16 standardı görüş hattı gerektirmeden 50 km'ye kadar kapsama alanı sağlamak ve maksimum 75 Mbps'lik (yakın mesafelerde) iletim hızını mümkün kılmak üzere tasarlanmıştır. Çeşitli ülkelerde farklılık göstermekle birlikte 2 GHz-11GHz aralığında belirli frekans bantlarının WiMAX Mobil kullanıcılara mekândan bağımsız internet erişimi sunmayı amaçlamakta, ayrıca kablolanmanın maliyet ve/veya coğrafi şartlar sebebiyle elverişli olmadığı bölgelerde alternatif bir olarak düşünülmektedir. 2011 yılı itibariyle Türkiye'de pilot uygulamalar yapılmaktadır, fakat henüz etkin olarak kullanılmamaktadır. Kullanımı artıktça, Türkiye'de kullanımda olan T1 ve ADSL'e alternatif olacağı düşünülmektedir (Erkınay, 2005).

Tablo 1. Kablosuz Teknolojilerin Karşılaştırılması (Erkınay, 2005)

	ZigBee	GPRS/GSM	Wi-Fi	Bluetooth
Odaklanma Alanı	İzleme ve Kontrol	Geniş Alan Ses ve Veri	Web, Email, Video	Kablo Yerine
Sistem Kaynağı	4-32 Kb	16 MB+	1 MB+	250 Kb+
Pil Ömrü (Gün)	100-1000-	1-7	0.5-5	1-7
Ağ Boyutu (Mtu)	Sınırsız 2 ⁶⁴	16 MB+	32	7
Ağ Veri Genişliği (kb/sn)	100- 1000+	64- 128+	11000- 54000	720
Kapsama Alanı (Metre)	1-100+	1000+	1-100	1-10+
Başarı Alanları	Dayanıklılık, Maliyet, Güç Tüketimi	Ulaşılabilirlik Kalite	Hız, Esneklik	Maliyet, Rahatlık

Taipei Üniversitesinden Wen Goo9 adı verilen bir sistem geliştirmiştir. Bu sistemde bebek bezine yerleştirilen ısı ve neme duyarlı bir sensör yardımıyla bebeğin bezini ıslattığı bilgisi alınmakta ve geliştirilen algoritma ile android ya da iOS tabanlı telefonlara emoji gönderilerek bildirilmektedir. Bulanık mantık (Fuzzy Logic) sistemi ile bezin kuru, hafif ıslak, ıslak ve çok ıslak olmak üzere dört farklı ıslaklık seviyesine karşılık gelen dört emoji eşleştirilmiştir (Wen, 2017).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada hasta bezi alt yüzeyine uygulanacak mürekkep, polimer sentetik polivinil alkol polimerleri (PVA) ve elektriksel iletkenliği sağlamak için karbon içermektedir. Elektrik iletkenliğinin çok düşük olması çalışma hassasiyetini arttırdığı için bir sonraki aşamada iletkenliği arttırmak için gümüş veya bakır bileşenleri de eklenmesi düşünülmektedir. Bez içerisinde iletkenliğin göstergesi olarak ampullerden oluşan bir de sensor kullanılmıştır.

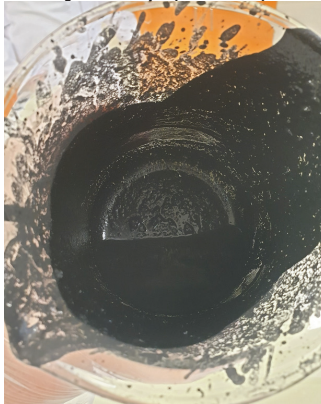


Şekil 7. Bez üzerine sensor uygulanması

3.2. Metot

3.2.1. Mürekkebin Hazırlanması

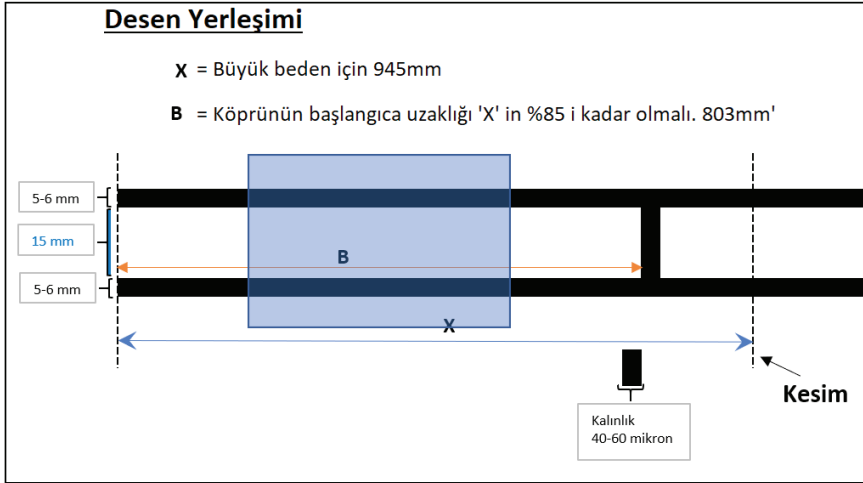
İletkenlik özelliği katacak sentetik polivinil alkol ve karbondan oluşan çözelti homojen olması için manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Böylelikle ağır karbonların dibe çökmesi engellenerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Yüksek viskoziteye sahip çözelti Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8. Mürekkep karışımı

3.2.2. Mürekkebin Bez Üzerine Uygulanması

Mürekkep bez üzerine iki şerit halinde bez boyunca bir fırça yardımıyla manuel şekilde uygulanmıştır. Her iki şerit iletkenliğinin artırılması için Şekil 9'da gösterildiği gibi bir köprü vasıtasıyla birbirlerine bağlanmıştır. Bez öncelikli olarak orta bölgeden ıslanmaya başlamakta, SAP ve selüloz belirli bir doygunluğa ulaştıktan sonra ön ve arkaya sıvı transferi gerçekleşmektedir. Bezin sıvı ile dolmaya yakın olmasını görebilmek için köprü kısmı bezin arka kısmına daha yakın konumlandırılmıştır. Köprü noktası bezin arka kısmına doğru, bez boyunun %85 ine denk gelecek şekilde 803mm olarak belirlenmiş ve fırça yardımıyla iletken mürekkepten uygulanmıştır. Böylelikle bezin ilk ıslanmada değil, core bölgesinin yüksek oranda doygunluğa ulaştığı zamanda değiştirilmesi gerektiği görülecektir.



Şekil 9. Desenin bez üzerindeki yerleşimi

3.2.3. Mürekkebin Seri Üretim Makinesinde Uygulanması

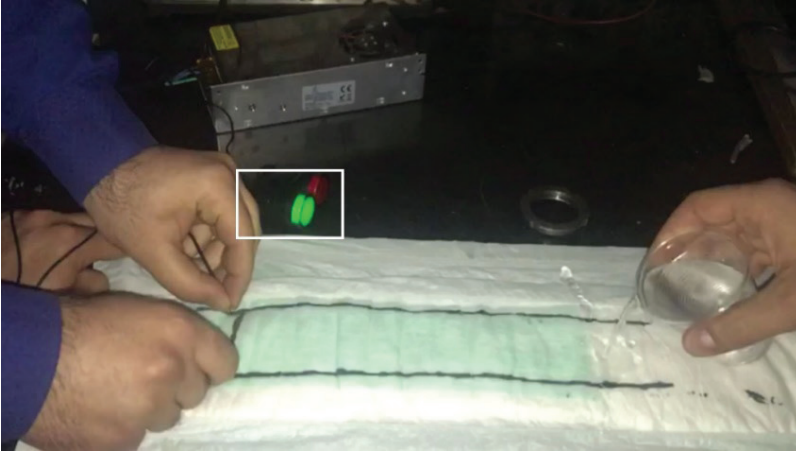
Manuel yapılan pilot mürekkep uygulamasından sonra makine üzerinde seri üretime geçilmiştir. Yetişkin bezi makinesi hattında mürekkep denemesi yapılmıştır. Bez üretiminde standart üretimde kullanılan bileşenler kullanılarak bez üretimi gerçekleştirilmiştir. Standart üretimlerde tutkal, krem veya solüsyon benzeri akışkanlar için kullanılan Nordson marka tank bu uygulama için en uygun cihaz olarak seçilmiştir. Makede core bölgesinin birleştirilmesi sonrasında mürekkebin uygulanması planlanmaktaydı ancak kısa süre içerisinde mürekkebin çıkışını sağlayan ağızlıklar tıkanmıştır. Manuel uygulamada çözeltinin viskozitesinin yüksek olduğu görülmüştü. Çözeltide karbonun çökmesini engellemek için uzun süre karıştırılmış ve sonrasında uygulanmıştır. Üretim hattında mürekkep

beslemesi esnasında da çözeltinin sürekli karışımını sağlayacak mekanik bir karıştırıcı, daha düşük partiküllü karbon malzemesi veya daha geniş ağızlı uygulama başlığının bu problemi çözebileceği öngörülmüştür. Çalışmanın ileriki dönemlerinde bu yöntemlerin biri veya birkaçının denenmesi düşünülmektedir

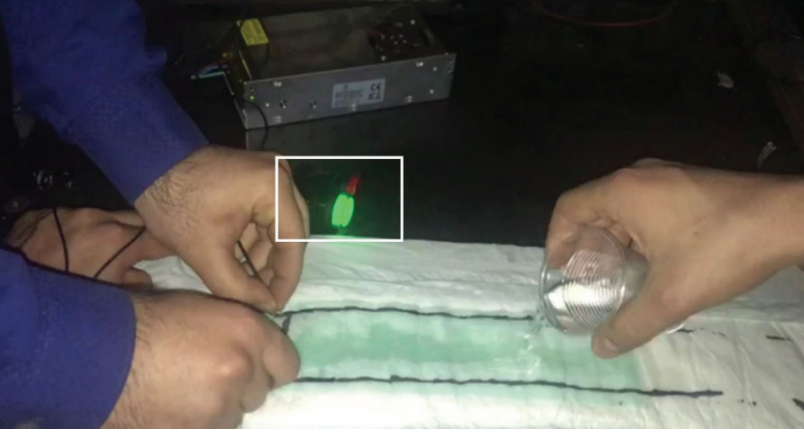
4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Geliştirilen ürünün test edilmesi için sıvı uygulaması yapılmıştır. Burada kullanılan sıvı, bebek ve yetişkin bezlerinde sıklıkla kullanılan %0,9'luk NaCl çözeltisidir. Bu çözeltinin osmotik basıncı vücut sıvılarınıninkine denktir. El ile uygulamada beze sıvı teması ile iletkenliğin arttığı ve bez üzerine yerleştirilen sensorün ışık yaydığı görülmüştür. Sıvı miktarı arttıkça bez boyunca yayılan sıvının köprü noktasına gelmesiyle ışık şiddetinin daha da arttığı tespit edildi. Çözelti içerisinde bulunan elektrolitlerin iletkenliği arttırdığı düşünülmektedir. Sıvı miktarına bağlı olarak ışık şiddetinin değişimi incelenmiştir. Şekil 10'da bez üzerine uygulanan sıvı miktarı 350 ml iken Şekil 11'de uygulanan sıvı miktarı 1000 ml olmuştur. Bu sonuç bize iletken mürekkeplerin yalnızca ıslaklık bildirme değil aynı zamanda bezin az veya çok fazla ıslandığını bildirmede de kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 10. Bez ilk ıslandığında sensör göstergesi



Şekil 11. Sıvı köprü pozisyonunda iken sensor göstergesi

4.2. Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada bez üzerine verilen sıvı miktarı artışı ile bez içerisinde ve katmanlarında iletkenliğin arttığı görülmüştür. Fırça yardımıyla manuel hazırlanan numune çalışmalarında mürekkep uygulaması düzgün iki şerit halinde ve yaklaşık 60 mikron kalınlığında uygulanamamıştır. Mürekkep viskozitesinin yüksek olması nedeniyle 300 mikron kalınlığında uygulanmıştır. Bu da daha kalın bir sürüm elde edilmesini sağlamıştır. Sürümün kalın olması kullanılan malzeme miktarını arttırmanın yanı sıra mürekkebin kuruması için gereken sürenin de uzamasına neden olmuştur. Bu da bulaş riskinin artmasına sebep olmaktadır. Bebek bezi ve hasta bezi makineleri sırasıyla ortalama 900-1000 ped/dk ve 350 ped/dk hızlarında çalışmaktadır. Bu derece yüksek hızda çalışan makinelerde mürekkebin kuruması çok daha kritik bir önem taşımaktadır. Hassas ve düzgün mürekkep uygulaması için makine üzerinde profesyonel ekipmanlar ile yapılan çalışmada uygulama kalınlığı ve şekli istenilen seviyede olmuştur. Fakat uzun süreli çalışmada mürekkep içindeki karbonların makine gözeneklerini tıkadığı gözlemlenmiştir. Bu problemin önüne geçmek için daha geniş ağızlı bir başlık seçimi çözüm için en uygun yol olarak görülmüştür.

Sistemin devamında LED ışıklarını yakan sensör içerisine bluetooth yerleştirilmesi düşünülmektedir. Bu şekilde bezin ıslaklık bilgisi bilgisayar programı veya cep telefonu aplikasyonuna gönderilecektir. Hasta bakıcı veya hemşireler gelen bu bilgi ile bezin ne zaman değişmesi gerektiği bileceklerdir. Özellikle hasta bezi ebatlarındaki bir bezin tanesinin 3,5 TL olduğu düşünüldüğünde tüketilen bez miktarının azaltılması ile ekonomik kazanç sağlanması da hedeflenmektedir. Maliyet açısından sağlanacak kazancın yanı sıra tek kullanımlık olan bu bezlerin çevreye atık yükü de azaltılmış olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Gaziantep Üniversitesi, Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği Bölümü'nde proje olarak sunulmuştur. Yazarlar çalışmaya olan desteklerinden ötürü Gaziantep Üniversitesi'ne ve Pakten Şirketi'ne teşekkür ederler.

KAYNAKÇA

- Agache, A., & Humbert, P. (2004). *Measuring the Skin*. Berlin: Springer-Verlag.
- Aksoy, A. (2012). Tek Kullanımlık Bakım ve Hijyen Ürünlerinin Performans Özelliklerinin Arttırılması Üzerine Bir Çalışma. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bender, J. K., Faergemann, J., & Skold, M. (2017). Skin Health Connected to the Use of Absorbent Hygiene Products: A Review. *Dermatology and Therapy*, 319-330.
- Böbrek, A., Kırbaş, İ., & Özcan, K. (2017). Hasta ve Bebek İzleme ve Kontrol Sistemi (HBİKS). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 252-261.
- Chatterjee, P. K., & Gupta, B. S. (2002). *Absorbent Technology*. Amsterdam: Elsevier Science B. V.
- Das, D., & Pourdeyhimi, B. (2014). *Composite Nonwoven Materials*. Woodhead Publishing Series in Textiles.
- Erasala, G., Romain, C., & Merlay, I. (2011). Diaper Area and Disposable Diapers. *Current Problems in Dermatology*, 83-89.
- Erkınay, M. Z. (2005). *Kablosuz Ağlar (Wireless Networks) ve Kablosuz Ağlarda Güvenlik*. Van: Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ertuğrul, E. (2003). *Çocuk Bezi ve Hijyenik Kadın Pedi Sektörü Sektör Araştırması*. Araştırma Müdürlüğü.
- Falloon, S. S., Asimakopoulous, V., & Cott, A. M. (2018). An Experimental Study of Friction Between Volar Forearm Skin and Nonwoven Fabrics Used in Disposable Absorbent Products for Incontinence. *Journal of Engineering in Medicine*, 1-13.
- Han, J.-W., Beomseok Kim, J. L., & Meyyappan, M. (2014). Carbon nanotube ink for writing on cellulose paper. *Materials Research Bulletin*, 249–253.
- Hrehorova, E., Rebros, M., Pekarovicova, A., Fleming, P. D., & Bliznyuk, V. N. (2008). Characterization of Conductive Polymer Inks based on PEDOT:PSS. *Taga Journal*, 2019-230.
- Karim, N., Afroj, S., Malandraki, A., Butterworth, S., Beach, C., Rigout, M., . . . Yeates, S. G. (2017). All inkjet-printed graphene-based conductive patterns for wearable e-textile applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 11640-11648.
- Khirotdin, K., Cheng, T. S., & Mokhta, K. A. (2016). Printing Of Conductive Ink Tracks On Textiles Using Silkscreen Printing. *Asian Research Publishing Network*, 6619-6624.

- P., H., Maibach, H., Fanian, F., & Agache, P. (2017). *Agache's Measuring the Skin: Non-invasive Investigations, Physiology, Normal Constants: Second Edition*.
- Paul, G., Torah, R., Beeby, S., & Tudor, J. (2013). The development of screen printed conductive networks on textiles for biopotential monitoring applications. *Sensors and Actuators: A Physical*, 1-14.
- Report. (2015, Haziran). *Global Incontinence Care Products and Devices*. Medidor web sitesi: https://medidor.ch/media/pdf/1f/6d/70/Report_Global-Incontinence-Care-Products-and-Devices.pdf adresinden alındı
- Report. (2019). *Adult Diaper Market Report Till 2025 Growth, Trends & Forecast Analysis*. Value Market Research.
- Report. (2019). *Diaper Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2019-2024*. IMARC Group. Haziran 2020 tarihinde <http://www.researchandmarkets.com> adresinden alındı
- Sabrina S Falloon, S. S., & Cottenden, A. (2016). Friction Between a Surrogate Skin (Lorica Soft) and Nonwoven Fabrics Used in Hygiene. *Surface Topography: Metrology and Properties*.
- Stoppa, M., & Chiolerio, A. (2014). Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review. *Sensors*, 11957-11992.
- Uyanık, S., & Baykal, P. D. (2016). Bebek Bezi Üretimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*(31(2)), s. 327-341.
- Wen, M. H. (2017). Goo9: a wireless sensor network system for wet diaper detection. *IEEE International Conference on Applied System Innovation*.
- White, C. F. (2003). Engineered structures for use in disposable incontinence products. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 17.
- Y., S., & G., H. (2010). Evaluation of Overall and Local Ventilation in Diapers. *80*, 1859-1871.
- Yi-Chien, C. (2010). ZigAlert□A ZigBee Alert for Toileting Training Children with Developmental Delay in A Public School Setting. (s. 25-27). New York: 12th International ACM SIGACCESS Conference.
- Yoğurtçu, B. M. (2016). *Hygenic Adult/Patient Diaper Development and Production*. İstanbul: Yeditepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Bölüm 7

FARKLI PARAMETRELERDE UYGULANAN ISIL İŞLEMLERİN 30MNB5 ÇELİĞİNİN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI¹

Fatih Nedim YORULMAZ

Nilay ÇÖMEZ

Canser GÜL

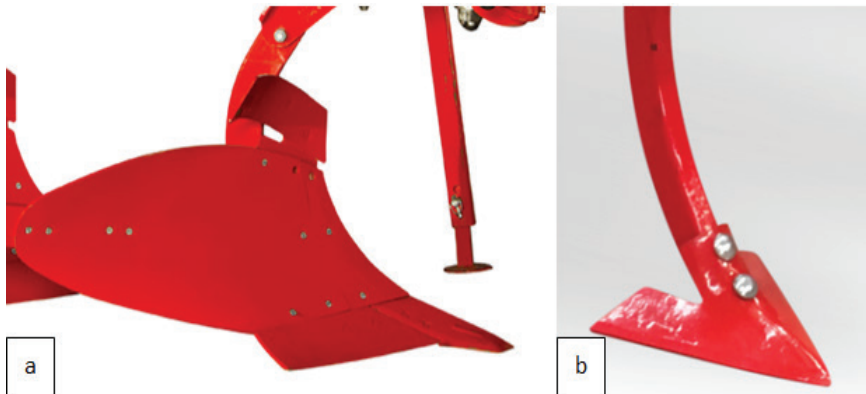
Hülya DURMUŞ

¹ Fatih Nedim Yorulmaz, Dr. Nilay Çömez; Arş.Gör. Canser Gül, Prof. Dr. Hülya Durmuş.
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa.
0000-0002-7270-562X, 0000-0002-6432-6582, 0000-0003-1726-9965

1. GİRİŞ

Tarım alet ve makinaları birçok farklı çalışma şartlarında kullanılmaktadır. Tarım aletlerinin toprağı işleyen kısmındaki parçaların üretim özellikleri ile (ısıl işlemleri, imalat teknikleri ve malzeme seçimleri gibi parametreler) farklı çalışma şartlarında, toprak işleme aletlerinin en iyi işlevselliğı sağlaması çok önemlidir. Toprak işleme aletleri çeşitli sebeplerden ötürü aşınmaya, şekil değışimine ve kırılmaya maruz kalmaktadırlar. Bu gibi sorunlar işe harcanan enerjinin artmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda parçaların yenisiyle değıştirilmesi ya da tamiri de zaman kaybına ve üretimde maliyetin artmasına da neden olmaktadır [1]. Toprak işleme aletinin aşınması; kullanılan malzemenin mekanik ve mikroyapısal özelliklerine, toprak dokusuna, toprağın yoğunluğına, sürme derinliğıne, toprak işleme hızı ve özellikle mevcut toprak su içeriğı gibi çalışma koşullarına bağılıdır [2].

Farklı çalışma şartlarında kullanılacak aletlerin uygun teknik özelliklere sahip malzemeden imal edilmesi ile birlikte parçalar daha uzun ömürlü olmaktadır. Pulluk, kültivatör ve dip kazan gibi farklı tarım aletlerinin toprak ile ilk temas eden ve toprağı hareket ettiren kısımları sırasıyla kulak parçası ve kaz ayağıdır (Şekil 1). Toprak işleme aleti bileşenleri, genellikle gübrenilmiş ve nemlendirilmiş toprakla temas etmektedir [3]. Toprakla temas eden parçalarda kullanılacak malzemeler aşınmaya direnci ve sertliğı yüksek, aynı zamanda ani darbelere karşı da dirençli olmalıdır [4]. Tarım aletlerinde kullanılan yüksek aşınma dayanımı gerektiren parçalar 30MnB5 çeliğı ile imal edilmektedir. 30MnB5 çeliğı, madencilik endüstrisinde, yüksek performanslı vidaların üretiminde, otomotiv endüstrisinde, tarımsal toprak işleme aletleri (pulluklar, diskler, keskiler) ve yapısal parçaların üretiminde kullanılmaktadır [5].



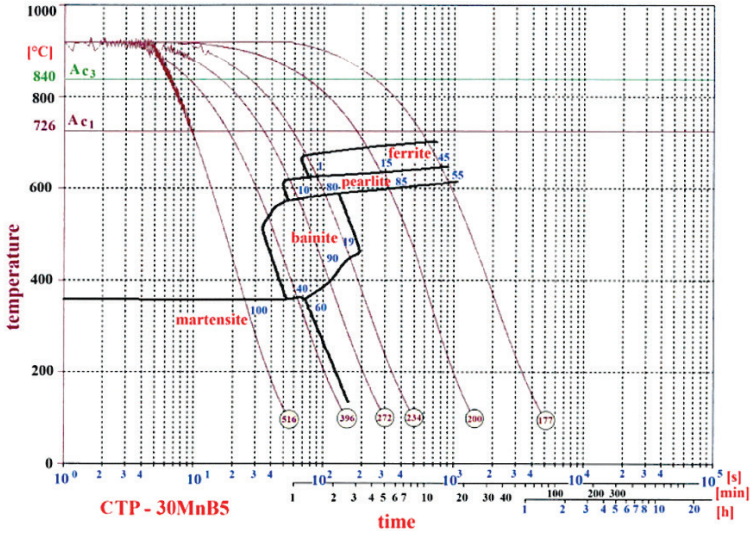
Şekil 1. (a) Pulluk üzerinde kulak parçası [6] (b) Kültivatör üzerinde kaz ayağı [7]

Toprak işleme aletinin parçası olan kaz ayağı ve kulaklı pulluk gibi parçaların mekanik özelliklerini çalışma şartlarına uygun bir şekilde iyileştirmek için geleneksel sertleştirme işlemi en yaygın olarak kullanılan yöntemdir [8]. 30MnB5 çeliği, bor alaşımlı ısıtılma işlemine uygun çeliklerden biridir. Bu çeliğe, sıcak dövme işleminden sonra sertleştirme işlemleri ile yüksek mukavemet ve sertlik kazandırılmaktadır. Bunun nedeni karbon ve manganın yanı sıra düşük bor içeriğinden dolayıdır. Literatürde yapılan çalışmalarda da çelik içerisinde bor içeriği için optimum değerler olan 15-25 ppm değerlerinde olması durumunda sertlik değerlerinde % 5-10 arasında artış olduğu bilinmektedir [9].

30MnB5 çeliği kullanıldığı yerlerde genel olarak yüksek aşınma dayanımı, tokluk, sertlik ve kolay işlenebilirlik gibi özellikleri sağlamaktadır. Genel olarak, 30MnB5 çeliği yağda veya suda soğutulmaktadır.

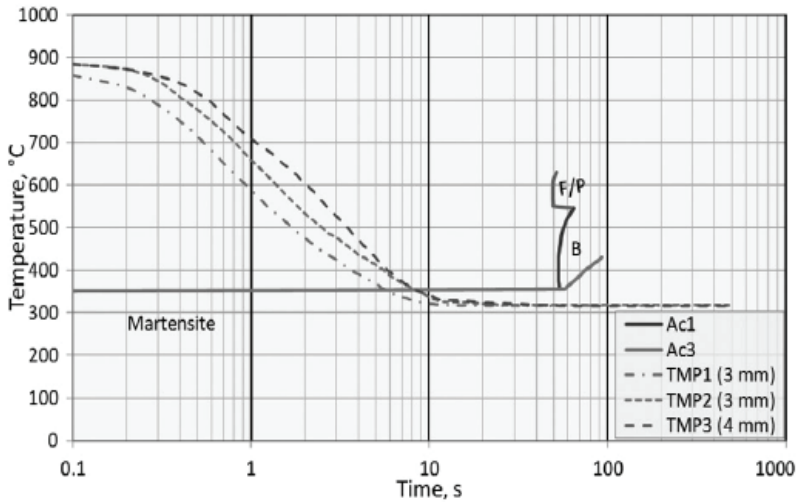
Çelik su ortamında sertleştirildiğinde sertlik değerleri ani soğutma ile artmaktadır. Su verme ile sertleştirme ardından menevişleme yapılmak sureti ile sertlik değeri istenilen düzeylere getirilmektedir. Bu işlem sertliğin istenilen seviyeden fazla olması sonucunda oluşan gerilmelerden kurtarmak için yapılmaktadır. Sertleştirme işleminden sonra oluşan martenzit kristallerinin büyüklüğü çok farklıdır. En büyük martenzit yaklaşık olarak östenit tane çapı kadardır (200µm). Sertliğin yüksek olması kırılabilirliği de arttırdığı için yağda soğutma da tercih edilmektedir. Tarım aletleri ele alınacak olursa, çalışma sırasında kırılmaları azaltmak amacıyla 30MnB5 çeliği için yağda soğutma daha ekonomik bir yöntemdir. Yaklaşık olarak yağın soğutma gücü, suyun 1/3'ü kadar olmaktadır [10]. Yağda soğutma sonucunda oluşan sertlik değeri suya göre daha düşüktür. Yağda soğutma, suya göre düşük sertliği sayesinde menevişleme işleminin daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Şekil 2' de 30MnB5 çeliği için TTT diyagramı verilmiştir. Bu diyagramda soğuma hızı eğrileri görülmektedir. Martenzit oluşumu için gerekli olan eğri ilk sırada yer alan martenzit bölgesine ulaşan eğridir. Ferrit, perlit ve beynit yapılarının sürekli soğuma ile oluşumu ve soğuma hızının eğrileri bu diyagramda verilmiştir. Beynit yapısı daha çok izotermik koşullarda elde edilir. Fakat sürekli soğutmada da perlit martenzit dönüşümü arasındaki soğutma hızlarında elde edilen yapılara da genellikle beynitik yapı denir.



Şekil 2. 30MnB5 çeliğinin TTT Diyagramı [11]

30MnB5 çeliği için en uygun östenitleştirme sıcaklığı 860°C - 900°C arasında yer almaktadır. Şekil 3' de 3 - 4 mm'lik 900 °C de 10 dak. östenitleştirme işlemi uygulanmış 30MnB5 çeliğinin CTT diyagramı Şekil 3'de verilmiştir. Bu diyagramda faz geçiş sıcaklıkları A_{c1} ve A_{c3} sıcaklıkları yer almaktadır. Martenzit oluşumu için gerekli soğutma süre 14 sn den daha az ve genel olarak 10 sn altı tercih edilmektedir.



Şekil 3. 30MnB5 Çeliğinin CTT diyagramı [12]

2. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, 30MnB5 çeliği için östenitleştirme sıcaklık aralığı genellikle 850 °C ile 950 °C arasında seçilmekte ve parça kalınlığına bağlı olarak işlem süresi değişmektedir. 30MnB5 çeliği için su verme veya yağda soğutma gibi uygulamalar sonucunda martenzit ve beynit yapıları elde edilmektedir. Martenzitik yapı çelikte en yüksek sertliğin elde edildiği, gevrek ve kırılgan bir fazdır [13]. Martenzit fazının oluşumu, kritik soğuma hızının yüksek olmasıyla ilgilidir. Östenitleştirme işleminde belirlenen süredeki farklılıklar, çalışmalarda kullanılan parça kalınlığı ve çaplarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. 30MnB5 çeliği için östenitleştirme sıcaklık ve süreleri [14-17]

Çalışma Kodu ve Rengi	Östenitleştirme Sıcaklığı (°C)	Östenitleştirme Süresi (dak.)	Soğutma veya Sertleştirme Ortamı	Referans No
A 	860	15	Su	[14]
	875			
	900			
B 	900	30	Su	[15]
C 	850	5	Su Yağ Kalıp içi Hava	[16]
	900	3, 5, 10, 20		
	950	5		
D 	860	60	Su	[17]

A kodlu çalışmada 30MnB5 çeliğinden numunelere 860 °C - 900 °C arasında östenitleştirme işlemi yapılmıştır. Östenitleştirme süresi ise 15 dak. olarak sabit tutulmuştur ve soğutma işlemi su ortamında yapılmıştır. Östenitleştirme sıcaklığı arttıkça martenzit fazı oluşumu artmıştır. Sıcaklık artışı sayesinde östenit fazına geçiş tam anlamıyla tamamlanmıştır. 15 dak östenitleştirme süresi ve su ile soğutma işlemi sayesinde martenzit fazı oluşumu fazladır. Su ile soğutma yapıldığında diğer soğutma ortamlarına göre daha fazla martenzit fazı oluşmaktadır. Bu durum, çeliğin su ile teması sırasında soğuma işleminin ani gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır.

B kodlu çalışmada 30MnB5 çeliğine 900 °C de östenitleştirme işlemi uygulanmıştır. Östenitleştirme süresi olarak 30 dakika tercih edilmiştir ve

su ile soğutma işlemi yapılmıştır. Bu çalışma diğer çalışmalara göre daha az martenzit fazına rastlanmıştır. Parçanın merkezine doğru ise yapı bey-nitik bir yapıya sahip olmuştur. Bu durum, parçanın kenar kısımlarında soğumanın daha hızlı gerçekleşmesinden ve merkeze doğru soğuma hızı-nın daha yavaş gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır [15].

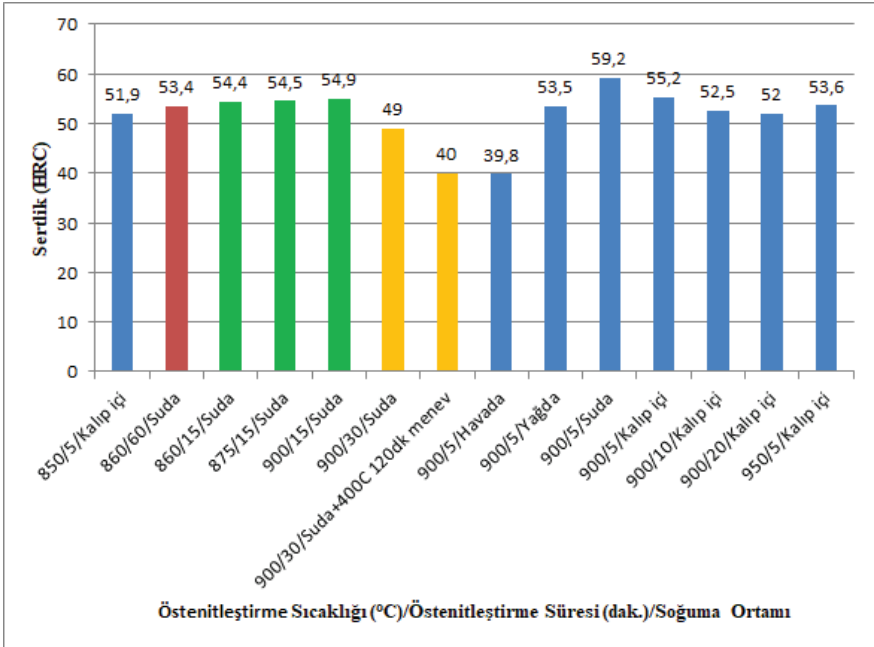
C kodlu çalışmada 30MnB5 çelik parça 5 dak östenitleştirme süresi ile östenitleştirmeye tabi tutulmuştur ve kalıp içerisinde soğutulmuştur. Sıcaklığın artışı ile martenzit oluşumu artış göstermiştir. 850 °C de martenzit oranı az, 950 °C de martenzit oranının fazla olduğu tespit edilmiştir. 850 °C de tam olarak östenit fazına geçişin tamamlanmadığı görülmektedir. 5 dakika bekletme süresinin östenitleştirme işlemi için çok uygun olmadığı sadece küçük parçalar için kullanıldığına ve su ortamında soğutma yapıldı-ğında martenzit oranının arttığı tespit edilmiştir. 900 °C sıcaklığın üstüne bir ısıtma zaman ve maliyet kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca östenit tane çapı ne kadar büyükse, en büyük martenzitte o boyutta oluşmaktadır [10].

D kodlu çalışmada 30MnB5 çeliğine 860 °C de östenitleştirme işlemi uygulanmıştır. Östenitleştirme süresi ise 60 dak. olarak seçilmiş ve su ile soğutma işlemi yapılmıştır. A ve C kodlu çalışmalarda oluşan yapı, mar-tenzit fazına yakın olduğu görülmüştür.

A ve C kodlu çalışmalardan da görüldüğü gibi 900 °C de en uygun östenitleştirme süresi ise 5 - 20 dakika aralığındadır. 30MnB5 çeliğinin tamamen östenit fazına geçmesi bu süre aralığında gerçekleşmektedir. 5 dakikanın altında bekletme işlemi uygulandığında dönüşüm tam anlamı-yla gerçekleşmemektedir. 20 dakikanın üstünde bir süre bekletilirse, öste-nit dönüşümü tamamlandığı için herhangi bir farklılık olmamakta, sadece zaman ve maliyet kaybı oluşmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde 30MnB5 için en uygun ısıtma işlem şartlarının 900 °C de 5 - 20 dak. aralığında gerçek-leştiği görülmektedir [14, 16].

Soğuma hızı kadar soğutma ortamı da önemlidir. Soğutma ortamı martenzit oluşumunu etkilemektedir. A kodlu çalışmada soğutma ortamı hava, C kodlu çalışmada soğutma ortamı olarak kalıp içi ve yağ seçilmiş-tir. Yağda ve kalıp içinde soğutma ile martenzit oluşumu bakımından yer-terli seviyededir. Ayrıca A kodlu çalışmada 900°C/15dak. östenitleştirme ile suda soğutma yapılmıştır. En fazla martenzit oluşumu 900°C/15dak. ile elde edilmiştir. Suda soğutma 30MnB5 çeliğinin çok hızlı soğumasına sebep olduğu için martenzit oluşumu en fazla su ile soğutma ortamında görülmektedir. 30MnB5 çeliğinin genel olarak su ve yağ ortamında so-ğutulmasını çalışmalardaki mikroyapı görüntüleri de desteklemektedir. 30MnB5 çeliğinin soğutma işleminden sonra menevişleme işlemi görmesi gerekmektedir. Bunun sebebi ise istenilen sertlik değerinin tutturulması ve aynı sertlik değerinin homojen olarak çeliğe dağılmasıdır.

Sertlik izafi bir ölçü olup malzemelerin çizilmeye, kesilmeye, aşınmaya ve delinmeye karşı gösterdiği dirençtir. Sertlik değeri numunenin diğer mekanik özellikleri ile doğru orantılıdır [18]. Hızlı soğutma sonucu sertlik artmaktadır ve bununla beraber diğer mekanik özellikler de değişir; akma ve çekme mukavemeti artarken kopma uzaması çok düşer, malzeme gevrekleşir, çatlak oluşturma meyli artar [20]. 30MnB5 çeliği için farklı parametrelerdeki ısı işlemlerin Rockwell (HRC) sertlik ölçüm yöntemi ile karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 4' de A, B, C ve D kodlu çalışmaların yer aldığı sertlik değerleri ile bir araya getirilmiştir ve sertlik (HRC) değerleri, sertlik dönüşüm tablosu yardımıyla elde edilmiştir [19].



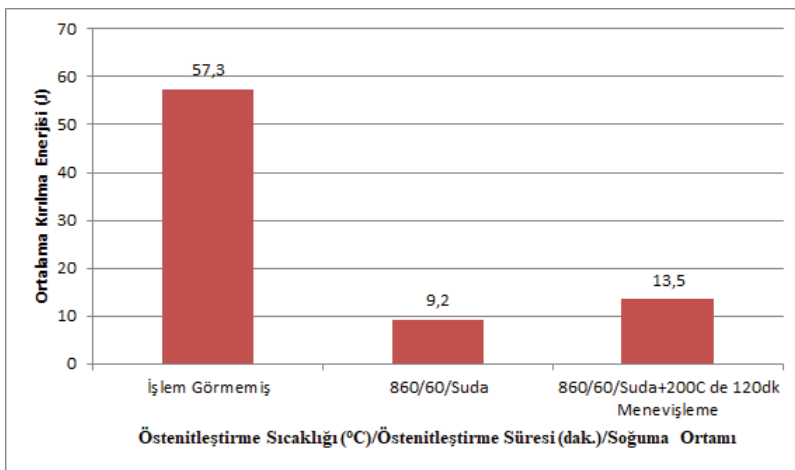
Şekil 4. Farklı östenitleştirme sıcaklığına ve süresine sahip 30MnB5 çeliğinin sertlik değerleri

A, B, C ve D kodlu çalışmalar incelendiğinde 850 °C ile 950 °C arasında değişiklik gösteren sıcaklıklar yer almaktadır ve östenitleştirme süresi 3 dak. ile 60 dak. arasında değişiklik göstermektedir. Sertlik değerleri ise 39,8 HRC - 59,2 HRC arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek sertlik değerine 900°C/5dak. östenitleştirme sonrası suda soğutma sonucu 59,2 HRC ile ulaşılmıştır ve en düşük sertlik değerine 900°C/5dak. östenitleştirme sonrası havada soğutma sonucu 39,8 HRC ile ulaşılmıştır. Soğutma ortamı martenzit ya da beynit oluşumunu etkilediği için sertlik değerlerinde de farklılıklar oluşmaktadır. Şekil 4' deki çalışmalara göre, östenitleştirme sıcaklığı sertlik değerine soğutma ortamı kadar etki etmemektedir. Östenitleştirme süresindeki değişim sertlik değerini de-ğiş-

tirmiştir, fakat değişim çok yüksek oranda değildir. Östenitleştirme süresinin belirlenmesi çalışmalarda kullanılan parçaların boyutları ile ilgilidir.

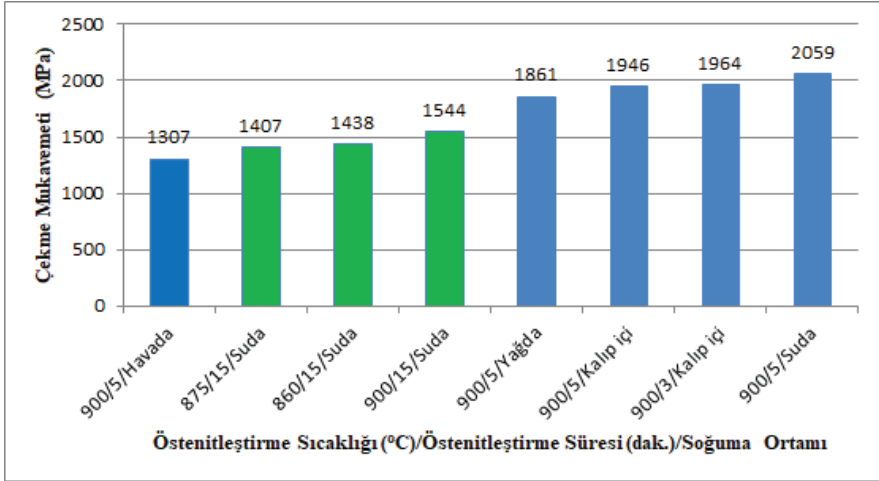
Kalıp içerisinde soğutulan numunelerin sertliklerinin yüksek olmasının sebebi şekillendirmenin hemen arkasından kalıbın içerisinde su verilmesidir. Tarım aletlerinin parça malzemelerinin sertliğini, toprağın türü gibi etkiler parçanın kullanılabilirlik sertlik değer aralığını veya firmaların özel istekleri belirlemektedir. 30MnB5 çeliğinin tarım aletlerinde parça olarak kullanılmasını sağlayan sertlik aralığı genel olarak 50-55 HRC' dir. Sertlik değerinin yükselmesi, parçanın gevrekleşmesi sonucu kullanım sırasında kırılmasına sebep olmaktadır. Sertlik değerinin düşmesi ise parçanın kullanım sırasında çizilmesine veya deforme olmasına neden olmaktadır. Bu iki durum parçanın uzun süre ve verimli bir şekilde kullanımını engellemektedir.

30MnB5 çeliğine dinamik zorlanmalara karşı gösterdiği direnci belirlemek için Charpy çentik darbe testi uygulanmaktadır. D Kodlu çalışmada 30MnB5 çeliği için uygulanmış olan Charpy çentik darbe testi sonuçları Şekil 5' de verilmiştir. 30MnB5 çeliğinin herhangi bir işlem görmemiş hali 57,3 J kırılma enerjisine sahiptir. Östenitleştirme ve sonrasında su verme işleminden ile bu enerjinin 9,2 J' e kadar düştüğü görülmektedir. Isıl işlemle beraber 30MnB5 çeliğinin kırılma direncinin azaldığı görülmektedir. Bu durumu değiştirmek için menevişleme işlemi uygulanmaktadır. Menevişleme işlemi sayesinde kırılma enerjisi yükselmektedir ve parçanın tokluğu artmaktadır. Aynı zamanda ise sertlik değeri düşmektedir. Sertlik değerinde düşüş iç gerilmelerin az olmasından kaynaklanmaktadır [12]. 200 °C' de 120 dakika (2 saat) menevişleme uygulandıktan sonra parçanın kırılma enerjisi 13,5 J' e yükselmiştir. Menevişleme işleminin süresinde ve sıcaklığında değişiklik yaparak kırılma enerjisini değiştirmek mümkündür.



Şekil 5. 30MnB5 çeliğinin ısıtılma sıcaklığı, süresi ve ortamına göre ortalama kırılma enerjisi [17]

30MnB5 çeliği için en önemli testlerden biri de çekme testidir. A ve C kodlu çalışmaların çekme testi sonuçları Şekil 6' da verilmiştir. C kodlu çalışma için en yüksek çekme mukavemeti, 900°C/5dak olarak yapılan östenitleştirme işleminden sonra suda soğutma sonucu oluşmuş olan 2059 MPa' dır. En düşük çekme mukavemeti ise 900°C/5dak. Östenitleştirme işleminden sonra havada soğutma sonucu oluşmuş olan 1037 MPa' dır. A kodlu çalışma için en yüksek çekme mukavemeti 860°C/15dak. östenitleştirmeden sonra suda soğutma sonucu oluşmuştur ve değeri 1438 MPa' dır. En düşük çekme mukavemeti ise 900°C/15dak. östenitleştirmeden sonra suda soğutma sonucu oluşmuş olan değeri 1544 MPa' dır. Çekme testi ile sertlik testi sonuçları doğru orantılıdır. Östenitleştirme sıcaklığının artması çekme mukavemetini arttırmış ve 900 °C de en yüksek değerler elde edilmiştir. Soğutma ortamı çekme mukavemetini çok yüksek oranda etkilemiştir.



Şekil 6. Farklı ısı işlemleri görmüş 30MnB5 çeliğinin çekme mukavemeti değerleri

3. SONUÇ

30MnB5 çeliği için yapılan literatürdeki çalışmalar incelendiğinde şu sonuçlar ve öneriler elde edilmiştir;

1. Martenzit oluşumu için en uygun östenitleştirme sıcaklığının 900 °C olduğu bulunmuştur.

2. En iyi sertlik sonucuna, C kodlu çalışmada 900 °C de 5 dak. östenitleştirmeden sonra suda soğutma sonucunda 59,2 HRC ile ulaşıldığı, En iyi çekme mukavemetine sertlikte olduğu gibi C kodlu çalışmada 900 °C

de 5 dak. östenitleştirme arkasından suda soğutma sonucunda 2059 MPa ile ulaşılabilir. Çalışmalardaki sertlik değerleri ve mikroyapı görüntüleri incelendiğinde östenitleştirme sıcaklığı için en uygun sıcaklık 900 °C' dir. 900 °C' nin üzerinde bir sıcaklık seçmek maliyet ve zaman kaybına sebep olurken, aynı zamanda soğutma süresini de uzamaktadır. Soğuma süresi uzarsa martenzit oluşumu düşmektedir. 900 °C' nin altında bir sıcaklık seçmek ise tam anlamıyla östenit fazına geçişin gerçekleşmesini engellemektedir.

3. Östenitleştirme süresi ise 5 - 20 dak. arasında değişmektedir. Bu süredeki değişim parçanın boyutuna göre olmaktadır. İşletmelerde tarım aletlerinin parça kalınlıkları az olmadığı için 5 dak. östenitleştirme süresi nadiren tercih edilmektedir. 20 dak' nın üzerinde olması, zaman ve maliyet kaybına yol açmaktadır. 5 dak' nın altında olması halinde ise östenit fazına geçişin tam anlamıyla tamamlanmamasına sebep olmaktadır. Bu durumda soğutma sırasında martenzit dışında farklı kırılğan yapılarda oluşabilmektedir.

4. İncelenen çalışmalara göre soğutma ortamı için de kalıp içinde su verme, kalıp dışında su ortamında veya yağ ortamında soğutma işlemi en uygun işlemlerdir. Sertlik değerinin yüksek olması istenmesi durumunda su ortamında soğutma tercih edilmelidir. Sertliğin 50 - 54 HRC aralığında olması istenmesi durumunda en uygun yağ ortamı veya kalıp içi su vermedir. Kalıp içi veya yağ ortamında soğutma sertlik değeri bakımından su ortamında soğutmaya göre daha düşük olduğu için menevişleme işleminde ve sonucunda istenilen sertlik değer aralığına kolaylıkla ulaşılabilir. 54 HRC

REFERANSLAR

1. Yıldız, S. 1990. Bazı toprak işleme aletlerinin işleyici organlarında uygulanan ısıtma işlemleri ve uygun ısıtma işlemlerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
2. Natsis A., Papadakis G., and Pitsilis J., "The influence of soil type, soil water and share sharpness of a mouldboard plough on energy consumption, rate of work and tillage quality," J. Agric. Eng. Res., 72(2), 171 – 176(1999).
3. Yazıcı, A., Zeybek, M. S., Güler, H., Koç, M., & Pekýtkan, F. G. (2017). Effect of Carbonitriding on Corrosion Resistance of Steel 30MnB5 in Two Acidic Environments. *Metal Science and Heat Treatment*, 59(3), 190-193.
4. Foley A. G., Lawton P. J., Barker A. W., and Mclees V. A., "The use of alumina ceramic to reduce wear of soil-engaging components," J. Agric. Eng. Res., 30, 37 – 46 (1984).
5. Yazıcı A., "Investigation of the wear behavior of martempered 30MnB5 steel for soil tillage," TASABE, 55(1), 15 – 20 (2012).
6. <https://www.unluziraat.com.tr/Doner-Kulakli-Pulluk> (Erişim Tarihi: 15.03.2021).
7. <https://www.matristarim.com.tr/Flora-yayli-kaz-ayagi> (Erişim Tarihi: 15.03.2021).
8. Yazıcı, A. "Wear behavior of carbonitride-treated ploughshares produced from 30MnB5 steel for soil tillage applications." *Metal science and heat treatment* 53.5 (2011): 248-253.
9. Çarboğa, C. , Kurt, B. & Dal, S. (2016). 1560 ppm Bor İlave Edilmiş AISI 1020 Çeliğine Isıl İşlem Yöntemlerinin Etkisi . Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (2), 124-129. DOI: 10.17100/nevbiltek.284736
10. Topbaş M. A., Isıl İşlemler, İstanbul, 1993
11. Wittek A., 2015. Influence of Production Process and Material Factors on Fatigue Strength of Tubular Stabilizer Bar. Archives of Metallurgy and Materials.
12. Jaason, K., 2016. Predictive tools for the isothermal hardening of strip steel parts in molten salt. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 2016, 65, 2, 152–158.
13. Ş.Güleç ve A.Aran, „Malzeme Bilgisi“, (H-J. Bargel ve G.Schulze‘den çeviri), 2.baskı, 190 sayfa, 252 Şekil, İ.T.Ü. Yayını, 1993.
14. Güler, H., Ertan, R., 2013. Characteristics Of 30mnB5 Boron Steel At Elevated Temperatures. Materials Science & Engineering A578 (2013)417–421.

15. Kayral S, 2014. Isıl İşlem Görmüş 30mnB5 Çeliğinin Mekanik Özelliklerinin ve Çentik Darbe Geçiş Sıcaklığının İncelenmesi. Nwsa-Technological Applied Sciences, 2a0088, 9, (4), 43-50.
16. Yan-hong MU, 2018. Influences of hot stamping parameters on mechanical properties and microstructure of 30MnB5 and 22MnB5 quenched in flat die. J. Cent. South Univ. (2018) 25: 736–746
17. Bozkurt F., 2020. Tarımsal Uygulamalarda Borlu Çeliğin Kullanım Potansiyelinin Tribolojik ve Mekanik Özellikler Bakımından İncelenmesi. Politeknik Dergisi. <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>.
18. Sertlik Deney Föyü https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14_14_00_f11ab.pdf (Erişim Tarihi: 15.03.2021).
19. Sertlik Dönüşüm Tablosu <http://atgdemircelik.com/sertlik-donusum-tablosu-s31.html> (Erişim Tarihi: 10.03.2021).
20. Demirci A. H., Mühendislik malzemeleri, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği, 2004, s32.

Bölüm 8

ANTİK KENTLERDEKİ ZİYARETÇİ DAĞILIMININ COĞRAFI ETİKETLİ SOSYAL MEDYA VERİLERİNE DAYALI OLARAK ANALİZİ VE HARİTALANMASI: PERGE ANTİK KENTİ ÖRNEĞİ

Ahmet USLU¹

¹ * Bu çalışma, 27-28 Mayıs 2021 tarihlerinde online olarak gerçekleştirilen 2.Uluslararası Şişli Bilim Kongresi'nde sunulan ve kısa özet olarak basılan bildirinin genişletilmiş halidir.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, e-mail: ahmet.uslu1@dpu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8745-423X

1. GİRİŞ

Turizm, doğru yönetim ve planlama gerektiren büyüyen bir endüstridir (Vaziri vd., 2020). Sürdürülebilir bir turizm endüstrisi için ziyaretçi davranışlarının ve hareket kalıplarının analizi oldukça önemlidir (Salas-Olmedo vd., 2018; Vaziri vd., 2020). Turistik destinasyonların izlenmesi, ziyaretçi taşıma kapasitelerinin ölçülmesi ve koruma planlarının geliştirilmesi amacıyla ziyaretçilerin zamansal ve mekânsal dağılımına ilişkin verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Mou vd., 2020). Turistik destinasyonlarda ziyaretçilerin zamansal-mekânsal davranış modelleri ve tercihleri hakkında güncel bilgiler edinmek için anketler, mülakatlar, küresel konumla sistemi (GPS) teknolojileri veya sayaçlar gibi geleneksel araçları kullanmak çoğu zaman meşakkatli, zaman alıcı ve maliyetlidir (Wood vd., 2013). Bu zorlukların üstesinden gelmek için konum tabanlı sosyal ağ platformları (Flickr, Twitter ve Instagram), ziyaretçi davranışı ve aktivitesini analiz etmek için coğrafi referanslı görüntüler ve meta verilerden oluşan ücretsiz dijital ayak izleri sağlamaktadır (Bustamante vd., 2019; Sugimoto vd., 2019; Barros vd., 2020). Zaman ve konum bilgilerinin (enlem ve boylam koordinatları) etiketli olduğu bu dijital ayak izleri, kullanıcının zamansal-mekânsal hareket yörüngelerinin çıkarılmasına imkân sağlamaktadır (Marti vd., 2020).

Flickr, dünya çapında önde gelen fotoğraf paylaşım platformlarından biridir ve muazzam veri potansiyeli sayesinde kapsamlı çalışmalar için araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Uslu (2021), araştırmasında Beydağları Sahil Milli Parkı'na yapılan ziyaretlerin zamansal ve mekânsal davranış modellerini değerlendirmek amacıyla Flickr'da paylaşılan coğrafi etiketli fotoğrafların kullanım potansiyeli araştırmıştır. Araştırmanın sonuçları olarak, Flickr'da paylaşılan fotoğrafların korunan alanların özelliklerini analiz etmek, zamansal-mekânsal yönlerini değerlendirmek için faydalı bir veri kaynağı olduğunu ve gelecekteki pek çok araştırma için yeni fırsatlar sunduğu belirtilmiştir. Barros vd. (2020), ulusal parkları ziyarete gelen turistlerin davranışlarını analiz etmek için Flickr'da paylaşılan coğrafi etiketli verilerin potansiyelini araştırmışlardır. Eşsiz manzarası ve özellikleri ile İspanya'da en çok ziyaret edilen Teide Milli Parkı, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Flickr'da 2010 ve 2016 tarihleri arasında paylaşılan 12949 adet coğrafi etiketli fotoğrafı kullanarak CBS ortamında ziyaretçilerin mekânsal dağılımını ve en çok ziyaret edilen ilgi çekici noktaları belirlemişlerdir. Runge vd. (2020), sosyal medya verilerini Kuzey Kutbu turizm ayak izinin mekânsal genişlemesini ölçmek için kullanmışlardır. Bu kapsamda Flickr'daki 800,000'den fazla fotoğraftan coğrafi etiketli yerleri çıkartıp ve bunları mekân-zaman boyunca haritalamışlardır. Çalışmanın sonuçları yaz turizmi ayak izinin dört katına çıktığı ve kış turizminin 2006-2016 yılları arasında %600'ün üzerinde

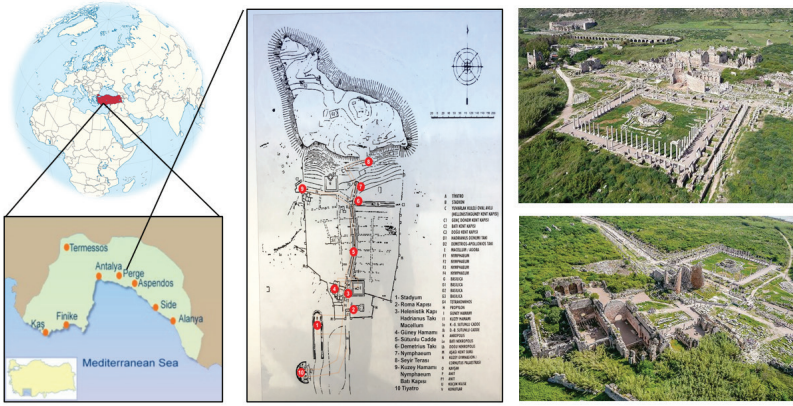
arttığını göstermiştir. Turizm ayak izindeki bu hızlı artış, turizmin Arktik ekosistemler ve topluluklar üzerindeki etkisi ve sürdürülebilirliği ile ilgili endişeleri arttırdığı belirtilmiştir. Domènech vd. (2020), çalışmalarında, Dünya Mirası Şehri Toledo'nun (İspanya) tarihi merkezinde bireysel ziyaretçilerin mekânsal-zamansal yörüngelerini, ziyaretçiler tarafından çekilen binlerce coğrafi etiketli Flickr fotoğrafını kullanılarak kentsel ağ ile birlikte yapılandırmışlardır. Gelişmiş CBS tekniklerini kullanarak bir yörünge yeniden yapılandırma süreci uygulamışlardır. Mekânsal davranış, şehrin resmi turist haritasında sunulan turistik yerleri sınıflandırmak ve arazi kullanımlarıyla olan ilişkiyi tanımlamak için kullanılmıştır. Bulgular, turistik cazibe merkezlerinin, karma ticari ve rekreasyonel kullanımların konumunun ziyaretçinin mekânsal davranışını nasıl şekillendirdiğini göstermiştir.

Bu çalışmada, coğrafi etiketli Flickr fotoğraflarına dayalı olarak ziyaretçilerin zamansal-mekânsal davranış kalıplarının analizi ve ziyaretçilerin ziyaretleri boyunca en çok ilgilendikleri popüler yerlerin keşfi amacıyla bir yaklaşım sunulmuştur. Çalışmada önerilen yaklaşım Antalya ili, Aksu ilçesinde yer alan Perge Antik Kenti'ne uygulanmıştır. Coğrafi etiketli fotoğraf verilerinden oluşturulan grafikler, tablolar ve yoğunluk haritaları ile ziyaretçi davranışının ayrıntılı analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma dört bölüm halinde düzenlenmiştir. Giriş bölümünün ardından 2. Bölüm, analiz için kullanılan veri kaynaklarını ve çalışmada kullanılan yöntemi içermektedir. 3. Bölüm, bulguları ve son olarak 4. Bölüm çalışmanın sonuçlarını ve önerileri kapsamaktadır.

MATERYAL ve METOT

Çalışma Alanı ve Çalışmanın Materyalleri

2009 senesinde UNESCO Geçici Miras Listesi'ne alınan Perge Antik Kenti, Antalya ilinin Aksu ilçesinde yer almaktadır. Roma Dönemi'nde Anadolu'nun en düzenli kentlerinden biri olan Perge, mimarisi ve mermer heykeltıraşlığı ile öne çıkmıştır. Perge Antik Kenti Tiyatro, Stadyum, Roma kapısı, Macellum, Güney Hamamı ve Sütunlu Cadde gibi görkemli yapıları ile “Metropolit Kent” kimliğini kazanmıştır. Şekil 1'de Perge Antik Kenti ve coğrafi konumu gösterilmiştir.

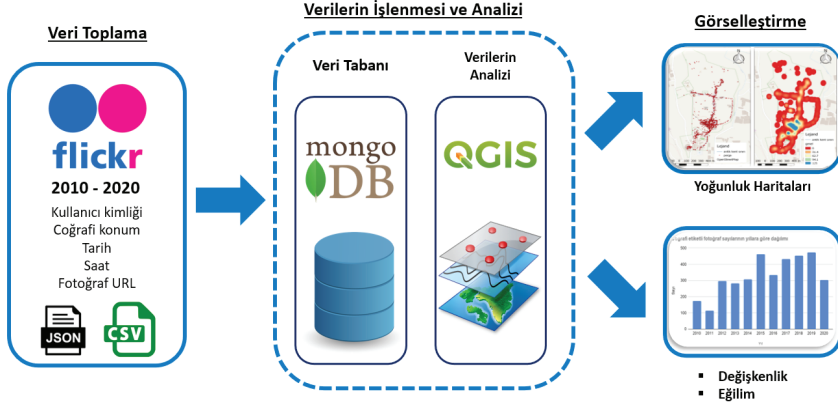


Şekil 1. Perge Antik Kenti ve coğrafi konumu (URL-1)

Çalışmada veri kaynağı olarak, zengin fotoğraf koleksiyonuna sahip olması ve daha önce pek çok araştırmada veri kaynağı olarak kullanılması itibariyle Flickr platformu seçilmiştir. 2004 yılında kurulan Flickr, kullanıcıların fotoğraflarını ve videolarını çevrimiçi paylaştıkları bir sosyal ağ sitesidir (URL-2). Flickr tarafından araştırmacılara sağlanan Uygulama Programlama Arayüzü (API) sayesinde Perge Antik Kenti'ndeki coğrafi etiketli fotoğraflar ve bu fotoğraflara ait meta veriler, Python (URL-3) komut dosyası kullanılarak indirilmiştir. Ticari amaçlı kullanım olmadığı sürece API, fotoğraflara ücretsiz erişim imkânı sunmaktadır. Coğrafi etiketli fotoğraf verilerinden oluşturulan tablolar, grafikler ve yoğunluk haritaları ile ziyaretçi davranışının ayrıntılı analizi QGIS yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Yöntem

Bu çalışmada, coğrafi etiketli Flickr fotoğraflarına dayalı olarak Perge Antik Kenti'ndeki ziyaretçilerin mekânsal-zamansal davranış modellerinin analizi ve ziyaretçilerin ziyaretleri boyunca en çok ilgilendikleri popüler yerlerin keşfi amacıyla bir yöntem sunulmuştur. Yöntem python tabanlı API'ler (Uygulama Programlama Arayüzü) kullanılarak coğrafi etiketli verilerin toplanması, verilerin zamansal-mekânsal analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında haritalanması aşamalarını içermektedir. Şekil 2'de çalışmanın yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2. Çalışmanın Yöntemi (Uslu, 2021)

Perge Antik Kenti'ndeki ziyaretçi yoğunluğunun zamansal analizi için coğrafi etiketli fotoğrafların meta veri kaydında yer alan zaman bilgisi kullanılmıştır. Zamansal analiz sonuçları tablolar ve grafikler şeklinde görselleştirilmiştir. Ziyaretçi yoğunluğunun mekânsal yapısını modellemek için çekirdek yoğunluğu tahminini (KDE) ve açık kaynak kodlu QGIS yazılımı kullanılmıştır. KDE, tanımlanan bir yarıçapa sahip çember içerisinde kalan noktasal verilerin yoğunluğunu tahmin eden bir mekânsal analiz tekniğidir (Borruso, 2008). Coğrafi etiketli sosyal medya verileri ile KDE tekniği kullanılarak korunan alanlarda ziyaretçilerin mekânsal modellerinin analizi gerçekleştirilmiştir (Uslu, 2021). Mekânsal analiz sonuçları yoğunluk haritaları şeklinde görselleştirilmiştir.

Veri Toplama ve Hazırlama

Flickr API, fotoğrafları coğrafi konumlarına göre sorgulamaya izin vermektedir. Dikdörtgen sınırlayıcı kutu veya merkez ve yarıçap şeklinde belirli bir konum içinde çekilen fotoğraflar elde edilebilir. Coğrafi etiketli fotoğraflar ve bu fotoğraflara ait meta veri kaydı, çalışma alanını kapsayan dikdörtgen sınırlayıcı kutu baz alınarak python tabanlı Flickr API aracılığıyla JSON (JavaScript Object Notation) uzantısında bir dosya olarak indirilmiştir. Meta veri kaydının içeriği kullanıcı ve fotoğraf kimliği, fotoğrafın çekim zamanı, tarihi, lokasyonu (enlem ve boylam) ve fotoğraf URL adresi gibi özelliklerden oluşmaktadır. Ayrıntılı zamansal ve mekânsal analiz işlemleri için veri seti, CSV (Virgülle Ayrılmış Değerler) formatında bir dosya olarak ilişkisel bir veritabanında saklanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

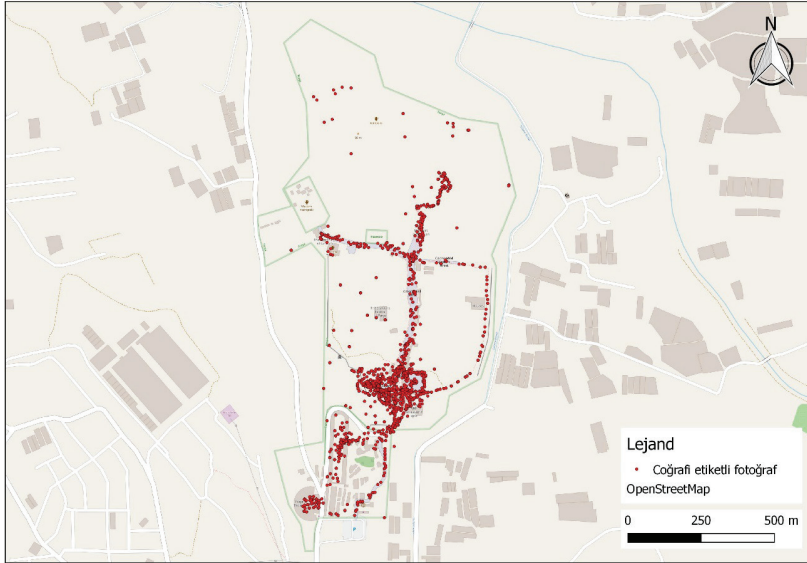
Ziyaretçi Verileri ve Mekânsal Dağılımı

Çalışmanın veri seti 1 Ocak 2010 - 31 Aralık 2020 tarihleri aralığını kapsamaktadır. Perge Antik Kenti'nde 2010 yılı öncesi paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayısının az olması, akıllı telefon ve mobil internet kullanımının henüz yaygınlaşmamış olmasından dolayı 2005 – 2010 yılları arasına ait veriler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Çalışmanın veri seti hakkındaki tanımlayıcı bilgiler Çizelge 1'de açıklanmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan veri seti

Kategori	Açıklama
Çalışma alanı	Perge Antik Kenti
Tarih aralığı	1 Ocak 2010 - 31 Aralık 2020
Toplam kullanıcı	812
Toplam coğrafi etiketli fotoğraf sayısı	3610

Zamansal-mekânsal yoğunluk haritaları oluşturmak ve görselleştirmek amacıyla coğrafi etiketli fotoğraflar, QGIS yazılımında vektörel veri modeline dönüştürülmüştür. Şekil 3'te Perge Antik Kenti sınırları içinde 2010 - 2020 yılları arasında ziyaretçiler tarafından paylaşılan coğrafi etiketli fotoğrafların noktasal olarak dağılımı gösterilmektedir.

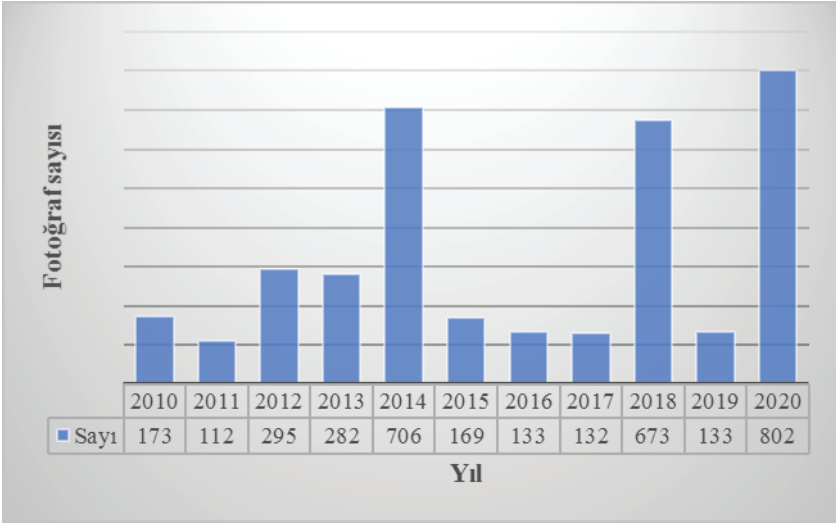


Şekil 3. Coğrafi etiketli fotoğrafların noktasal dağılımı

Zamansal Analiz

Perge Antik Kenti'ne yapılan ziyaretlerin zamansal modelleri hakkında ayrıntılı bilgi edinmek amacıyla coğrafi etiketli fotoğrafların yıllık, aylık, haftalık, günlük ve mevsimsel bazda analizleri gerçekleştirilmiştir. Zamansal analiz için fotoğrafların meta veri kaydında bulunan tarih ve çekim saati bilgileri kullanılmıştır.

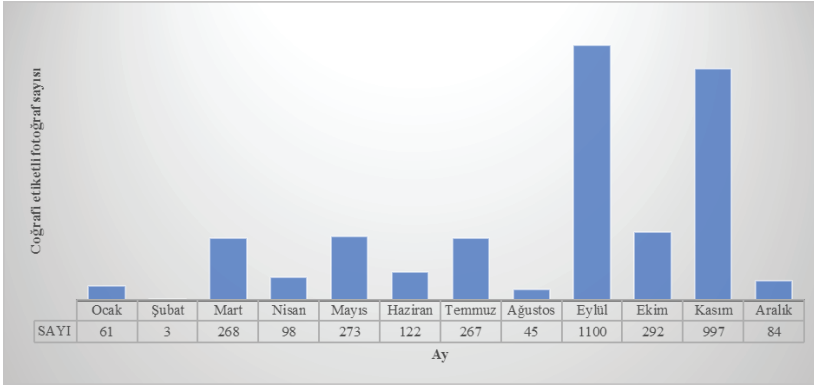
Yıllık modeller, 2010 ve 2020 yılları arasında gerçekleştirilen fotoğraf paylaşımlarının yıllara göre dağılımını içermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. 2010 – 2020 yılları arasında Perge Antik Kentinde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının yıllara göre dağılımı

Şekil 4 incelendiğinde en fazla fotoğraf paylaşımının 802 adet fotoğraf ile 2020 yılında, en az fotoğraf paylaşımının ise 112 adet fotoğraf ile 2011 yılında gerçekleştiği görülmüştür. Koronavirüs (COVID-19) Pandemisi sürecinde ülkeler tarafından tedbir niteliğinde kararlar, seyahat kısıtlamaları, karantina uygulamaları, iptal edilen etkinlikler ve organizasyonlar turizm sektörünü doğrudan olumsuz etkilemiştir. Ancak buna rağmen 2020 yılında en fazla fotoğraf paylaşımının yapılması şaşırtıcı bir durumdur.

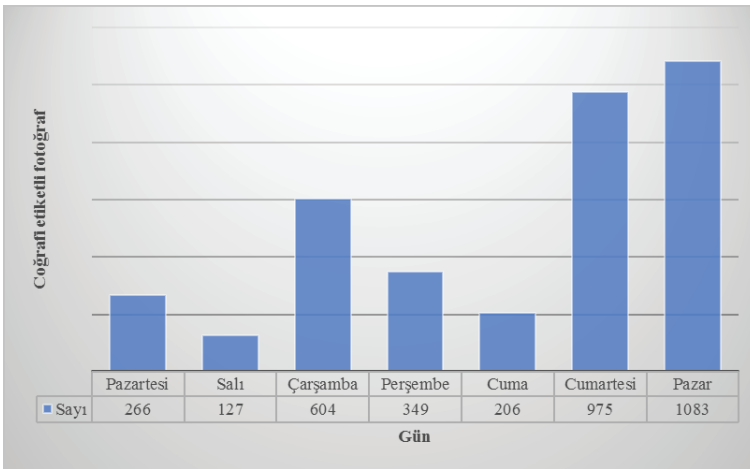
Aylık bazda modeller, 2010 - 2020 yılları arasında gerçekleştirilen fotoğraf paylaşım sayılarının aylık bazda dağılımını kapsamaktadır.



Şekil 5. Perge Antik Kentinde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının aylık bazda dağılımı

Şekil 5'e göre en fazla fotoğraf paylaşımı Eylül ayında, en az fotoğraf paylaşımı ise Şubat ayında yapılmıştır. Barros vd. (2020), çalışmalarında en yoğun ziyaretlerin yaz tatiline bağlı olarak Ağustos ayında, en az ziyaretlerin ise Ocak ayında gerçekleştirildiğini belirtmişlerdir. Uslu (2021), araştırmasında ise en yoğun ziyaretlerin Ağustos ayında, en az ziyaretlerin ise Şubat ayında gerçekleştirildiğini tespit etmiştir. Araştırmalarda sıcaklığın ziyaretçi davranışlarını etkileyen önemli faktör olduğu belirtilmiştir. Araştırmaların aylık bazda gerçekleştirilen ziyaret analizi sonuçları bu çalışmanın aylık bazda ziyaret modeli sonuçları ile kısmen benzerlik göstermektedir.

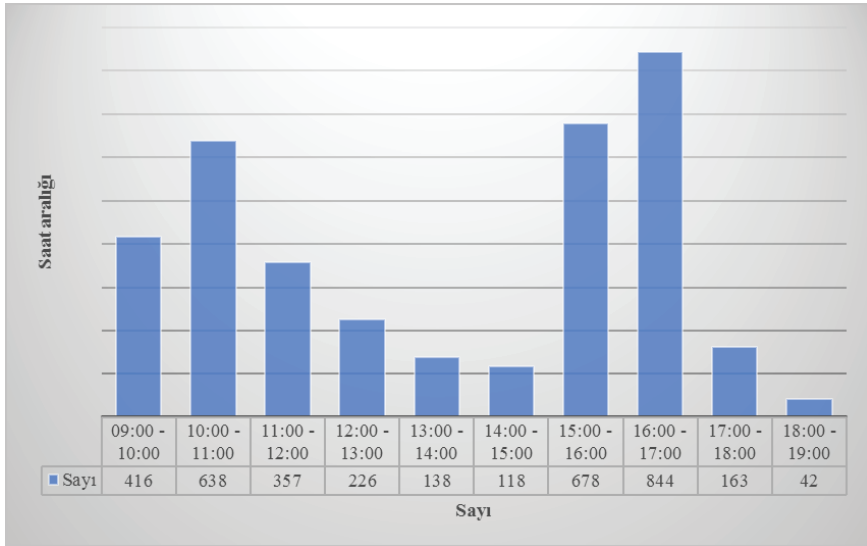
Haftalık modeller, Perge Antik Kenti'nde hafta içi ve hafta sonu yapılan fotoğraf paylaşımlarının dağılımını ve antik kentin kullanım durumunu göstermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Perge Antik Kenti'nde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının haftanın günlerine göre dağılımı

Şekil 6 'ya göre günlük modeller, Cumartesi ve Pazar günlerinin tatil olmasına bağlı olarak daha fazla fotoğraf paylaşımının yapıldığını göstermiştir. Bununla birlikte diğer günler normal davranış göstermektedir. Hafta içi insanların çalışması ve iş yerinde bulunması nedeniyle bu günlerde paylaşım sayıları nispeten düşük ve neredeyse benzerdir. Barros vd. (2019) ve Uslu (2021), araştırmalarında ziyaretlerin Cumartesi ve Pazar günlerinde yoğunlaştığını tespit etmişlerdir. Araştırmaların günlük bazda analiz sonuçları bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Günlük ziyaretçi analizindeki dağılım ve kırılگانlık, hava durumu, kapalı yollar, resmi tatiller ve yaz tatillerine göre değışkenlik gösterebilir.

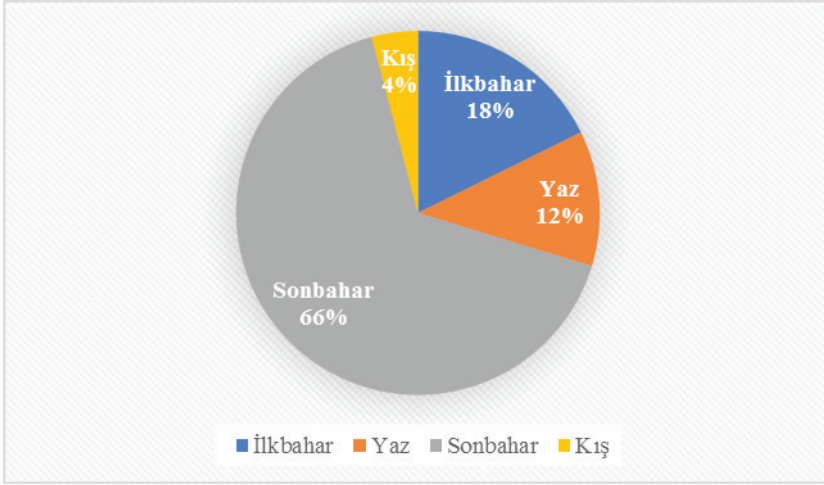
Günlük modeller, Perge Antik Kenti'nde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının gün içindeki saatlik bazda dağılımını göstermektedir. Perge Antik Kenti'nin ziyaret saatlerine bağlı olarak sabah 09:00 ile akşam 19:00 saatleri arasında ziyaretçilerin fotoğraf paylaşım davranış gözlemlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Perge Antik Kenti'nde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının günlük saat dilimlerine göre dağılımı

Şekil 7 incelendiğinde en fazla paylaşım 16:00-17:00 saatleri aralığında en az paylaşımın ise 18:00-19:00 saatleri aralığında yapıldığı görülmüştür. Barros vd. (2020), araştırmalarında 11:00-15:00 saatleri aralığında ziyaretlerin yoğunlaştığını, akşam saatlerinde ise yoğunluğun azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların sonuçları bu çalışmanın sonuçları ile farklılık göstermektedir.

Mevsimsel faktörler ve iklim koşulları antik kentlerin işlevselliğini etkileyebilir. İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için Perge Antik Kenti'ne yapılan ziyaretlerin mevsimsel değişimi incelenmiştir (Şekil 8).



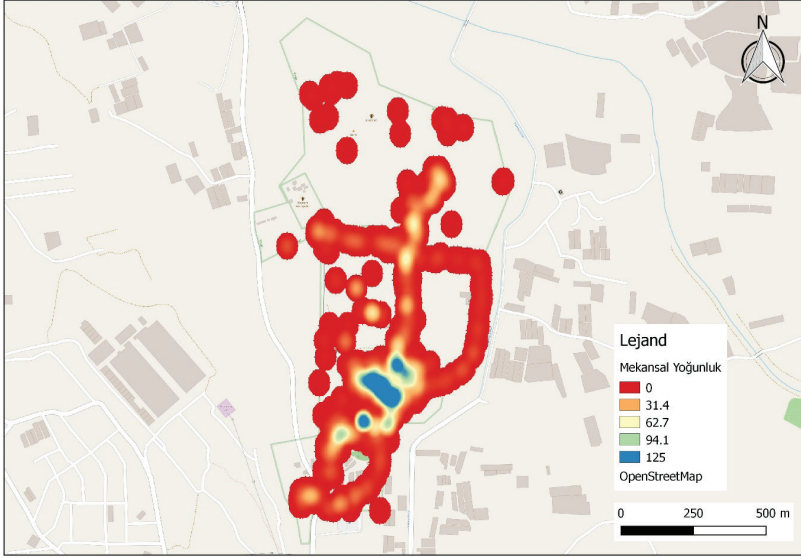
Şekil 8. Perge Antik Kenti'nde paylaşılan Coğrafi etiketli fotoğrafların mevsimlere göre dağılımı

Şekil 8'deki mevsimsel dağılım grafiği, sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde daha fazla fotoğraf paylaşımının yapıldığını göstermiştir. Kış mevsiminde yapılan fotoğraf paylaşım sayısı ise oldukça düşüktür. Ullah vd. (2019) ve. Uslu (2021), araştırmalarında korunan alanlara yapılan ziyaretlerin yaz tatili dolayısıyla yaz mevsiminde yüksek yoğunlukta, kış mevsimi süresince olumsuz hava koşulları nedeniyle ziyaretlerin düşük yoğunlukta olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar korunan alanlara yönelik gerçekleştirilen ziyaretlerdeki mevsimsel değişkenliği açıklamak için hava koşullarını önemli bir faktör olarak belirtmişlerdir. Araştırmanın mevsimsel analiz sonuçları, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile kısmen benzerlik göstermektedir.

Mekânsal Analiz

Bu analizde, KDE yöntemi kullanılarak Perge Antik Kenti sınırları içerisinde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğrafların mekânsal analizi araştırılmıştır. Fotoğrafların konumunu ifade eden enlem ve boylam değerleri ile ziyaretçilerin günlük ve mevsimsel dönemlerde davranış kalıpları CBS ortamında haritalanmış ve karşılaştırılmıştır. Haritalarda mavi renkteki alanlar daha yüksek insan yoğunluğunu, aktivite sıklığını ve sosyal medya kullanım yoğunluğunu göstermektedir. Analiz sonuçları mekânsal açıdan İhlara Vadisi'nin dinamiğini ortaya koymuştur. Şekil 9'da Flickr Platformunda 2010 – 2020 yılları arasında paylaşılan coğrafi

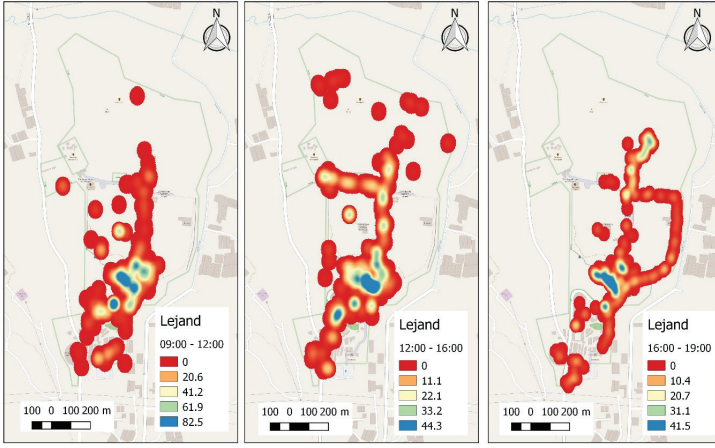
etiketli fotoğraflara dayalı olarak Perge Antik kentindeki ziyaretçilerin mekânsal yoğunluğu gösterilmiştir.



Şekil 9. Perge Antik Kenti'ndeki 2010 - 2020 yılları arası coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu

Analiz sonuçları mekânsal açıdan Perge Antik Kenti'nin dinamiğini ortaya çıkarmıştır. Güney Hamamı, Roma Kapısı ve Macellum yapılarının ziyaretçi faaliyetlerinin merkezini oluşturduğu görülmüştür.

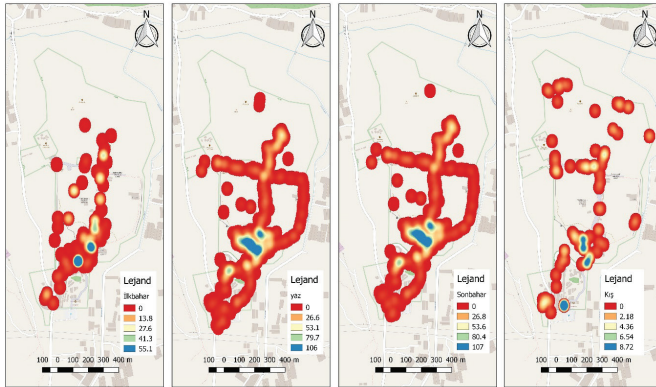
Günün farklı saatlerinde ziyaretçilerin vadi içerisindeki davranışlarını gözlemlemek amacıyla, 09:00-12:00, 12:00-16:00 ve 16:00-19:00 saat dilimleri aralığında mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 10 günün farklı saatlerine göre Perge Antik Kenti'nin zamansal-mekânsal dinamiklerini ortaya koymaktadır.



Şekil 10. Perge Antik Kenti'nde günün farklı saatleri için coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu

Analiz sonuçları hem mekân hem de saat dilimi yönünden antik kentin dinamiğini ortaya çıkarmıştır. 09:00-12:00 aralığında Roma Kapısı, Helenistik Kapı ve Sütunlu Cadde; 12:00-16:00 aralığında Stadyum, Roma Kapısı ve Sütunlu Cadde; 16:00-19:00 aralığında ise Roma Kapısı, Helenistik Kapı, Sütunlu Cadde ve Güney Hamamı en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğunu içeren mekanlar olarak görülmüştür.

Ziyaretçilerin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemleri için davranışlarını incelemek amacıyla mevsimsel bazda mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 11'de mevsimsel dönemlere ilişkin mekânsal analiz sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 11. Perge Antik Kenti'nde mevsimlere göre coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu

Analiz sonuçları hem mekân hem de mevsimsel yönden antik kentin dinamiğini ortaya çıkarmıştır. İlkbahar mevsiminde Roma Kapısı ve Helenistik Kapı; Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde Helenistik Kapı, Macellum ve Güney Hamamı; Kış mevsiminde ise Tiyatro, Helenistik Kapı ve Macellum en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğunu içeren mekanlar olarak görülmüştür.

Yoğunluk haritaları incelendiğinde, ziyaretçilerin mekânsal tercihlerinin ilgili yerler etrafında kümelenmesini tetikleyen çeşitli faktörlerin olduğu tahmin edilmiştir. Perge Antik Kenti'nin tarihi, sanatsal ve kültürel dokusunu bir arada deneyimlemek ve fotoğraflamak isteyen gününbirlik ziyaretçiler tarafından tercih edildiği düşünülmektedir. Mevsimlere bağlı olarak hava durumunun, ziyaretçilerin mekânsal tercihleri ve davranış modelleri üzerinde etkisi olduğu söylenebilir. Barros vd. (2020) ve Uslu (2021), araştırmalarında korunan alanlara gerçekleştirilen ziyaretlerin yaz mevsiminde tatil olması dolayısıyla yoğunlaştığını, kış mevsiminde yaşanan sert iklim nedeniyle korunan alanlara gerçekleştirilen ziyaretlerin nispeten düşük yoğunlukta olduğunu, bununla birlikte araştırmacılar, ziyaretlerdeki mevsimsel değişkenliği ve kırılganlığı açıklamak için sıcaklığın önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmaların mevsimsel bazda gerçekleştirilen analizlere ilişkin sonuçları, bu çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bulgular, sosyal medya verilerinin antik kentlerdeki ziyaretçi faaliyetlerini değerlendirmek için temsili bir veri kaynağı olarak geleneksel anketlerin yerine kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte günümüzde insanlar antik kentlerde konum tabanlı sosyal medya uygulamaları aracılığıyla veri olarak kullanılabilecek dijital ayak izleri bırakmaktadır. Sosyal medyadan alınan kitle kaynaklı ve yüksek çözünürlüklü bilgiler, turistler tarafından geniş alanlarda ve zaman içinde ziyaret edilen birden çok destinasyonun haritalarını hızla oluşturmak için kullanılabilir.

Bu çalışma, coğrafi etiketli sosyal medya verileri aracılığıyla antik kentlerde ziyaretçilerin zamansal-mekânsal davranış kalıplarının modellenmesi ve CBS ortamında haritalanması üzerine çalışan araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte, antik kentlerde etkili planlama ve sürdürülebilir turizm yönetimi kapsamında rehber oluşturabilecek yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Tüm veri kaynaklarında olduğu gibi sosyal medya platformlarının da sınırlamaları mevcuttur. Fotoğraf ve video paylaşım hizmetleri sunan Facebook ve Instagram platformları, gizlilik politikaları gereği 2019 yılı itibarıyla veri paylaşımını durdurmuştur. Bu

bağlamda, çalışmanın sınırlılıklarından birisi popüler diğer sosyal medya platformlarından coğrafi etiketli fotoğraflara ilişkin meta verilerin elde edilememiş olmasıdır. Diğer sınırlılık, sosyal medyanın tüm antik kent ziyaretçilerini temsil etmeyebileceğidir.

Çalışma, konum tabanlı sosyal ağ platformlarında paylaşılan coğrafi etiketli fotoğrafların, turistlerin mekânsal-zamansal hareketi ve ilgi çekici turistik noktalardaki ziyaret davranışları hakkında anlamlı bilgiler çıkarmak için kullanımının uygunluğunu ortaya koymuştur. Ayrıca çalışma, turist davranışını daha iyi anlamak, sürdürülebilir turizm endüstrileri geliştirmek ve turistik destinasyonların ihtiyaçlarını doğru bir şekilde ele almak için turizm araştırmacılarına büyük katkılar sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, antik kentlerde ziyaretçi dağılımını izlemek için büyük veri kaynaklarının potansiyelini ve gelecekteki çok disiplinli araştırmalar için eşsiz fırsatlar sunduğunu göstermektedir.

Çalışmada tanımlanan yaklaşım, Twitter, Foursquare Swarm ve Weibo sosyal ağ uygulamalarından elde edilen konum tabanlı veriler kullanarak diğer korunan alanlara da uygulanabilir. Kurumlar ile sosyal medya platformları arasındaki iş birlikleri, antik kentleri ziyaret eden sosyal medya kullanıcılarını, tercihlerini ve ihtiyaçlarını özgürce izlemenin bir yolu olarak, ziyaretçilerin deneyimini ve korunan alan yönetimini geliştirebilecek gerçek zamanlı çözümler geliştirmek için teşvik edilmelidir. Gelecekteki araştırmalar, birden fazla sosyal medya platformundan gelen verilerden yararlanarak veya karma yöntem yaklaşımları kullanarak araştırmaların sınırlılıkları en aza indirebilir. Ayrıca, bilimsel literatürde sosyal medya kullanımının giderek yaygınlaşmasıyla birlikte, ortak metodolojik uygulamalar ve raporlama standartları daha tutarlı, güvenilir ve şeffaf bir bilgi birikimine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Barros, C., Moya-Gómez, B., & Gutiérrez, J. (2020). Using geotagged photographs and GPS tracks from social networks to analyse visitor behaviour in national parks. *Current Issues in Tourism*, 23(10), 1291-1310.
- Borruso, G. (2008). Network density estimation: a GIS approach for analysing point patterns in a network space. *Transactions in GIS*, 12(3), 377-402.
- Bustamante, A., Sebastia, L., & Onaindia, E. (2019). Can Tourist Attractions Boost Other Activities Around? A Data Analysis through Social Networks. *Sensors*, 19(11), 2612.
- Domènech, A., Mohino, I., & Moya-Gómez, B. (2020). Using Flickr Geotagged Photos to Estimate Visitor Trajectories in World Heritage Cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11), 646.
- Martí, P., García-Mayor, C., & Serrano-Estrada, L. (2021). Taking the urban tourist activity pulse through digital footprints. *Current Issues in Tourism*, 24(2), 157-176.
- Mou, N., Zheng, Y., Makkonen, T., Yang, T., Tang, J. J., & Song, Y. (2020). Tourists' digital footprint: The spatial patterns of tourist flows in Qingdao, China. *Tourism Management*, 81, 104151.
- Runge, C. A., Daigle, R. M., & Hausner, V. H. (2020). Quantifying tourism booms and the increasing footprint in the Arctic with social media data. *PloS one*, 15(1), e0227189.
- Salas-Olmedo, M. H., Moya-Gómez, B., García-Palomares, J. C., & Gutiérrez, J. (2018). Tourists' digital footprint in cities: Comparing Big Data sources. *Tourism Management*, 66, 13-25.
- Sugimoto, K., Ota, K., & Suzuki, S. (2019). Visitor mobility and spatial structure in a local urban tourism destination: GPS tracking and network analysis. *Sustainability*, 11(3), 919.
- Ullah, H., Wan, W., Ali Haidery, S., Khan, N. U., Ebrahimpour, Z., Luo, T., 2019. Analyzing the spatiotemporal patterns in green spaces for urban studies using location-based social media data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11): 506-525.
- Uslu, A. (2021). Sosyal Medya Verileri Kullanılarak Milli Park Ziyaretlerinin Mekânsal ve Zamansal Değişiminin Modellenmesi: Beydağları Sahil Milli Parkı Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 386-398.
- Vaziri, F., Nanni, M., Matwin, S., & Pedreschi, D. (2020). Discovering tourist attractions of cities using Flickr and OpenStreetMap data. In *Advances in Tourism, Technology and Smart Systems* (pp. 231-241). Springer, Singapore.

Wood, S. A., Guerry, A. D., Silver, J. M., & Lacayo, M. (2013). Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Scientific reports*, 3(1), 1-7.

URL-1: <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/antalya>, Erişim:10.09.2021.

URL-2: <https://www.flickr.com/api>, Erişim:10.09.2021.

URL-3: <https://www.python.org>, Erişim:10.04.2021.

Bölüm 9

MENEKİRSESİ OBRUĞU’NUN (KARAPINAR-KONYA, ORTA ANADOLU) JEOLojİK ÖZELLİKLERİ

Yaşar EREN¹

Şeyda PARLAR²

Berkant COŞKUNER³

1 Prof. Dr.,Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ORCID: ID/0000-0002-7899-8507

2 Dr. Öğr. Üyesi, Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ORCID:ID/0000-0003-1048-0100

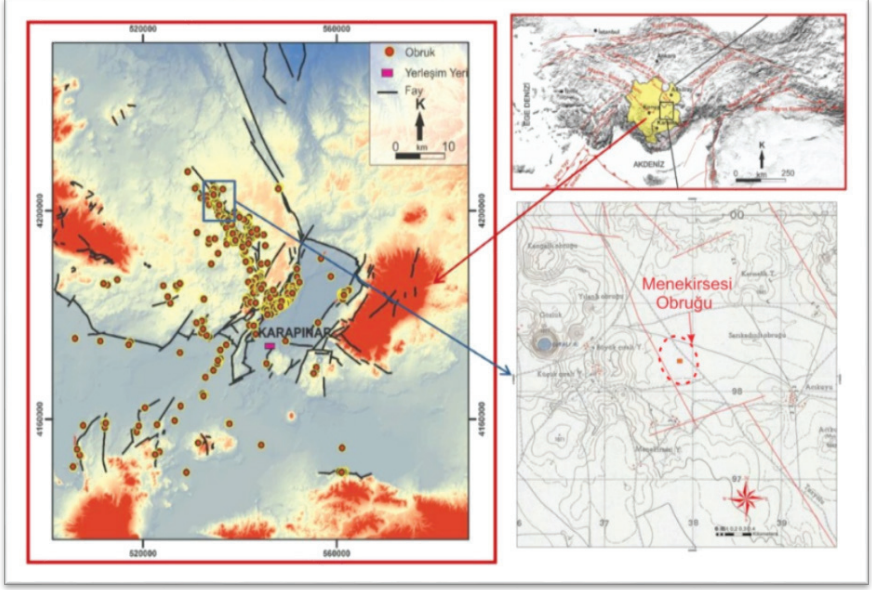
3 Arş. Gör.,Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ORCID: ID/0000-0002-9798-8793

1.Giriş

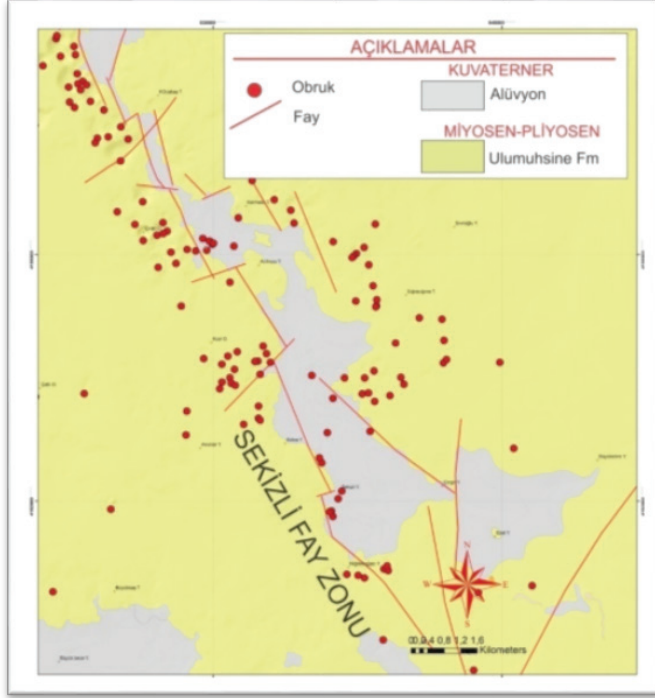
Obruklar, karstik bölgelerde yaygın olarak gözlenen doğal afet oluşturabilecek önemli ve ilginç jeolojik oluşumlardır (Cvijic, 1893; Sweeting, 1972; Roglic, 1972; S`us`ters`ic, 1994; Gams 1994; Sowers, 1996; Beck, 2003; Waltham ve Fookes, 2003; Waltham ve diğ., 2005). Obruk, dolin veya yerel halk arasında opan olarak adlandırılan bu oluşumlar yeraltında kireçtaşı veya evaporitik kayaların yeraltı suyunun etkisi ile eritilmesi ve bu mekanizma ile oluşan boşlukların zaman içinde yüzeye yaklaşması ve üstteki örtü bölümünün çökmesi sonucu oluşan çukurluklardır.

Konya Kapalı Havzası'nda (KKH) yer alan Karapınar (Konya Doğusu) çevresinde her biri doğa harikası olan çok sayıda değişik geometri ve boyutlarda obruklar bulunmaktadır (Şekil 1). Karapınar çevresinde gözlenen obrukların bir kısmı eski, bir kısmı da güncel oluşuklardır. Karapınar'ı da içerisine alan Konya Kapalı Havzası'nda (KKH) obruklar ve oluşumları ile ilgili çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Lahn, 1940; Erinç, 1960; Eroskay, 1976; Eroskay ve Günay, 1980; Güldalı ve Şaroğlu, 1983; Canik ve Çörekçiöğlü, 1985; Erol, 1986, 1987, 1990; Biricik, 1992; Çörekçiöğlü, 1994; Canik, 1997; Canik ve Arıgün, 2001; Karadoğan, 2001; Arslan ve Göçmez, 2007; Doğdu ve diğ., 2007; Gürler ve Timur, 2007; Göçmez ve diğ., 2008a, 2008b; Kara ve diğ., 2008; Ertek, 2009; Törk ve diğ., 2010, 2019; Doğan ve Yılmaz, 2011; Göçmez, 2011, Göçmez ve diğ., 2001, Eren ve diğ., 2020).

Bu çalışmada, Konya ilinin yaklaşık 85 km doğusunda (Şekil 1) yer alan Menekirsesi Yaylası'nın yakın kuzeyinde bulunan oluşum aşamasındaki devasa boyutlu bir obruğun jeolojik ve morfolojik özelliklerinin açıklanması amaçlanmıştır. İlk kez bu çalışmada varlığı ortaya konan ve Menekirsesi Obruğu olarak adlanan oluşum Karapınar'ın 26 km kuzeybatısında bulunmaktadır. Bu çalışmanın konusu olan Menekirsesi Obruğu, Obruk Platosu adı verilen ve yaklaşık 205 adet obruğun bulunduğu bir kesimde yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Eren ve diğ., 2020'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 2. Karapınar kuzeybatısının jeoloji haritası (Törk ve diğ. 2019 dan değiştirilerek) ve obruk lokasyonları (Eren ve diğ., 2020)

2. Jeoloji

Karapınar çevresindeki kayaçlar 4 farklı ana grup altında toplanabilir. Bu topluluklar; Triyas-Kretase yaşlı temel kayaçları, Miyosen-Pliyosen yaşlı gölsel ve karasal kayaçlar, Miyosen-Pleyistosen yaşlı volkanik kayaçlar ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı havza ve alüviyal kayaçlardır.

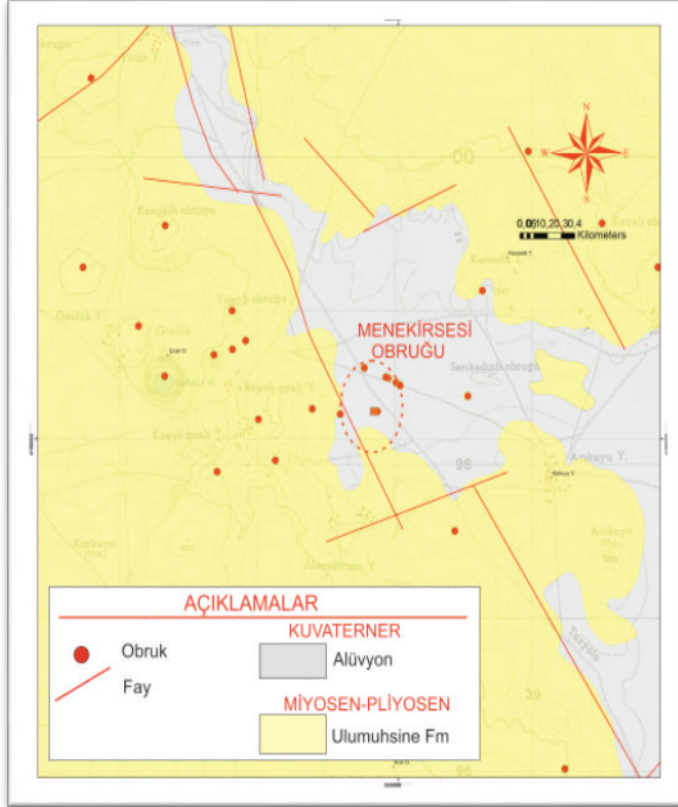
Triyas-Kretase yaşlı temel kayaçları inceleme alanında daha çok yükseltilerde ve diğer kayaçlar arasında farklı boyutlarda gömük tepeler şeklinde yüzlek vermektedir. Kimi kesimlerde faylarla yükseltilmiş bölgelerde mostra veren temel kayaçlarının en yaşlı birimini kuvarsit, mermer, kalkışit fillit aralanması oluşturur. Bu birim altta gri-koyu gri dolomitler, üst kesimlerinde mermer, dolomit ve kristalize kireçtaşı ile uyumlu olarak örtülür. İstif üstte doğru pelajik kireçtaşı ve çört aralanmasına geçiş gösterir. Temel kayaçları serpantin, volkanit, gabro, kristalize kireçtaşı, bloklu kumtaşı ve olistostromdan oluşan ofiyolitik melanj ve Mesozoyik yaşlı ofiyolitler tarafından tektonik olarak üstlenir.

İnceleme alanının ikinci topluluğunu oluşturan Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal gölsel kayaçlar, birbirleriyle yanall ve düşey geçişler sunan alttan üstte doğru kırmızı çakıtaşı-kumtaşı-çamurtaşı aralanması, silisifiye kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı-marn-kireçtaşı-kiltaşı aralanması, ara seviyeler şeklinde, çakıtaşı ve kiltaşı-çamurtaşı aralanması, ignimbirit-tüf aralanması ile gölsel kireçtaşı ve en üstte çakıtaşı, kumtaşı, kiltaşı, çamurtaşı gölsel kireçtaşlarından oluşur.

Yörenin üçüncü topluluğunu oluşturan Miyosen-Pleyistosen yaşlı volkanik Adakale andezitleri, Karacadağ volkanitleri ve Karapınar volkanitlerinden oluşmaktadır. Karapınar volkanitleri maar piroklastikleri, bazalt ve cürüflardan oluşur. Alanın en genç topluluğu olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüviyal kayaçlar yer yer tutturulmuş kırıntılı kayaçlar ve travertenlerden oluşur.

İnceleme alanının ana yapısını oluşturan Sekizli Fay Zonu (Eren ve diğ., 2020), KB-GD doğrultulu olarak izlenmektedir (Şekil 2 ve 3). Sekizli fay zonu, Karapınar bölgesinde her biri birer doğa harikası olan ve çapı 900 m ye varan klasik obrukların bulunduğu kesimden geçmektedir. Fay zonuna paralel faylar eğim atımlı normal fay karakteri taşımaktadır. Ancak, arazide zonu kesen doğrultu atımlı faylara rastlanılmıştır. Fay zonu, toplamda 26 km uzunluğunda ve 2 km genişliğinde bir zon oluşturur. Fay, Hüyüktaş Tepe kuzeyinden, Dikmen, Çıralı, Acıkuyu, Kolca Sekizli ve Niğdeboğazi Yaylaları boyunca güneydoğuya doğru devam etmekte, Üçobruk civarında Seyithacı Fay Zonu'na ait bölümler tarafından kesintiye uğramaktadır. Miyo-Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu içinde gelişen çöküntü zonu boyunca, Kuvaterner yaşlı alüviyal kayaçlar çökelmiştir. Bölümler halinde uzanan fay boyunca obruklar kesintiye uğratılmış, Mi-

yo-Pliyosen yaşlı kayaçlar içinde örtülü fay bölümlerine ilişkin monoklinal kıvrımlar gelişmiş ve fay diklikleri boyunca kalın bir alüvyial çökelim gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Menekirsesi Obruğu ve çevresinin jeolojik özellikleri

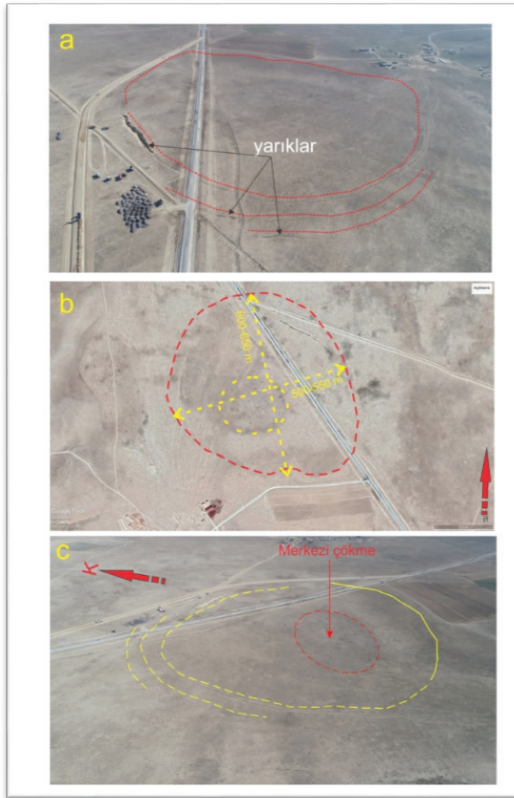
Bu çalışmaya konu olan Menekirsesi Obruğu, Menekirsesi Yaylası'nın hemen kuzeyinde yer almakta, doğusunda Acıkuyu Yaylası, batısında ise Büyük ve Küçükçırallı yaylaları bulunmaktadır. Menekirsesi Obruğu, Obruk Platosu adı verilen Karapınar'ın kuzeybatısında 200'den fazla her biri doğa harikası olan obrukların bulunduğu bölgede yer almaktadır. Yörede çapları 700 metreye varan ve derinlikleri 100 metreyi geçen Meyil, Çıralı, Dikmen, Potur gibi eski oluşumlu obruklar bulunur.

Menekirsesi Obruğu'nun doğusunda Sarıkadınlı Obruğu, batısında ve kuzeybatısında Çıralı, Gözlü, Yılanlı ve daha küçük boyutlu obruklar bulunur. Kuzeydoğusunda ise Kayalı Obruğu bulunur. Ayrıca, çevrede güncel obruk oluşumları da gözlenir. Kireçtaşları içinde bulunan obrukların derinlikleri 1 m ile 134 m (Çıralı Obruğu) arasında değişmektedir. Bu

obruğun hemen batısında görünür çapı 350 m, derinliği ise yüzeyde 1 m olan ve yine kenar kırıkları gelişmiş başka bir oluşum da yer alır (Şekil 3 ve 4). Obruğun yaklaşık 1 km güneydoğusunda ise, 3 m derinliğinde ve 28 m çapında 2020 yılında oluşmaya başlamış genç bir obruk bulunur.

3. Menekirsesi Obruğunun jeolojik özellikleri

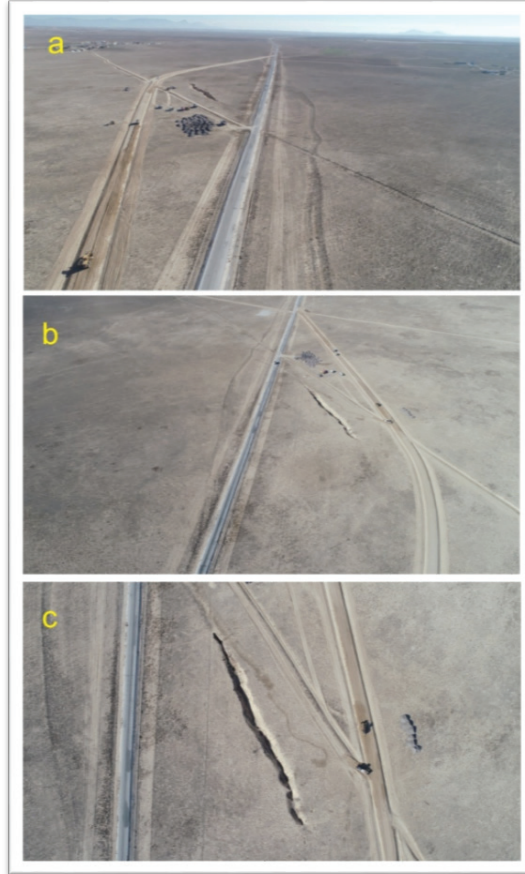
Obruk, Menekirsesi Yaylası'nın 500 m kuzeyinde Büyükçırallı Yaylası ile Acıkuyu arasında bulunmaktadır (Şekil 3). Yörede, Miyosen-Pliyosen gölsel çökeller ile Kuvaterner yaşlı Sekizli Fay Zonu içindeki çöküntü havzalarında depolanmış Kuvaterner yaşlı kırıntılılar bulunur. Miyosen – Pliyosen yaşlı gölsel kayalar (Ulumuhsine formasyonu, Eren, 1993; İnsuyu Formasyonu, Törk ve diğ., 2019), bu kesimde orta ve kalın tabakalı gri, krem yer yer sarı renkli kireçtaşı ve killi kireçtaşı ile bunlarla aralanma sunan marn, kilaşı ve çamurtaşlarından yapıldır. Kilaşları ve çamurtaşları kireçtaşları arasında genellikle beyaz, krem ve sarı renkli değişik kalınlıklarda ara tabakalar şeklinde bulunur. Kireçtaşları genellikle çatlaklı ve boşluklu yapıdadır. Obruk içlerindeki kireçtaşları breşik yapı da sunar.



Şekil 4. Menekirsesi Obruğu ve çevresine ait Google Earth uydu görüntüleri

Kuvaterner yaşlı kayaçlar ise sekizli Fay Zonu'nun oluşturduğu KKB-DGD gidişli ve yer yer 2 km genişliğe varan çöküntü alanlarında depolanmış, kısmen tutturulmuş kırıntılı kayaçlardan oluşmuşlardır. Havza kenarlarında alüviyal yelpaze çökelleri şeklinde kırmızı, kahve, krem renkli bazen karbonatlı çimento ile tutturulmuş çakıltaşı, breş ve çakıllı-kumlu çamurtaşlarından oluşmuştur. Havza içlerinde ise altta kırmızı-pembe çamurtaşı ve beyaz renkli karbonatça zengin çamurtaşı kilaşı araldanması şeklindedirler. En üste de, sarımsı-beyaz renkli yer yer kalışlı çamurtaşı ve kumtaşları bulunur.

Menekirsesi Obruğu, yüzeyde geniş ölçüde Miyosen-Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşı ve çamurtaşı araldanmasını uyumsuz olarak örten Kuvaterner yaşlı alüviyal kayaçlar içinde gelişmiştir. Güneydoğu bölümü ise, gölsel kireçtaşları içinde bulunur (Şekil 3, 4 ve 5). Menekirsesi Obruğu'nun uzun eksenli Sekizli Fay Zonu'nun gidişine paraleldir ve K25B gidişlidir (Şekil 4a).



Şekil 5. Menekirsesi obruğu KD bölümündeki 150 m uzunluğundaki yarığın İnsansız Hava Aracı (İHA) görüntüleri

Yörede 10 binlerce yıl önce oluşmuş, oluşumunu tamamlamış ve hareketsiz hale gelmiş obruklar, günümüzde oluşan obruklar ve hareketsizken tekrar aktivite kazanmış obruklar da bulunur.

Son yıllardaki küresel ısınma ve tarımsal amaçlı aşırı yeraltı suyu kullanımı nedeniyle yer altı su seviyesinin düşmesi oluşumunu tamamlamış obrukların tekrar aktivite kazanmasını sağlamıştır. Bunlarla beraber yörede geçmişte oluşmuş, ancak oluşumunu tamamlayamamış ve yüzeyde yay şeklinde kırıkları gelişmiş Menekirsesi gibi obruklar da gözlenmiştir (Şekil 4 ve 5).

Alüviyal çöküntü havzası çökelleri içindeki Menekirsesi Obruğu, uzun ekseni 600-650 m, kısa ekseni ise 500 m arasında olan eski oluşumlu, fakat oluşumuna günümüzde de devam eden bir obruktur (Şekil 4a ve 4c).

Obruğun kuzey kesimi dairesel yarıklarla sınırlı iken, güney kesimi yay şekilli bir yükselti ile çevrilidir (Şekil 4a ve 4b). Kuzey kesiminde en az üç tane yarık izlenmekte ve dairesel yarıkların arasındaki mesafe 17-50 m arasında değişmektedir. En içteki yarık gerek arazide, gerekse Google Earth uydu görüntülerinde 900 m uzunluk boyunca izlenmektedir. Arazide yarık 1-10 m genişliğinde ve en az 1 m çöküntü oluşturacak şekilde rahatlıkla takip edilebilir.

Obruğun kuzeydoğu bölümünde 150 m uzunluğunda yüzeyde küçük vadi oluşturan bir yarık bulunur. Bu bölümde yarık, 8-10 m derinliğe ve 10 m genişliğe sahip belirgin bir çukurluk oluşturmaktadır (Şekil 5 ve 6). Yine aynı kesimde dairesel yarıklar içerisinde, çapı 10 metreye, derinliği 8 metreye varan daha küçük obruklar bulunur (Şekil 6d, 6e ve 6f; 7c, 7d ve 7e). Yarığın üst kesimindeki alüviyal kayalar, en üstte 2 m kalınlığında, beyaz renkli ve karbonatça zengin çamurlu bir seviye ile onun altında da açık kahve renkli, yine killi-çamurlu bir düzeyle temsil olunur. Yarık duvarları boyunca yarığın gidişine paralel çökmenin ve açılmanın devam ettiğini gösteren daha sık aralıklı küçük kırık düzlemleri bulunur (Şekil 6e). Konsantrik yarıklar boyunca veya hemen yakınında yüzeyde 50 cm çökmeye kadar varabilen, çapı 5 m olabilen daha küçük çökmeler de izlenir (Şekil 7f).



Şekil 6. Menekirsesi Obruğu kuzeydoğusunda toplamda 150 m uzunluğundaki yüzey yarıklarının arazi görünimleri



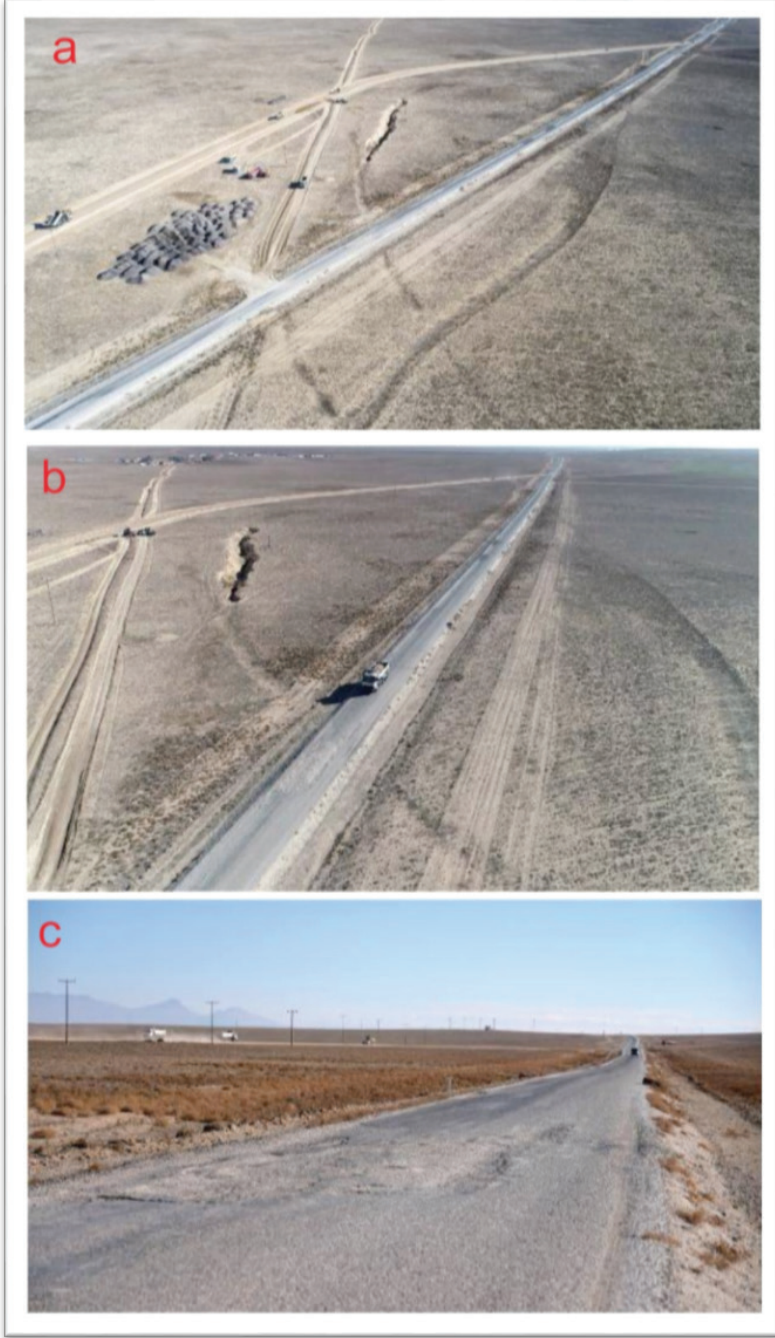
Şekil 7. Menekirsesi Obruğu kuzeydoğusundaki yarığın (a) en güney uç kesimi, (b) uç kesiminden kuzeye doğru görünümü, (c-f) yarık üzerindeki küçük çaplı çöküntülere ilişkin arazi resimleri.

Menekirsesi Obruğu'nun orta kesiminde görünürde yarıkları bulunmayan 200-230 m çapında dairesel bir çökme bölümü bulunmaktadır (Şekil 4b). Bu bölümde zeminde yaklaşık 0,5 m civarında bir çökme vardır. Ancak, obruğun güneydoğu kesimindeki kenarı da göz önüne alındığında merkezi kesimde tüm obruk boyunca yüzeyde 5 m'lik bir genel çökme belirlenmiştir. Menekirsesi Obruğu'nun genel özelliklerine ve çevredeki obruklara bakıldığında; büyük bir olasılıkla geçmişte oluşmaya başlamış ve yer altındaki herhangi bir engel nedeniyle oluşumunu tamamlayamamıştır. Ancak, saha gözlemleri, obruğu çevreleyen yarıkların, yüzeyi ve karayolu, patika yolu gibi çizgisel yapıları güncel olarak deforme ettiğini göstermektedir (Şekil 7a, 7b ve 7c).

4. Sonuçlar

Menekirsesi Obruğu, 600-650 m uzunluğunda, 500-550 m genişliğinde bir çökme obruğudur. Obruk kenarlarında en az üç adet konsantrik yarık bulunmaktadır. Obruğun ortasında, 200-230 m çapında dairesel bir çökme bölümü bulunmaktadır. Bu merkezi kesim, tüm obruk boyunca yüzeyde 5 m'lik bir genel çökmeyi göstermektedir. Yarıklardaki derinlik görünürde en az 8 m'ye varmaktadır.

Obruğa ait yarıklar, yer yüzeyini ve karayolunu deforme etmektedir. Bu da; obruk eski oluşumlu bile olsa, günümüzde de oluşumuna devam ettiğini kanıtlamaktadır.



Şekil 8. Menekirsesi Obruğu'nun kuzey bölümündeki yarığının Karapınar-Sultanhanı karayoluyla kesiştiği yerin (a), (b) İHA (drone) görüntüleri ve (c) arazi fotoğrafı

5. Katkı belirtme

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi ve Konya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) arasında 2020 yılında obruk alanlarının tespiti-
tine yönelik proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. İHA görüntüleri için
Demirören Haber Ajansı Muhabiri Sn. Hasan DÖNMEZ'e de teşekkür
ederiz.

KAYNAKLAR

- Arslan V., Göçmez G. (2007). Tuzgözü havzasında yeraltı suyunun yok oluşu (Eşmekaya-Sultan hanı örneği). *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, Cilt 22 (Sayı 1), 153-164.
- Beck, B.F. (Ed.). (2003). Sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst, *Proceedings 9th Multidisciplinary Conference, Huntsville, Alabama. Geotechnical Special Publication 122, American Society of Civil Engineers*, 737 pp.
- Biricik, S. A., (1992). *Obruk platosu ve çevresinin jeomorfolojisi*, İstanbul, Marmara Üniv., Yayın no.531.
- Canik, B. (1997). Konya dolaylarında suların oluşturduğu doğal anıtlar ve bunların korunması, *20. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiriler, Konya*, 159-166.
- Canik, B., Arıgün, Z. (2001). Karapınar-Kızören (Konya) dolayındaki obrukların oluşumu ve Karapınar volkanizmasının bu olaya etkisi, *Karapınar Sempozyumu Bildiri Kitabı, Konya*, 295-303.
- Canik, B., Çörekçioğlu, İ. (1986). The formation of sinkholes (obruk) between Karapınar and Kızören-Konya. *Proc. of Symposium on Karst water Resources, Ankara-Antalya July 1985, IASH Publ. No. 161*. 193-205.
- Çörekçioğlu, İ. (1994). *Konya Karapınar-Kızören arasındaki obrukların oluşumu ile ilgili hidrojeolojik etüt raporu*. Konya, DSİ 4. Bölge Müdürlüğü.
- Cvijic, J. (1893). Das karstphanomen. *Versuch einer morphologischen Monographie, Geographische Abhandlungen herausgegeben von A Pench, Bd., V.H, 3. Wien*, pp. 218-329. The section on dolines, pp. 225-76, is translated into English in Sweeting (1981).]
- Doğan U., Yılmaz M. (2011). Natural and induced sinkholes of the Obruk Plateau and Karapınar-Hotamış Plain, Turkey. *J. Asian Earth Sci.*, 40, 496–508. doi: 10.1016/j.jseas.2010.09.014.
- Doğdu, M.Ş., Toklu, M.M., Sağnak. C. (2007). Konya Kapalı Havzası'nda yağış ve yeraltı suyu değerlerinin irdelenmesi, I. *Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitabı, 11-12 Nisan 2007, İstanbul*, 394-402.
- Eren, Y., Parlar, Ş., Coşkuner, B. (2020). *Karapınar çevresinde obruk alanlarının belirlenmesi projesi, Yer hareketleri grubu final raporu*, Konya, İl Afet Ve Acil Durum Müdürlüğü, 193 s.
- Eren, Y. (1993). Konya kuzeybatısında Bozdağlar masifinin otokton ve örtü birimlerinin stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 7-23.
- Erinç, S. (1960). Konya bölümünde ve İç Toros sıralarında karst şekilleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 20, 83-106, İstanbul.
- Erol, O. (1986). The relationship between the phases of the development of the Konya- Karapınar obruks and the Pleistocene Tuzgolu and Konya pluvial

- Lakes. *Karst Water Resources (Proceedings of Ankara-Antalya Symposium, July 1985)*. IAHS Publ. No. 161, pp. 207-213
- Erol, O. (1987). Konya - Karapınar kuzeybatısındaki obrukların jeomorfolojik gelişimi ile Konya ve Tuz gölü pleistosen plüviyal gölleri arasındaki ilişkiler, *İstanbul Üniv. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, s.7.
- Erol, O. (1990). Konya-Karapınar kuzeybatısındaki obrukların gelişimi ile Konya ve Tuz Gölü Pleistosen plüviyal gölleri arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniv. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 7, 5-49.
- Eroskay, O., Gunay, G. (1980). Tectonic classification and hydrogeological properties of the karst regions in Turkey. *International Seminar on Karst Hydrogeology Antalya, 1979. Publ. by SHW*, pp. 1-41.
- Eroskay, S.O. (1976). The factors influencing the Konya Obruks and their groundwater potentials evaluation. *İstanbul Üniversitesi, Fen. Fak. Mec. Seri. B*, 41 (1-4), 5-14.
- Ertek, T.A. (2009). Obruk Platosu'nda devam eden obruk oluşumları, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Yıl 42 (Sayı 503), 66-71.
- Gams, I. (1994). Types of contact karst. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 17, 37-46.
- Göçmez, G. (2011). Konya ilindeki obruklar ve traverten konileri. *I. Konya Kent Sempozyumu, Konya İl Koordinasyon Kurulu 26-27 Kasım 2011*, 459-464.
- Göçmez, G., Eren, Y., Aydın, Y., Söğüt, A.R. (2001). Karapınar çevresinde yeni oluşan obruk, T.B.M.M. 'nin Açılışının 80. Yıldönümü Karapınar Sempozyumu, *Bildiriler*, 305-316.
- Göçmez, G., Dıvrak, B.B., Galena, İ. (2008a). *Konya Kapalı Havzası'nda yeraltı suyu seviyesinin değişiminin tespiti özet raporu*. İstanbul: WWF.
- Göçmez, G., Genç, A., Karakoca, A. (2008b). Konya Kapalı Havzası yeraltı suyu seviye değişiminin dstatistiksel değerlendirilmesi. *Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, Bildiri Kitabı 11-12 Eylül 2008, Konya*, 98-107.
- Güldalı, N., Şaroğlu, F. (1983). Konya Yöresi Obrukları, *T.J.K Ankara*, 7 (4), 44-55.
- Gürler, G., Timur, E. (2007). Determination of conservation & usage methods of geoparks-a critical assessment for karapınar potential geopark site, Turkey. *Second International Symposium on Development Within Geoparks-Environmental Protection and Education, 12- 15 June, 2007, Lushan-Jiangxi Province-China*.
- Kara, M., Toprak, R., Şahin, M., Süheri, S., Yavuz, D. (2008). Konya Ovasında sulamada yeraltı suyu tüketiminin azaltılması çareleri. *Konya Kapalı Havzası Yeraltı suyu ve Kuraklık Konferansı, Bildiri Kitabı 11-12 Eylül 2008, Konya*, 51-56.

- Karadoğan, S. (2001). Karapınar çevresindeki farklı jeomorfolojik şekiller, özellikleri ve turizm potansiyelleri. *Karapınar Sempozyumu, Bildiri Kitabı: 26-27 Ekim 2000, Konya, Karapınar*, 339-358.
- Lahn, E. (1940). Konya mıntıkasındaki karst hadiseleri ve bunların ziraat bakımından ehemmiyeti. *MTA Enstitüsü Mecmuası, Sayı 4 (21)*, 620-626.
- Roglic', J. (1972). Historical review of morphological concepts, M. Herak, V.T. Stringfield (Ed.), *Karst: important karst regions of the northern hemisphere* (pp. 1-18). Amsterdam: Elsevier.
- Sowers, G.F. (1996). *Building on sinkholes*. New York: ASCE Press, American Society of Civil Engineers. 202 pp.
- Sus'ters'ic', F. (1994). Classic dolines of classical site. *Acta Carsologica, XXIII (10)*, 123-54.
- Sweeting, M.M. (1972). *Karst landforms*, London: Macmillan. 362 pp.
- Türk, K. (Proje Başkanı), Erduran, B., Güner, İ. N., Ateş, Ş., Avcı, K., Çınar, A., Keleş, S., Ayva, A., Demirbaş, Ş., Yılmaz, N. P., Sülükçü, S. (2010). *Konya Havzası'nda karstik çöküntü alanlarının belirlenmesi ve tehlike değerlendirilmesi projesi 2009 yılı ara rapor (MTA Proje No: 2009.14.03.2)*. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Türk, K., Yılmaz, N.P., Sülükçü, S., Keleş, S., Köklü, Ş., Yeleşer, L., S., Aykaç, Özerk, Z.R., Acar, C., Savaş, F., Çakır, K., Avcı, K. (2019). *Konya Ovası Projesi (KOP) bölgesinde (Konya, Karaman, Aksaray, Niğde) karstik çöküntü alanlarının belirlenmesi ve tehlike değerlendirmesi projesi (Final Raporu)*, Ankara: MTA Genel Müdürlüğü, 263 s.
- Waltham, A.C., Fookes, P.G. (2003). Engineering classification of karst ground conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 36, 101-118.
- Waltham, A.C., Bell, F., Culshaw, M. (2005). *Sinkholes and subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction*. Chichester: Praxis Publishing. 382 pp.

Bölüm 10

TÜRKİYE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 2018 VE 2019 YILLARINDA GERÇEKLEŞEN İŞ KAZALARI VE MESLEK HASTALIKLARINA AİT SGK YILLIKLARI VERİLERİNİN İNCELENMESİ

Ergün ERASLAN¹

Dilek ÖZTAŞ²

Şule Yüksel AKBAŞ³

Esmâ ORAL⁴

¹ Prof.Dr. Ergün ERASLAN, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

² Doç.Dr. Dilek ÖZTAŞ, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

³ İnş.Müh. Şule Yüksel AKBAŞ, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

⁴ İnş.Müh.Esmâ ORAL, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

1. GİRİŞ

Dünyanın her yerinde, ülke ekonomilerine sağladığı katkılar göz önüne alındığında, ilk akla gelen sektör inşaat –yapı sektörüdür. Nüfus artışıyla birlikte insanların ihtiyaçları da artmaktadır. İnşaat sektörü bu ihtiyaçların karşılanmasında aynı sektöre bağlı iki yüzün üzerinde alt sektörlerle birlikte ekonominin can damarı, lokomotifi konumundadır. Bünyesinde birden fazla meslek grubunu da barındırmaktadır. Ülke-mizde inşaat faaliyetlerindeki artış bir taraftan ülke ekonomisine katkı sağlarken diğer taraftan iş kazası sayılarını da etkilemektedir. İşverenler tarafından alınması gerekli önlemlerin ihmali, tehlikeli hareket olarak tanımlanan çalışan davranışları (eğitimsizlik, işe uygun olmama, tecrübesizlik, yorgunluk, heyecanlı veya üzüntülü olma, dalgınlık, dikkatsizlik, umursamazlık, acelecilik, aşırı özgüven, meleke noksanlığı ve hastalıkları gibi unsurlar vb.), iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin verilmemesi ya da yetersizliği de inşaat sahalarında yaşanması muhtemel iş kazaları riskini arttırmaktadır. İnşaat sektöründe yaşanan iş kazaları hiçte istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaşanan iş kaza verileri incelendiğinde can kaybı ile sonuçlanması açısından, sektör bazında ilk sırada inşaat sektörü yer almaktadır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yapı sektörü ülke ekonomisine katkısı bakımından en önemli lokomotiflerden biridir. Sürekli artan konut, işyeri, tesis ihtiyacı ve bu ihtiyaçlarla birlikte ortaya çıkan altyapı ihtiyaçları da sürekli artan bir ivme kazanmaktadır.

İnşaat sektörü konut ihtiyacı dışında hastane, okul, köprü, tünel vb. gibi her türlü üst yapı, iskele ve liman gibi her türlü deniz yapısı, baraj, hidroelektrik enerji üretim tesisleri gibi her türlü su yapıları ile kanalizasyon, içme suyu, elektrik, telefon, internet gibi her türlü altyapı hizmetlerini de kapsamaktadır.

İnşaat sektöründeki bu gelişme yan sanayilerini de kapsayacak şekilde kayda değer bir iş imkânı yaratmaktadır. Lakin bu olumlu durum yapı sektöründe çalışanların yaşadıkları iş kazaları açısından değerlendirildiğinde üzüntü verici bir durum ortaya çıkmaktadır. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından sürekli yayınlanan istatistik yıllıkları incelendiğinde inşaat alanında yaşanan iş kazalarının sayısal anlamda en yukarıda yer alan ilk üç çalışma alanı (metal/makine, maden ve inşaat) arasında bulunmasıyla birlikte yaşanan can kayıpları yönünden değerlendirildiğinde ilk sırada bulunmaktadır.

“İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği’nde işyerlerinin faaliyet alanlarına ilişkin tehlike sınıflarına göre inşaat sektörü “çok tehlikeli” sınıfta yer almaktadır.

İnşaat-yapı sektörü, üretim alanlarını etkileyen ve ülke ekonomilerine önemli oranda katkısı nedeniyle bu sektörde meydana gelebilecek iş kazalarının ve olumsuz sonuçlarının minimuma indirilmesinin sektör bazında, ulusal ve uluslararası boyutlarda olumlu katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda Türk inşaat sektöründe işçi sağlığı ve güvenliği konusu gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin AB uyum çalışmaları ile birlikte Türk inşaat firmalarının uluslararası platformlarda gerçekleştirecek olan proje yatırımlarında yer alma isteğinde de İSG konusundaki tutum ve davranışlarının öneminin azımsanmayacak nitelikte olacağı aşikârdır.

İnşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının önlenmesi, önlenemediği hallerde azaltılması için tedbirler alınması gerekmektedir. İş kazalarını önlemeye yönelik alınacak tedbirler için ise öncelikle kaza ve güvenlik kavramlarının iyi bilinmesi ve tanımlanması gereklidir. Bu çalışmada yöntem olarak Türkiye genelinde 2018 ve 2019 yıllarında inşaat sektöründe yaşanan iş kazaları, materyal olarak SGK istatistik verilerine göre oluşturulan karşılaştırmalar neticesinde genel bir değerlendirme yapılacaktır. Ayrıca literatür çalışması da yapılarak konu ile ilgili mevcut çalışmalar da incelenmiştir. İnşaat sektöründe yaşanan iş kazalarına yönelik olarak geçmişten günümüze literatür taraması yapılması suretiyle yazılan makaleler incelendiğinde, iş kazaları neticesinde çalışanlar hayatlarını kaybetmekte ya da malul kalarak sosyal ve ekonomik açıdan sorunlar yaşadıkları belirtmek suretiyle konuyla ilgili istatistiklere yer verilmiştir. Ancak, söz konusu istatistiklerin analizini müteakip iş kazalarının önlenmelerine yönelik yapılan çalışma sayısının çokta yeterli olmadığı değerlendirilmiştir. Bu yüzden çalışmanın amacı, Türkiye inşaat sektöründe yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesine yönelik alınacak tedbirler kapsamında 2018 ve 2019 yılları SGK istatistik verilerinin karşılaştırılarak incelenmesidir. Bu amaca yönelik olarak inşaat sektörü alt kategorilerine göre iş kazaları ve meslek hastalıkları dağılımları, kaza tiplerinin dağılımı, iş kazalarının yaş, eğitim durumu ve illere göre dağılımları incelenmiştir. İncelenen SGK verileri 2013-2019 yıllarına ve 5510 Sayılı Kanunun 4-A kapsamındaki sigortalı çalışanlara ait verileri barındırmaktadır.

Sonuç olarak inşaat sektöründe tehlikelerden kaynaklanan risklerin bertaraf edilmesine ya da çözüm üretilebilmesine katkı sağlayabilmek maksadıyla 2018-2019 kaza istatistik verilerine göre analizler yapılarak iş güvenliği yönünden yaşanan iş kazalarının önlenmesine yönelik açıklama ve önerilere yer verilmiştir. Bu şekilde çalışmanın inşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının önlenmesine yönelik gerçekleştirilecek olan yeni araştırma ve çalışmalara katkı sağlaması hedeflenmiştir.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İŞ KAZALARI

“Türkiye’de yapı sektörünün %98’i elliden daha az çalışanı olan işletmelerdir. Çalışanların %60’ı bu işletmelerde görev almaktadırlar. Sektörde yer alan işyerlerinin büyük bir oranı “bina inşaatı”, kalan kısım ise “bina dışı yapıların inşaatı” kapsamında faaliyet göstermektedirler. İnşaat sektöründe çalışan sayısı başına düşen iş kazası ve ölüm sayısı yüzdelik değerlerine göre, “bina dışı yapıların inşaatı” alt sektöründe kazaların daha yoğun ve ağır yaşandığını göstermektedir. [7]

“Sektörde yaşanan iş kazalarının %88 oranında tehlikeli hareketler, %10 oranında tehlikeli koşullar ve %2 oranında kaçınılmazlık nedeni ile meydana geldiği gösterilmiştir” [6].

İnşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının önlenmesi, önlenemediği hallerde azaltılması için tedbirler alınması gerekmektedir. İş kazalarını önlemeye yönelik alınacak tedbirler için ise öncelikle iş sağlığı ve güvenliği ve iş kazası kavramlarının iyi bilinmesi ve tanımlanması gerekmektedir.

2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kamu ve özel sektör ayrımı yapılmaksızın hazırlanmıştır. İşyerleri gerçekleştirilen işin niteliğine göre tehlike sınıflarına ayrılmıştır. Çalışma konusu olan inşaat sektörü ise çok tehlikeli sınıf kategorisindedir. Tehlike sınıfına göre A sınıfı iş güvenliği uzmanı bulundurmak zorundadır.

Çalışanların güvenliğini sağlamak, üretim güvenliğini sağlamak ve işletme güvenliğini sağlamak iş sağlığı ve güvenliğinin temel prensipleridir.[14]

2.2. İş Kazası Tanımları

“İş kazası;

ILO’ya göre, belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan önceden planlanmamış beklenmedik bir olay,

WHO’ya göre, belirli bir zarara veya yaralanmaya neden olan, beklenmeyen ve önceden planlanamayan, üretimin bir süre durmasına neden olan olay,

5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 13. Maddesine göre; sigortalının iş yerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle veya görevi nedeniyle, sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa, yürütmekte olduğu iş veya çalışma konusu nedeniyle iş yeri dışında, bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak iş yeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda, emziren kadın sigortalının, çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda; sigortalıların,

işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş gelişi sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen özre uğratan olay,

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa göre; iş yerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olarak tanımlanmıştır” [9].

Çalışma ortamlarında, çalışanların sağlığını etkileyen faktörler mevcuttur. Bunları kimyasal, fiziksel, biyolojik, mekanik ve ergonomik etkenler olarak sıralamak mümkündür. Söz konusu etmenlere bağlı olarak işyerlerinde olumsuz çalışma koşullarının etkileri iş kazalarına sebebiyet vermektedir. İş kazalarının gerçekleşmesinde sosyolojik, psikolojik, fizyolojik unsurların yanında ürün teknolojisi, makine ve çevre koşulları da oldukça önemlidir. İş kazalarının oluşumundaki esas iki unsur ise işyerlerindeki güvenli olmayan haller ile çalışanların göstermiş oldukları güvensiz davranışlardır.

2.3. Dünya ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği ve Tarihçesi

M.Ö. 2000’li yıllarda işçi sağlığı ve iş güvenliğinin temelleri dünyanın ilk kanunlarından biri olan Hammurabi Kanunları ile düzenlenmiştir. İşverenin işin istenmeyen sonuçlarından sorumlu tutulması bu düzenlemelere örnektir.

Sanayi Devrimi ile öncelikle İngiltere’de üretim sürecinde büyük değişimler olmuştur. Küçük atölyelerle başlayan sonrasında dönemin teknolojisine uygun büyük makinelerin bulunduğu fabrika sistemiyle birlikte üretim miktarı da artmıştır. Konuyla ilgili olarak İngiltere’de 1802 yılında Fabrika Yasaları ile ilk düzenlemeler yapılmıştır. 19. yüzyılın ortalarında sanayileşmiş ülkelerde işçi sağlığına yönelik olarak önleyici değil tedaviye yönelik yöntemlere yer verilmiştir. Bir sonraki aşama olarak önlemeye yönelik uygulamalar gündeme gelmiştir.

“Uluslararası Çalışma Örgütü ya da ILO, ülkelerdeki çalışma yasalarında ve bu alana ilişkin uygulamalarda standartları geliştirmek ve ileriye götürmek gibi bir amaçla 1919 yılında kurulan kuruluştur.” [16]

“Tanzimat sonrası sanayileşme hareketleri çalışma koşullarına, çalışanların korunmasına yönelik bazı düzenlemelerin yapılmasını zorunlu kılmıştır. İş sağlığı ve güvenliği konusunda ilk çalışmaların başladığı 1850 yıllarında Osmanlı İmparatorluğu’nda, askeri amaçlı üretimlerin yanı sıra, daha çok el tezgâhları olarak gelişmeye başlayan sanayileşme, daha sonraları kömür ocakları ve madenler, demir yolu yapımı, tütün işletmelerinin katılımı ile sürmüştür. Bu dönemde çalışma koşulları oldukça ağır olup, çalışma süresi günde 16 saate kadar çıkmaktadır. Ayrıca,

ağır işlerde kadın ve çocukların çalıştırılması da yaygınlaşmıştır. Ereğli Havzası'ndaki kömür ocaklarında çalışan işçiler kısa sürede meslek hastalıklarına yakalanmışlar ve giderek artan iş kazalarında yaşamlarını yitirmişlerdir. Ergani Bakır işletmeleri, 1829 Ereğli'de kömür madeni bulunuşu bu iş kolunun tehlikeleri ve işin devamlılığını sağlamaya yönelik düzenlemeler yapılmıştır.” [22] Cumhuriyetle birlikte sanayileşme de hızlanmıştır. Çalışma hayatına yönelik düzenlemeler yapılmıştır. 1921 yılında 151 Sayılı Kanun (Ereğli Kömür havzası maden işçileri için), 3008 sayılı İş Kanunu (1936), 931 sayılı İş Kanunu (1967), 1475 sayılı İş Kanunu (1971), 4857 sayılı İş Kanunu (2003) çıkarılmıştır. 2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu çıkarılmıştır[16].

Bu kanun ile hiçbir sektör ayrımı yapılmaksızın tüm kazalar değerlendirilmektedir.

2.4. SGK İstatistik Yıllıkları ile Literatür Tarama Verileri Kapsamında İş Kazası İstatistikleri ve Değerlendirmeler

Sıra No	Ana Grup Tipleri	Kaza	Ölüm Yüzde	Sayı	Yaralanma Yüzde	Sayı	Toplam Yüzde	Sayı
1	İnsan Düşmesi		1028	%42,9	934	%32,9	1962	%37,4
2	Malzeme Düşmesi		251	%10,5	278	%9,8	529	%10,1
3	Malzeme Sıçraması		10	%0,4	211	%7,4	221	%4,2
4	Kazı Kenarının Göçmesi		138	%5,8	53	%1,9	191	%3,6
5	Yapı Kısımının Çökmesi		167	%7	73	%2,6	240	%4,6
6	Elektrik Çarpması		293	%12,2	80	%2,8	373	%7,1
7	Patlayıcı Madde Kazaları		50	%0,2	82	%2,9	132	%2,5
8	Yapı Makinesi Kazaları		206	%8,6	97	%3,4	303	%5,8
9	Uzuv Kaptırma		1	0	604	%21,3	605	%11,5
10	Uzuv Sıkışması		1	0	200	%7	201	%3,8
11	El Aleti İle Ele Vurma		0	0	42	%1,5	42	%0,8
12	Sivri Uclu Keskin Ken.Cis.Yara.		0	0	75	%2,6	75	%1,4
13	Şantiye İçi Trafik Kazaları		168	%7	38	%1,3	206	%3,9
14	Diğer Tip Kazalar		85	%3,5	74	%2,6	159	%3
	Toplam		2398	%100	2841	%100	5239	%100

Tablo 1. İnşaat Sektöründe Yaşanan 5239 Adet İş Kazasının İncelenmesi Neticesinde İş Kazalarının Kaza Tipine Göre Dağılımı [17]

Kaza türlerine göre inşaat sektöründe, ölümle sonuçlanan kazalar arasında “insan düşmesi” türündeki kazalar yüzde 42,9 ile birinci sırada bulunmaktadır. Gerekli iş güvenliği tedbirlerinin alınmaması, gerekli

eğitimlerin verilmemesi, uygun kişisel koruyucu donanımların kullanılmaması söz konusu iş kazalarına neden olmaktadır. Toplam iş kazası sayısı göz önüne alındığında %11,5 oranla ikinci sırada “Uzuv Kaptırma” türündeki olaylardır. Yalnızca tek bir kazanın can kaybıyla sonuçlanmış olmasına rağmen uzuv kaybı kaza tipi çalışanların çalışma gücünün belirli oranda kaybedilmesine neden olmaktadır. Çalışanlara gerekli İSG eğitimlerinin verilmesi, makine koruyucu ekipmanları kullanımı, kişisel koruyucu donanımlar kullanılması suretiyle bu tür kazaların önüne geçilmesi ya da zararın minimuma indirilmesi mümkündür.

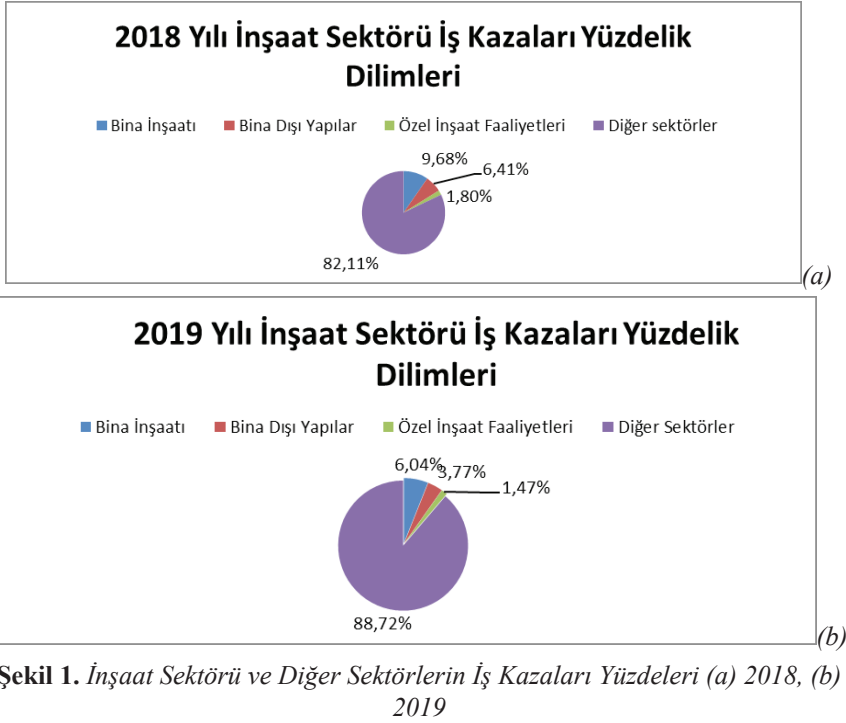
İnşaat sektörünün alt kategorileri olan bina inşaatı, bina dışı yapıların inşaatı ve özel inşaat faaliyetleri kapsamında gerçekleşen iş kazası, meslek hastalığı ve ölüm sayılarının bütün sektörde gerçekleşen sayılar da verilmek suretiyle 2018 ve 2019 yıllarına ait veriler Tablo.2’de gösterilmiştir.

Sektör	2018 YILI			2019 YILI		
	İş Kazası Sayısı	Meslek Hastalığı Sayısı	Ölüm Sayısı	İş Kazası Sayısı	Meslek Hastalığı Sayısı	Can Kaybı Sayısı
Bina İnşaatı	41.759	16	360	25.551	19	207
Bina Dışı Yapılar	27.639	8	162	15.927	5	105
Özel İnşaat Faaliyetleri	7.759	6	69	6.223	11	56
Toplam İnşaat Faaliyetleri	77.157	30	591	47.701	35	368
Tüm Sektörler Toplamı	430.985	1044	1541	422.463	1088	1147

Tablo 2. 2018-2019 Yıllarında Tüm Sektörlerin Toplamı ile İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazaları, Meslek Hastalıkları ve Can Kaybı Sayıları [15]

Sektör	2018 YILI			2019 YILI		
	İş Kazası Oranı %	Meslek Hastalığı Oranı %	Ölüm Sayısı Oranı %	İş Kazası Oranı %	Meslek Hastalığı Oranı %	Can Kaybı Oranı %
Bina İnşaatı	9,68	1,53	23,36	6,04	1,75	18,05
Bina Dışı Yapılar	6,41	0,77	10,51	3,77	0,46	9,15
Özel İnşaat Faaliyetleri	1,80	0,57	44,78	1,47	1,01	4,88
Toplam İnşaat Faaliyetleri	17,89	2,87	38,35	11,28	3,22	32,08
Tüm Sektörler Toplamı	100	100	100	100	100	100

Tablo 3. 2018-2019 Yıllarında İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazaları, Meslek Hastalıkları ve Can Kayıplarının Tüm Sektör Verilerine Göre Oranları.

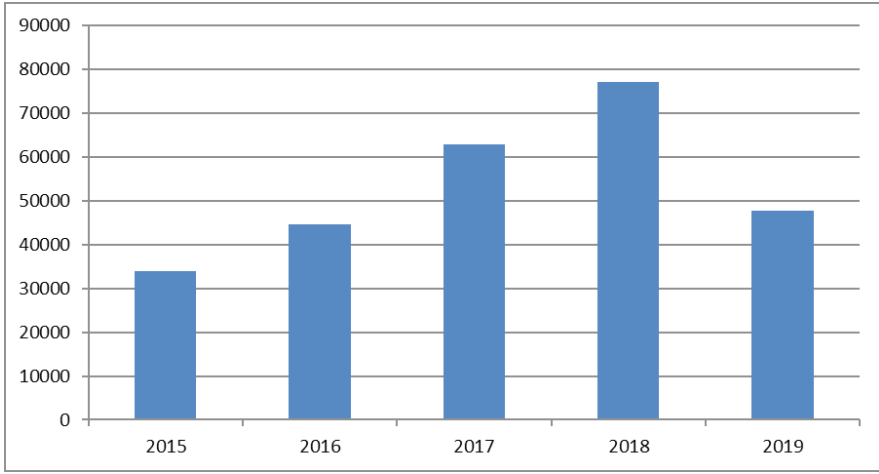


Şekil 1. İnşaat Sektörü ve Diğer Sektörlerin İş Kazaları Yüzdeleri (a) 2018, (b) 2019

Tablo (2 ve 3) ile Şekil 1 (a ve b) de görüldüğü üzere inşaat sektöründe yaşanan iş kazaları 2018 yılına göre 2019 yılında azalmıştır. Buna rağmen maalesef her yıl olduğu gibi 2019 yılında da can kaybı en fazla inşaat sektöründe yaşanmıştır. 2019 yılında bina inşaatı kategorisinde gerçekleşen 25.551 iş kazasında 207, bina dışı yapılarda gerçekleşen 15.927 iş kazasında 105, özel inşaat faaliyetlerinde ise 6.223 iş kazasında 56 çalışan, toplam 47.701 sigortalı çalışanın yaşadığı iş kazalarında 368 sigortalı çalışan hayatını kaybetmiştir. 2018 SGK verilerine göre yapı sektöründe totalde 77.187 sigortalı çalışanın yaşadığı iş kazasında 591 sigortalı çalışan hayatını kaybetmiştir. Bu veriler göz önüne alındığında 2019 yılında inşaat-yapı sektöründe gerçekleşen iş kazası sayısı **%38,18**, can kaybı sayısı ise **%37,73** oranında azaldığı görülmektedir. 2018 yılı istatistik verilerine göre 115.739 özel bina inşaatı kapsamındaki işyerinde 974,030, 13.445 bina dışı yapı inşaatı gerçekleştiren işyerinde 335.685, 56.464 özel inşaat faaliyetinde bulunan işyerinde 291.469, toplamda 1.601.469 sigortalı çalışan olduğu tespit edilmiştir. 2019 yılı istatistiklerine göre ise bu durum sırasıyla 90.389 özel bina inşaatı (işyeri) 727,961, 11549 bina dışı yapı inşaatında(işyeri) 293.312, 53.999 özel inşaat faaliyetinde bulunan işyerinde ise 273.515, toplamda 1.048.588 sigortalı çalışan olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında 2019 yılında inşaat sektöründe çalışanların sayısında da 2018 yılına göre **%34,52** oranında azaldığı görülmektedir. Sektörde gerçekleşen iş kazası sayısal değerindeki düşüş istihdamdaki daralma ile

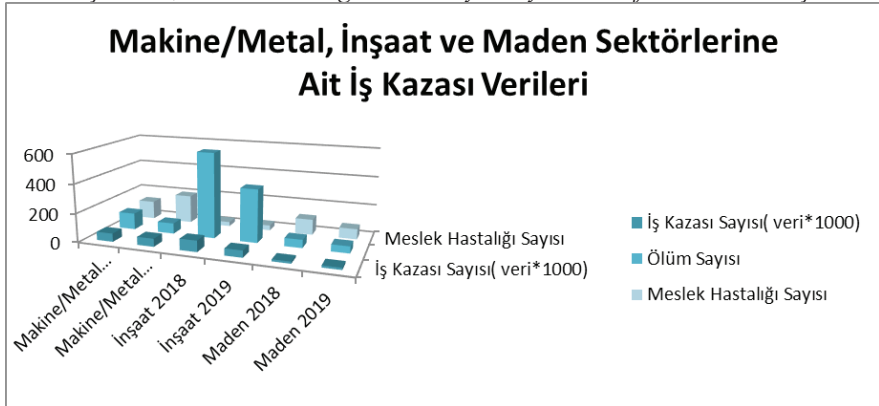
paralellik göstermektedir. Ancak can kaybı yaşanan iş kazası sayısında azalma daha da fazladır. 2018 yılında ölümlü iş kazalarının %38,35'i inşaat sektöründe meydana gelirken, 2019 yılında bu oranın %32,08 olduğu görülmektedir.

İnşaat sektöründe geçtiğimiz son beş yıla ait istatistikleri incelendiğinde 2015'de 33.979, 2016'da 44.552, 2017'de 62.802, 2018'de 77.157 son olarak 2019 yılında 47.701 iş kazası meydana gelmiştir.(Grafik 1.) 2015-2016-2017 yıllarında gerçekleşen iş kazası aritmetik ortalaması 47.111, 2018-2019 yılları iş kazası aritmetik ortalaması 62.429'dur.



Grafik 1. Türkiye İnşaat Sektöründe 2015-2019 Yılları arasında gerçekleşen İş Kazaları Sayıları

Türkiye'de sektörlere göre iş kazaları sayıları incelendiğinde ilk üç sektör; makine-metal sanayi, inşaat ve maden sektörüdür. Bu üç sektöre ait iş kazası, meslek hastalığı ve can kaybı sayıları Grafik 2'de verilmiştir.



Grafik 2. Ülkemizde İş Kazalarının en fazla olduğu üç sektör (Makine-Metal, İnşaat ve Maden)

Makine/Metal sektöründe 2018 yılında 57.690 iş kazası gerçekleşmiş, bu kazalar neticesinde 129 meslek hastalığı ve 116 can kaybı yaşanmıştır. 2019 yılında ise 55.510 iş kazası, 198 meslek hastalığı ve 74 can kaybı yaşanmıştır. 2019 yılında iş kazası sayısı ile can kaybı azalırken meslek hastalığı sayısı artmıştır.

İnşaat sektöründe 2018 yılında 77.157 iş kazası gerçekleşmiş, bu kazalar neticesinde 30 meslek hastalığı ve 591 can kaybı yaşanmıştır. 2019 yılında ise 47.701 iş kazası, 35 meslek hastalığı ve 368 can kaybı yaşanmıştır. 2019 yılında iş kazası sayısı ile can kaybı azalırken meslek hastalığı sayısı artmıştır.

Maden sektöründeki durum ise 2018 yılında 13.771 iş kazası gerçekleşmiş, bu kazalar neticesinde 108 meslek hastalığı ve 57 can kaybı yaşanmıştır. 2019 yılında ise 14.167 iş kazası, 72 meslek hastalığı ve 48 can kaybı yaşanmıştır. 2019 yılında maden sektöründe makine/metal ve inşaat sektörlerinden farklı olarak iş kazası sayısı artmış olmasına rağmen meslek hastalığı tanısı ile can kaybı azalmıştır.

Türkiye’de meslek hastalıkları oranlarının her **bin kişide 4-12** arasında olduğu değerlendirilmektedir. Fakat türlü nedenlerle mesleklerin yeterince tanınmıyor olması, tıp eğitimi müfredatında bu konuya yeterince yer verilmiyor olması, meslek hastalığı tanısı konulabilecek donanımın yetersiz olması, tanı sürecinde yaşanan zorluklar, uygulamada denetim eksiklikleri, periyodik muayenelerin gerçeğe aykırı olması gibi nedenlerle **yüz binde 3** kişiye meslek hastalığı tanısı konulmaktadır. Türkiye’de meslek hastalığı uzmanı sayısı ise 10-12 arasındadır (YILMAZ, Ö.H.,2014, 12 Aralık)

2019 yılında makine/metal sektöründe toplam 833.583 sigortalı çalışan kayıtlara geçmiştir. Bu sayı ile meslek hastalığı sayısı kıyaslandığında **bin kişide 0,24** meslek hastalığı oranı tespit edilmiştir. Aynı yıl için inşaat sektöründe toplam 1.048.588 sigortalı çalışan kayıtlara geçmiştir. Bu sayı ile meslek hastalığı sayısı kıyaslandığında **bin kişide 0,03** meslek hastalığı oranı tespit edilmiştir. Maden sektöründeki durum ise 134.327 sigortalı çalışan kayıtlara geçmiştir. Bu sayı ile meslek hastalığı sayısı kıyaslandığında **bin kişide 0,54** meslek hastalığı oranı tespit edilmiştir. Bu sayılara bakıldığında meslek hastalığı tanısı konulmasında olumlu yönde bir ilerleme olduğu ancak yine de istenen rakamlara ulaşılmadığı görülmektedir. Bu konuda doğru tanı konulabilmesi için tıp fakültesi eğitiminde bu konuya hassasiyet gösterilmesi, yeteri sayıda uzman hekim bulunması ve uygun teknolojik donanım seviyesine ulaşmanın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Söz konusu üç sektör içerisinde meslek hastalığına yakalanma riskin en büyük olduğu sektörün maden sektörü olduğu görülmektedir ve bu sonuç göz önünde bulundurularak konuyla ilgili ciddi çalışmalar yapılmalıdır.

Sektörde gerçekleşen iş kazalarının 2018 ve 2019 yıllarında illere göre dağılımına bakıldığında ilk beş sıra değişmezken 2018 yılında ikinci sırada yer alan İzmir, 2019 yılında yerini Ankara'ya bırakmıştır.

İnşaat Sektöründe 2018-2019 Yıllarında Yaşanan İş Kazalarının İllere Göre Dağılımı [19-20]

İl	2018		2019	
	İş Kazası Sayısı	%	İş Kazası Sayısı	%
İstanbul	28.696	37,68	14.313	31,50
İzmir	8.667	11,39	3,078	6,77
Ankara	6.287	8,25	4.077	8,97
Kocaeli	3.086	4,05	1.878	4,13
Bursa	2.384	3,13	1.265	2,78
Toplam	49.120	64,50	24.611	54,15

Tablo 4. İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının İllere Göre Dağılımı (2018-2019 Yılları)

2018-2019 yıllarında gerçekleşen iş kazaları en fazla maruziyet yaşanan kısım 20-34 yaş aralığıdır. Bu yaş grubunda bulunan çalışanların tecrübelerinin olmaması ya da yeterince tecrübelerinin bulunmaması ayrıca daha ağır işlerde çalışanların da yine bu yaş aralığında olduğu göz önüne alındığında, söz konusu durumların iş kazalarının meydana gelme riskini de arttırdığı değerlendirilmektedir. 35-49 yaş aralığındaki çalışanlarda ise iş kazası geçirenlerin sayısının azalmasının da tecrübe ile doğrudan ilişkisinin olduğu düşünülebilir. Hata yapmayı ve dolayısıyla iş kazasına maruziyeti önleyen etkenlerden biri de yapılan iş hakkında bilgi sahibi olmak yani iş konusunda tecrübeli olmaktır.

İnşaat Sektöründe 2018-2019 Yıllarında Yaşanan İş Kazalarının Yaşa Göre Dağılımı [19-20]

Yaş Grubu	2018		2019	
	İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı	%	İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı	%
14-19	5.254	6,90	2.217	4,88
20-34	38.404	50,42	21.641	47,64
35-49	24.118	31,67	16.017	35,25
50-64	8.139	10,69	5.415	11,92
65, +	246	0,32	146	0,31
Toplam	76.161	100,00	45.436	100,00

Tablo 5. İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Yaşa Göre Dağılımı (2018-2019 Yılları)

İnşaat sektöründe 2018 ve 2019 yıllarında gerçekleşen iş kazalarında, kazazedelerin eğitim durumlarına göre değerlendirildiğinde ise en fazla iş kazası ilkökul seviyesindeki çalışanlarda yaşanırken en az iş kazası geçirenlerin ise doktora seviyesinde oldukları görülmektedir. [19-20] Yalnız tablo dikkatle incelendiğinde, önceki yıllara oranla ilkökul seviyesinde iş kazası geçiren sigortalı sayısı azalma seyri gösterirken ortaokul seviyesi her iki yılda da artmıştır. 2019 yılında ise yüksekokul, meslek lisesi, üniversite ve master seviyesinde iş kazası geçiren sigortalı çalışanların sayısındaki artış gözden kaçırılmamalıdır.

İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Eğitim Seviyesine Göre Dağılımı [19-20]

Eğitim Seviyesi	2018		2019	
	İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı	%	İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı	%
İlkokul	22.860	30,01 ▼	12.631	27,80 ▼
Ortaokul	14.846	19,49 ▲	9.098	20,02 ▲
Lise	13.867	18,20 ▲	8.077	17,78 ▼
Okur-Yazar	13.792	18,10 ▲	8.201	18,05 ▼
İlköğretim Mezunu	6.382	8,37 ▼	4.179	9,20 ▲
Yüksekokul	1.489	1,95 ▼	1.111	2,45 ▲
Meslek Lisesi	1.225	1,60 ▼	882	1,94 ▲
Üniversite	1.137	1,49 ▼	835	1,84 ▲
Okur-yazar değil	545	0,70 ▲	395	0,87 ▲
Master, Y.Müh. vb	16	0,02 ▲	25	0,06 ▲
Doktora	2	0 ●	2	0 ●
Toplam	76.161	100,00	45.436	100,00

Tablo 6. İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Eğitim Seviyesine Göre Dağılımı (2018-2019)

Tablo 6.'daki veriler ışığında eğitim seviyesi ile iş kazası geçirme ihtimalinin doğrudan ilişkili olduğunu söylemek mümkündür.

2.5. İnşaat Sektöründe İş Kazaları Analizi ve İş Kazalarına Neden Olan Etkenler

İnşaat sektöründe çalışanlar iş sağlığı ve güvenliği açısından çok sayıda riskle karşı karşıyadırlar. Bu risklerin bazıları da inşaat sektörünün kendine has koşullarından kaynaklanmaktadır. Bunlar; sektör firmalarının çoğunun kurumsallıktan uzak orta ve küçük işletmeler olması, inşaat işlerinin her tür iklim koşulları altında gerçekleştiriliyor olması, çalışma koşulları açısından bakıldığında tüm iş yerlerinde farklılıklar olması, geniş bir iş sahasının olması, genellikle şantiyelerin dağınık olması, her bir iş kolunun kendine ait risk barındırıyor olması, şantiye sahasında birden çok işveren ya da alt işveren (taşeron) bulunması, çalışanların iş gereği sabit bir yerde çalışmaması, derin kazı imalatlarında veya yüksekte çalışılması, çalışan sirkülasyonunun sürekli değişebilmesi, çalışanların eği-

tim düzeylerinin yeterli seviyede olmaması, mesleki eğitim almış çalışan sayısının yetersizliği, makine yerine insan gücünden yararlanılıyor olması şeklinde özetlemek mümkündür.

İnşaat sektöründe gerçekleşen iş kazalarının aslında eğitim düzeyinin ya da kişisel gelişimin eksikliğiyle ilgili olduğu da göz ardı edilmemelidir. Çalışanların gereksiz bir özgüvene sahip olmaları, işimizi mi öğreteceksiniz, bize bir şey olmaz söylemleri, daha önce iş kazası yada ramak kala olayı ile karşı karşıya kalmamış olmanın cesareti ve aşırı güveni, kaderden kaçılmaz gibi altı boş söylemler neticesinde iş güvenliği konusunda yeterince bilgi ve kültür seviyesine gelinmediğini de belirtmek gerekir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Öncelikle can kayıplarının en fazla olduğu inşaat sektörü üzerinde çok ciddi ve kapsamlı çalışmaların yapılmasının gerekliliği ortadadır. Can kayıplarının önüne geçebilmek için esas nedenlerin tespit edilerek, koruma ve önleme tedbirlerine yönelik Sosyal Güvenlik Kurumu'nun tüm kaza raporlarına, hizmet çalışanlarının (isg uzman ve profesyonelleri) erişiminin sağlanması gerekmektedir. Sektörde yapılacak olan denetim sayılarının artırılmasının bu konuda etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Can kaybı ile sonuçlanan kazaların sayıca fazla olduğu bu sektörde; özellikle ölümlü kazalarda esas kaza sebeplerinin bulunması, bu verilerin benzer kazaların tekrar etmemesi için sektöre yönelik ulusal bir veri havuzunda bir araya getirilerek toplanması ve bu verilere, o sektörde yer alan tüm kuruluşların erişimine açılması da etkin bir çözüm olacaktır. Can kayıpları kapsamında sektöre özel iş sağlığı güvenliği tedbirleri de çözüm önerilerine eklenmelidir. Örnek olarak inşaat sektöründe can kaybı ile sonuçlanan kazalara yönelik istatistiklerde birinci sırada yer alan “Yüksekten Düşme” kapsamında yaş sınırlaması getirilebilir ve bu yaştan üzerinde olanların çalışmaları önlenebilir ya da bu çalışanların sağlık kontrolleri sıklaştırılabilir.[5]

Nitelikli eleman sayısının yeteri sayıda olmaması ve farklı iş dallarının iş prosesi açısından birlikte çalışmasının zorunlu olduğu inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması ve uygulanması oldukça güçtür. 6331 sayılı kanun kapsamında çıkarılan Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'nde işyerindeki tehlike kaynaklarının ve risklerin tespiti, gerekli önlemlerin alınması hususları açıkça belirtilmiştir. Bununla birlikte işverene işyerinde risk değerlendirmesi yapma veya yaptırma yükümlülüğü getirilmiştir. İşverenin risk değerlendirmesini yapması ya da yaptırmasıyla sorumluluktan kurtulamayacağı, gerekli önlemlerin alarak/aldırarak risklerin kabul edilebilir seviyeye düşürülmesi ile ilgili sorumlulukları arasında yer almaktadır. Riskler için birincil önlem tehlike kaynağının ortadan kaldırılmasıdır. Tehlike kaynağının ortadan kaldırılma-

maması halinde ikame yöntemiyle tehlikeli olanın yerine daha az tehlikeli olan ile değiştirilmelidir. İkame yönteminin de uygulanmadığı durumlarda tehlikeler ile kaynağında mücadele esasıyla mühendislik yöntemleriyle düzenlemeler yapılmalıdır.[21]

Sonuç olarak iş kazalarının, dolayısıyla da ortaya çıkan can kayıplarının önüne geçilmesinin imkânsız olmadığı, iş güvenliğine yönelik önlem ve tedbirlerin alınması ile bu sorunun bertaraf edilebileceği ortadadır.

Kazaların çoğu belki de tamamı önlenebilir niteliktedir. Bu doğrultuda Devlet, işveren, çalışanlar ve sendikalar üzerine düşen sorumluluğu hakkıyla yerine getirdiğinde yine saydığımız bu dört unsurun birlikte ya da bağımsız kazanım elde edecekleri de aşikârdır. Devlet sorumluluğunda işverenlerin mevcut kanun ve mevzuatlara uygunluğunun tespiti için denetimlerini sıklaştırmalı, gerekli hallerde yaptırım uygulamalı aynı zamanda uygun davranış sergileyen işveren ve firmaları çeşitli yollarla destekleyerek diğer şirketlerin de bu konuya teşvikleri sağlanabilir. İşverenler mevzuat dahilinde her türlü tedbiri almak suretiyle çalışma ortamlarını daha güvenli hale getirmek, uygun işe uygun çalışan prensibi ile işçi çalıştırmak, bu konuda eğitimlerini vermek ve bu süreci belirli zamanlarda yenilemek, uygun koruyucu donanımları temin etmek gibi sorumluluklarından kaçınmadan iş güvenliği kültürüne uygun çalışma ortamı oluşturmakla yükümlüdür.

Aslında yaşanan her iş kazasında en büyük kaybı hayatını kaybeden ya da malul kalan çalışan ile onların ailelerinin yaşadığı unutulmamalıdır. Çalışanlara verilecek eğitim ve bilinçlendirme, ekonomik anlamda yapılacak olan bir takım düzenlemelerle güvenlik kültürünün oluşturulması mümkün olacaktır. Bireyden topluma ya da toplumdan bireye insan hayatının her şeyden çok daha değerli olduğu bilincine varıldığında iş kazalarının da bu doğrultuda önlenilebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Akboğa Kale Ö. İnşaat Sektöründe İş Kazaları ve Alandaki İyileşmeleri Etkileyen Faktörlerin Analizi. DÜMF Mühendislik Dergisi, Geliş: 05.04.2017, Kabul Tarihi: 01.02.2018, web: <http://dergipark.gov.tr.dumf>
2. Uzdil O. ve Güllüoğlu A.N., Türkiye İnşaat Sektöründe 2016 ve 2017 Yıllarında Meydana Gelen İş Kazalarının İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması, nt. J. Adv. Eng. Pure Sci. 2020, 32(2): 137-144, DOI: 10.7240/jeps.555736
3. Çavuş A ve Taçgın E, Türkiye’de İnşaat Sektöründeki İş Kazalarının Sınıflandırılarak Nedenlerinin İncelenmesi, AKADEMİK PLATFORM, Geliş Tarihi: 2015-12-28 Kabul Tarihi: 2016-07-11
4. Bilim A ve Çelik O.N., Türkiye’deki İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Genel Değerlendirilmesi, ÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / OHU J. Eng. Sci., ISSN: 2564-6605, doi: 10.28948/ngumuh.444760, Geliş / Received: 20.03.2018, Kabul / Accepted: 29.05.2018
5. Ceylan H, Türkiye’de İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Analizi, International Journal of Engineering Research and Development, Vol.6, No.1, January 2014 (UMAGD)
6. Hacıbektaşoğlu S.E, İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Analizi ve Bu Kazalara Neden Olan Etkenlerin İncelenmesi, SSAD Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, ISSN: 2587-2621, Volume 2 Issue 3, November 2018
7. Güllüoğlu E,N., Güllüoğlu A,N. , Türkiye İnşaat Sektöründe İstihdam ve İş Kazalarının Analizi, Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi,Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety,e-ISSN: 2636-7602,Özgün Araştırma / Original Article,3(2), 65-81, 2019, DOI: 10.33720/kisgd.62200
8. Gürcanlı G.E., İnşaat Sektöründe Gerçekleşen Ölüm ve Yaralanmaların Analizi, Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, ISSN 1302 - 48 - 41 üç ayda bir yayımlanır Nisan Mayıs-Haziran 2013, 48. Sayı
9. T.C. Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İstatistiklerle Türkiye’nin İSG Görünümü, Temmuz 2020
10. Baradan S., Türkiye İnşaat Sektöründe İş Güvenliğinin Yeri Ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 8 Sayı: 1 s. 87-100 Ocak 2006
11. Ercan A., Türkiye’de Yapı Sektöründe İşçi Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi, Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic, Cilt:13 Sayı: 1 s. 49-53, 2010 Vol: 13 No: 1 pp. 49-53, 2010
12. Kazaz A., Ulubeyli S., ve Acıkara T., Türk İnşaat Sektöründe İş Kazaları ve Nedenleri Üzerine Bir Araştırma, 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi,

3 – 5 Kasım 2016, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

13. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.(2012). İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. Resmi Gazete Sayı:28509, 26/12/2012
14. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (R.G. 30.06.2012/ Sayı:28339, Cilt:52)
15. T.C.Sosyal Güvenlik Kurumu, SGK Yıllıkları (2018-2019)
16. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/101761/mod_resource/content/1/unite_1.pdf (Erişim 9 Kasım 2021)
17. Müngen, U, 2011, İnşaat Sektörümüzdeki Başlıca İş Kazası Tipleri, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi - 469 - 2011/5, s:32-39
18. ILIMAN,E.Z, 2015, Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi (USAYSAD), Cilt:1, Sayı:1
19. T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği :<http://www.guvenliinsaat.gov.tr/images/istatistik/%C4%B0statistik2018.pdf> (Erişim Tarihi: 09 Kasım 2021)
20. T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği :<http://www.guvenliinsaat.gov.tr/images/istatistik/%C4%B0statistik2019.pdf> (Erişim Tarihi: 09 Kasım 2021)
21. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği”, T.C. Resmi Gazete 28512, 2012.
22. <https://docplayer.biz.tr/28509173-Isg-nin-turkiye-deki-tarihsel-gelisimi.html> (Erişim Tarihi: 9 Kasım 2021)

Bölüm 11

ŞABAZİT İÇERİKLİ ZEOLİT NUMUNESİNİN ÖN KARAKTERİZASYONU VE ÖĞÜTÜLME ÖZELLİKLERİ

Öykü BİLGİN¹

¹ Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak

1. Giriş

Doğal zeolit minerallerinden olan şabazit; $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülü ile ifade edilmektedir. Kristal yapısı hegzagonal ve kübe benzer romboeder şekillerde bulunmaktadır. Sertlik derecesi 4 ile 5 arasında değişmektedir. Özgül ağırlığı ise yaklaşık $2\text{-}2,16\text{g/cm}^3$ civarındadır. Genel olarak renksiz, beyaz, sarımsı, pembemsi, kırmızımsı yeşilimsi, şeffaf-yarı şeffaf, cam parlaklığında, saydam veya yarısaydam renk çeşitleri bulunmaktadır. HCl asit ile çözünerek ve silisi ayrılabilir. Bazaltların yarıklarında, şist ve kristalize kireçtaşlarının çatlaklarında, sedimanter türdeki yataklanmalarda ve cam içerikli tüflerin alterasyonu sonucunda oluşabilmektedir. Şabazit minerali farklı zeolit türleri ile birlikte bulunmaktadır. Ayrıca yapısında kalsit ve kuvars mineralleri de yer almaktadır. (MTA, 2006; Passaglia ve Sheppard, 2007; Şahin, 2013)

Şabazit yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olan ticari bir doğal zeolit minerali olup, yapısında Ca^{+2} , K^{+} ve Na^{+} iyonlarına sahiptir (Flanigen, 1977; Soylu ve Gökkuş, 2017). Örneğin; $(\text{Ca}_{0,5}\text{Na,K})_4[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ kimyasal yapısına sahip şabazit minerali de doğada yaygın olarak bulunan zeolit türlerindendir. Bunlar da çöküntü halinde oluşabilir ve derin denizlerde bazaltlarda oluşabilir. Bu yüzden hidrotermal kökenlidir (Zema ve ark., 2008; Bass ve ark. 1973). Ca-şabazit, K-şabazit, Na-şabazit, Sr-şabazit türleri bulunmaktadır. Yapılarında ayrıca, kalsit, kuvars, höylandit, natrolit ve diğer zeolit mineralleri de bulunmaktadır (MTA, 2006; Özçelik 2011).

Türkiye’de MTA verilerine göre Dünya’nın en önemli rezervleri arasında olan Ankara-Bala-Akvirançarsak ve Konya şabazit sahaları yaklaşık 100.000 ton rezerv içermektedir (Şahin, 2007). Bunun dışında; Şabazit mineralinin Türkiye’de bilinen yatakları; Sandıklı/Afyon, Beypazarı/Ankara, Ürgüp/Nevşehir’ de bulunmaktadır.

2. Şabazit minerali üzerine yapılan bazı çalışmalar

Özpınar 2008; tarafından yapılan çalışmada; Selçik köyü çevresinde yer alan tüflerde ağırlık olarak % 25 ile %65 oranında zeolit (şabazit) içerdikleri, Ballık ve Ahılı bölgesi tüflerinin ise, hem fillipsit ve hem de şabazit içerdikleri, zeolit içeriklerinin %35 ile %65 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu zeolitlerin ^{137}Cs ve ^{90}Sr ve ^{40}K ‘a özel seçici özelliği ile bu radyoaktif elementlerin doğadan çevresel ortama geçmesini önlemek için toprak ıslahında kullanılması ile gübre tasarrufu sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Şabazitik tüfler, küçük yapıların ısıtılması ve klimatize edilmesinde kullanılmaktadır. Bu bölgede de küçük yapılarda ve hayvan barınaklarında kullanılması ile daha sağlıklı mekânların oluşturulabileceği belirlenmiştir.

Ouki 1999, tarafından yapılan çalışmada; şabazit ve klinoptilolit minerallerinin ağır metallerin uzaklaştırılmasında %99 civarında verim elde etmiş ve zeolitlerin türlerinin ağır metal giderimi seçiciliğinin sıralamasını yapmıştır. Buna göre; şabazit mineralinde; $Pb > Cd > Zn > Co > Cu > Ni > Cr$ ve klinoptilolit mineralinde; $Pb > Cu > Cd > Zn > Cr > Co > Ni$ sıralaması belirlenmiştir. Şabazit iyon değişim özelliklerinin çalışıldığı ilk zeolit türlerinden biridir.

İtalya'nın Napoli kentindeki kayaçlardan elde edilen şabazit ve klinoptilolit nükleer atıklardan Cs^{137} ve Sr^{90} un uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (Kogel, 2006).

Aysan, 2014; tarafından yapılan çalışmada, şabazit minerali kullanılarak, Nikel ve Krom' un sulu çözeltisinden ağır metallerin adsorplama özelliği incelenmiştir. Buna göre sıcaklık, temas süresi, pH, ve giriş konsantrasyonunun etkilerine göre optimum olan veriler tespit edilmiştir. Deney sonuçlarına göre her iki metal iyonunun adsorpsiyonu için en iyi uzaklaştırma krom iyonu ile 200 rpm karıştırma hızında, 20 g/L adsorban miktarı ile, pH:3'de, 120 dakika sürede, 100 mg/L giriş konsantrasyonunda % 79 verim elde edilerek sağlanmıştır.

Gualtieri ve Passaglia 2006; tarafından incelenen araştırma doğal şabazit mineralinin içerisindeki amonyum iyonlarının kolayca değiştirelebildiği ve emilmiş durumda olan iyonların kolaylıkla serbest kaldığı belirlenmiştir. Zeolitin bu özelliği sayesinde tarımsal uygulamalarda(gübre, toprak iyileştirme, bahçe düzenleme vb.) faydalı olacağı belirlenmiştir.

Valueva vd., 1988; tarafından yapılan çalışmada; şabazitin aktivasyon sıcaklığına göre rehidrasyon sıcaklığının 100 kJ/kg ile 400 kJ/kg arasında değişebildiği tespit edilmiştir. Şabazit numuneleri üzerinde yapılan bazı çalışmalarda da yapısı değiştirilmiş olan şabazit minerallerinin içme ve kaynak sularındaki kirliliklerin temizlenmesinde çözümler getirebildiği ortaya konulmuştur.

Şabazit minerali(adsorbsiyon ve iyon değişim kapasitesi özelliği sayesinde) arıtma sistemlerinde, doğal gaz, petrol, atık sular, sıvı sanayi atıkları, kullanma suları vb. kaynaklardan likit maddelerin temizlenmesi için kullanılan önemli bir hammaddedir (Şahin, 2007).

3. Şabazit mineralinin kullanım alanları

- Şabazit minerali suyu alıp verme özelliğine sahiptir. Bu özelliği ile kullanılarak küçük yapılar ısıtılabilir ve klimatize edilebilir.
- Şabazitin katyon değişim kapasitesi yüksek olduğundan dolayı yağ ağartma proseslerinde kullanılması mümkündür.
- Asit oranı yüksek olan topraklarda pH dengeleyici olması se-

bebiyle toprak iyileştirmede kullanılabilir. Aktifleştirilen zeolitler; nem alma ve verme yeteneği artacağı için, bitki yetiştirme, besicilik gibi faaliyetlerin yapıldığı mekanlarda metan gazının diğer gazlardan ayrılması için ve idrar-dışkı kokularının temizlenmesinde de kullanılabilir. Ayrıca şabazitin amonyum değişim kapasitesi ve seçiciliğinin yüksek olmasından dolayı azotlu gübrelerin yıkanmasını azaltmaktadır. Diğer taraftan fazla miktardaki NH_4^+ ü topraktan uzaklaştırarak amonyum zehirlenmesini önlemektedir.

- Yalıtım özelliği sayesinde bina ve hayvan barınaklarında yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi de söz konusudur.
- Şabazit mineralleri kurutma işlemlerinde de kullanılmaktadır. 25°C 'de % 10 oranında nemli suyun ağırlık olarak en az % 15'i kadarını adsorbe edebilmektedir. Bu özelliği sayesinde, nemli ortamlarda yer alan ekipman ve ürünlerin korunması (korozyona karşı motor sistemleri vb.) açısından önemli bir mineral olduğu söylenebilir. Nem bulunan ortamlarda kullanılan diğer koruyucu malzemelere(killer vb.) göre karşılaştırıldığında, ortamdaki nemin uzaklaştırılmasında şabazitin çok daha kabiliyetli bir mineral olduğu belirlenmiştir.
- Şabazit ısıtma ve soğutma sistemlerinde (klimalar) kullanılabilir. Soğurma işlemlerine göre, soğutma-ısıtma işlemlerinde kullanılan su, akışkan ortamdır. Isı kaynağı olan gaz, odun, petrol ve güneş enerjisinin kullanıldığı uygulamalarda şabazit minerali, verimliliği sayesinde maliyeti düşürmekte ve bozunmaya karşı dayanım sağlamaktadır.
- Şabazit minerali radyoaktif atıklardaki ağır minerallerin (Sr^{90} , Cs^{137} , Co^{60} vb. izotoplar) uzaklaştırılmasında da etkili şekilde kullanılmaktadır. Böylece atık sulara bulunan radyoaktif atıklar, zeolit içerisine hapsedilerek etkisiz hale getirilmektedir. Bu işlemlerde klinoptilolit ve mordenit çeşitleri de kullanılmaktadır(-Zeoponix, 2000).
- Şabazitler, iyon değiştirme proseslerinde de kullanılmaktadır. Şabazitli ürünler özellikle sulu çözeltiler içinde bulunan amonyum nitrat arıtımda kullanılmaktadır. Bu amaçla hidrometalurjide, çözelti içindeki çeşitli metallerin kazanılması önemlidir. Özellikle çözeltideki % 21,9 gümüş, % 15,3 bakır ve % 2,8 oranlarında metaller kazanılabilmektedir.
- Şabazit minerali genellikle doğal gaz, petrol, atık sular ve kulanma suları gibi pek çok maddenin arıtılmasında etkili şekilde

kullanılabilen önemli bir madendir (MTA, 2006).

- Kapalı ortamlarda, akarsu ve göllerde oksijen eksikliği; hava ve su kirliliğine sebep olmaktadır. Zeolitlerin (şabazit, mordenit, klinoptilolit vb.) seçimli absorblama özellikleri sayesinde bu ortamların temizlenmesi sağlanmaktadır (DPT, 2001).

4. Deneysel çalışmalar

4.1 Malzeme ve method

Deneysel çalışmalar, zeolit numunesi olan şabazit minerali üzerinde yapılmıştır. Numuneler; Manisa'nın Gördes ilçesine yaklaşık 20 km uzaklıkta ve Demirci ilçesine de 30 km uzaklıkta bulunan Güneşli yöresinden temin edilmiştir. Yapılan incelemelere göre, zeolit(şabazit) numunesinin içerisinde ayrıca biotit, feldspat ve kuvars gibi iz minerallerin de bulunduğu belirlenmiştir. Tablo 1' de şabazit numunesinin kimyasal analiz sonuçları verilmektedir (Bilgin, 2009).

Tablo 1 Şabazit numunesi kimyasal analiz sonuçları

Numune adı	Analiz ismi	(%)
Şabazit	SiO ₂	77,42
	Al ₂ O ₃	9,30
	Fe ₂ O ₃	0,96
	CaO	0,48
	MgO	0,11
	Na ₂ O	0,66
	K ₂ O	3,66
	Kızdırma Kaybı	7,29

Şabazit numunesi kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde; içerisinde karbonat oranının düşük olması ve kızdırma kaybının da düşük olmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan SiO₂ oranının yüksek olması da ufalanma özelliğini arttırmaktadır. K₂O oranının da yüksek oranda olması da tarım sektörüne uygun bir zeolit minerali olduğunu göstermektedir.

Şabazit numunesi, daha sonra (parça ve taneli şekilde) Benü Madencilik A.Ş.'ye ait olan Olympus SZx16 tip binoküler mikroskop kullanılarak incelenmiş ve elde edilen görüntülerin araştırma sonuçları incelenmiştir (Bilgin, 2009).



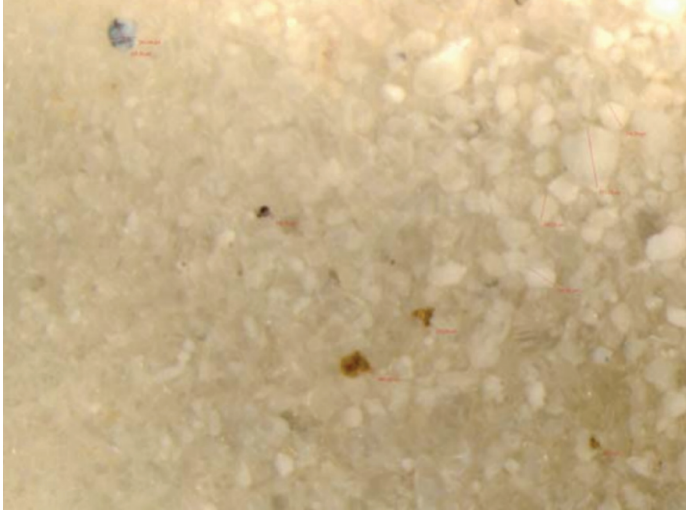
Şekil 1 Şabazit numunesi binoküler mikroskop görünümü(a)

Şekil 1'de şabazit numunesi binoküler mikroskop görünümü(a) verilmektedir. Buna göre şabazit numunesinde yüzeysel olarak sıvımalı kirlenme görülmemiştir. Ancak içsel saçınımlı ve noktasal demiroksit mineralleri tarafından kirlenme görülmektedir. Bu kirliliklerin temizlenmesi için, numunenin daha ince boyutlarda selektif olarak kırılıp, ufalanması ile kuru veya yağ ortamda uzaklaştırılması yöntemlerinden birinin uygulanması, ileride yapılacak araştırmalar için önerilebilir.



Şekil 2 Şabazit numunesi binoküler mikroskop görünümü(b)

Şekil 2' de şabazit numunesi binoküler mikroskop görünümü(b) incelenmektedir. Buna göre; şabazit numunesinde yer alan noktasal boyuttaki kirlenmeler 100-150 μ m tanecik boyutunda olduğu tespit edilmiştir. Bu da incelenen şabazit mineralinin yeterince temiz olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan daha kaliteli ve temiz üretim düşünülürse 150 μ m altına indirilmesi ve kirleticilerin serbest hale getirilmesi sağlanarak, kuru veya yaş ortamlardan biri ile yapılacak olan bir zenginleştirme yöntemi önerilebilir. Böylece daha kaliteli bir şabazit konsantresi elde etmek mümkün olacaktır.



Şekil 3 Şabazit numunesi binoküler mikroskop görünümü(c)

Şekil 3' de şabazit numunesi binoküler mikroskop görünümü(c) gösterilmektedir. Burada ezme yapılmış ve serbest hale gelen temiz şabazit mineralleri ve kirleticiler görülmüştür. Genel olarak bu kirleticiler yaklaşık 150-200 μ m boyut altına geldiğinde serbest hale gelmektedir. Bununla beraber temiz şabazit tanecikleri de 600 μ m'dan 300 μ m'a ve daha ince boyutlara indiğinde daha fazla miktarlarda serbestleşmektedir. Zeolit konsantresinin daha kaliteli olması için bu kirleticilerin uzaklaştırılması düşünülebilir. Bunun için de, belirtilen boyutlara kadar öğütülüp, yaş veya kuru ortamda zenginleştirilmesi önerilebilir.

4.2 Öğütme deneyi

Şabazit numunesi elek analiz ve öğütme deneyleri Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü cevher hazırlama laboratuvarında seramik değirmen ile yapılmıştır. Değirmenin hacmi: 5384 cm³, çap ve uzunluğu: 19 cm'dir. Zeolit numunesinin öğütülmesi için uygulanan bilya özellikleri Tablo 2' de verilmiştir.

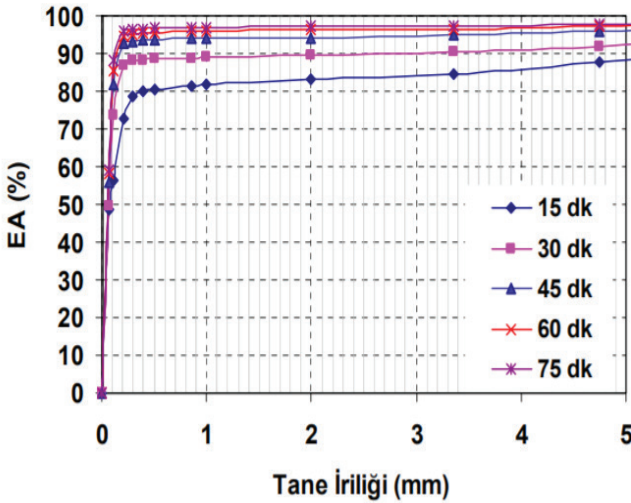
Tablo 2 Öğütme için kullanılan seramik değirmenin bilya özellikleri

Bilya çapı(cm)	Bilya sayısı	Bilya hacmi(cm ³)
2,7	42	432,63
2,0	52	217,71
1,7	311	799,62
Toplam	405	1449,96

Öğütme deneyinde kullanılan %45: bilya şarjı, %50: malzeme şarjı, 483,87: malzeme hacmi, 750gr.: malzeme ağırlığı, 1,55 g/cm³: yığın yoğunluğu ve 75dev/dk.: değirmen hızı olarak ayarlanmıştır.

Tablo 3 Şabazit numunesinin elek analizine(toplam elek altı) göre öğütme analizi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Öğütme süresi (dakika)				
	15	30	45	60	75
+4,75	-	-	-	-	-
-4,75+3,35	87,56	91,98	96,07	97,21	97,92
3,35+2	84,73	90,32	94,87	96,58	97,39
-2,0+1,0	82,97	89,41	94,34	96,15	97,09
-1+0,85	81,76	88,93	94,06	95,92	96,92
-0,85+0,5	81,46	88,77	93,94	95,77	96,80
-0,5+0,4	80,66	88,48	93,71	95,52	96,61
-0,4+0,3	80,08	88,30	93,55	95,35	96,47
-0,3+0,2	78,72	88,09	93,37	95,15	96,30
-0,2+0,1	72,73	87,03	92,96	94,73	95,76
-0,1+0,075	56,46	73,50	82,05	85,40	88,15
-0,075	48,63	49,59	56,15	58,24	59,17



Şekil 4 Şabazit numunesinin elek analizine(Σ elek altı) göre öğütme analizi grafiği

Tablo 3' de şabazit numunesinin elek analizine (toplam elek altı) göre öğütme analizi sonuçları verilmektedir. Şekil 4' te Şabazit numunesinin elek analizine (Σ elek altı) göre öğütme analizi grafiği gösterilmektedir. Buna göre; şabazit numunesinin 15 dakika öğütülmesi sonucunda %83 oranda ağırlıksal olarak -2 mm boyut altına geldiği ve 30 dakika öğütülmesi ile %90 verime ulaştığı, 45 dakika sonucunda % 95 öğütme verimi elde edildiği tespit edilmiştir. Böylece hedeflenmiş olan %90 öğütme verimine 30 dakika öğütme sonucunda ulaşılmıştır. Belirlenen sürelerde öğütülen zeolit numunesinin -1 mm için elde edilmiş olan sonuçları şu şekilde özetlenebilir: 15 dakika sürede malzemenin yaklaşık %82'si, 30 dakika sürede %89'u, 45 dakika sürede %94'ü, 60 dakika sürede %96'sı, 75 dakika sürede %97'si -1 mm boyut altına getirilmiştir. Bununla beraber, şabazit numunesinin, -1 mm boyutunda öğütülmesi sonucunda ağırlıksal olarak %94 oranında bir verim ile 45 dakika süre ile elde edilmiştir (Bilgin, 2009).

5. Sonuçlar

Manisa/Güneşli yöresinden alınan zeolit numunesi (şabazit) içerikli minerallerin olduğu tespit edilmiştir. Binoküler mikroskop analizine göre; içeriğinde noktasal boyutlarda FeO (demir oksit) kirleticilerine rastlanmıştır. Bu istenmeyen empüritelere temizlenmesi önerilebilir. Temiz şabazit mineral tanecikleri 600 μ boyuttan 300 μ 'a ve daha ince tane boyutlarına getirildiğinde daha geniş oranda serbestleşebilmekte ve kirletici tanelerden uzaklaşabilmektedir. Daha nitelikli zeolit konsantresi istenirse, zeolit numunesinin bu tane boyutlarına öğütüldükten sonra, yağ veya kuru ortamda zenginleştirme yöntemlerinden birinin uygulanması önerilebilir.

Öğütme elek analiz sonuçlarına göre malzemenin yaklaşık %80'i 0,5 mm boyutun altına geçmiştir ve öğütme süresi arttıkça bu oran giderek artmaktadır. Öğütme deneyleri sonuçlarına göre; 15 dakika sürede 5 mm boyut altında 1mm boyuta kadar homojen olarak öğütülmüştür. Diğer taraftan 1 mm boyut altından sonra dağılım oranı, gittikçe artan bir değerde görülmekte ve -0,075 mm boyutta maksimum öğütme sağlanmaktadır.

İncelenen şabazit numunesi kullanım alanlarına göre değerlendirilirse örneğin yağ ağartma için 0,1 mm altındaki boyutun yeterli olabileceği tespit edilmiştir. 0,1 mm boyut ve altındaki incelik %89 verim ile 75 dakika sürede belirlenmiştir. Zeolit minerallerinin -0,5+0,2 mm tane boyut aralıklarında adsorpsiyon ve iyon değiştirici olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu tane boyutlarında araştırılan şabazit numunesinin de farklı alanlarda (tarım, sıvı arıtma, hava ve ortam temizleme, yağ ağartma vb.) kullanım alanları bulabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Aysan, H., 2014. Doğal mineral (şabazit) kullanılarak adsorpsiyon yöntemi ile sudan krom (vi) ve nikel giderimi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, S:110.
- Bass, N.N., Moberley, R., Rhodes, J.M., shih, C., Church, S.E., 1973. Volcanic rocks cored in the Central pacific. Leg 17, Deep Sea Drilling Project. Inital Rep DSDP, 17, 429-503.
- Bilgin Ö., 2009. Gördes zeolitlerinin hammaddesel özelliklerinin incelenmesi ve değişik sektörlerde kullanılabilirliğinin araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir, 174 pp.
- DPT, 2001, Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu endüstriyel hammaddeler alt komisyonu genel endüstri mineralleri (mika-zeolit-lületaşı) çalışma grubu raporu https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/11/08_Madencilik_SanayiHammaddeleri_MikaZeolitLuleyasi.pdf
- Flanigen, E.M., 1977. Crystal structure and chemistry of natural zeolites mineralogy and geology of natural zeolites. Mineralogical Society of America, Washington, D. C, USA, 19-52, 1977.
- Gualtieri, A. and Passaglia, E. 2006. Rietveld structure refinement of NH4-exchanged natural chabazite, Eur. J. Mineral. 18, 351-359.
- Kogel, J.E., 2006. Industrial minerals and rocks; commodities, markets, and uses. Metallurgy and Exploration, , Littleton, Colo, Society for Mining (ABD), 1548.
- MTA 2006; https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/kurumsal/belgeler/faaliyet_raporu_2006.pdf
- Ouki S.K., and Kavannagh M., 1999. Treatment of metals-contaminated wastewaters by use of natural zeolites. Water Science & Technology, Vol.39, No. 10-11, pp 115-122.
- Özçelik, H., 2011, Şabazit ve klinoptilolitten köpük malzeme üretimi ve karakterizasyonu. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, doktora tezi, nisan 2011, s:150.
- Özpınar, Y., 2008. Şabazitik ve fillipsitik tüflerin (Afyon- Sandıklı) mineralojik, petrografik ve iyon değiştirme özelliklerinin icelenmesi ve bunların canlı sağlığı açısından değerlendirilmesi. 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara.
- Passaglia, E. and Sheppard, R.A., 2007. The crystal chemistry of zeolites. Natural zeolites: occurrence, properties, applications. Reviews in Min. and Geochem. Vol. 45. Page: 69-116.

- Soylu M., ve Gökkuş Ö., 2017. Türkiye’deki doğal zeolitler ve iyon değişimi uygulamaları. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, 11-20.
- Şahin, M.B 2013. MTA Genel Müdürlüğü, Madencilik Türkiye Dergisi, 15 temmuz 2013, s:72-81.
- Valueva G.P., Belitsky I. A., Seryotkin Y.V., Pavlychenko V. S., 1988. Natural chabazite: Heats of rehydration and X-ray study in relation to H₂O contents at room temperature. In D Kallo, HS Sherry (eds), Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites, p 282-289. Akademiai Kiado, Budapest.
- Zema, M., Tarantino, S.C., Montagna, G., 2008. Hydration/dehydration and cation migration processes at high temperature in zeolite chabazite. Chem. Mater., 20, 5876-5887.
- Zeoponix (2000). Zeolite the versatile mineral. www.zeoponix.com/zeolite.htm

Bölüm 12

ERGONOMİDE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMI

Ergün ERASLAN¹

Dilek ÖZTAŞ²

Abdullah AĞA³

Çağrı BUZ⁴

1 Prof.Dr. Ergün ERASLAN, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

2 Doç.Dr. Dilek ÖZTAŞ, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

3 End.Müh. Abdullah AĞA, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

4 Çağrı BUZ, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara

1. GİRİŞ

Ergonomi, akademik çevrelerce bilinse de toplum tarafından pek fazla bilinmeyen çok önemli kavramlardan biridir. Ergonomi bilimi, insan yaşamına verilen önemin artmasıyla gelişim göstermektedir. Ergonomi insanı; antropometrik, anatomik, fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik açılardan inceleyen, iş ve çalışma şartlarını/ortamını insana uygun/uyumlu duruma getirme çabasında olan disiplinler arası bir bilim dalıdır. Ergonomi, ayrıca bu ilişkileri etkileyen çevresel faktörleri de incelemektedir. Ergonomi, çalışma ortamında karşılaşılan tehlikelerin tespit edilmesi ve gerçekleşmesi muhtemel risklerin incelenmesi, kaza ve yaralanma oranlarının en aza indirilmesi ile beraber firma etkinliği ve çalışan verimliliği açısından oldukça değerlidir. Çalışanların çalışma ortamındaki rahatlık seviyesi arttıkça verimliliği k artar, böyle üretimde iyileştirme sağlanır. Bu çerçevede ergonomi üretime; iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması, verimlilik ve kalitenin artırılması geliştirilmesi açısından katkılar sunan birçok mühendislik uygulamasına sahiptir.

2. ERGONOMİ VE MÜHENDİSLİK

Teknolojinin baş döndürücü hızdaki gelişimi birçok alanda değişimlere sebep olmaktadır. Çalışma ortamındaki değişimler çalışanlar için bazı sıkıntılara neden olmaktadır. Antropometrik, fizyolojik ve psikolojik yönlerden çalışanları etkileyen bu sıkıntılar, çalışma hayatı çalışan için zorlaştırmaktadır. Bu ortamda verimlilik ve kalite düşerken, iş sağlığı ve iş güvenliğinin sağlanması zorlaşmaktadır. Ergonomi işte bu noktada devreye girmektedir. [1]

2.1. Ergonomi Tanımı

Eski Yunanca dilinde “iş” manasında kullanılan “ergon” ve “yasa” manasında kullanılan “nomos” kelimelerinin birleşmesi neticesinde ortaya çıkmış kelime Türkçe’de “ergonomi” olarak ifade edilmiştir. Ergonomi kısaca, çalışanın fiziki ve zihni yapısını inceleyerek işin çalışana, çalışanın işe uyumunu temin etmek için ihtiyaç duyulan koşulların oluşturulmasını amaçlayan bilim dalı olarak tanımlanabilir.[2]

Başka bir ifadeyle ergonomi, insan, makine, çalışma ortamı ile çevre arasındaki ilişkileri araştıran ve ortaya çıkan sorunlara fizyoloji, anatomi ve psikoloji bilimleri çerçevesinde çareler arayan bir bilim dalıdır. [3]

Yani; insan, makine, çalışma ortamı ve çevre arasındaki uyumunun nasıl sağlanacağını ortaya koymaya çalışan disiplinler arası araştırma ve geliştirme çabalarının toplamıdır.[2]

Amerika Birleşik Devletleri’nde “İnsan Faktörleri/Human Factors” ve “İnsan Mühendisliği/Human Engineering”, İngiltere’de “Uygulamalı

Psikoloji/Applied Psychology”, Almanya’da “İş Fizyolojisi/Arbeit Physiology”, İskandinav ülkelerinde “Canlı Teknolojisi/Bio-technology” olarak adlandırılan, Ülkemizde ise “Ergonomi/Ergonomics” olarak adlandırılan bu bilim dalı, çalışan ile ortam arasındaki etkileşimlerin/ilişkilerin bilimsel açıdan incelenmesi amacıyla yürütülen faaliyetler bütünüdür. [4]

2.2. Ergonomi Tarihçesi

“Ergonomi” ifadesini ilk olarak, Polonyalı bilim insanı Prof.Wojciech Jastrzebowski’nin 1857 yılında felsefe bilim dalında kullandığı bilinmektedir. Nature and Industry isimli dergide yayımlanan makalesinde Jastrzebowski ergonominin temelinde bulunan iş tanımını iki ana bölüme ayırmıştır. Bu bölümler “yararlı iş” ve “zararlı iş”tir. Ortak fayda elde etmek için gelişme sağlayan işleri yararlı işler olarak, zaman içinde bozulan/bozulma oluşan/yaratabilen işleri zararlı iş olarak belirtmiştir. “Yararlı iş”; ahlaki, akılcı ve fiziksel olarak nitelendirilen, gelişmeyi olumlu biçimde etkileyen iş şeklinde ifade edilmiştir. [5]

Ayrıca bir makine mühendisi olan F.W. Taylor’un 18’inci yüzyılın ikinci yarısında çalışanların daha yüksek verim ile çalışabilmesi için çeşitli teoriler ortaya attığı bilinmektedir. Çalışanların kullandıkları el aletlerine, iş araç ve gereçlerine deneysel yaklaşımlar sunan Taylor’ın ergonomi alanında ilk çalışmaları gerçekleştiren kişilerden olduğu kabul edilir. [1]

1910’lara gelindiğinde ise ergonomiye yönelik iki yöntemin geliştirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Bunlar; iş ve zaman etüdü ile işleri yaparken harcanan enerji miktarını ölçen oksijen tüketimi formülüdür. [1]

1913 yılında Munsterberg adlı psikolog tarafından yayımlanan “Endüstriyel Etkinliklerde Psikoloji” ergonomi biliminin ilk eserlerinden olmuştur. Cambridge Üniversitesinde 1921 yılında ilk Deneysel Psikoloji Laboratuvarı kurulmuştur. İngiltere’de, Birinci Dünya Savaşından sonra “Yorgunluk Araştırmaları Kurulu” oluşturulmuştur. Deneysel çalışmalar ve uygulamalı araştırmalar, Ulusal Endüstri Psikolojisi Enstitüsü’nün kurulmasına kadar Yorgunluk Araştırmaları Kurulu tarafından desteklemiştir.[1]

İkinci Dünya Savaşının tarafı olan ülkeler, birçok yeni savaş silah ve aracını kullanmış, fakat güçlü makineler geliştirilirken, insan-makine sistemlerinin etkileşimi dikkate alınmamıştır. Bu nedenle savaş boyunca, insan ya da makine hataları yüzünden birçok insan yaşamını yitirmiştir. Kayıpların nedenlerine ilişkin yapılan incelemeler neticesinde; insan faktörünün geliştirilecek araç ve gereç/donanımın dizaynında göz önünde bulundurulmasının ve dikkate alınmasının önemi anlaşılmıştır. Savaştan sonra İngiltere’de Cambridge Applied Psychology Unit ile Oxford Medi-

cal Research Unit, ABD’de Dayton Aeromedical Laboratory Psychology Branch teşkil edilmiştir.[1]

İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerindeki yukarıda bahsedilen kurum/kuruluşlarda, insan ve iş psikolojisinden ziyade insan-makine ara kesiti meseleleri üzerinde durulmuş ve incelemeler/araştırmalar bu kapsamda yürütülmüştür.[1]

ABD’de John Hopkins, Tafts ve Princeton Üniversitelerinin iş birliğiyle yürütülen çalışmalar ilk önce İnsan Mühendisliği ismi ile toplanmış, sonraları İnsan Faktörü Mühendisliği ifadesinin kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Son dönemlerde ise yalnızca İnsan Faktörü adı kullanılmaktadır.[1]

Aynı zaman dilimi içerisinde, İngiltere’de silahlı kuvvetler kapsamında, daha çok donanım tasarımı öncelik verilmiş ve bu amaçla kara, deniz ve hava kuvvetlerinde araştırma grupları oluşturulmuştur. 1940’lara kadar yürütülen çalışmaların farklı birimler tarafından yürütülüyor olmasının zorlukları karşısında, 1949 yılında Oxford Üniversitesinde; anatomi, antropoloji, fizyoloji, psikoloji, mühendislik bilimleri, tasarımcılar gibi, farklı uzmanlık alanlarından bilim insanlarının katılımı ile icra edilen toplantıda “ergonomi” ifadesi önerilmiştir. Böylece birçok bilim dalını bir çatı altında toplayan disiplinler arası yeni bilimsel yaklaşımın temelleri atılmıştır. [1]

1949 yılından yapılan bu çalışmalardan sonra günümüze kadar geçen sürede ergonomi bilimi farklı boyutlarda gelişim sağlamıştır. İlk zamanlarda genellikle göstergeler, kontrol düzenekleri, düğmeler, makine boyutları ve paneller gibi donanım tasarımı üzerine çalışmalar yürütülürken, Oxford toplantısı sonrasında ergonomi düşüncesi daha geniş bir açı içinde incelenmiştir. [1]

1950’li yıllardan sonraki zaman zarfında; dönemsel olarak ortaya çıkan iktisadi sorunlar ve sanayi devrimine bağlı olarak ergonominin şekillendiği gözlemlenmiştir. Savaştan çıkmış olmanın etkisiyle 1950’lerde ergonomi, askeri alanda önem kazanmıştır. 1960’lı yıllarda sanayideki gelişmelerin etkisi ile sanayi ergonomisi, 1970’lerde ise tüketici ergonomisi öne çıkmıştır. Ergonominin gelişme süreci incelendiğinde, alt alanlarının çevresel şartlar ve dış ortam ışığında teknolojideki gelişmelere bağlı olarak oluştuğu ve değişime uğradığı görülmektedir. [5]

Ülkemizde ise Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde kurulan Ziraatta Canlı Kuvvet Kaynakları kürsüsü bünyesinde yapılan “İnsan Emeği ve Ziraattaki Produktivitesi”, “Çalışma Şekli ve Kas Yorgunluğu” çalışmalarının dolaylı olarak olsa da ergonomi alanındaki ilk çalışmalar olarak

kabul edilmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi'nde 1969 yılında İşbilim dersi kapsamında ergonomi ile ilgili eğitim verilmeye başlanmıştır. [1]

Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsü bünyesinde yapılan çalışmalarda, işçi sağlığı ve iş güvenliği alanında ergonomik yaklaşım görüşü gündeme gelmiştir. 1968 yılında Çalışma Bakanlığı ve Dünya Çalışma Teşkilatı (ILO) işbirliği ile İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Merkezi kurulması için çalışmalara başlanmıştır. Merkez 1972 yılında kurulmuştur. [1]

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Human Factors Engineering dersi 1971 yılında müfredata dahil edilmiş, 1975 yılında ile bir de laboratuvar kurulmuştur. 1980'li yıllarda Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, "Ergonomi" dersini programa almıştır. [1]

Milli Prodüktivite Merkezi'nce (MPM) düzenlenen "Ergonomi", "İşyerlerinde Fiziksel Ortamın İyileştirilmesi", "Endüstri Mühendisliğinin İşletmelere Katkısı" gibi seminerler, ergonominin tanıtımına katkı sağlamıştır. [1]

Milli Prodüktivite Merkezi tarafından 1976 yılında "Endüstriyel İşyerlerinde Çevre Koşullarının Etkileri", 1980 yılında "Ergonomi" kitapları yayımlanmıştır. Milli Prodüktivite Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi iş birliği ile 1987 yılı kasım ayında ilk ulusal ergonomi kongresi toplanmıştır. İlk kongreden sonrasında, periyodik olarak her iki yılda bir düzenlenen Ergonomi Kongrelerinin; ülkemizde ergonomi biliminin tanınması ve gelişmesine büyük katkıları olmuştur. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB), konu ile ilgili çeşitli sempozyum ve kongreler tertip etmekte/düzenlemektedir.[1]

2.3. Ergonominin Görevleri

Ergonomi bilimi, iş ile insan ve insan ile iş arasındaki uyumu sağlamak amacıyla bir çok çalışma, araştırma ve faaliyeti bütünleştirmektedir.[1]

İş ile insan arasındaki uyumu sağlamak amacıyla; çalışma ortamı ve üretim araç/madde/malzemelerinin düzenlenmesi (çalışma alanı, makineler, göstergeler, kontroller vb.), işin icra edildiği ortamın analizi edilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması (ses, gürültü, aydınlatma, titreşim, iklim vb.), iş yönetiminin gözden geçirilmesi, analizi ve düzenlenmesi (işin kapsamı, çalışma ve dinlenme zamanları vb.) faaliyetlerini yerine getirmektedir. [1]

İnsan ile iş arasındaki uyumu sağlamak amacıyla; çalışanın işin kapsamına yatkınlığı/yetkinliği (yaş, cinsiyet, bedensel ve zihinsel özellikler vb.), işin öğretimi ve işe uyumlaştırma/alıştırma faaliyetlerini yerine getirmektedir.[1]

Çalışma ortamı düzenlenirken, makine, teçhizat ve donanımın, insan özelliklerine ve kabiliyetleri göz önüne alınarak tasarlanır. Çalışma yöntemi ve çevresel koşullar insana uygun hale getirilir. Yürütülen faaliyetin, icra edilen işin çalışan tarafından kolaylıkla anlaşılması ve algılanması sağlanmaya çalışılır. Çalışana kabiliyet/yeteneklerini kullanma ve kendini kanıtlama imkânı verilir. Çalışanın kendini çalıştığı ortama katkı sağlayan değerli bir unsur olarak görmeleri sağlanır. [1]

Çalışma ortamını yukarıda sayılan hassasiyetler göz önüne alınarak şekillendirilmesi, işin insan üzerinde oluşturduğu gerek fizyolojik gerekse psikolojik zorlanmayı en aza indirgeyebilir. [1]

2.4. Ergonominin Kapsamı

Ergonominin kapsamını, iş-işçi arasındaki tüm ilişkiler ve ortam ile ilgili çevresel faktörler oluşturur. Genel olarak insan-makine-çevre ilişkileri olarak ortaya konur. Ergonominin asıl öğeleri insan, makine ve çevredir. Bu çerçevede ergonomi, anatomi, fizyoloji, mühendislik, psikoloji, yönetim, istatistik gibi birçok farklı bilimsel disiplin ile iç içedir ve üretim yönetimi, toplam kalite yönetimi, tasarım, iş değerlendirme, yönetim bilişim sistemlerine katkılar sağlar.

Ergonomik sistem yaklaşımı, insan-makine-çevre arasındaki ilişkiyi analiz eder/inceler, üretimin verimliliğini/etkinliğini artırır/yükseltir, çalışanların iş yükünü azaltır. [1]

2.5. Ergonominin Amaçları

Ergonomi, sağlık koşullarına uygun, güvenli ortamın oluşturulması, işin, insanın antropometrik ölçülerine uygun olarak tasarlanması, tüm araç, makine ve donanım insana uygun hale getirilmesi, psikososyal açıdan uygun ortamın oluşturulması, işçi sağlığı ve güvenliğini sağlama, yorgunluk ve stresi azaltılması, iş kazalarını azaltılması gibi birçok ve çeşitli amaçları bünyesinde barındırmaktadır. [1]

2.6. Ergonominin Çalışma Konuları

Ergonomi, vücudun hareketleri ve duruşunun analizi, fiziksel anlamda çevre koşulları analizi, iş organizasyonunun analizi, zihinsel çalışma ve enformasyon/bilgi yapısının analizi, görev tanımlarının analizi gibi çalışma konularına sahiptir. [1]

Vücudun hareketleri ve duruşunun analiz yapılırken; kaldırma, taşıma ve itme hareketi gibi hareketler incelenir. Fiziksel çevre koşulları incelenirken; gürültü, iklim, havalandırma ve aydınlatma durumu analiz edilir. Çalışma ve mola saatleri analizi ile iş organizasyonu yapılandırılır. [1]

2.7. Ergonominin Faydaları

Ergonomi çalışmaları neticesinde; verimliliğin yükseltilmesi, maliyetlerin düşürülmesi, gereksiz, fazla hareketlerin ortadan kaldırılması, daha güvenli üretim ortamının sağlanması, çalışanlar arası iletişim bağlarının kuvvetlendirilmesi/etkileşimin artırılması, iş kazalarının önlenmesi, yorgunluk ve stresin azaltılması gibi faydalar elde edilmesi beklenmektedir. [1]

2.8. Ergonomi ve mühendislik

Ergonomik tehlikeler, çalışma ortamında, iş yapılırken kullanılan ekipman, teçhizat veya donanımın uygun biçimde tasarlanması ile önlenabilir.

Mühendislik çalışmaları ile iş yerindeki stres azaltılabilir, yaralanmalar ve tehlikeler bertaraf edilebilir.

Çalışanların maruz kaldığı gürültü, yorgunluk, ağır fiziksel hareketler, tekrar eden hareketler ortadan kaldırılabilir.

Çalışma ortamının tasarımı esnasında yapılan yetersiz ve eksik dizayn, araçlar ve makine seçimindeki uygunsuzluk, çalışanlarda kas iskelet sistemine büyük yükler bindirebilir.

Mühendislik tedbirleri ile iş ünitesi, malzeme, makine, donanım, araç, teçhizat, ekipman, fiziksel ortam ve iş süreçleri/proseslerde yapılacak iyileştirme ve yeniden tasarım çalışmaları daha uygun hale getirilebilir.

İhtiyaç duyulan hareketleri karşılayacak doğru tasarlanmış çalışma istasyonları tesis edilmelidir.

Çalışana ayakları ve dizlerini gerektiği gibi hareket ettirebilecek yeteri kadar alan sağlanmalıdır. Makine kontrol üniteleri ve kumandaları her iki el ile ulaşılabilir ve kontrol edilebilir olmalıdır.

Oturma yeri, iş parçası yönü ve iş istasyonu, çalışma yerinin sabit veya keskin kenarları, termal iletken çalışma yüzeyleri ile temas da göz önüne alınmalıdır. Çalışma ortamında kullanılan araçların dizaynı çalışan üzerinde olumsuz etkiye sahip olmaması için titizlikle seçilmelidir.

Ergonomi alanında yapılacak mühendislik çalışmaları sonucunda; verimlilik artışı, kalitede iyileşme artışı ve iş ve işçi sağlığı güvenliğinde olumlu ve faydalı gelişmeler olması beklenmektedir. [6]

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Neticede ergonomi, günlük yaşantımızın hem hemen her noktasına dahil ederek, kurallarına uygulayarak kullanabileceğimiz bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ergonomi, insan, makine çevre arasındaki bağlantıları sistematik bir yapıda analiz eder, üretimi, kaliteyi, verimliliği artırır, iş sağlığı ve güvenliğine katkı sağlayarak, işçi üzerindeki iş yükünü azaltır. Bu çerçeve çok geniş bir kullanım ve uygulama alanına sahiptir. Yapılan mühendislik çalışmalarında yukarıda da bahsedildiği üzere; yoğun olarak, iş ortamı ve iş çevresinin tasarımında kullanılarak, verimlilik ve kalite artışına katkı sağlamaktadır. İşlerin en az çaba ile en kısa sürede en güvenli şekilde yapılmasına katkı sağlar.

KAYNAKLAR

- 01 Köksüz, A. (2019). Her Alanda Ergonomi . Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 2(1), 3-24. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/smutgd/issue/45823/493050>
- 02 Yalçın, E. & Ayvaz, B. (2018). İŞLETMELERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ERGONOMİK RİSK ÖLÇÜMÜ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA . İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi , 17 (34) , 13-30 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ticaretfbd/issue/55969/495116>
- 03 Işık, M. & Dağsuyu, C. (2020). Bir Üretim İşletmesinde Departmanların Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Ergonomik Analizi . Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9 (3), 1231-1241 . DOI: 10.17798/bitlisfen.617965
- 04 Yapıcı, F. & Baş, H. (2015). VERİMLİLİKTE ERGONOMİK FAKTÖRLER . Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi , 3 (3) , 591-595 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jesd/issue/20874/224023>
- 05 Çiçek, H. & Çağdaş, A. (2020). ERGONOMİK FAKTÖRLERİN ÇALIŞAN PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİ . OHS ACADEMY , 3 (2) , 135-143 . DOI: 10.38213/ohsacademy.733730
- 06 İşsever, H. Ergonomi. Erişim adresi https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_Bahar/ergonomi/14/index.html#konu-4

Bölüm 13

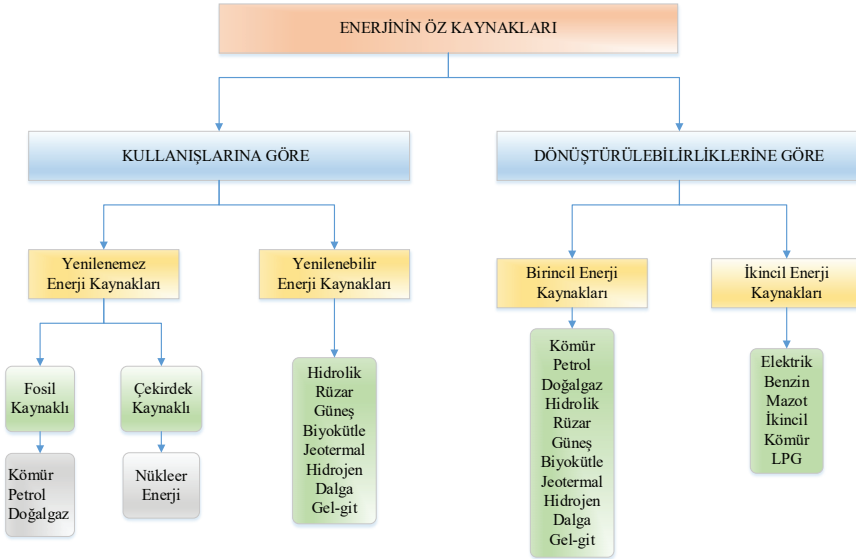
MAKİNE ÖĞRENMESİ REGRESYON YÖNTEMLERİ İLE KISA DÖNEM YENİLENEBİLİR ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM TAHMİN ÇALIŞMASI: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

İpek ATİK¹

¹ İpek Atik, Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, 27000, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9761-1347), ipek.atik@gibtu.edu.tr

1. GİRİŞ

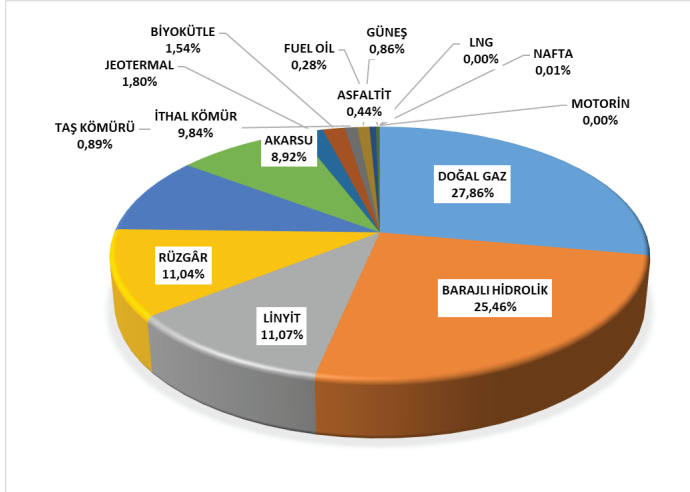
Ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen önemli parametrelerden biri enerjidir. Gelişen dünyada artan nüfus, sanayileşme, teknolojik gelişmeler enerjiye olan ihtiyacı gittikçe arttırmaktadır. Ekonomik ve sosyal gelişmişliğin bir belirtisi olan enerji öz kaynakları doğada bulunan haliyle kullanımına göre yenilenebilir ve yenilemez kaynaklar olarak iki gruba ayrılır. Enerji kaynakları hakkında detaylı gösterim ve EPDK Resmi kayıtlarına göre 2021 Yılı Eylül Ayı Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı ve 2020 Yılı Eylül Ayı Değeriyle Karşılaştırılması sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir. Tablo 1’de özetlenmiştir. Öz kaynakların işlem görmemiş hali birincil enerji kaynağı, birincil enerji kaynakları kullanılarak oluşan yeni enerji kaynağı ise ikincil enerji kaynağı olarak adlandırılır. Fosil kaynaklar tükenebilir kaynaklar olduğu için yenilenebilir enerji kaynakları gittikçe önem kazanmaktadır. Elektrik enerjisi depolanamayan bir enerji çeşididir ve elektrik enerji arz talep dengesinin korunması oldukça önemlidir. Arz talep dengesi sağlanmadığı durumlarda enerji kullanımında kısıtlamalara, piyasada fiyat dengesizliklerine sebep olacaktır.



Şekil 1. Enerjinin kaynaklarının sınıflandırılması (“EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu,”)

Tablo 1. 2021 Yılı Eylül Ayı Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı Ve 2020 Yılı Eylül Ayı Değeriyle Karşılaştırılması (MW-%)(“EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu,” n.d.)

Kaynak Türü	2020 Eylül		2021 Eylül		Değişim (%)
	Kurulu Güç (Mw)	Oran (%)	Kurulu Güç (Mw)	Oran (%)	
Doğal Gaz	25.629,66	29,61	25.473,16	27,86	-0,61
Barajlı Hidrolik	21.877,15	25,27	23.277,54	25,46	6,40
Linyit	10.097,31	11,66	10.119,92	11,07	0,22
Rüzgâr	8.006,21	9,25	10.094,41	11,04	26,08
İthal Kömür	8.966,85	10,36	8.993,80	9,84	0,30
Akarsu	7.904,02	9,13	8.158,45	8,92	3,22
Jeotermal	1.514,69	1,75	1.650,17	1,80	8,94
Biyokütle	786,63	0,91	1.408,83	1,54	79,10
Taş Kömürü	810,77	0,94	810,77	0,89	0,00
Güneş	258,85	0,30	788,94	0,86	204,78
Asfaltit	405,00	0,47	405,00	0,44	0,00
Fuel Oil	305,93	0,35	251,93	0,28	-17,65
Nafta	4,74	0,01	4,74	0,01	0,00
Lng	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00
Motorin	1,04	0,00	1,04	0,00	0,00
Toplam	86.570,79	100,00	91.440,63	100,00	5,63



Şekil 2. 2021 Yılı Eylül Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (%) (“EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu,”).

2020-2021 eylül ayı kurulu güç karşılaştırmasında bakıldığında doğalgaz ve fueloilde azalma görülürken diğer kaynakların kurulu gücünün tamamında artış görülmüştür. En fazla oranda artış gösteren %204.78 ile güneş enerjisi olmuştur. Daha sonra sırasıyla %79.10 ile biokütle ve %26.08 ile rüzgar enerjisi kurulu gücü gelmektedir. Türkiye Kurulu gücünün kaynak bazında değerlendirildiğinde %27,86 ile doğalgaz, 25.46 barajlı hidrolik, %11.04 ile rüzgar, %11.07 ile linyit gelmektedir. Verilerden de görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı 2021 yılında 2020 yılına göre artış göstermiştir (“Elektrik Piyasası Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM),” n.d.).

Literatürde elektrik enerjisi tahmini ile ilgili birçok teknik geliştirilmiştir. Teknikler genel olarak yapay zeka temelli ve geleneksel yaklaşımlardır. Geleneksel yaklaşımlarda istatistiksel yöntemler daha çok kullanılmaktadır. Kaynar ve arkadaşları SVM ve kaotik yöntemleri birlikte kullanıldığı hibrit algoritma ile tahmin çalışması yapmıştır (O. Kaynar, H. Ozekicioglu, & Demirkoparan, 2017).Türkay ve Demre (B. E. Türkay & D. Demren, 2011), library for support vector machine (LibSVM) algoritması ile Ellatar ve arkadaşları (Elattar, Goulernas, & Wu, 2010), destek vektör algoritması hibrit modeli LWSVR ile, Nazarko ve Zalewski (Nazarko & Zalewski, 1999), fuzzy regresyon ile standart regresyon yöntemini karşılaştırarak tahmin çalışması yapmıştır. Mamun ve Nagasaka (Al Mamun & Nagasaka, 2006), SVM ve ANN yöntemlerini karşılaştıran bir tahmin çalışması yapmıştır. Sarhani ve El Afia (Sarhani & El Afia, 2015), SVA ve PSA modellerini hibrit şekilde kullanarak tahmin çalışması yapmıştır. Matijaš (Matijaš, 2013), least squares support vector machine (LS-SVM) ve Robust LS-SVM yöntemlerini diğer yöntemlerle kıyaslamıştır. Khan ve arkadaşları (Khan et al., 2018), ANN ve bagged regression tree (BRT) kullanılarak tahmin çalışması gerçekleştirmiştir.

Literatürden araştırmalarından görüldüğü üzere tahmin çalışmalarında regresyon yöntemleri uygun, hızlı ve başarılı tahmin çıktıları elde ettiği için tercih edilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda kısa dönem elektrik enerjisi üretim tahmininde lineer regresyon (LR), destek vektör makine-leri (SVM), bagged tree (BT) ve fine tree (FT) yöntemleri kullanılmıştır.

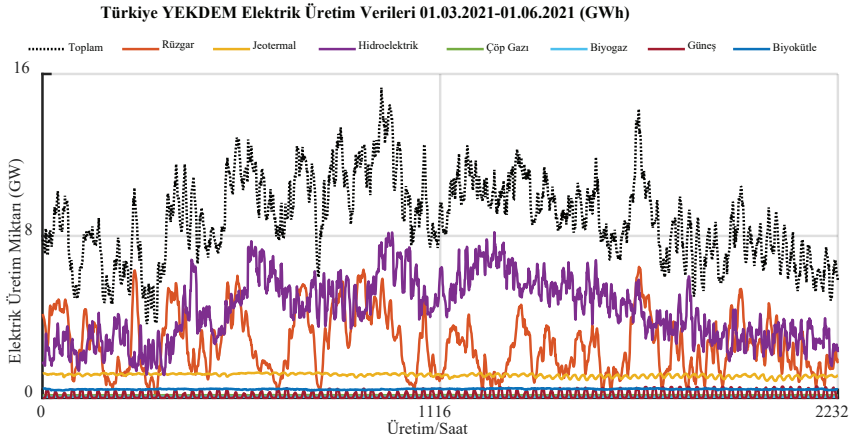
Çalışmada ilk bölümde enerji tahmin çalışmasının öneminden bahsedilerek geçmiş kısa dönem tahmin çalışmaları özetlenmiştir. İkinci bölümde çalışmada kullanılan derin öğrenme yöntemleri, veri seti ve performans ölçütleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde veri seti modelle aktarılarak tahmin sonuçları alınmış ve model performansları karşılaştırılmıştır. Son bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

2. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Regresyon analizi tahmin yöntemi genel blok diyagramı Şekil 3’de verilmiştir. Türkiye saatlik yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi veri setine regresyon yöntemi uygulanmıştır. Regresyon analizinden yüksek oranda doğru tahmin almak için farklı regresyon parametreleri denenerek en yüksek başarımın oranının bulunması hedeflenmiştir. Çalışmada Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarından 01.03.2021-01.06.2021 tarihleri arasındaki saatlik elektrik üretim verileri alınmıştır. Şekil 4’de gösterildiği gibidir. (“Elektrik Piyasası Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM),” n.d.). Veri setinde 2232 adet verinin 1900 tanesi eğitim ve doğrulama geriye kalan kısmı test için kullanılmıştır.



Şekil 3. Çalışma akış diyagramı



Şekil 4. Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarından 01.03.2021-01.06.2021 tarihleri arasındaki saatlik elektrik üretim verileri (“Elektrik Piyasası Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM),”)

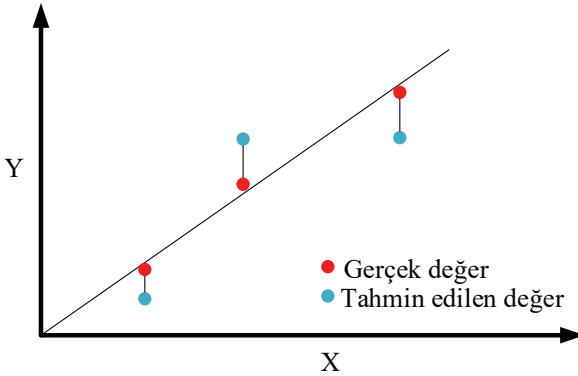
2.1. Lineer Regresyon

Regresyon analizi yöntemi, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki yaklaşıklık ilişkisini tahmin etmeyi amaçlar. Değişken sayısı tek ise tek

değişkenli, birden çok değişken var ise çok değişkenli regresyon denir. Yöntemde veri kümesindeki değişkenlerden biri bağımlı, diğerleri ise bu değişkene farklı oranlarda etki eden bağımsız değişkenlerdir. Basit doğrusal regresyonu yöntemini Eşitlik 1'deki gibi ifade edilir (Yan & Xiaogang, 2009);

$$Y_i = \theta_1 + \theta_2 x_i + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Burada Y_i , i . bağımlı rassal değişken, x_i , gözlemlenebilen i . bağımsız değişken (kestirim değişkeni), ε_i rassal hata terimi, n örnekteki gözlem sayısı, $i=1,2,\dots,n$ 'i ifade eder. Modelde θ_1 ; regresyon doğrusunun y eksenini kestiği nokta, θ_2 regresyon doğrusunun eğimidir, gösterimi Şekil 5'te verilmiştir (Casella & Berger, 2001; Yan & Xiaogang, 2009).



Şekil 5. Bir veri serisi için kırmızı noktalar) doğrusal regresyon.

2.2. Karar Destek Makinesi Regresyonu (SVR)

Destek vektör makineleri ilk olarak Vapnik tarafından önerilmiştir. Destek vektör makineleri yöntemi sınıflandırma ve regresyon analizleri için kullanılan öğrenmeli istatistiksel algoritmalarından biridir. SVM ile doğrusal olmayan problem çözümünde de yüksek performans sağlama-sı kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. İlk olarak regresyon analizleri için tasarlanmış olsa da regresyon analizlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Regresyon analizlerinde kullanılan destek vektör makineleri yöntemi Destek Vektör Regresyonu (SVR) olarak geliştirilmiştir. Modelin tahmin performansı modeli oluşturan parametrelere göre değişkenlik gösterir (Rafi & Nahid-Al-Masood, 2020; Sarhani & El Afia, 2015). SVR yöntemi tahmin performansını arttırmak için eğitim veri setine yaklaşan bir

fonksiyona ulaşmayı hedefler. Bu sebeple üç ana parametre olan Epsilon değeri (ϵ), kapasite değeri (C) ve çekirdek fonksiyon türü ve varsa çekirdek fonksiyonun parametresi dikkatli bir şekilde belirlenmelidir. Genellikle kullanılan çekirdek fonksiyonları; doğrusal, polinom, radyal temelli fonksiyon (RBF) ve sigmoid olarak sıralanabilir. Eğitim noktaları $\{(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)\}$, $x_i \in R^n$ gelecek vektörü ve $y_i \in R$ hedef çıktısı olan bir seti düşünelim. Burada doğrusal olmayan girdi ve çıktı arasındaki ilişki Eşitlik 2’teki gibi ifade edilir;

$$f(x) = w^T \Phi(x) + b \quad (2)$$

Burada $f(x)$ öngörülen tahmin değerleri, Φ ; doğrusal olmayan haritalama fonksiyonu ve w ($w \in R^n$) ve b ($b \in R$) ise katsayılardır. SVR için $C > 0$ ve $\epsilon > 0$ olmak üzere;

$$\text{Min}_{w,b,\xi,\xi^*} \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^l \xi_i + \xi_i^* \quad (3)$$

Kısıtlar;

$$w^T \Phi(x_i) + b - y_i \leq \epsilon + \xi_i$$

$$y_i - w^T \Phi(x_i) - b \leq \epsilon + \xi_i^*$$

$$\xi_i, \xi_i^* \geq 0; i = 1, 2, \dots, l \quad (4)$$

Burada ξ_i^* ve ξ_i sırasıyla ϵ üzerindeki ve altındaki eğitim hatalarını belirtir. Diğer parametre vektörü olan w ise aşağıda denklemde ifade edildiği gibidir;

$$w = \sum_{i=1}^l (\lambda_i^* - \lambda_i) \Phi(x_i) \quad (5)$$

Burada λ_i^* ve λ_i Lagrange çarpanlarıdır. SVR denklemi Eşitlik 6’deki gibi elde edilir;

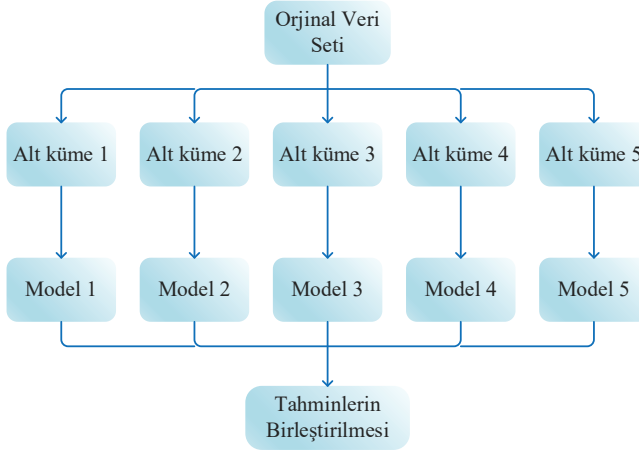
$$f(w) = \sum_{i=1}^l (\lambda_i^* - \lambda_i) K(x_i, x_j) + b \quad (6)$$

Buradaki $K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2)$ eşitliği radyal temelli kernel fonksiyonunu temsil eder (Akande, Owolabi, Twaha, & Olatunji, 2014; Cortes & Vapnik, 1995).

2.3. Bagged Tree

Bagged tree yönteminde, orijinal veri setinden ön yükleme örneklerine tahminciler uygulanır ve bir topluluk oluşturulur. Ön yükleme uy-

gulamasının amacı iadeli rastgele seçim yapıp alt örneklemi oluştur-
maktır. Alt örneklem sayısı orijinal veri seti ile aynıdır. Bazı gözlemler
örneklemelerde yer almazken, bazıları birkaç defa yer alabilir. Tahminlerin
birleştirilmesinde regresyon ağaçlarında ortalama alınırken sınıflandırma
ağaçlarında sonuçlar oylamaya göre belirlenir. Bagged tree yöntemi tekil
ağaçlara göre daha başarılı sonuçlar verir. Bagged tree akış şeması Şekil
6'te verildiği gibidir (Božić & Stojanović, 2011; Ghanbari, Naghavi, Gha-
deri, & Sabaghian, 2009);

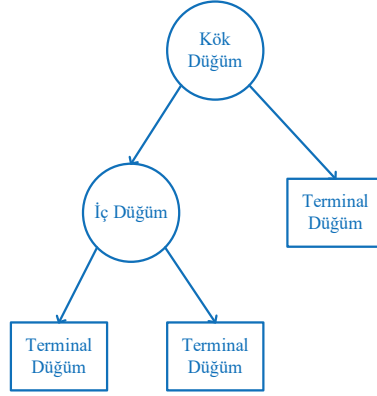


Şekil 6. Bagged tree yapısı

Bagged tree ile analizde ilk aşamada veri setinin çoklu alt kümeleri oluşturulur. Her alt grupta bir temel model oluşturulur. Modeller birbirinden bağımsız olarak çalışır ve son olarak tüm modellerin tahmin sonuçları birleştirilerek nihai tahmin belirlenir (Al-Barazanchi, Al-Neami, & Al-Timemy, 2014; Dietterich, 2000).

2.4. Karar Ağacı Regresyon (Decision Tree Regression)

Karar ağacı regresyonu yapısı düğüm ve yapraklardan oluşur. Veri kümesi alt kümelere, karar düğümleri iki ya da daha fazla alt dallara ayrılır. Karar ağacında karar ve yaprak düğümleri vardır. Düğüm hesaplamaları yapılırken regresyon işlemi yapılırken Eşitlik 7'de verildiği gibi standart sapma kullanılır. İlk olarak hedef kümenin standart sapması hesaplanır. Ardından Eşitlik 8'te verildiği gibi diğer kümeler ve hedef kümeler arasında ikili standart sapma değerleri hesaplanır. Eşitlik 9'da verildiği gibi her bir sonuç hedef kümenin standart sapma değerinden çıkarılır. Standart sapma değeri en küçük olan küme kök kümedir. Bu işlemler tüm her bir düğüm için tekrarlanarak ağaç yapısı oluşturulur. Karar ağacı yapısı Şekil 7'de verilmiştir (Blum & Riedmiller, 2013, 2013).



Şekil 7. Karar ağaç yapısı

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{n}} \quad (7)$$

$$S(T, X) = \sum_{c \in X} P(c) S(c) \quad (8)$$

$$SDR(T, X) = S(T) - S(T, X) \quad (9)$$

Burada μ özeliğe ait ortalamayı, n özelliğe yer alan veri sayısını ve c ilgili özelliğin alabileceği farklı değerleri ifade eder (H_0 , n.d.).

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve SONUÇLARI

Çalışmada Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarından kısa dönem elektrik üretimi tahmini yapılmıştır. Bunun için Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim verileri 01.03.2021-01.06.2021 tarihleri arasındaki saatlik elektrik üretim verileri alınmıştır. Veri setinde 2232 adet verinin 1900 tanesi eğitim ve doğrulama geriye kalan kısmı test için kullanılmıştır. Tahmin çalışmasında 1 saat, 2 saat ve 3 saat ilerisi için tahmin çalışmasında lineer regresyon, karar destek vektör regresyonu, bagged tree ve karar ağacı yöntemi kullanılmıştır. Tüm deneyler Intel ile MATLAB R 2020 (a) ortamında (R) i7-10750 H CPU @2.60 GHz, NVIDIA Quadro P620 GPU ve 16 GB RAM bellek ile gerçekleştirilmiştir. Bu bölümün ilerleyen kısımlarında kullanılan regresyon modellerine ait parametreler, karşılaştırma metrikleri ve regresyon analizi sonuçları verilmiştir.

3.1. Regresyon Parametreleri ve Karşılaştırma Metrikleri

Analizlerde kullanılan yöntemlere ait parametreler Tablo 2’de verilmiştir. Yöntemlerin performans karşılaştırmalarında kullanılan Korelasyon katsayısı (R), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) metriklerine ait ifadeler Eşitlik 10-12’de verilmiştir (Akan, et al., 2014).

Tablo 2. Model analizlerde kullanılan yöntemlere ait parametreler

Algoritma	Parametre
Destek Karar Regresyon (SVR)	Kernel Fonksiyonu: Gaussian Kernel scale:0.64
Lineer Regresyon (LR)	Term: Interaction Robust option: Off
Bagged Tree Regresyon (BG)	Minimum Leaf size: 12 Number of learner:28
Decision Tree Regresyon_ Fine Tree (FT))	Minimum Leaf size: 8 Decision Split: Off

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2} \quad (10)$$

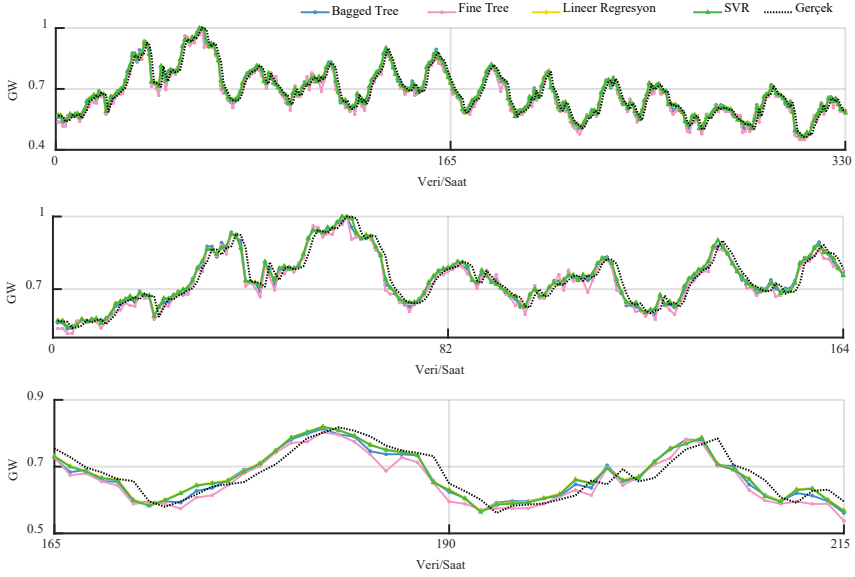
$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})(Y_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{X})^2}} \quad (11)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i - X_i| \quad (12)$$

Burada giriş değeri, tahmin değeri, analiz ile belirlenen değerlerinin ortalaması ve test alt kümesindeki örneklerin sayısı sırasıyla Y , Y' , $\bar{Y}$ ve n ile gösterilmektedir. Analizde sistem kararlılığını artırmak için 10-katlı çapraz-doğrulama uygulanmıştır. Çapraz doğrulamada özgün veri kümesi k tane alt kümelere ayrılır, her alt kümeden tek bir alt küme test kümesi ve $k-1$ alt küme eğitim kümesi olarak kullanılır. Bu işlem k kez tekrarlandığında tüm veriler hem eğitim hem test kümesinde kullanılmış olur.

3.2. Deneysel Sonuçlar

Yapılan analizler neticesinde 1 saat ilerisi için elde edilen tahmin değerleri Şekil 8’de gösterildiği gibidir. Model performansları Tablo 3’de özetlenmiştir.



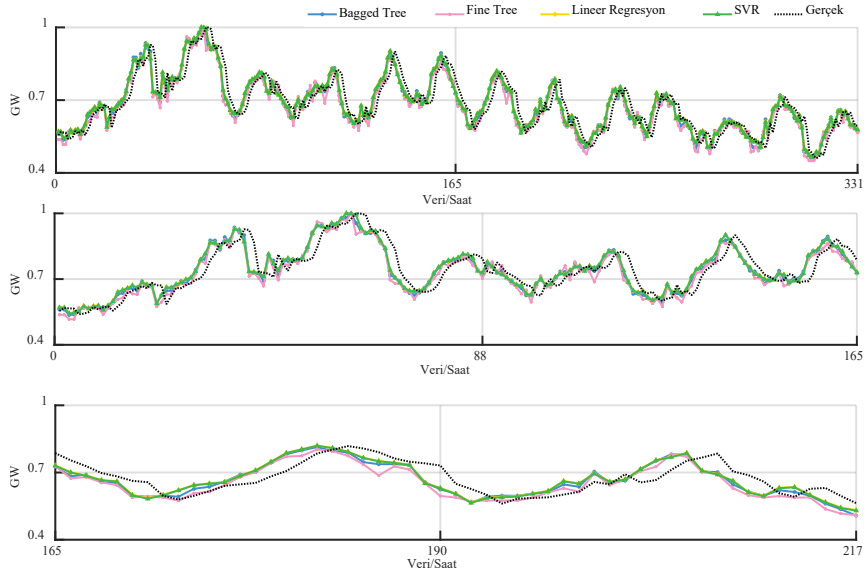
Şekil 8. SVR, LR, BG ve FT modelleri ile 1 saat ilerisi elektrik üretim tahmin sonuçları

Tablo 3. 1 saat ilerisi model performans metrikleri

Metrik	SVR	LR	BG	FT
R	0.986	0.974	0.965	0.953
RMSE	0.029	0.030	0.031	0.036
MAE	0.022	0.023	0.024	0.028

1 saat ilerisi için model tahmin performansları kıyaslandığında en yüksek R değeri 0.986 ile SVR modelinde elde edilmişken en düşük R değeri 0.953 ile FT’ye aittir. Şekil 8’den de görüldüğü gibi SVR analizindeki değerler gerçek değerler yakinken FT’de hata daha fazladır. Model performansları değerlendirildiğinde SVR, LR, BG ve FT modellerine ait RMSE değerleri sırasıyla 0.029, 0.030, 0.031 ve 0.036 olarak elde edilmiştir. MAE değerleri kıyaslandığında en düşük MAE değeri SVR’ye ait iken, MAE değeri en yüksek olan model 0.028 ile FT’dir. Kullanılan metotlarla 2 saat

ve 3 saat ilerisi içinde tahmin çalışması yapılmış, sonuçlar Şekil 9 ve Şekil 1'da, performans kriterleri sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'de özetlenmiştir.

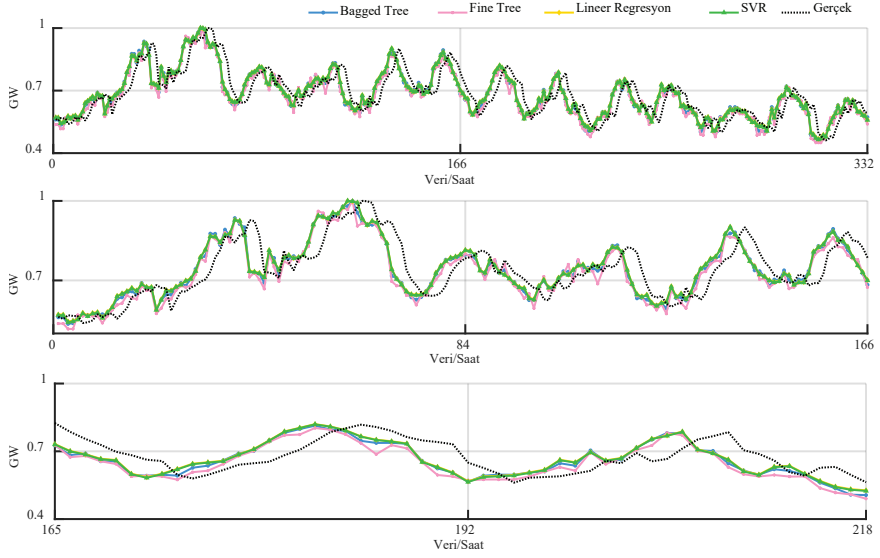


Şekil 9. SVR, LR, BG ve FT modelleri ile 2 saat ilerisi elektrik üretim tahmin sonuçları

Tablo 4. 2 saat ilerisi model performans metrikleri

Metrik	SVR	LR	BG	FT
R	0.926	0.914	0.906	0.894
RMSE	0.047	0.048	0.049	0.052
MAE	0.037	0.038	0.039	0.040

2 saat ilerisi için model tahmin performansları kıyaslandığında en yüksek R değeri 0.926 ile SVR modelinde elde edilmişken en düşük R değeri 0.894 ile FT'ye aittir. Model performansları değerlendirildiğinde SVR, LR, BG ve FT modellerine ait RMSE değerleri sırasıyla 0.047, 0.048, 0.049 ve 0.052 olarak elde edilmiştir. MAE değerleri kıyaslandığında en düşük MAE değeri 0.037 ile SVR'ye ait iken, MAE değeri en yüksek olan model 0.040 ile FT'dir.

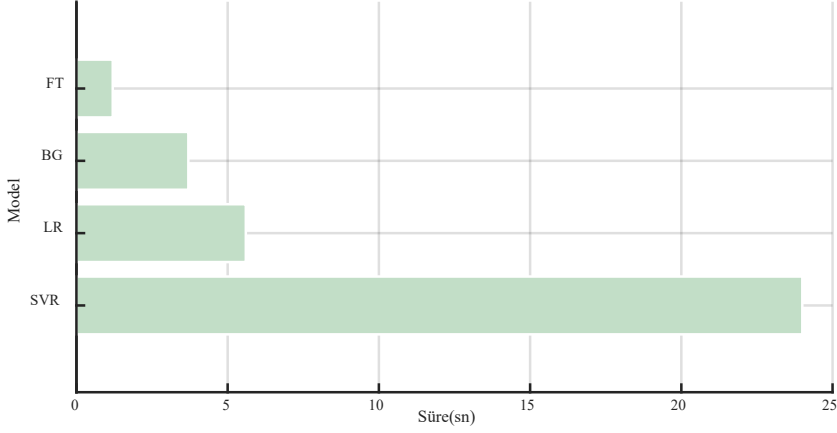


Şekil 10. SVR, LR, BG ve FT modelleri ile 3 saat ilerisi elektrik üretim tahmin sonuçları

Tablo 5. 3 saat ilerisi model performans metrikleri

Metrik	SVR	LR	BG	FT
R	0.855	0.845	0.830	0.826
RMSE	0.062	0.063	0.064	0.066
MAE	0.047	0.050	0.052	0.054

3 saat ilerisi için ise R değerleri karşılaştırmasında performans ölçütleri sırasıyla 0.855, 0.845, 0.830, 0.826 ve 0.855 ile SVR, LR, BG ve FT'ye aittir. RMSE değerlerine bakıldığında 3 saat ilerisi için LSTM, SVM, LR, ANN, BG ve FT modellerine ait RMSE değerleri sırasıyla 0.062, 0.063, 0.064 ve 0.066 olarak elde edilmiştir. Çalışmada yöntemlerin analiz süre verileri de alınmış ve karşılaştırması Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Model analiz süreleri

Şekilden de görüldüğü üzere modellerin analiz süreleri SVR, LR, BG ve FT için sırasıyla 23.7, 5.6, 3.7 ve 1.2 saniyedir. Model performansı en düşük model olan FT'nin analiz süresinin kısa olması büyük veri setlerinde avantaj sağlayacaktır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye için yenilenebilir elektrik üretim verileri kullanılarak makine öğrenmesi regresyon yöntemi ile kısa dönem tahmin çalışması yapılmıştır. Analizde 01.03.2021-01.06.2021 tarihleri arasındaki saatlik elektrik üretim verileri alınmıştır. Veri setinde 2232 adet verinin 1900 tanesi eğitim ve doğrulama geriye kalan kısmı test için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 1 saat, 2 saat ve 3 saat ilerisi için yapılan tahmin çalışmalarında en yüksek performansı SVR modeli, en kötü performansı ise FT yöntemi göstermiştir. Çalışma sonucunda kısa dönem elektrik üretim tahmininde SVR yöntemi, LR, BG ve FT yöntemlerinden daha başarılı olmuştur. Çalışmanın elektrik üretim tahmini yapılması ile şebeke planlamaları ve üretim ekonomisi, yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların kontrolü, ünite çalışma programları ve bakım onarım zamanlaması için gereken önlemlerin alınması konusunda faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Referanslar

- Akande,, V. O., Owolabi,, T. O., Twaha,, S., & Olatunji,, S. O. (2014). Performance Comparison of SVM and ANN in Predicting Compressive Strength of Concrete. *IOSR Journal of Computer Engineering*, (16). doi:<https://doi.org/10.9790/0661-16518894>
- Al-Barazanchi, K. K., Al-Neami, A. Q., & Al-Timemy, A. H. (2014). Ensemble of bagged tree classifier for the diagnosis of neuromuscular disorders (pp. 1–4). Presented at the 2017 Fourth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME),.
- Al Mamun, M., & Nagasaka, K. (2006). Implementation of an Intelligent Method to Forecast Long-term Electric Demand. *Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 5(2), 75–82.
- B. E. Türkay, & D. Demren. (2011). Electrical Load Forecasting Using Support Vector Machines (pp. 49–53). Presented at the International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Nagpur.
- Blum, M., & Riedmiller, M. (2013). Electricity Demand Forecasting using Gaussian Processes. *Trading Agent Design and Analysis: Papers from the AAAI 2013 Workshop*, 10–13.
- Božić, M., & Stojanović, M. (2011). Application of SVM Methods for Mid-Term Load Forecasting. *Serbian Journal Of Electrical Engineering*, 8(1), 73–83.
- Casella, G., & Berger, R. (2001). *Statistical inference. (Second edition)*. United States of America: Duxbury.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks,. *Machine Learning*, 20(3), 273–297.
- Dietterich, T. G. (2000). An Experimental Comparison of Three Methods for Constructing Ensembles of Decision Trees: Bagging, Boosting, and Randomization., 40, 139–157. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1007607513941>
- Elattar, E. E., Goulermas, J., & Wu, Q. H. (2010). Electric Load Forecasting Based on Locally Weighted Support Vector Regression. *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications And Reviews*, 40(4), 438–447.
- Elektrik Piyasası Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM). (n.d.). *YEKDEM*. Retrieved November 29, 2021, from <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-122/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-destekleme-mekanizmasi-yekdem>
- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (n.d.). *EPDK*. Retrieved January 12, 2021, from <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-122/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-destekleme-mekanizmasi-yekdem>

- Ghanbari, A., Naghavi, A., Ghaderi, S. F., & Sabaghian, M. (2009). Artificial Neural Networks and Regression Approaches Comparison for Forecasting Iran's Annual Electricity Load (pp. 675–679). Presented at the International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives. doi:10.1109/POWERENG.2009.4915245
- Ho, T. K. (n.d.). Random decision forests (pp. 278–282). Presented at the In: Proceedings of 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition. IEEE, Montreal, QC, Canada.
- Khan, A. R., Razzaq, S., Alquthami, T., Moghal, M., Amin, A., & Mahmood, A. (2018). Day Ahead Load Forecasting for IESCO Using Artificial Neural Network and Bagged Regression Tree. Presented at the 1st International Conference on Power, Energy and Smart Grid, Mirpur.
- Matijaš, M. (2013). *Electric Load Forecasting Using Multivariate Meta-Learning* (Ph.D Thesis). University of Zagreb, Zagreb.
- Nazarko, J., & Zalewski, W. (1999). The Fuzzy Regression Approach to Peak Load Estimation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 14(3), 809–814.
- O. Kaynar, H. Ozekicioglu, & Demirkoparan, F. (2017). Forecasting of Turkey's Electricity Consumption with Support Vector Regression and Chaotic Particle Swarn Algorithm. *Journal of Administrative Sciences*, 15(29), 2011–224.
- Rafī, S. H., & Nahid-Al-Masood. (2020). Short term electric load forecasting using high precision convolutional neural network (pp. 1–7). Presented at the Proc. Int. Conf. Comput., Electr. Commun. Eng. (ICCECE). doi:10.1109/ICCECE48148.2020.9223102
- Sarhani, M., & El Afia, A. (2015). Electric Load Forecasting Using Hybrid Machine Learning Approach Incorporating Feature Selection. Presented at the Proceedings of the International Conference on Big Data Cloud and Applications, Morocco.
- Yan, X., & Xiaogang, S. (2009). *Linear regression analysis: theory and computing*. World Scientific.

Bölüm 14

RADYO FREKANS ABLASYONUNDA PARAMETRİK DEĞİŞİKLİKLER VE ETKİLERİ

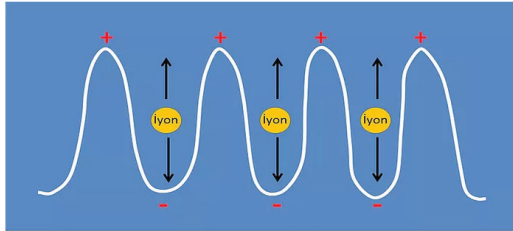
Serhat KÜÇÜKDERMENCİ¹

¹ Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,
kucukdermenci@balikesir.edu.tr

1. GİRİŞ

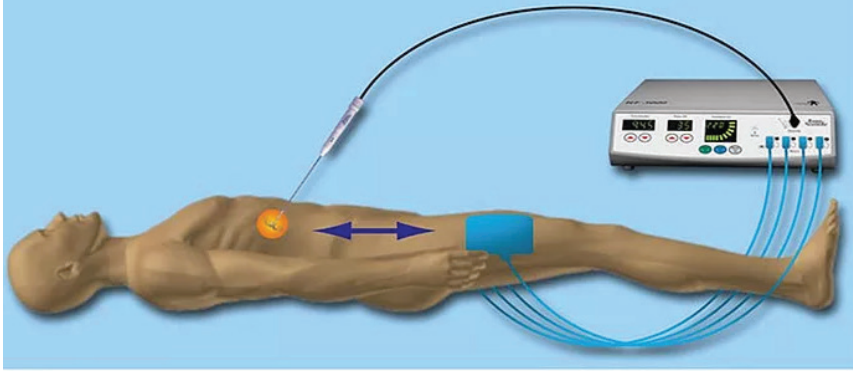
Radyofrekans ablasyon (RFA), tıpta kalp ritim bozukluklarının giderilmesinde, dermatolojide cilt sıkılaştırmada, varislerde, horlama tedavisinde ve ilaca dirençli ağrıların giderilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ancak en çok bilinen kullanım alanı tümörlerin yakılarak yok edilmesidir. RFA, günümüzde malignitelerin tedavisinde en sık kullanılan termo-ablatif yöntemdir. RFA, yaklaşık 20 yıldır karaciğer, akciğer, böbrek, kemik tümörlerinin tedavisinde ve son yıllarda tiroid nodülleri ve meme kitlelerinin tedavisinde cerrahi ve kemoterapi gibi yöntemleri tamamlayıcı veya alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. RF ilk olarak 1990'lı yıllarda karaciğer kanserlerinde tümör tedavisinde kullanılmış ve daha sonra akciğer, böbrek, tiroid ve kemik tümörlerinde yaygın olarak uygulanmıştır. RFA tekniği ilk olarak 1995 yılında hayvan akciğer tümörü modellerinde tanımlanmıştır (Goldberg ve diğ., 1995). RFA en yaygın olarak karaciğer tümörlerinde kullanılır. Özellikle karaciğerin primer tümörleri olan hepatosellüler karsinom (HCC) ve karaciğer metastazlarında standart ablasyon yöntemidir. RFA, karaciğerin yanı sıra akciğer ve kemik tümörlerinde de sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde kemikte özellikle "osteoid osteoma" olarak adlandırılan ve gençlerde görülen ve şiddetli ağrılara neden olan iyi huylu bir tümörün tedavisinde cerrahi operasyonun yerini almıştır.

Radyofrekans (RF) terimi, 30 MHz'in altındaki frekanslardaki tüm elektromanyetik enerji kaynaklarını kapsar, ancak klinik kullanımdaki çoğu cihaz 375-550 kHz frekans aralığında çalışır (Chang & Nguyen, 2004), (Cabrera, 2018). Ultrasonografi (US) veya bilgisayarlı tomografi (BT) gibi görüntüleme yöntemleri ile deriden (perkütan) iğne şeklinde bir prob yerleştirilir. RF elektrotu bir RF jeneratörüne bağlıdır. RF jeneratörü, aktif elektrot ile referans elektrot arasında bir voltaj oluşturarak alternatif akımla salınan elektrik alan çizgileri oluşturur. Bu alternatif elektrik alanı, elektronların elektrota en yakın moleküllerle etkileşime girmesine neden olur. Dokudaki (+) ve (-) yüklü iyonlar ileri geri hareket ettirilir (bkz. Şekil 1). Bu, sürtünme ile ısı oluşumunu tetikler. Probdan geçen RF dalgaları tümör dokusunu ısıtır ve yok eder. İşlemin önemli avantajları cerrahi kesi gerektirmemesi, lokal anestezi altında yapılabilmesidir.



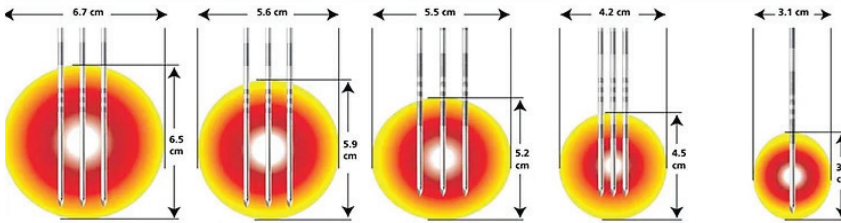
Şekil 1. Dokudaki iyonları hareket ettiren RF alternatif akımıyla ısı üretimi.

Sıcaklık yaklaşık 45°C - 50°C 'ye ulaştığında hücreler ablasyona uğrar (Goldberg ve diğ., 1996), (Tungjtkusolmun ve diğ., 2002), (Haemmerich ve diğ., 2003). Oluşan ısı iğne çevresinde yaklaşık 3 cm çapında bir alanda doku ölümüne neden olur. Bu alan kullanılan iğne tipine ve sayısına göre değişiklik gösterebilir. RF, dokuda elektrik akımı ile ısı ürettiğinden, elektrik devresini tamamlamak için hastanın bacaklarına ikinci bir elektrot yerleştirilir (bkz. Şekil 2).



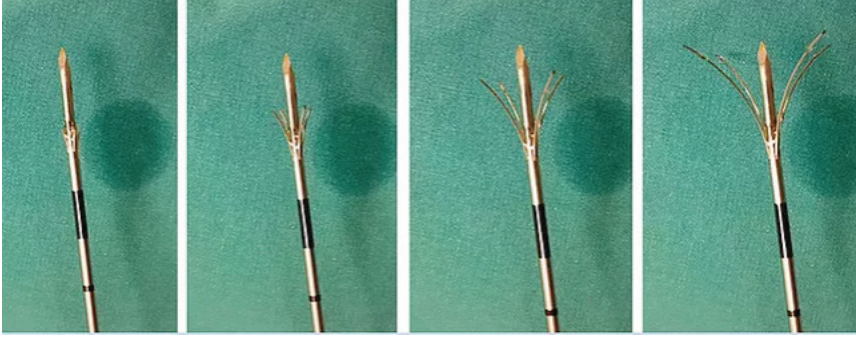
Şekil 2. Elektrik devresini tamamlamak için bacaklara özel elektrotların (pedlerin) takılması.

RFA'da tümör içine yerleştirilen iğnelere "prob" adı verilir. Probların çoğu düz iğne şeklinde olup içlerinde probun aşırı ısınmasını önleyen özel bir "su soğutma sistemi" bulunmaktadır. Bu soğutma sistemi sayesinde probun ısıtabileceği alan genişler ancak tek bir prob kullanıldığında bu alan genellikle 3 cm'yi geçmez. Ancak, probların sayısını ve kalınlığını artırarak ablasyon alanının çapını biraz artırmak mümkündür (bkz. Şekil 3). Bu sayede çapı 3 cm'den büyük olan tümörleri de yok etmek mümkündür.



Şekil 3. Probların sayısı ve kalınlığı değiştirilerek alanın büyütülmesi.

Düz iğne şeklindeki problarda ablasyon alanı eliptiktir. Ancak tümörler genellikle küre şeklinde olduğundan eliptik ablasyon alanı bazı tümörler için yeterli olmayabilir. Bu durumda gövde içinde şemsiye şeklindeki RF probları kullanılabilir. Bu problar küresele yakın bir ablasyon alanı oluşturur (bkz. Şekil 4).



Şekil 4. Şemsiye tipi probların küresel ablasyonu.

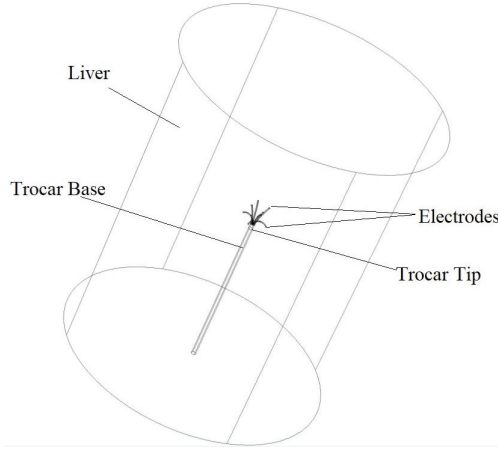
Hangi prob kullanılırsa kullanılsın, tüm ablasyon yöntemlerinde olduğu gibi RFA'da da amaç, etrafındaki 0,5-1 cm kalınlığında normal doku ile tümörü yok etmektir (güvenlik marjı). Bu başarılabilirse, tümör ameliyata gerek kalmadan çıkarılacaktır. Başarılı ablasyon için RF probunun tümöre doğru yerleştirilmesi çok önemlidir. RF genellikle sadece bir prob kullanıldığından, bu prob tümörün tam ortasında olmalıdır. Aksi takdirde, tümörün bir kısmı hayatta kalabilir ve bu bölgeden yeniden büyüyebilir.

2. PROB PARAMETRELERDEKİ DEĞİŞİKLİKLER VE ETKİLERİ

2.1 Uygun prob seçimi (elektrik voltajı, ablasyon süresi, geometri ve elektrot sayısı)

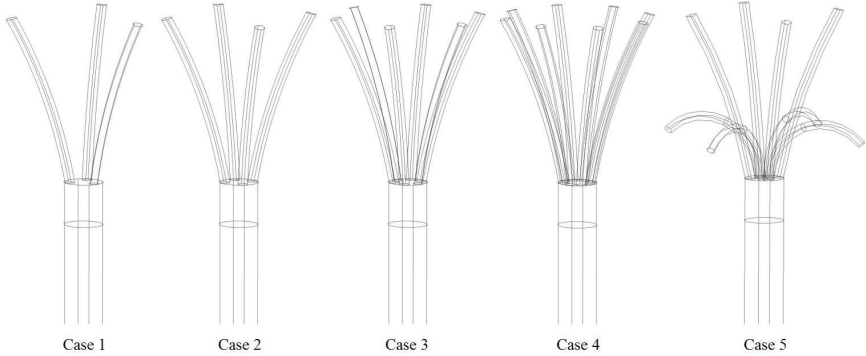
Başarılı ablasyon için görüntüleme yöntemleriyle yardımıyla prob tümöre göre doğru konumlanmalı ve uygun prob seçilmelidir (Tatlı ve diğ., 2011). Ablasyon aktivitesi, prob ucu sıcaklığı, empedans, güç çıkışı vb. gibi prob tasarım özellikleri tarafından kontrol edilir (Ito ve diğ., 2014). Küresel bir form oluşturan bir hibrit elektrot Yılmaz ve diğ. tarafından önerilmiştir. (Yılmaz ve diğ., 2020). Yaptıkları çalışmada elektrot sayısı, elektrik voltajı, ablasyon süresi ve elektrotların şekli incelenmiştir. Simülasyonlarda farklı tipte sekiz elektrot kullanılmıştır.

Analiz için kullanılan yapı Şekil 5'te gösterilmiştir. Dış silindir, probu barındıran karaciğer dokusunu gösterir. Prob tümöre ulaştığında, probdan uzantılar çıkar ve dokuya nüfuz eder. Bunu takiben jeneratör, probdan hastanın bacaklarındaki pedlere RF dalgaları gönderir. Şekil 5 ayrıca elektrotlu bir probu, bir trokar ucunu ve bir trokar bazını göstermektedir. Çeşitli termal iletkenlik seviyelerine duyulan ihtiyaç nedeniyle, trokar ucu ve elektrotlar farklı malzemelerden yapılmıştır. Elektrotlar, trokar ucu yardımcı bileşen olarak hizmet ederken, ısıtma/ablasyon işleminin büyük bir bölümünü gerçekleştirir. Isı akışını engelleyen ayarlanabilir trokar bazını yapmak için poliüretan kullanılır.



Şekil 5. Hesaplama alanının şematik görünümü (Yılmaz ve diğ., 2020).

Şekil 6, araştırmada kullanılan beş farklı RF elektrot tipini göstermektedir. 1’den 4’e kadar olan durumlarda 3-4-5-8 uzantılı Noel ağacı şeklindeki elektrotlar bulunur. Durum 5’teki elektrot hibrit olarak adlandırılır. Bu durumda dört uzantılı Noel ağacı şeklinde elektrot ve dört uzantılı şemsiye şeklinde elektrot birlikte bulunur.



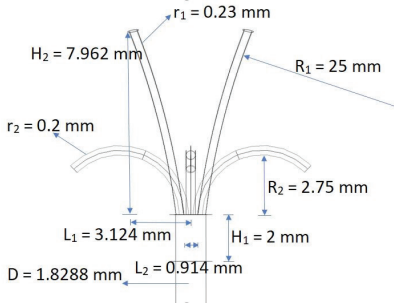
Şekil 6. Kullanılan elektrot tasarımları: Durum 1: 3 uzantılı, Durum 2: 4 uzantılı, Durum 3: 6 uzantılı, Durum 4: 8 uzantılı, ve Durum 5: 8 uzantılı, hibrit tasarım (Yılmaz ve diğ., 2020).

Şekil 7, Durum 5’teki elektrotların boyutlarını göstermektedir. Küçük yarıçaplar, Şekil 7’de gösterildiği gibi r_1 ve r_2 büyük yarıçaplar R_1 ve R_2 ’dir. Trokar ucunun ve Noel ağacı şeklindeki elektrotun yükseklikleri sırasıyla H_1 ve H_2 ’dir. Trokar ucunun çapı D ’dir. Parametre değerleri; $R_1=0.23$ mm, $r_2=0.2$ mm, $R_1=25$ mm, $R_2=2.75$ mm, $H_1=2$ mm, $H_2=7.962$ mm, $D=1.8288$ mm’dir. Şemsiye şeklindeki elektrotlar için uzantı açısı 135° ’dir. Bu açı, optimum küresel formu elde etmek için en iyi seçimdir. Ancak klinik uygulamalarda şemsiye şeklindeki elektrotların kıvrım açısı

genellikle 180°'dir. Ayrıca Noel ağacı şeklindeki elektrotlar dikey eksen-den 20 derece açıyla döndürülür. Simülasyonda elektrot, trokar ucu, doku ve trokar bazı olarak dört bileşen bir aradadır. Tablo 1'de bu bileşenlerdeki malzemelerin yoğunluğu (kg/m^3), özgül ısısı c (J/kg K), ısı iletkenliği k (W/m K) ve elektrik iletkenliği (S/m) listelenmektedir. Voltaj 20 ile 35 Volt arasında ayarlanmıştır. Elektrik voltajı 30V'un altına düştüğünde tam bir küresel şekil elde edilemez. Elektrik voltajı 30V'dan yüksek olduğunda da karbonizasyon görülür. Bundan dolayı araştırmada 30V'luk elektrik gerilimi kullanılmıştır. Tablo 2, deneyde kullanılan diğer parametreleri listeler.

Table 1. Malzeme özellikleri.

Bölge	Malzeme	ρ (kg/m^3)	c (J/kg K)	k (W/m K)	σ (S/m)
Doku	Karaciğer	1060	3600	0.512	0.333
Trokar ucu	Paslanmaz çelik	21500	132	71	4×10^6
Elektrot	Ni-Ti	6450	840	18	10^8
Trokar bazı	Poliüretan	70	1045	0.026	10^{-5}



Şekil 7. Durum 5'teki elektrot boyutları (Yılmaz ve diğ., 2020).

Tablo 2. Simülasyonda kullanılan parametreler.

Parametreler

Value

Unit

Başlangıç ve sınır sıcaklığı

37

°C

Arteriyel kan sıcaklığı

37

°C

Kan perfüzyon hızı

6.4×10^{-3}

1/s

Elektrik gerilimi

30

V

Ablasyon zamanı

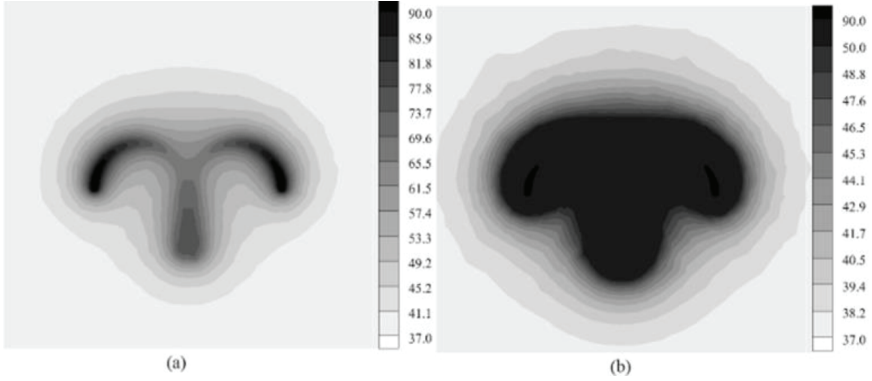
8

min

Uygun prob seçiminin etkileri (elektrik voltajı, ablastasyon süresi, geometri ve elektrot sayısı)

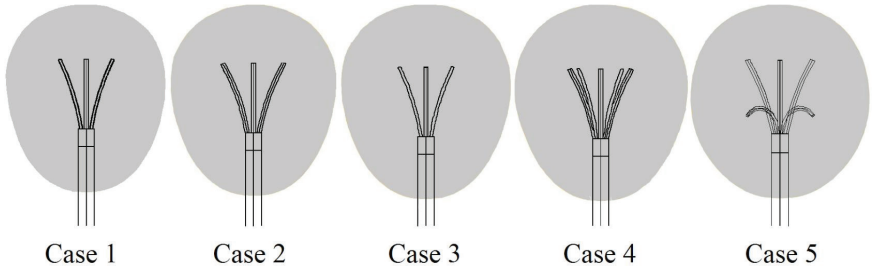
Sayısal doğrulama literatürdeki çalışmaların sonuçları (Tungjtkusol-mun ve diğ., 2002), (Chen ve diğ., 2009) ve Chen ve diğ. (2009) ve (Duan ve diğ., 2016) ile yapılabilir. Dört uzantılı şemsiye tipi elektrot kullanılarak

RF karaciğer tümörü ablasyonu için üç boyutlu sonlu eleman analizi kullanılmıştır. Sekiz dakikalık ablasyondan sonra sıcaklık dağılımı, Şekil 8a'da gösterilmektedir. Şekil 8b'de ise 50°C'ye eşit veya daha yüksek sıcaklık bölgelerini göstermektedir.



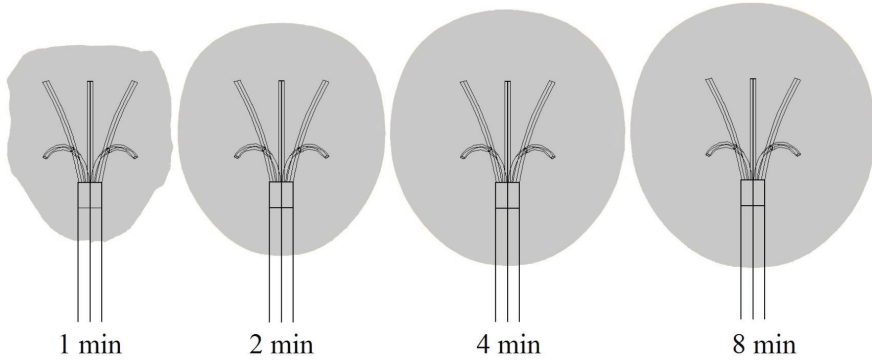
Şekil 8. (a) Sekiz dakikalık ablasyon sonrası sıcaklık dağılımı ve (b) 50°C'ye eşit veya daha yüksek sıcaklıklara sahip bölgeler (Yılmaz ve diğ., 2020).

Şekil 9, Durum 1-5 için sekiz dakika sonra elde edilen lezyon hacimlerini gösterir. Gri alan, 50°C'ye eşit veya daha yüksek sıcaklıkları yansıtır. Durum 1-4'teki lezyon şeklinin pratik olarak aynı olduğu fark edilebilir. Durum 5'teki lezyonun şeklinin, yani hibrit elektrotun kabaca küresel olduğu da görülebilir.



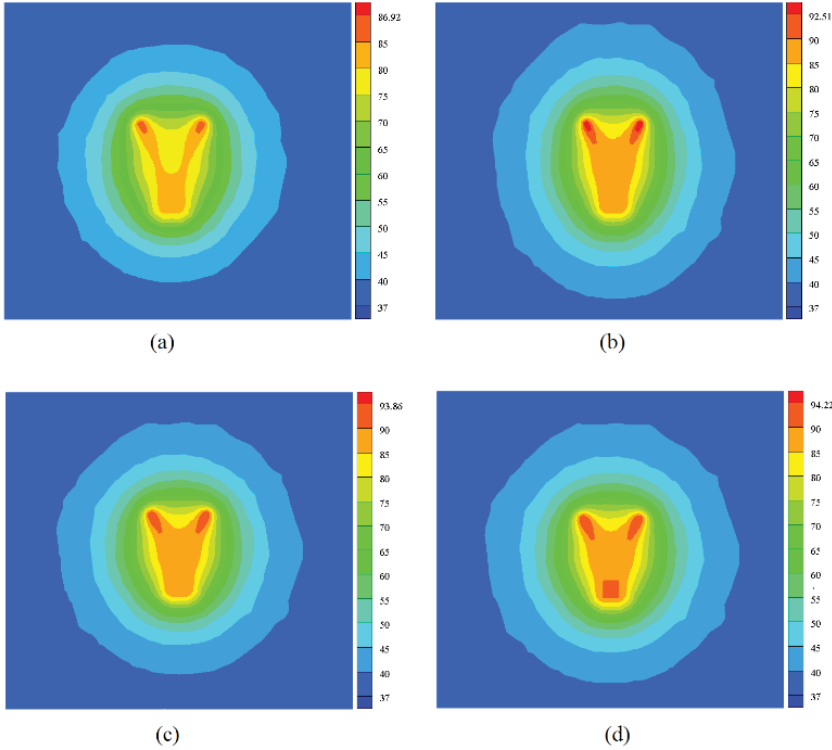
Şekil 9. Sekiz dakika sonra lezyon hacimleri (Yılmaz ve diğ., 2020).

Dört uzantılı Noel ağacı ve dört uzantılı şemsiye şeklindeki hibrit elektrot ile Durum 5 için küresel bir lezyonun oluşturulduğu belirlendikten sonra, Durum 5 için sayısal analizler yapılmıştır. Şekil 10, ablasyonun birinci, ikinci, dördüncü ve sekizinci dakikalarının sonunda Durum 5 lezyonunun gelişimini göstermektedir. Ablasyonun son dakikasında, yani sekizinci dakikasında şeklin neredeyse küresel olduğunu görülmektedir. Lezyonun şekli, dört dakikanın sonuna kadar zamanla önemli ölçüde değişir. Ancak 4 ila 8 dakika arasında lezyon şekli temelde aynı kalır.



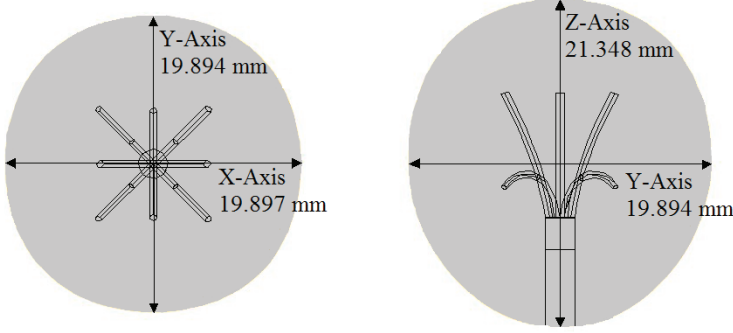
Şekil 10. Ablasyonun birinci, ikinci, dördüncü ve sekizinci dakikalarının sonunda Durum 5 için lezyonunun ilerlemesi (Yılmaz ve diğ., 2020).

Şekil 11, ikinci, dördüncü, altıncı ve sekizinci dakikaların sonunda Durum 5'in tipik sıcaklık dağılımını göstermektedir. Şekil 11'de gösterildiği gibi dokudaki maksimum sıcaklık zaman geçtikçe artar. Sekiz dakikalık ablasyondan sonra maksimum sıcaklık 94.2°C'dir. Sıcaklık 100°C'nin altında olduğu için lezyon içerisinde doku karbonizasyonu oluşmaz (Tatlı ve diğ., 2011).



Şekil 11. Birinci (a), ikinci (b), dördüncü (c) ve sekizinci (d) dakikaların sonundaki Durum 5 sıcaklık dağılımı (Yılmaz ve diğ., 2020).

Şekil 12, lezyonun boyutlarını sekiz dakikalık ablasyondan sonra görmek için x-y ve y-z koordinatlarında lezyonun görünüşlerini göstermektedir. Durum 5 hibrit tasarım lezyonunun çapı, küçük ila orta tümörler için ideal olarak yaklaşık 20 mm'dir. Bu sonuç Rossi ve diğ. (Rossi ve diğ., 1990) ile uyumludur ve lezyon kabaca küre şeklinde görünmektedir.

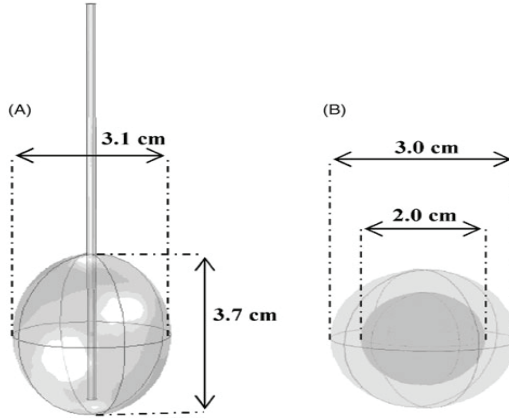


Şekil 12. Sekiz dakikalık ablasyon sonrası Durum 5 lezyon boyutları (Yılmaz ve diğ., 2020).

2.2 Elektrot ucu yerleştirme ve elektrot yerleştirme açısı

Givehchi ve diğ. (Givehchi ve diğ., 2018)), elektrot yerleştirme açısının yanı sıra x-, y- ve z-eksenleri boyunca elektrot yerleşiminin toplam tümör ablasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir bilgisayar simülasyonu modeli kullanmıştır. 2,0 cm çapında ve 0,5 cm klinik güvenlik sınırına sahip küresel bir tümörün RFA'sında elektrot ucu yerleştirme için hedef bölgeler olarak, aksiyal, sagittal ve koronal düzlemler boyunca tümör hacminin sekizde biri içinde 86 yer seçildi. Hem kranioyokaudal hem de yörünge düzlemlerinde elektrot yerleştirme açısı, 30°'lik artışla -90° ile +90° arasında değişmektedir. RFA elektrotu, tümörün kenarına ilerletilmeden önce hem kranioyokaudal hem de yörünge düzlemlerinde çeşitli açılarda hedef konumdan geçecek şekilde simüle edilmiştir. Bir tümörün içindeki RFA elektrot yolunun toplam tümör ablasyonunun başarı oranı üzerindeki etkisini incelemek için bir bilgisayar simülasyonu modeli (Şekil 13(A,B)) aşağıdaki varsayımlar göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur:

- Tümörün yarıçapı 1.0 cm'dir ve mükemmel bir küredir.
- Tümör ablasyonunun klinik güvenlik sınırı 0,5 cm'dir.



Şekil 13. Elips şeklinde ablasyonlu (A) RFA elektrotunun ve (B) güvenlik marjlı küresel tümörün hesaplamalı simülasyon modeli (Givehchi ve diğ., 2018).

Tümör eksik ablasyon hacminin ve sağlıklı dokunun ablasyon hacminin ölçümü

COMSOL Multiphysics yazılımı (COMSOL, Burlington, MA) kullanılarak tümör ve elips şeklindeki ablasyon arasındaki ortak hacim olarak tanımlanan tümörün farklı açılarda hedef noktasındaki ablasyon hacmi belirlenmiştir. Tümörün ablasyon hacmi manuel olarak işaretlenmiş ve ölçülmüştür. Tümör hacmini hesaplamak için Denklem (1) kullanılmıştır:

$$V_{sphere} = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (1)$$

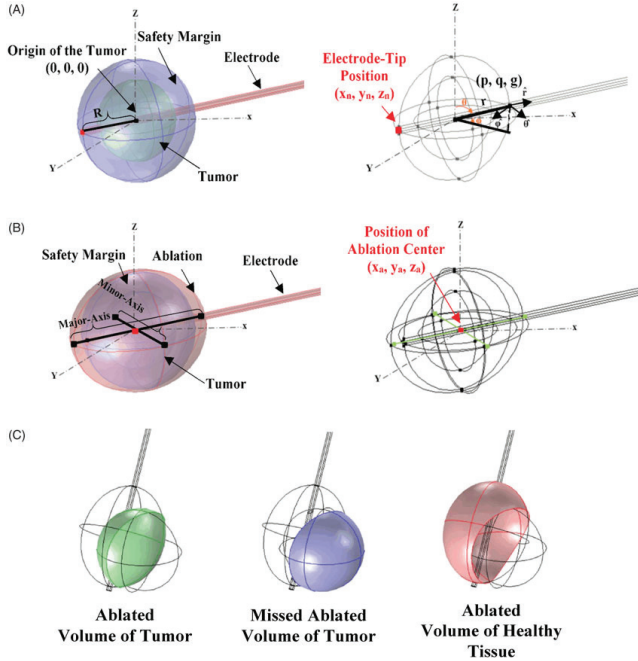
Eksik ablasyon hacmi (cm^3), Denklem (2) kullanılarak tümörün hacminden ablasyon hacmi çıkarılarak hesaplanmıştır:

$$V_{missed} = V_{tumor} - V_{ablated} \quad (2)$$

Tümör çevresindeki hasarlı dokunun hacmini hesaplamak için, elipsoid şekilli ablasyon hacmi, tümör ve ablasyon (ablasyon hacmi) arasındaki ortak hacimden çıkarılmıştır (bkz. Şekil 14). Elips şeklinde ablasyon hacmi Denklem (3) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$V_{ablation} = \frac{4}{3} abc \quad (3)$$

burada b ve c elipsin küçük yarıçapları ve a büyük yarıçapıdır.



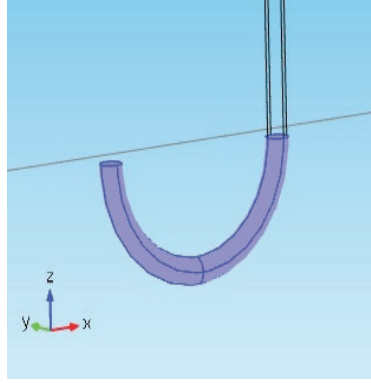
Şekil 14. Tümörün ablasyon hacmini, eksik ablasyon hacmini ve sağlıklı dokunun ablasyon hacmini gösteren diyagramlar (Givehchi ve diğ., 2018).

Tümörü çevreleyen hasarlı dokunun hacmi Denklem (4) kullanılarak belirlenmiştir:

$$V_{ablation} = \frac{4}{3}abc \quad (4)$$

2.3 Sıcaklık difüzyonunun yönünü kontrol etme

Melal ve diğ. (Mellal ve diğ., 2016), termal ablasyon sırasında sıcaklık difüzyon yönünü kontrol etmek için yeni bir yöntem önermektedir. Çevredeki sağlıklı hücreleri korurken kanserli hücreleri yok etmek için, bir ısıtma kaynağı olarak bükülmüş bir prob tasarladılar. Ablasyon işlemi COMSOL Multiphysics yazılımı kullanılarak sayısal olarak simüle edildi. Önceki birçok versiyonun aksine (Ruxsapong ve diğ., 2013) problemleri sadece bir eğri katoda sahiptir. Kavisli şeklin ana amacı ısı difüzyonunu yönlendirmektir. Isıtıcı elektrot kavisli yapısı nedeniyle yönlendirilmiş ısıtma üretir (bkz. Şekil 15'). Katot 0,9 mm'lik bir yarıçapa sahiptir, dönme açısı 180 derecedir ve katodun uçları arasındaki mesafe 16 mm'dir.



Şekil 15. Kavisli yapıli elektrot (Mellal ve diğ., 2016).

3. ÇIKARIMLAR

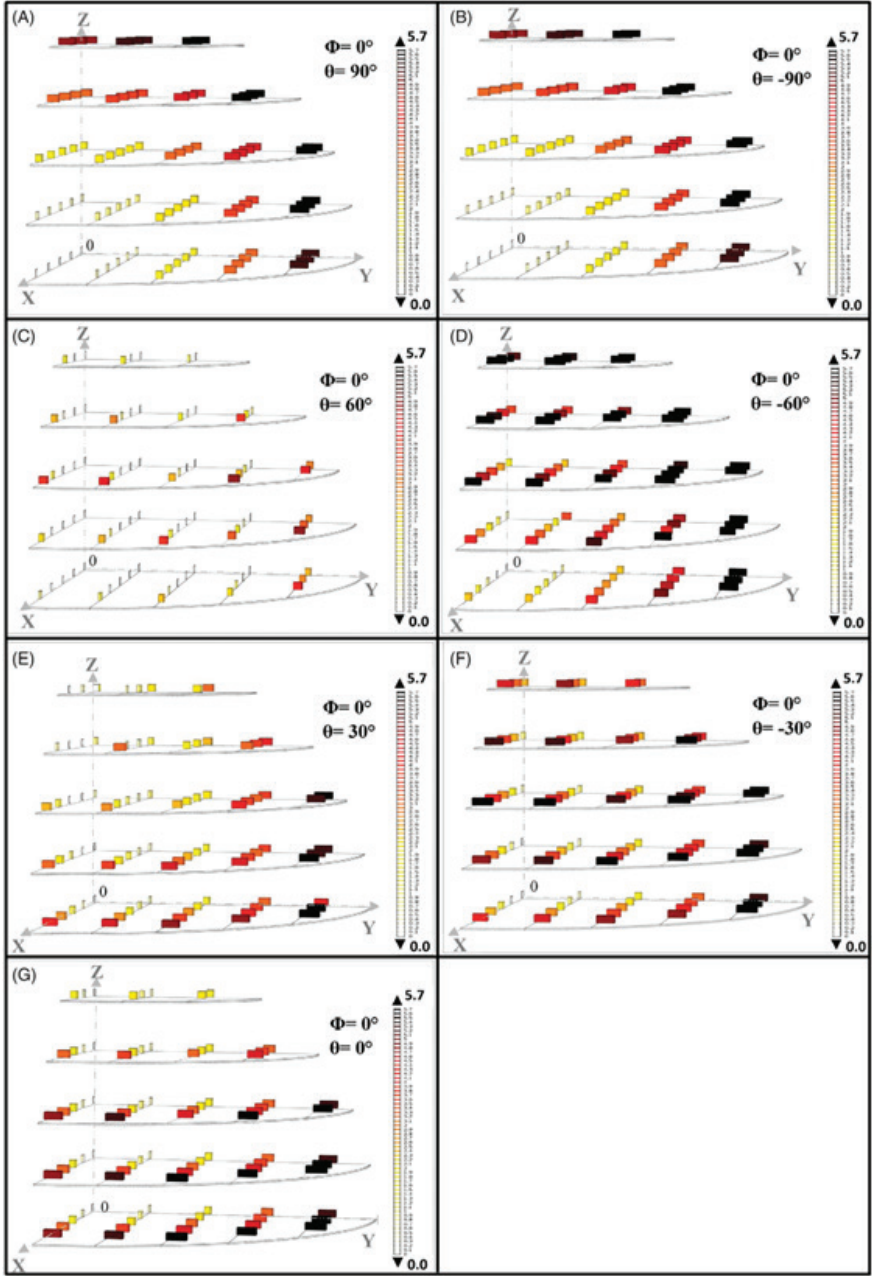
Elektrot ucu pozisyonunun tümör ablasyonuna etkisi

Şekil 16, elektrot belirli bir yerleştirme açısında tümörde konumlandırılmış farklı geçiş konumlarından geçtiğinde tümörün eksik ablasyon hacimlerini gösteren bir 3D grafiği gösterir. Eksik ablasyon hacminin derecesi renk tayfında da görülebilir (beyazdan koyu kırmızıya), daha koyu renk daha yüksek derecede ablasyon hacmini gösterir. Daha açık renkli küplerin x-, y- ve z-eksenleri boyunca geniş bir şekilde dağıldığı $\theta=60^\circ$ 'de üretilen grafik dışında (Şekil 16(C)), daha açık renkli küpler (daha düşük kayıp ablasyon hacmi) genellikle tümörün merkezine yakın lokalize olmuştur. (Şekil 16).

Elektrot yerleştirme açısının total tümör ablasyonuna etkisi

Elektrot implantasyonu için en iyi açığı tahmin etmek için tümörün eksik ablasyon hacminin sıfır olduğu her belirli açıdaki ideal noktaların sayısı (n) kullanılmıştır. Tablo 3, $(\Phi, \theta) = (0^\circ, 90^\circ), (0^\circ, 60^\circ), (0^\circ, 30^\circ), (0^\circ, 0^\circ), (0^\circ, -30^\circ), (0^\circ, -60^\circ)$ ve $(0^\circ, -90^\circ)$. $+90^\circ, +30^\circ, 0^\circ$ ve -90° yörünge düzlem açıları en yüksek n değerini ($n = 5$) üretti, ardından kraniyokaudal düzlem açısı 0° 'ye ayarlandığında $+60^\circ$ ($n = 4$) olarak ayarlanmıştır.

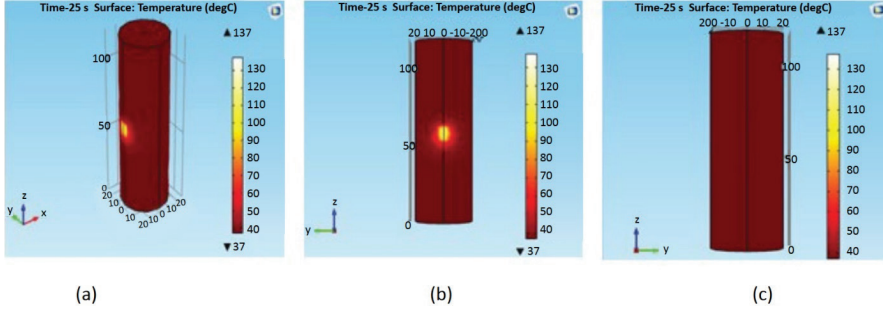
30° ve 60° 'lik yörünge düzlemi açıları, en düşük n değerini vermiştir (Tablo 3). Tablo 4, hem kraniyokaudal hem de yörünge düzlemlerinde çeşitli açılarda elektrot implantasyonu için optimum konumların sayısını göstermektedir. Tabloda gösterildiği gibi yörünge düzlem açısı 0° olarak ayarlandığında $90^\circ, 60^\circ, 30^\circ, 0^\circ, -30^\circ, -60^\circ$ ve -90° çeşitli kraniyokaudal düzlem açıları için 5 n değeri elde edildi. $(90^\circ, 90^\circ), (0^\circ, 90^\circ), (0^\circ, 30^\circ), (90^\circ, -90^\circ), (-90^\circ, 90^\circ), (0^\circ, -90^\circ)$ ve $(-90^\circ, 90^\circ)$ 5 n değeri vermiştir (Tablo 4).



Şekil 16. (A) $\Phi=0^\circ$ ve $\theta=90^\circ$ (B) $\Phi=0^\circ$ ve θ elektrot yerleştirme açılarındaki 3D grafikte x-, y- ve z-eksenleri boyunca tümörün eksik ablasyon hacminin dağılımı $\theta = -90^\circ$ (C) $\Phi=0^\circ$ ve $\theta=60^\circ$ (D) $\Phi=0^\circ$ ve $\theta=-60^\circ$ (E) $\Phi=0^\circ$ ve $\theta=30^\circ$; (F) $\Phi=0^\circ$ ve $\theta=-30^\circ$; (G) $\Phi=0^\circ$ ve $\theta=0^\circ$. (Givchchi ve diğ., 2018).

Yönlü ısıtma için kavisli elektrotun etkisi

Yönlendirilmiş ısıtıcı olarak kavisli bir katot kullanan Joule Etkisi, hedeflenen dokuyu ısıtmak için kullanılır. Şekil 17, 25 saniyelik ısıtmadan sonra dokunun yüzey sıcaklığı dağılımını göstermektedir. Bükülmüş katot yönündeki sıcaklık, çevreleyen dokuda önemli termal değişikliklere neden olmadan büyümektedir.



Şekil 17. 25 saniyelik ısıtmadan sonra yüzeydeki sıcaklık dağılımı. (a) Yüzeyde görünen ısıtma etkisi ile bir 3D yüzey sıcaklık dağılımını görüntüler. YZ görüntüleri (b) ve (c), (b)'de katot yönünde ısıtma işleminin etkisini ve (c)'de sıcaklık değişimi olmadığını gösterir (Mellal ve diğ., 2016).

4. SONUÇLAR

Küresel şekilli bir lezyon oluşturmak için karaciğer dokusu için bir hibrit elektrot kullanılır. Elektrik voltajı, ablasyon süresi, geometri ve elektrot sayısı gibi özellikler değerlendirilmiştir. Sonuçlar lezyonun hacim ve sıcaklık dağılımı olarak sağlanmıştır. Mevcut bulgular literatürde bulunanlarla iyi bir uyum içindedir. Dört uzantılı Noel ağacı ve dört uzantılı şemsiye şeklindeki elektrotla hibrit elektrot yapısını oluşturulmuştur. Sekiz dakika sonra hibrit elektrot tasarımı kullanılarak yaklaşık 20 mm çapında bir lezyonun elimine edilebileceği görülmüştür. Sekiz dakikalık ablasyondan sonra dokudaki en yüksek sıcaklık 94.2°C'ye ulaşmıştır. 30V elektrik voltajı ve 8 dakikalık ablasyon süresi için küresel bir lezyon oluşmuştur. Klinik uygulamalarda, hibrit elektrot düzenlemesinin küresel formdaki karaciğer kanserlerini tedavi etmek için kullanılabileceği öngörülmüştür.

Toplam tümör ablasyonunun başarı oranı, iki kritik faktörden etkilenir: tümör hedefleme ve elektrot açılması. Elektrot yerleştirme için en iyi hedef bölgeyi ve açığı belirlemek, tam tümör ablasyonu şansını önemli ölçüde artırır. Çalışmada elde edilen bulgular elektrot yerleştirme açısından bağımsız olarak, elektrotu tümör sınırına uzatmadan önce tümörün merkezine geçirerek tam tümör ablasyonunun tutarlı bir şekilde elde edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca elektrot uygun hedef bölge içinde belirli bir açıyla

implante edilirse tüm tümör ablasyonu elde edilebilir.

RFA operasyonları sırasında toplam tümör ablasyonunun başarı yüzdesini artırmak için, aksiyal resimlerin merkezi kesitinde tümör merkezi tanımlanmalıdır. Hem kraniyokaudal hem de yörünge düzlemlerinde elektrot yerleştirme açılarından bağımsız olarak, elektrot ucu tümörün merkezinden girdiğinde tam tümör ablasyonu gözlenmiştir. Elektrot ucu ayrıca tam tümör ablasyonunu gerçekleştirmek için çok sayıda farklı açı ve bölgeye yerleştirilebilir.

Termal terapi sırasında sıcaklık difüzyon yönünü yönetmek için kavisli bir katot prob modeli mevcuttur. Bu çalışmaya göre, sıcaklık katot yönünde artarken diğer yönlerde neredeyse sabit kalmıştır. Modelin işlem sırasında ısı yönünü kontrol edebildiği gösterilmiştir. Elektrot tarafından zarar verilen sağlıklı hücre sayısının oldukça düşük olduğu öngörülmektedir.

Onkologlar ve radyoterapistler, doku yan hasarını azaltmak ve daha verimli bir termal terapötik terapi oluşturmak için bahsedilen modellerden yararlanabilir. Gelecekteki araştırmalar için simülasyondan elde edilen sayısal sonuçlar klinik araştırmalardan elde edilecek gerçek verilere ışık tutabilir.

5. KAYNAKLAR

- Cabrera, R. G. (2018). Radiofrequency ablation: a review of current knowledge, therapeutic perspectives, complications, and contraindications. *International Journal of Biosensors & Bioelectronics*, 4(2). <https://doi.org/10.15406/ijbsbe.2018.04.00098>
- Chang, I. A., & Nguyen, U. D. (2004). Thermal modeling of lesion growth with radiofrequency ablation devices. *BioMedical Engineering OnLine*, 3(1), 27. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-3-27>
- Chen, C.-C. R., Miga, M. I., & Galloway, R. L. (2009). Optimizing Electrode Placement Using Finite-Element Models in Radiofrequency Ablation Treatment Planning. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(2), 237–245. <https://doi.org/10.1109/TBME.2008.2010383>
- Duan, B., Wen, R., Fu, Y., Chua, K.-J., & Chui, C.-K. (2016). Probabilistic finite element method for large tumor radiofrequency ablation simulation and planning. *Medical Engineering & Physics*, 38(11), 1360–1368. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2016.08.007>
- Givehchi, S., Wong, Y. H., Yeong, C. H., & Abdullah, B. J. J. (2018). Optimal approach for complete liver tumor ablation using radiofrequency ablation: a simulation study. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 27(2), 81–89. <https://doi.org/10.1080/13645706.2017.1330757>
- Goldberg, S. N., Gazelle, G. S., Compton, C. C., & McLoud, T. C. (1995). Radiofrequency tissue ablation in the rabbit lung: Efficacy and complications. *Academic Radiology*, 2(9), 776–784. [https://doi.org/10.1016/S1076-6332\(05\)80852-9](https://doi.org/10.1016/S1076-6332(05)80852-9)
- Goldberg, S. N., Gazelle, G. S., Halpern, E. F., Rittman, W. J., Mueller, P. R., & Rosenthal, D. I. (1996). Radiofrequency tissue ablation: Importance of local temperature along the electrode tip exposure in determining lesion shape and size. *Academic Radiology*, 3(3), 212–218. [https://doi.org/10.1016/S1076-6332\(96\)80443-0](https://doi.org/10.1016/S1076-6332(96)80443-0)
- Haemmerich, D., Wright, A. W., Mahvi, D. M., Lee, F. T., & Webster, J. G. (2003). Hepatic bipolar radiofrequency ablation creates coagulation zones close to blood vessels: A finite element study. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 41(3), 317–323. <https://doi.org/10.1007/BF02348437>
- Ito, N., Pfeffer, J., Isfort, P., Penzkofer, T., Kuhl, C. K., Mahnken, A. H., Schmitz-Rode, T., & Bruners, P. (2014). Bipolar Radiofrequency Ablation: Development of a New Expandable Device. *CardioVascular and Interventional Radiology*, 37(3), 770–776. <https://doi.org/10.1007/s00270-013-0703-2>
- Mellal, I., Kengne, E., And, K. E. G., & Lakhssassi, A. (2016). 3D Modeling Using the Finite Element Method for Directional Removal of a Can-

- cerous Tumor. *Journal of Biomedical Sciences*, 5(4). <https://doi.org/10.4172/2254-609X.100042>
- Rossi, S., Fornati, F., Pathies, C., & Buscarini, L. (1990). Thermal Lesions Induced by 480 KHz Localized Current Field in Guinea Pig and Pig Liver. *Tumori Journal*, 76(1), 54–57. <https://doi.org/10.1177/030089169007600114>
- Ruxsapong, P., Phasukkit, P., Tungjitkusolmun, S., Prasantamrongsiri, S., & Sanpanich, A. (2013). Airflow analysis of radiofrequency ablation for asthma therapy by using 3D finite element method. *The 6th 2013 Biomedical Engineering International Conference*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/BMEi-Con.2013.6687698>
- Tatli, S., Tapan, U., Morrison, P. R., & Silverman, S. G. (2011). Radiofrequency ablation: technique and clinical applications. *Diagnostic and Interventional Radiology*. <https://doi.org/10.4261/1305-3825.DIR.5168-11.1>
- Tungjitkusolmun, S., Staelin, S. T., Haemmerich, D., Jang-Zern Tsai, Hong Cao, Webster, J. G., Lee, F. T., Mahvi, D. M., & Vorperian, V. R. (2002). Three-dimensional finite-element analyses for radio-frequency hepatic tumor ablation. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 49(1), 3–9. <https://doi.org/10.1109/10.972834>
- Yilmaz, G. H., Yay, U. T., Turgut, O., Tıǧlı, B., & Türkoǧlu, N. E. (2020). Radiofrequency Ablation For Spherically-Shaped Hepatic Tumors. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 40(1), 167–175.